

Angewandte Landtechnik

Mit einem Anhang: **Bauwesen – Arbeitslehre**

Die
Landwirtschaft
Band 3



Die Landwirtschaft 3

Angewandte Landtechnik

Mit einem Anhang:

Bauwesen – Arbeitslehre

Die Landwirtschaft

Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen

- | | | |
|----------------------------|-----------------------|--|
| 1 Pflanzliche Erzeugung | Band 1 A | Grundlagen |
| | Band 1 B | Acker- und Pflanzenbau |
| | Band 1 C | Dauergrünland |
| 2 Tierische Erzeugung | Band 2 A | Grundlagen |
| | Band 2 B | Rinder, Schafe, Pferde |
| | Band 2 C | Schweine, Hühner |
| 3 Landtechnik/
Bauwesen | Band 3 A | Grundlagen |
| | Band 3 B | Verfahrenstechniken |
| | Band 3
(einbändig) | Verfahrenstechniken mit Anhang
aus: Bauwesen und Arbeitslehre |
| 4 Agrarwirtschaft | Band 4 A | Agrarpolitik – Marktwirtschaft |
| | Band 4 B | Betriebswirtschaft |
| | Band 4 C | Staatsbürgerkunde –
Landwirtschaftliches Recht |
| 5 Waldwirtschaft | (Ergänzungsband) | |
-

Herausgegeben vom Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern e. V.
unter der Schriftleitung von Dr. Johann Dörfler

Angewandte Landtechnik

Verfahrenstechniken

Pflanzenproduktion – Futterbau – Tierproduktion

Mit einem Anhang: Bauwesen – Arbeitslehre

Siebente, völlig neubearbeitete Auflage

Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner

und

Dr. agr. Josef Boxberger

Dr. agr. habil. Manfred Estler

Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer

Prof. Dr. agr. Hans Schön

Dr. agr. Arno Strehler

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
der Technischen Universität München-Weihenstephan



BLV Verlagsgesellschaft München

Autoren und Hauptfachgebiete

Dr. agr. Josef Boxberger	Bauwesen, Tierische Produktion
Dr. agr. habil. Manfred Estler	Schlepper, Pflanzliche Produktion
Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer	Technische Grundlagen, Schlepper, Beregnung
Prof. Dr. agr. Hans Schön*	Arbeitslehre (gemeinsam mit Dr. agr. Hermann Auernhammer), Futterernte und -konservierung, Tierische Produktion
Dr. agr. Arno Strehler	Wärmeerzeugung, Getreide- lagerung, Trocknungstechnik
Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner	Grundsatzfragen der Landtechnik, Elektrizitätsanwendung

* seit 1978 Institut für Betriebstechnik der FAL Braunschweig-Völkenrode

ISBN 3-405-11981-2

Bildnachweis:

DLZ 105; KTBL 269, 295, 300, 303, 327, 384, Tab. 73; von Pappritz 390; Perwanger 113; Pirkelmann 395; Segler 363; Verlag E. Ulmer »Rindfleischproduktion«, 1978: 321, 322, 323, 328, 361, 393, 432, 434, 438, 439, 445, 446, 454, 456, 457, 459, 460, Tab. 92 u. 113. – Werkfotos: Busatis 266; Claas 100, 316; Fahr 273; Massey-Ferguson 180; Miele 381; Welger 334.

Alle anderen Abbildungen stammen von den Autoren bzw. dem Institut für Landtechnik, Weihenstephan.

Zeichnungen:

Franz Pöhlmann, Kurt Trzewik, Maria Kaupe

© BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1980

Alle Rechte vorbehalten

Gesamtherstellung:

Druckerei Ludwig Auer, Donauwörth

Printed in Germany

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Die Landwirtschaft:

Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen/
hrsg. vom Verb. d. Landwirtschaftsberater
in Bayern e. V. unter d. Schriftl.

von Johann Dörfler. –

München: BLV Verlagsgesellschaft.

Ausgabe für Bayern

NE: Dörfler, Johann [Hrsg.];

Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern

Bd. 3. → Angewandte Landtechnik

Angewandte Landtechnik:

Verfahrenstechnik, Pflanzenproduktion,
Futterbau, Tierproduktion; mit e. Anh.

Bauwesen, Arbeitslehre / Heinz-Lothar Wenner . . . –
7., völlig Neubearb. Aufl. –

München: BLV Verlagsgesellschaft, 1980.

(Die Landwirtschaft: Ausg. für Bayern; Bd. 3)

ISBN 3-405-11981-2

NE: Wenner, Heinz-Lothar [Mitarb.]

Vorwort

Das Lehrbuchwerk DIE LANDWIRTSCHAFT umfaßt die Bände »Pflanzliche Erzeugung«, »Tierische Erzeugung«, »Landtechnik/Bauwesen«, »Agrarwirtschaft« und den Ergänzungsband »Waldwirtschaft«.

Es soll allen Junglandwirten in den landwirtschaftlichen Fachschulen helfen, den harten Konkurrenzkampf der Zukunft menschlich und fachlich besser zu meistern. Mit dieser Zielsetzung wird die 7. Auflage dieses Lehrbuches auf ihren Weg geschickt.

Der ständige Fortschritt in der Landwirtschaft, ausgelöst durch neue Erkenntnisse in Wissenschaft und Technik, erfordert ein Überarbeiten der Lehrbücher in kurzen Zeitabständen.

Daneben werden aber auch Veränderungen im Lehrbuchaufbau durch neuere Erkenntnisse in der Unterrichtspraxis ausgelöst: Die inzwischen überall zum Unterrichtsprinzip gewordene Programmplanungsmethode in der Betriebswirtschaft zieht sich wie ein roter Faden durch Produktionstechnik und Betriebslehre. In der vorliegenden 7. Auflage wurden die neuesten Erkenntnisse aus Forschung, Technik und Unterrichtspraxis berücksichtigt.

Vom landwirtschaftlichen Betriebsleiter der Gegenwart und Zukunft wird immer umfangreicheres Spezialwissen gefordert. Auf eine Vertiefung des gesamten Stoffgebietes wurde deshalb großer Wert gelegt.

Die Verfahrenstechnik steht bei der Abfassung der einzelnen Kapitel bzw. Abschnitte im Mittelpunkt der Betrachtung.

Im Lehrbuchaufbau sind deshalb jeweils vier landtechnische Bereiche zu erkennen:

- eine Gesamtübersicht der wichtigsten landtechnischen Verfahren,
- die Beschreibung der technischen Funktion einer Maschine bzw. einer baulichen Einrichtung, soweit dies für das Verständnis der nachfolgenden Bereiche notwendig ist,
- das Aufzeigen landtechnischer bzw. baulicher Verfahren und deren betriebliche Zuordnung,
- die vergleichende Zusammenstellung von Leistung, Arbeitszeitbedarf und Kosten der einzelnen landtechnischen bzw. baulichen Verfahren.

Das Lehrbuch ist in die Kapitel »Verfahren der pflanzlichen Produktion«, »Verfahren der Futterernte und Futterkonservierung« und »Verfahren der tierischen Produktion« untergliedert.

Im Anhang werden wichtige »Grundlagen der Landtechnik« aus dem Bereich des Bauwesens und der Arbeitslehre behandelt.

Neben einer klaren Gliederung tragen drucktechnische Verbesserungen, z. B. der Zweifarbandruck und etwa 700 Abbildungen – vorwiegend graphische Darstellungen –, wesentlich dazu bei, den umfangreichen Lehrbuchstoff überschaubar zu gestalten, mit dem Lehrbuch »Landtechnik/Bauwesen« leichter zu arbeiten.

Das Lehrbuch DIE LANDWIRTSCHAFT erschien in seiner ersten Auflage erstmals im Jahre 1951. Der große Anklang, den dieses Lehrbuchwerk nicht nur als Lehrbuch, sondern auch als Nachschlagewerk im gesamten deutschen Sprachraum gefunden hat, zeigt sich an den sieben inzwischen erschienenen Auflagen.

Dr. Johann Dörfler
Schriftleiter

Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes

- Band 1 Teil A **Pflanzliche Erzeugung – Grundlagen**
Bodenkunde – Pflanzenernährung und Düngung – Wetter- und Klimakunde – Allgemeiner Pflanzenschutz – Pflanzenzüchtung und Saatgutwesen
- Band 1 Teil B **Pflanzliche Erzeugung – Acker- und Pflanzenbau**
Getreidebau – Hackfruchtbau – Öl- und Hülsenfruchtbau – Feldfutterbau – Grassamenbau – Inhalt und Bedeutung der Fruchtfolge – Biologischer Landbau
- Band 1 Teil C **Pflanzliche Erzeugung – Dauergrünland**
Grundlagen der Grünlandnutzung – Produktionstechnik – Produktionstechnische Daten
- Band 2 Teil A **Tierische Erzeugung – Grundlagen**
Aufbau und Funktionen des Tierkörpers – Grundlagen der Tierheilkunde – Grundlagen der Tierzüchtung – Grundlagen der Futterkonservierung – Grundlagen der Fütterung
- Band 2 Teil B **Tierische Erzeugung – Rinder, Schafe, Pferde**
Rinderzucht, Produktionstechnik in der Rinderhaltung, Produktionstechnische Daten – Schafzucht, Produktionstechnik in der Schafhaltung, Produktionstechnische Daten – Pferdezucht, Pferdehaltung
- Band 2 Teil C **Tierische Erzeugung – Schweine, Hühner**
Schweinezucht, Produktionstechnik in der Schweinehaltung, Produktionstechnische Daten – Hühnerzucht, Produktionstechnik in der Hühnerhaltung, Produktionstechnische Daten
- Band 3 Teil A **Landtechnik/Bauwesen – Grundlagen**
Grundsätzliches – Energie – Schlepper – Landwirtschaftliches Bauwesen – Arbeitslehre
- Band 3 Teil B **Landtechnik/Bauwesen – Verfahrenstechniken**
Verfahren der pflanzlichen Produktion – Verfahren der Futterernte und Futterkonservierung – Verfahren der tierischen Produktion
- Band 3 (einbändig) **Angewandte Landtechnik**
Verfahren der pflanzlichen Produktion – Verfahren der Futterernte und Futterkonservierung – Verfahren der tierischen Produktion – Anhang aus: Landwirtschaftliches Bauwesen – Arbeitslehre
- Band 4 Teil A **Agrarwirtschaft – Agrarpolitik, Marktwirtschaft**
Agrargeschichte – Volkswirtschaft – Agrarpolitik – Marktwirtschaft
- Band 4 Teil B **Agrarwirtschaft – Betriebswirtschaft**
Betriebslehre – Buchführung in der Landwirtschaft – Der Mensch im landwirtschaftlichen Betrieb – Steuerkunde – Sozialversicherungswesen – Landwirtschaftliche Hauswirtschaft
- Band 4 Teil C **Agrarwirtschaft – Staatsbürgerkunde, Landw. Recht**
Öffentliches Recht – EWG-Recht – Arbeitsrecht – Privatrecht
- Band 5 **Ergänzungsband Waldwirtschaft**
Waldpflege – Technik und Betrieb – Forstpolitik

Inhalt

1 Verfahren der pflanzlichen Produktion

- 1 Bodenbearbeitung** 1
- 1.1 Anforderungen und Verfahrensübersicht 1
- 1.2 Geräte für die Grundbodenbearbeitung 2
 - 1.2.1 Pflug 2
 - 1.2.2 Schwergrubber 13
- 1.3 Geräte zur Oberflächen-Nachbearbeitung 18
 - 1.3.1 Feingrubber 18
 - 1.3.2 Eggen 19
 - 1.3.3 Walzen und Packer 23
- 1.4 Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte mit Zapfwellenantrieb 25
 - 1.4.1 Bodenfräse 25
 - 1.4.2 Zapfwelleneggen 29
 - 1.4.3 Einsatzbereiche zapfwellenbetriebener Bodenbearbeitungsgeräte 31
- 1.5 Gerätekombinationen für die Bodenbearbeitung 32
- 1.6 Gerätekombinationen für die Saatbettvorbereitung 32
 - 1.6.1 Koppelungsgeräte zum Pflug (Pflugnachläufer) 32
 - 1.6.2 Saatbettkombinationen 32
- 1.7 Gerätekombinationen für Saatbettbereitung und Saat (Minimal-Bestelltechnik) 36
 - 1.7.1 Geräte zur Pflugsaat 36
 - 1.7.2 Bestellsaatmaschinen 38
 - 1.7.3 Frässaatmaschinen 40
 - 1.7.4 Direktsaatmaschinen 41
- 2 Mineraldüngung** 42
- 2.1 Mineraldüngerstreuer (Bauarten, Aufbau, Einsatz) 42
 - 2.1.1 Mineraldüngerstreuer-Bauarten 43
 - 2.1.2 Bauweise der Streuorgane 43
 - 2.1.3 Einsatz der Mineraldüngerstreuer 46

- 2.2 Geräte und bauliche Anlagen für Düngerlagerung und -transport 48
 - 2.2.1 Düngerlagerung 48
 - 2.2.2 Lose-Dünger-Kette 49
 - 2.2.3 Bauliche Einrichtungen 50
- 2.3 Flüssige Mineraldünger 51
- 2.4 Vergleichsverfahren 53

3 Pflanzenschutzgeräte

 54

- 3.1 Ausbringtechnik 54
 - 3.1.1 Ausbringung in flüssiger Form 54
 - 3.1.2 Geräteeinsatz 59
- 3.2 Pflanzenschutz-Sondermaßnahmen 60

4 Getreidebau

 61

- 4.1 Bestelltechnik 61
 - 4.1.1 Saatbettvorbereitung 61
 - 4.1.2 Aussaat 62
- 4.2 Erntetechnik 67
 - 4.2.1 Voraussetzungen für den Mähdrusch 67
 - 4.2.2 Mähdrescher-Bauarten 68
 - 4.2.3 Auswahl und Einsatz des Mähdreschers 76
 - 4.2.4 Kornbergung 76
 - 4.2.5 Strohverarbeitung 79
- 4.3 Körnerkonservierung 82
 - 4.3.1 Notwendigkeit der Konservierung 82
 - 4.3.2 Verfahrensübersicht 83
 - 4.3.3 Erhöhung des Säuregrades 83
 - 4.3.4 Kühlkonservierung 84
 - 4.3.5 Sauerstoffabschluß 84
 - 4.3.6 Körnertrocknung 84
 - 4.3.7 Vergleich der verschiedenen Körnerkonservierungsverfahren 96
- 4.4 Lagerung von trockenen Körnerfrüchten 96
 - 4.4.1 Vorzüge einer hofeigenen Trocknung 96
 - 4.4.2 Systemübersicht 96
 - 4.4.3 Technischer Aufbau, Wertung und Kosten der verschiedenen Lagerbehälter 97
 - 4.4.4 Belüftungseinrichtungen 99
 - 4.4.5 Lagerungstechnik 100

- 4.4.6 Vergleich der Lagerungssysteme 100
- 4.4.7 Planungsdaten 101
- 4.5 Getreideförderung 101
- 4.5.1 Anforderungen an die Technik 101
- 4.5.2 Bauartenübersicht 101
- 4.5.3 Technische Beschreibung der Fördergeräte 101
- 4.5.4 Günstige Anwendungsbereiche und vergleichende Wertung der Fördergeräte 107
- 4.6 Getreidereinigung und -sortierung 109
- 4.6.1 Anforderungen an die Technik 109
- 4.6.2 Reinigungsverfahren 109
- 4.6.3 Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichsten Bauarten 110
- 4.6.4 Vergleich der verschiedenen Reini- ger hinsichtlich Reinigungskosten 113
- 4.7 Beizung des Getreides 114
- 4.7.1 Anforderungen an die Technik 114
- 4.7.2 Beizverfahren 114
- 4.7.3 Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichsten Bauarten 114
- 4.7.4 Verfahrensvergleich 115
- 4.8 Lagerungsanlagen 115
- 4.8.1 Anforderungen an die Technik 115
- 4.8.2 Planungsgrundlagen 116
- 4.8.3 Planungsbeispiele 117
- 4.8.4 Vergleich der drei Beispiele 119
- 4.8.5 Planungsalternativen 121
- 5 Körnermaisbau** 121
- 5.1 Bestelltechnik 121
- 5.1.1 Saatbettvorbereitung 121
- 5.1.2 Einzelkornsaat 121
- 5.1.3 Geräteinsatz 126
- 5.1.4 Reihendüngung 128
- 5.1.5 Minimal-Bestelltechnik bei Mais 129
- 5.1.6 Gerätevergleich 129
- 5.2 Erntetechnik 129
- 5.2.1 Allgemeine Anforderungen 129
- 5.2.2 Kolbenernte 130
- 5.2.3 Körnerernte 132
- 5.2.4 Einsatz der Kolben- und Körner- Erntemaschinen 134
- 5.2.5 Strohverarbeitung 135
- 5.2.6 Verfahrensvergleich für die Kol- ben- und Körnerernte 138
- 5.3 Ernte von Maiskörnern und Rohfa- serträgern 140
- 5.3.1 Allgemeine Anforderungen an die Technik 140
- 5.3.2 Erntetechnik 141
- 6 Rapsanbau** 145
- 6.1 Bodenbearbeitung, Saat und Pflege 145
- 6.2 Erntetechnik 146
- 6.2.1 Anforderungen an die Ernte- technik 146
- 6.2.2 Druschverfahren 146
- 6.3 Verfahrensvergleich 148
- 7 Zuckerrübenbau** 149
- 7.1 Bestelltechnik 149
- 7.1.1 Saatbettvorbereitung 149
- 7.1.2 Einzelkornsaat 150
- 7.2 Rübenpflege 154
- 7.3 Erntetechnik 157
- 7.3.1 Allgemeine Anforderungen 157
- 7.3.2 Einphasiges Rübenerntever- fahren 158
- 7.3.3 Zweiphasige Rübenerntever- fahren 164
- 7.3.4 Dreiphasiges Rübenerntever- fahren 166
- 7.4 Rübenblattverarbeitung 167
- 7.5 Verfahrensvergleich 169
- 8 Futterrübenbau** 171
- 8.1 Bestell- und Pflorgetechnik 171
- 8.2 Erntetechnik 171
- 8.3 Rübenlagerung 173
- 9 Kartoffelbau** 173
- 9.1 Bestell- und Pflorgetechnik 174
- 9.1.1 Pflanzbettvorbereitung 174
- 9.1.2 Legemaschinen 174
- 9.2 Kartoffelpflege 179
- 9.2.1 Mechanische Kartoffelpflege 179
- 9.2.2 Chemische Kartoffelpflege 181
- 9.3 Erntetechnik 181
- 9.3.1 Anforderungen an die Ernte- technik 181
- 9.3.2 Kartoffelerntemaschinen 182
- 9.4 Transport, Lagerung und Sortie- rung 188
- 9.4.1 Transport, Einlagerung und Ent- nahme 188

- 9.4.2 Bauliche und technische Einrichtungen für die Lagerung 190
- 9.4.3 Sortieren und Verpacken 194
- 10 Feldberegnung** 195
- 10.1 Wasserhaushalt des Bodens 195
- 10.2 Wasserverbrauch 196
- 10.3 Beregnungsanlagen 196
- 10.3.1 Wasserbereitstellung 197
- 10.3.2 Wasserverteilung 198
- 10.3.3 Verfahrensvergleich 202

2 Verfahren der Futterernte und Futterkonservierung

- 1 Grünfütterung** 204
- 1.1 Weidegang 204
- 1.1.1 Formen der Weidehaltung 204
- 1.1.2 Wasserversorgung und Weidepflege 207
- 1.2 Sommerstallfütterung 207
- 1.3 Vergleich zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung 210
- 2 Winterfutterbergung** 211
- 2.1 Mähen 213
- 2.1.1 Fingermähwerke 213
- 2.1.2 Doppelmessermähwerke 215
- 2.1.3 Kreiselmäherwerke 216
- 2.1.4 Schlegelmähwerke 217
- 2.1.5 Vergleich der verschiedenen Mähwerke 217
- 2.2 Werben und Aufbereiten 218
- 2.2.1 Arbeitsgänge der Futterwerbung 219
- 2.2.2 Spezialmaschinen für Zetten und Werben 220
- 2.2.3 Spezialmaschinen für das Schwaden 220
- 2.2.4 Universalmaschinen 222
- 2.2.5 Vergleich der Werbegeräte 223
- 2.2.6 Gutaufbereitung 224
- 2.3 Langgutkette 226
- 2.3.1 Heckschiebesammler und Frontlader 226
- 2.3.2 Ladewagen 226
- 2.3.3 Einlagerung auf dem Hof 230
- 2.4 Kurzgutkette 237
- 2.4.1 Reißfeldhäcksler 238
- 2.4.2 Exaktfeldhäcksler 239

- 2.4.3 Transport- und Einlagerungsgeräte für Kurzgut 245
- 2.5 Ballenkette 249
- 2.5.1 Kleinballenkette 249
- 2.5.2 Großballenkette 252
- 2.5.3 Vergleich der Verfahren der Ballenketten 254
- 2.6 Vergleich der Arbeitskettens für die Futterernte 254

3 Gärfutterbereitung 256

- 3.1 Anforderungen 256
- 3.1.1 Allgemeines 256
- 3.1.2 Gärverlauf und dessen Bedingungen 256
- 3.2 Gärfutterbehälter 257
- 3.2.1 Hochsilo 257
- 3.2.2 Flachsilo 263
- 3.2.3 Foliensilos 268
- 3.2.4 Vergleich der verschiedenen Siloformen 270
- 3.3 Ernte von Anwelksilage 271
- 3.3.1 Ein-Mann-Verfahren 273
- 3.3.2 Zwei-Mann-Verfahren 274
- 3.3.3 Drei-Mann-Verfahren 274
- 3.3.4 Vergleich und Zuordnung der Verfahren der Anwelksilagebereitung 274
- 3.4 Ernte von Silomais 276
- 3.4.1 Organisation ansätziger Ernteverfahren 276
- 3.4.2 Organisation der Umhängeverfahren 278
- 3.4.3 Organisation der Parallelverfahren 278
- 3.4.4 Zuordnung und Beurteilung der Silomais-Ernteverfahren 279

4 Verfahren der Heubereitung und Grünfuttertrocknung 280

- 4.1 Anforderungen 280
- 4.2 Physikalische Grundlagen 280
- 4.3 Bodentrocknung 284
- 4.3.1 Trocknungsverlauf 284
- 4.3.2 Ernteverfahren für bodengetrocknetes Heu 285
- 4.4 Belüftungstrocknung 287
- 4.4.1 Anforderungen 287
- 4.4.2 Technische Beschreibung der Anlage 288
- 4.4.3 Leistungsbestimmung und Kosten für Anlagen mit Belüftungstrocknung 291

- 4.4.4 Bedienung und Beschickung von Belüftungsanlagen 292
- 4.5 Warmlufttrocknung 293
 - 4.5.1 Funktion 293
 - 4.5.2 Technische Beschreibung der Anlagen 293
 - 4.5.3 Bedienung der Warmlufttrocknung 294
 - 4.5.4 Planung vom Warmlufttrocknungsanlagen 295
 - 4.5.5 Trocknungskosten bei Warmlufttrocknern 295
- 4.6 Heißlufttrocknung 296
 - 4.6.1 Anforderungen 296
 - 4.6.2 Technischer Aufbau 296
 - 4.6.3 Kosten der Heißlufttrocknung 298
- 4.7 Verfahrensvergleich 298

3 Verfahren der tierischen Produktion

- 1 Allgemeine Anforderungen** 301
- 2 Milchviehhaltung** 303
 - 2.1 Melken und Milchbehandlung 304
 - 2.1.1 Milchbildung und maschineller Milchentzug 304
 - 2.1.2 Aufbau einer Melkanlage 307
 - 2.1.3 Teilautomatisierte Melkanlagen 310
 - 2.1.4 Organisation der Melkarbeiten 312
 - 2.1.5 Melkverfahren im Anbindestall und Melkstand 314
 - 2.1.6 Wartung und Reinigung von Melkanlagen 316
 - 2.1.7 Vergleich der Arbeitsverfahren für das Melken 317
 - 2.1.8 Kühlung und Lagerung der Milch 319
 - 2.1.9 Milchräume 323
 - 2.2 Fütterungsverfahren 325
 - 2.2.1 Anforderungen an die Fütterungsverfahren für Milchvieh 325
 - 2.2.2 Freßplatzgestaltung bei Rindern 325
 - 2.2.3 Einzel- und Gruppenfütterung 327
 - 2.2.4 Mechanisierung der Grundfuttervorlage 329
 - 2.2.5 Mechanisierung der Kraftfuttervorlage 334

- 2.2.6 Vergleich der Fütterungsverfahren für Milchvieh 336
- 2.3 Stallformen für Milchvieh 337
 - 2.3.1 Anbindestall 338
 - 2.3.2 Laufstall 349
 - 2.3.3 Freßboxenställe 358
 - 2.3.4 Sonderstallformen 359
 - 2.3.5 Vergleich der Stallformen für die Milchviehhaltung 360
- 2.3.6 Planung von Milchviehställen 363

3 Rindviehaufzucht und -mast 366

- 3.1 Kälberaufzucht und Kälbermast 366
 - 3.1.1 Tränke- und Fütterungsverfahren 367
 - 3.1.2 Haltung der Biestmilchkälber 370
 - 3.1.3 Haltung von Aufzuchtkälbern 370
 - 3.1.4 Haltung von Mastkälbern 373
 - 3.2 Mastbullenhaltung 376
 - 3.2.1 Anbindeställe 377
 - 3.2.2 Eingestreute Laufställe 378
 - 3.2.3 Vollspaltenbodenstall 379
 - 3.2.4 Fütterungsverfahren für die Bullenmast 383
- 3.3 Vergleich und Planung von Verfahren der Rindermast 385

4 Schweinehaltung 389

- 4.1 Hofeigene Futteraufbereitung 390
 - 4.1.1 Schrotanlagen 390
 - 4.1.2 Futtermischer 393
 - 4.1.3 Mahl- und Mischanlagen 394
- 4.2 Fütterungsverfahren in der Schweinehaltung 396
 - 4.2.1 Trockenfütterung 398
 - 4.2.2 Flüssigfütterung 400
 - 4.2.3 Vergleich der Fütterungsverfahren 403
- 4.3 Verfahren der Zuchtsauenhaltung 404
 - 4.3.1 Allgemeine Anforderungen 404
 - 4.3.2 Stall für leere und tragende Sauen 406
 - 4.3.3 Stall für Jungsaunen 409
 - 4.3.4 Deckstall 411
 - 4.3.5 Abferkelstall 412
 - 4.3.6 Ferkelaufzuchtställe 420
 - 4.3.7 Vergleich der Verfahren für die Zuchtsauenhaltung 422
 - 4.3.8 Raumprogramm und Planungsbeispiele 423

- 4.4 Verfahren der Schweinemast 429
- 4.4.1 Allgemeine Anforderungen 429
- 4.4.2 Buchtenformen 430
- 4.4.3 Vergleich der Buchtenformen 436
- 4.4.4 Vergleich der Verfahren 437
- 4.4.5 Planungsbeispiele 438

5 Hühnerhaltung 440

- 5.1 Legehennenhaltung 441
- 5.1.1 Bodenhaltung 442
- 5.1.2 Käfighaltung 443
- 5.1.3 Vergleich der Haltungssysteme für Legehennen 447
- 5.1.4 Eiersortieren und Verpacken 447
- 5.1.5 Planungsbeispiele 447
- 5.2 Junghennenaufzucht 448
- 5.2.1 Bodenhaltung 449
- 5.2.2 Käfighaltung 449
- 5.3 Junghühnermast (Broiler-mast) 450

6 Verfahren für Fest- und Flüssigmist 451

- 6.1 Festmist 452
- 6.2 Flüssigmist 454
- 6.2.1 Flüssigmistableitung aus dem Stall 455
- 6.2.2 Flüssigmistlagerung 459
- 6.2.3 Flüssigmistentnahme 462
- 6.2.4 Flüssigmistausbringung 464
- 6.3 Vergleich der Verfahren für die Dunglagerung und Dungaushbringung 467
- 6.4 Dungbehandlung und Immissionen 468

4 Anhang: Grundlagen der Landtechnik

1 Landwirtschaftliches Bauwesen 473

- 1.1 Wärmehaushalt 473
- 1.2 Baustoffe und Bauteile 475
- 1.2.1 Eigenschaften der Baustoffe 475
- 1.2.2 Beton 477
- 1.2.3 Mauerwerk 477
- 1.2.4 Holz und Holzverbindungen 478
- 1.2.5 Kunststoffe und organische Dämmstoffe 479
- 1.2.6 Baumetalle 480
- 1.2.7 Dacheindeckungen 481
- 1.2.8 Decken 481
- 1.2.9 Türen, Tore 482

- 1.2.10 Fenster 483
- 1.3 Bauweisen 483
- 1.3.1 Allgemeines 483
- 1.3.2 Stallgebäude 485
- 1.3.3 Bau von Maschinenhallen und Lagerräumen 487
- 1.4 Stall-Lüftung 488
- 1.4.1 Allgemeine Anforderungen 488
- 1.4.2 Berechnungsgrundlagen 490
- 1.4.3 Lüftungssysteme 493
- 1.4.4 Immissionsschutz 496
- 1.5 Stallheizung 497
- 1.6 Beleuchtung 498
- 1.7 Hofplanung 500
- 1.7.1 Gliederung und Zuordnung der Gebäude 500
- 1.7.2 Standort 501
- 1.8 Bauvorbereitung und Bauplanung 504
- 1.8.1 Vorplanung und Entwurf 505
- 1.8.2 Planung und Bauantrag 506
- 1.8.3 Ausschreibung und Vergabe 507
- 1.8.4 Baustellenvorbereitung 507

2 Arbeitslehre 507

- 2.1 Die menschliche Arbeit 508
- 2.1.1 Die natürlichen Voraussetzungen der Leistungsfähigkeit 509
- 2.1.2 Steigerung der menschlichen Leistungsfähigkeit 510
- 2.2 Arbeitszeitermittlung und Arbeitsplanung 512
- 2.2.1 Ermittlung des Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit) 512
- 2.2.2 Arbeitsanalyse 514
- 2.2.3 Verwendung von Planzeiten (Arbeitsbedarf) 517
- 2.2.4 Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung (Arbeitsvoranschlag) 519
- 2.3 Verfahrenskosten und Verfahrensvergleich 523
- 2.3.1 Allgemeines 523
- 2.3.2 Arbeitskosten 523
- 2.3.3 Maschinenkosten 524
- 2.3.4 Gebäudekosten 528
- 2.3.5 Kosten der Arbeitsverfahren 529
- 2.4 Überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz 529
- 2.4.1 Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes 530
- 2.4.2 Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes 531

Sachregister 533

Internationale Basiseinheiten

Größe	Einheit	Zeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Lichtstärke	Candela	cd

Wichtige Größen und deren Einheiten

Mechanische und wärmetechnische Größen	Inter-nationale SI-Einheit	Umrechnung
Kraft F	N (Newton)	1 N = 0,101972 kp ≈ 0,1 kp 1 kp ≈ 10 N
Druck p Spannung	Pa (Pascal) bar	1 Pa = 1 N/m ² = 10 ⁻⁵ bar 1 bar = 10 N/cm ² 1 at (techn. Atm.) = 1 kp/cm ² = 0,981 bar 1 atm (phys. Atm.) = 760 Torr = 1,013 bar 10 m Ws = 736 mm Hg = 736 Torr = 0,981 bar
Arbeit A Energie E Wärmemenge Q	J (Joule)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 kpm = 9,81 J = 9,81 Ws 1 PSh = 0,736 kWh 1 kcal = 4,19 kJ = 1,16 × 10 ⁻³ kWh
Leistung P Wärmestrom Φ	W (Watt)	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s ≈ 0,1 kpm/s 1 PS = 75 kpm/s = 0,736 kW 1 kcal/s = 4,19 kW 1 kcal/h = 1,16 J/s = 1,16 × 10 ⁻³ kW
Spezifische Energie e Spezifische Enthalpie h	J/kg	1 J/kg = 1 Nm/kg 1 kpm/kg = 9,81 Nm/kg 1 kcal/kg = 4,19 kJ/kg
Spezifische Wärmekapazität c	kJ/kg K	1 kJ/kg K = 0,239 kcal/kg grd
Wärmeleitfähigkeit λ	W/m K	1 W/m K = 0,86 kcal/m h grd 1 cal/cm s grd = 4,19 W/cm K
Wärmeübergangszahl α Wärmedurchgangszahl K	W/m² K	1 W/m ² K = 0,86 kcal/m ² h grd 1 cal/cm ² grd = 4,19 W/cm ² K

Vorsatzzeichen

Zehnerpotenz	Vielfach		Bruchteile		
	Vorsatz	Zeichen	Zehnerpotenz	Vorsatz	Zeichen
10 ¹²	Tera	T	10 ⁻¹	Dezi	d
10 ⁹	Giga	G	10 ⁻²	Zenti	c
10 ⁶	Mega	M	10 ⁻³	Milli	m
10 ³	Kilo	k	10 ⁻⁶	Mikro	μ
10 ²	Hekto	h	10 ⁻⁹	Nano	n
10 ¹	Deka	da	10 ⁻¹²	Piko	p

1 Bodenbearbeitung

1.1 Anforderungen und Verfahrensübersicht

Die Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung greifen mechanisch in das Bodengefüge ein und unterstützen die Vorgänge, die eine gute Bodenstruktur fördern. Mit ihrem Einsatz werden folgende **Ziele** verfolgt:

- ▶ Erhalten oder Verbessern der Bodenstruktur,
- ▶ Herstellen eines günstigen Verhältnisses von luft- und wasserführenden Hohlräumen im Boden,
- ▶ Voraussetzungen schaffen für ein optimales Pflanzenwachstum und hohe Ernteerträge,
- ▶ Lockern, Krümeln, Wenden und Mischen des Bodens in unterschiedlicher Tiefe, angepaßt an die Anforderungen des jeweiligen Standortes und der betreffenden Fruchtart,
- ▶ Einarbeiten von Ernterückständen, organischem und mineralischem Dünger,
- ▶ mechanische Unkrautbekämpfung,
- ▶ Verhindern von Erosionsschäden,
- ▶ termingerechter und rentabler Maschineneinsatz durch hohe Leistung, Gerätekopplung und Kombination einzelner Arbeitsgänge.

Bei diesen Maßnahmen wird der Boden zu unterschiedlichen Zeitpunkten, aber auch in verschiedener Tiefe bearbeitet. Daher gliedert sich die Bodenbearbeitung in zwei wesentliche Bereiche:

- ▶ **Grundbodenbearbeitung** (Primär-Bodenbearbeitung): Bodenbearbeitung zur Hauptfrucht; sie erfaßt in der Regel die gesamte Krumentiefe.
- ▶ **Oberflächen-Nachbearbeitung** (Sekundär-Bearbeitung): Nachbearbeitung der Grundbodenbearbeitung in einem flachen Horizont. Dieser entspricht etwa der Saatgutablagertiefe.

Die Maschinen und Geräte für die gesamte Bodenbearbeitung lassen sich nach folgendem Schema einordnen:

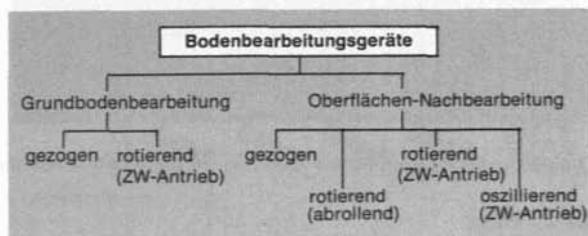


Abb. 1 Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung

Für die vielfältigen Aufgaben der Bodenbearbeitung stehen unterschiedliche Geräte- und Werkzeugformen mit meist sehr spezifischer Wirkung zur Verfügung.

Tabelle 1: Eignung der Geräte für die verschiedenen Aufgaben bei der Bodenbearbeitung

Gerät	Lockern		Wenden	Mischen	Krümeln	Verdichten	Ein-ebnen	mech. Unkraut vernicht.
	flach	tief						
Pflug								
Streichblech-	x	x	x		x			x
Scheiben-	x	x	x		x			x
rotierender	x	x	x	x	x			x
Bodenfräse	x			x	x		x	x
Grubber	x	x		x	x		x	x
Zinkenegge	x			x	x		x	x
Wälzegge	x			x	oberflächlich			
Walze					x	x		
Krumenpacker				oberflächlich	x	x		
Schleppe				x		x		

1.2 Geräte für die Grundbodenbearbeitung

Bei der Grundbodenbearbeitung werden folgende **Ziele** verfolgt:

- ▶ grobes Bearbeiten des Bodens auf volle Krumentiefe,
- ▶ ausreichendes Wenden, Lockern, Krümeln und Durchlüften des Bodens,
- ▶ Einarbeiten organischer Substanzen (Pflanzenbewuchs, Ernterückstände usw.),
- ▶ Ablegen von Unkrautbewuchs (»Ersticken« der Pflanzen) und von Mineraldünger auf die volle Bearbeitungstiefe,
- ▶ volles Ausnutzen der Schleppermotorleistungen, hohe Flächenleistungen,
- ▶ hohe Funktionssicherheit, große Verschleißfestigkeit, geringer Reparatur- und Wartungsaufwand.

Für diese Aufgaben stehen folgende Geräte zur Verfügung:



Abb. 2 Maschinen und Geräte für die Grundbodenbearbeitung

Die gezogenen Geräte haben nach wie vor die größte Bedeutung und Verbreitung.

1.2.1 Pflug

Das sehr vielseitige und zahlreiche Angebot an Pflugbauformen und -typen läßt sich anhand einiger wesentlicher Unterscheidungsmerkmale systematisch einordnen (Tabelle 2).

Arbeitswerkzeuge – Der *Scharpflug* stellt nach wie vor die wichtigste und am vielseitigsten verwendbare Bauform dar. Seine Bauteile, Einstellungsmöglichkeiten usw. werden später ausführlich behandelt.

Tabelle 2: Pflugbauformen und ihre Unterscheidungsmerkmale

Unterscheidungsmerkmal	Pflugbauart
Arbeitswerkzeug	Scharpflug Scheibenpflug Meißelpflug
Anlenkung am Schlepper	Anbaupflug Aufsattelpflug Anhängepflug
Arbeitsrichtung (Bodenwendung)	Beetpflug Kehrpflug
Arbeitstiefe	Schältpflug Saatpflug Tiefpflug
Kraftübertragung	gezogene Pflüge Pflüge mit Zapfwellenantrieb

Der *Scheibenpflug* ist mit großen, rotierenden Hohl­scheiben ausgerüstet. Bodenwendung und Furchenbild sind nicht so exakt wie beim Scharpflug. Er rollt über Hindernisse hinweg und ist deshalb besonders für Umbrucharbeiten geeignet.

Meißelpflüge ähneln dem Tiefgrubber, können den Boden tief lockern und krümeln, aber nicht gezielt wenden.

Anlenkung am Schlepper
– Von den drei Arten der Anlenkung am Schlepper haben nur die beiden ersten unter den hiesigen Einsatzbedingungen Bedeutung.

Der *Anbaupflug* (Beet- oder Kehrpflug) wird am Schlepper im normalen Dreipunktgestänge des Heckkrafthebers ange­lenkt. Aus Gewichtsgrün­den können meist nur Pflüge mit vierfurchiger Arbeitsweise als Anbaupflüge verwendet werden. Zum Teil läßt sich das Furchen-Laufrad als Stützrad bei der Straßenfahrt be­nützen.

Der *Aufsattelpflug* wird vorn von den Unterlen­kern, hinten von einem meist hydraulisch betätig­ten Stützrad getragen.

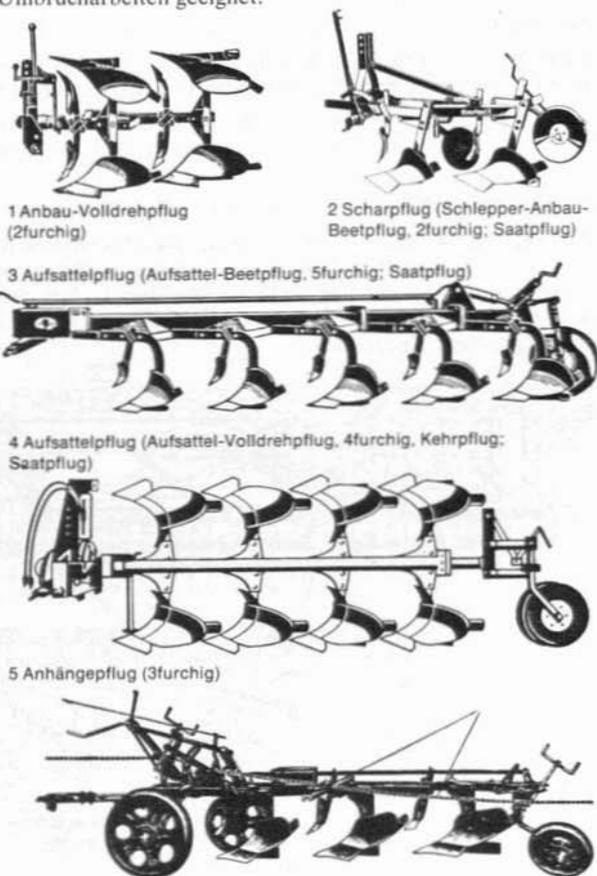


Abb. 3 Pflugbauarten

Diese Bauweise ist nur bei Pflügen mit großer Arbeitsbreite (fünfurchig und darüber) üblich. Bei Hochleistungspflügen (8–12 Schare) ist der Holm in der Mitte gelenkig und mit einem zusätzlichen Stützrad versehen.

Anhängepflüge werden nur noch selten verwendet. Sie besitzen eigene Lauf- und Stützräder, über welche die Arbeitstiefe, Querneigung usw. eingestellt wird. Die Anhängung am Schlepper erfolgt in der Ackerschleife oder im Zugpendel.

Richtung der Bodenwendung – Die Pflüge unterscheiden sich auch hinsichtlich der Richtung der Bodenwendung

Beetpflüge wenden den Erdbalken nur nach einer Seite, meist nach rechts. Breite Felder werden in einzelne Beete unterteilt, um zeitaufwendige Leerfahrten am Vorgewende zu vermeiden. Die optimale Beetbreite beträgt ca. 40–50 m. Durch den Zusammen- oder Auseinanderschlag in der Mitte des Beetes entsteht eine unebene Feldoberfläche. Beetpflüge sind billig, einfach einzustellen und eignen sich besonders für das »Baukastensystem«.

Bei *Kehrpflügen* (heute fast ausschließlich Voldrehpflüge) sind auf einer Drehachse links- und rechtswendende Körper um 180° gegeneinander versetzt angebracht. Man kann in einer Furche hin- und zurückpflügen. Der Erdbalken wird stets nach einer Seite gewendet, so daß ein ebenes Feld entsteht. Kehrpflüge eignen sich besonders für kleinere, ungleichmäßig geformte Felder, sowie für hängige Flächen, auf denen man wegen der Bodenerosionen nur hangaufwärts wenden darf. Voldrehpflüge sind jedoch um ca. 40% teurer als Beetpflüge, etwas schwieriger einzustellen und schwerer.

Arbeitstiefe – Nach der bevorzugt eingehaltenen Arbeitstiefe unterscheidet man:

Schälflug: Arbeitstiefe 10–15 cm, Schnittbreite je Schar ca. 25 cm, große Rahmenhöhe, großer Körperlängsabstand, vorwiegend für Stoppelumbruch und Strohearbeitung.

Saatflug: normale Bauform, vielseitig verwendbar, Arbeitstiefe bis ca. 35 cm, Schnittbreite bis 40 cm je Schar, unterschiedliche Rahmenhöhen und Körperlängsabstände, Beet- und Kehrfflug.

Tiefpflug: Spezialpflug für Meliorationsarbeiten, Arbeitstiefe bis über 1 m.

Wirkung und Bauteile – Beim Scharpflug schneidet der Pflugkörper (ggf. mit Unterstützung der Vorwerkzeuge) einen rechteckigen Erdbalken aus dem ungepflügten Land, hebt diesen an, schiebt ihn durch die Vorwärtsbewegung über das Streichblech, wobei er in sich verschoben und gebröckelt sowie gewendet wird und legt ihn seitlich in die vom vorhergehenden Körper gezogene Furche ab.



Abb. 4 Grundprinzip der Scharpflug-Arbeitsweise

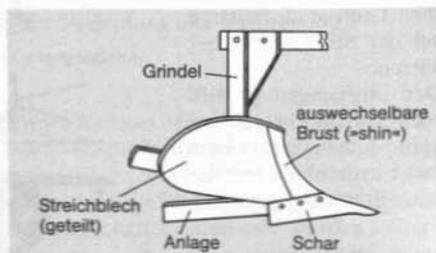
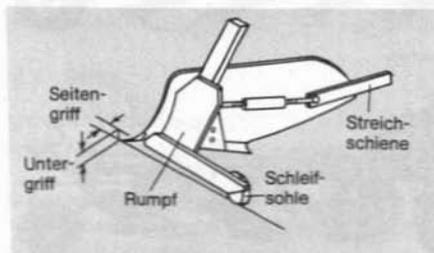


Abb. 5 Bauteile und Begriffsdefinitionen beim Pflugkörper

Diese Effekte werden vor allem von Körper-(Streichblech-)Form, Fahrgeschwindigkeit, vorhandenen Vorwerkzeugen, Bodenart und Boden-zustand beeinflusst.

Pflugaufbau – Die wesentlichen Bauteile des Streichblechpfluges gehen aus den Abbildungen 5 und 6 hervor.

Im Zusammenhang mit dem Pflugaufbau sind außerdem einige Grundbegriffe zu erläutern.

Bei allen Pflugbauformen hat die *Holmbauweise* die früher bevorzugte Rahmenbauweise weitgehend verdrängt. Die Vorteile sind:

Abb. 6 Grundbegriffe am Pflug

Zeichen	Begriff
A	Oberer Kupplungspunkt
B	Untere Kupplungspunkte
C	Rahmenhöhe
D	Koppelhöhe
E	Koppelweite
F	Schnittbreite je Körper
G	Gesamtarbeitsbreite
H	Körper-Längsentfernung
I	Scharspitzenentfernung

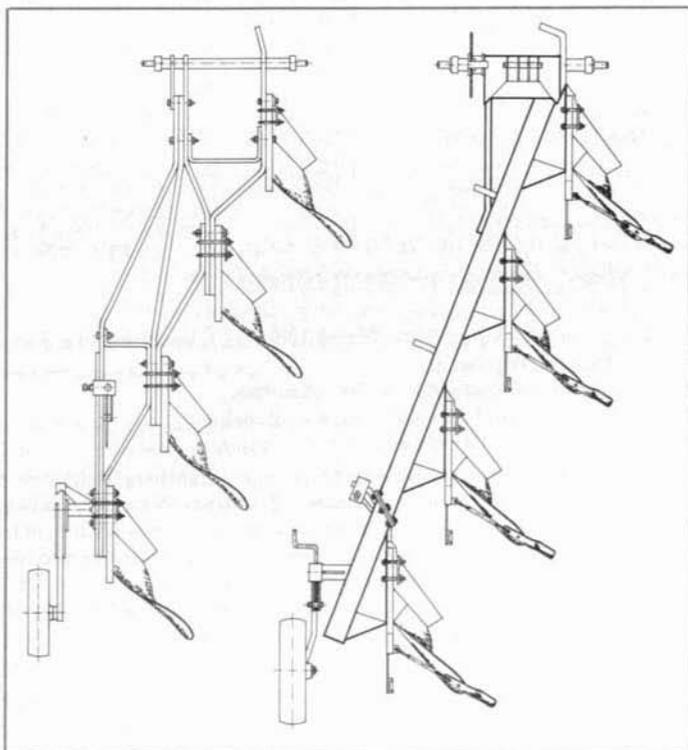
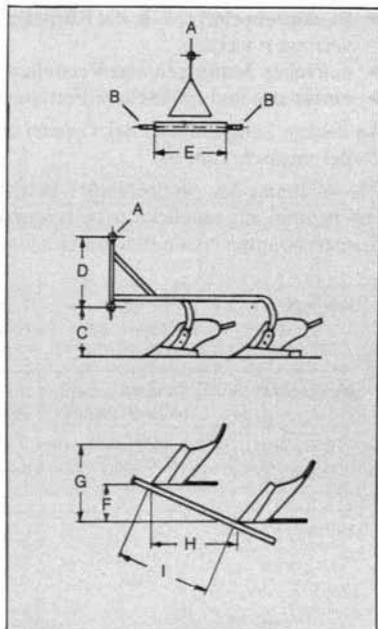


Abb. 7 Pflugbauformen
links: Rahmenbauweise
rechts: Holmbauweise

- ▶ Baukastenprinzip, d. h. die Körperzahl kann je nach Einsatzbedingungen vergrößert oder verringert werden,
- ▶ einfaches Anbringen und Verstellen der Körper,
- ▶ einfachere und rationellere Fertigung und Lagerhaltung.

An diesem Längsholm ist der *Grindel* angeflanscht, an den wiederum der eigentliche *Pflugkörper* angeschraubt ist.

Die Wölbung des *Streichbleches* bestimmt die Körperform. Sie beeinflusst vor allem das Furchenbild, die mögliche Arbeitsgeschwindigkeit und den Einsatzbereich. Die zahlreichen Körpervarianten lassen sich auf vier Grundformen zurückführen (vgl. Abb. 8).

Körperform	Einsatzbereich (Bodenart)	Furchenbild und Dammform	mögliche Arbeitsgeschwindigkeit km/h	gute Wendung bei Verhältnis Breite(b):Tiefe(t)
Kulturform 	Sand bis sandiger Lehm (auch für Schälppflug)	schüttend eben	4-5	b mind. = t
Universalform 	sandiger bis schwerer Lehm	bröckelnd, deutliche Dämme	5-6	b mind. = t
Wendelform 	Lehm und Ton	rauh, leicht geformte Dämme	5-7	ca. 1,2:1
Schraubenform 	Grasland	steif, Dämme deutlich geformt	7-8	ca. 1,4:1

Abb. 8 Übersicht über Pflugkörperformen und Einsatzbereiche

Die Körperform beeinflusst auch die Bodenlockerung und damit eine Zunahme des Bodenvolumens. Diese beträgt bei der

- ▶ Kulturform auf Sandboden ca. 30% Zunahme,
- ▶ Universalform auf Lehmboden ca. 40% Zunahme,
- ▶ Schraubenform auf Tonboden ca. 50% Zunahme.

Das Streichblech wird vorwiegend aus Drei-Lagen-Stahl hergestellt (zwei harte, verschleißfeste Außenlagen, eine weichere, elastische Mittellage). Neuerdings gibt es auch Ein-Lagen-Streichbleche, sowie für den Einsatz auf Moorböden Kunststoffstreichbleche. In zunehmendem Maße werden »geteilte« Streichbleche verwendet. Hier läßt sich die einem verstärkten Verschleiß ausgesetzte Vorderkante gesondert austauschen.

Allgemein gilt:

je steiler das Streichblech ist, desto

- besser die Krümelung,
- ebener die Bodenoberfläche,
- besser die Eignung für leichtere Böden,
- höher die Zugkraft.

- je stärker gewendelt, desto
- geringer die Krümelung,
 - ausgeprägter die Furchendämme,
 - höher die Fahrgeschwindigkeit,
 - besser die Eignung für schwerere Böden.

Scharform	für Bodenart	Bemerkungen
Spitzschar 	leicht-mittel-schwer	schlank gehaltene Schneide, bleibt lange scharf, auch für flaches Pflügen
Schnabelschar 	mittel-schwer, nicht extrem steinig	durch nach unten gerichteten »Schnabel« besseres Eindringvermögen bei hartem Boden. Größerer Untergriff, damit besserer Sitz des Pfluges. Behält Schärfe und Untergriff auch über längere Zeit bei. Genügend Material zum Nachschärfen und Nachschmieden.
Perfektschar 	universell	Verschleißfestes, selbstschärfendes Schar. Durch Sicke (Welle in der Scharspitze) gegen Verbiegungen stabilisiert. Großer Untergriff, dadurch guter Einzug und Sitz des Pfluges.
Winkelschar 	steinig	Als Winkel-Spitzschar Spezialschar für steinige Böden. Verstärkungswinkel gewährleistet besondere Stabilität. Besonders geeignet für schwere Pflugbauarten mit Steinauslöser.
Klingenschar 	leicht bis mittelschwer und steinfrei	Spitz-Klingenschar: dünner als Spitz- und Schnabelschar, daher kein Nachschärfen erforderlich. Als »Wegwerfschar« oft wirtschaftlicher als Normalschare, kostet nur ca. 1/4 des Normalschares, kein Nachschmieden erforderlich.
Meißelschar 	leicht bis mittelschwer, auch hart und steinig	Meißel-Klingenschar: durch meißelartige Spitze besseres Eindringvermögen auf verhärteten Böden. Stabile Spitze.
Meißelschar 	sehr steinig	Scharspitze (Zone des stärksten Verschleißes) wird von Meißel gebildet, der fest angeschweißt ist oder nachgeschoben werden kann. Dadurch verzögerte Abnutzung. Bei Durchsteckmeißel kann Untergriff rasch an die jeweiligen Verhältnisse angepaßt werden.

Abb. 9 Pflugscharformen und deren Einsatzbereiche

Pflugschare müssen hart sein, um die Schneidenschärfe lange zu halten. Sie sollen auch elastisch sein, um Stoßbelastungen auszuhalten.

Das Schar hat einen »Untergriff« von ca. 1–2 cm, um dem Pflug einen guten Halt im Boden zu geben. Die Scharspitze hat auch einen »Seitengriff« von ca. 0,5 cm, dadurch wird die Arbeitsbreite fixiert.

Mit der Anlage und *Schleifsohle* stützt sich der Pflug an der Furchenwand und -sohle ab. Für Pflüge mit Freiganghydraulik ist die Anlage lang und starr, für Regelhydraulikpflüge oft etwas kürzer, z. T. gefedert oder als Führungsrolle ausgebildet.

Vorwerkzeuge unterstützen die Arbeit des Pfluges. Sie haben die in Abb. 10 aufgezeigten Aufgaben zu erfüllen.

Nachwerkzeuge haben die Aufgabe, verhärtete Bodenschichten aufzubrechen, den Bereich unter der Krume zu lockern (Krumenerweiterung) oder den von breiten Schlepperreifen festgefahrenen Boden in der Furche wieder aufzulockern.

Vorwerkzeug	Anbringung an	Wirkung
 <p>Messech</p>	Grindel, Holm oder Rahmen	Vorschneiden des Erdbalkens seitliche Führung des Pfluges
 <p>Scheibensech</p>	Grindel, Holm oder Rahmen	Vorschneiden des Erdbalkens Durchschneiden von Pflanzenresten
 <p>Anlagesech</p>	Anlage	Vorschneiden des Erdbalkens, seitliche Führung des Pfluges, weniger Verstopfungen
 <p>Düngereinleger</p>	Grindel, Holm oder Rahmen	Einlegen von Stallung, Pflanzenmaterial (z. B. Gründüngung) oder Ernterückständen
 <p>Strohleithorn</p>	Pflugkörper Grindel	Einlegen von Ernterückständen Verhindern von Verstopfungen
 <p>Einlegestreichschiene</p>		

Abb. 10 Anbringung und Wirkung der Vorwerkzeuge

Untergrundlockerer sind mit einem Lockerungsdorn ausgestattet, beim Zweischichtenpflug greift ein verkleinertes Schar unter den Pflug.

Steinsicherungen sollen beim Einsatz auf extrem verhärteten und stark steinigen Böden den Pflug schonen, insbesondere Schar und Streichblech. Sie sind um so wichtiger, je schneller gearbeitet wird, je leistungsstärker der Schlepper und je schwerer der Pflug ist.

Zur Zeit werden mechanische (über Schrauben, Blattfedern oder Gummipuffer wirkende) sowie hydraulische Steinsicherungen (mit einem gemeinsamen oder je einem Druckspeicher pro Pflugkörper) angeboten. Moderne mechanische Sicherungen sind ebenso funktionsicher wie hydraulische, aber preiswerter. Neuerdings gibt es Vorrichtungen, die bei Längs- und Seitendruck ausweichen (vgl. Abb. 11).

Für das Drehen des Kehrpfluges werden zwei unterschiedliche Systeme verwendet:

► Die **mechanische Drehung** benutzt eine Schwerpunktverlagerung des Pfluges (Falldre-

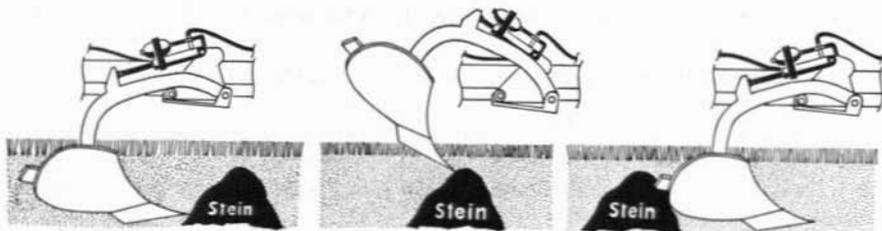


Abb. 11 Funktion einer hydraulischen Steinsicherung

hung). Nach erfolgter Drehung, die durch Stoßdämpfer abgebremst werden kann, erfolgt eine automatische Verriegelung in der Endlage.

- ▶ Für die **hydraulische Drehung** wird die schlepperseitige Öldruckhydraulik benutzt. Über flexible Schlauchleitungen werden die einfach oder doppelt wirkenden Drehvorrichtungen vom Schleppersitz aus betätigt.

Pflugeinstellung – Grundsätzlich soll beim Pflügen

- ▶ das ganze Feld gleichmäßig bearbeitet werden,
- ▶ kein Streifen unbearbeitet bleiben,
- ▶ die Arbeitstiefe überall gleich sein.

Die wesentlichen Einstellmöglichkeiten am Pflug sind Furchentiefe, Arbeitsbreite und Querneigung.

Die **Furchentiefe** wird bei Hydraulikpflügen mit dem Stellhebel am Steuergerät vorgewählt. Beim Freigangpflug kommt es dagegen auf eine richtige Einstellung von Oberlenker, Unterlenker (und ggf. Stützrad) an. Voraussetzung für eine gute Führung des Pfluges ist dort, daß der »ideelle Zugpunkt« möglichst weit vor und unter der Schlepperhinterachse liegt.

Die **Arbeitsbreite** läßt sich für den ersten Körper (Anschluß an die vorhergehende Furche) oder für alle Körper einstellen.

Durch Verstellen der **Querneigung** soll erreicht werden, daß die Furchensole stets parallel zur Bodenoberfläche verläuft und gleichmäßig hohe Furchenkämme entstehen.

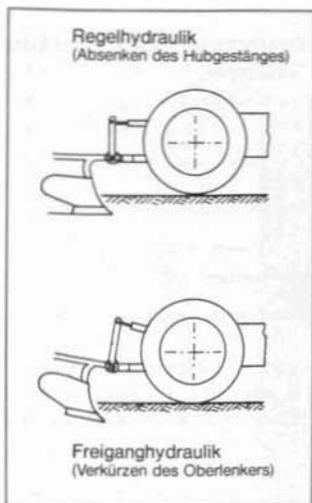


Abb. 12 Einstellung der Furchentiefe

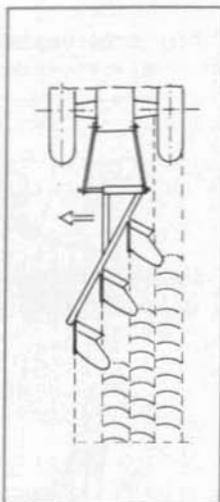


Abb. 13 Einstellung der Arbeitsbreite

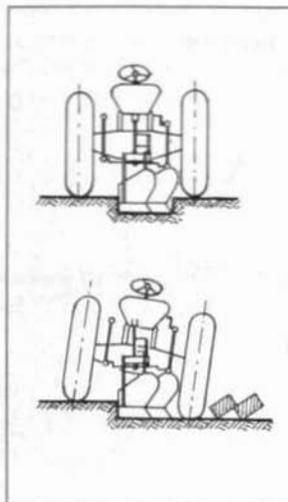


Abb. 14 Einstellung der Querneigung

Für das Einstellen der *Vorwerkzeuge* sind in der Betriebsanleitung des Pfluges genaue Maße angegeben.

Pflug-Sonderbauformen – Neben diesen vorwiegend verwendeten Bauformen gibt es einige Sonderbauformen.

Beim **Rautenpflug** ist die vordere Streichblechkante vorgewölbt. Dadurch entsteht ein rautenförmiger Querschnitt des Erdbalkens, der eine breitere Furche (günstig für breite Schlepperreifen) und kürzere Pflugbauweise bewirkt. Eine spezielle Anlage mit senkrechtem Schwert gewährleistet eine sichere Pflugführung.

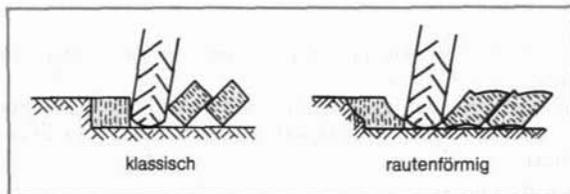


Abb. 15 Pflugbalkenprofil bei Normalpflug und Rautenpflug

Abb. 16 Rautenpflug

Der zapfwellengetriebene **Spatenpflug** wurde speziell für sehr schwere Polderböden entwickelt. Die Spaten stechen einzelne, kompakte Erdziegel aus dem Boden, wenden sie und legen sie ohne Krümelung wieder ab. Das hohe Eigengewicht gewährleistet das Eindringen der Spaten auch bei verhärteter Bodenoberfläche. Es sind nur ca. 40% des Leistungsbedarfes eines herkömmlichen Scharpfluges erforderlich.

Pflugeinsatz – Beim Einsatz von Pflügen für die Grundbodenbearbeitung ist die Kenntnis des Leistungsbedarfes und der Flächenleistung von besonderer Bedeutung.

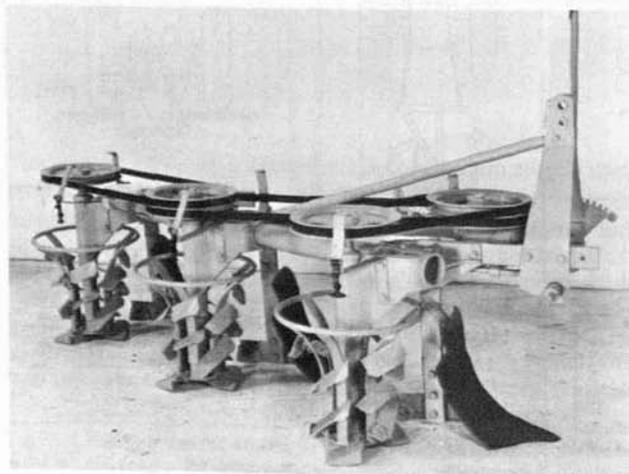


Abb. 17 Der Kreiselpflug bewirkt ein zusätzliches Krümeln des Erdbalkens

Beim **Kreiselpflug** wird der Erdbalken vom Pflugschar nur angehoben und anschließend von einem mit Schlägerwerkzeugen besetzten, konischen Kreisels gekrümelt und zur Seite abgelegt. Der Antrieb des Kreisels erfolgt über die Schlepperzapfwelle. Dadurch wird der *Zugkraftbedarf* verringert, der *Gesamtleistungsbedarf* liegt jedoch um ca. 20% höher als beim Scharpflug. Der Kreiselpflug krümelt und mischt intensiv, er kann auf leichteren Böden u. U. in einem Arbeitsgang das Feld saattüchtig vorbereiten.

Leistungsbedarf: Das Pflügen erfordert einen hohen Zugkraftaufwand. Dieser ist abhängig von

- ▶ Furchenquerschnitt,
- ▶ Pflugkörperform,
- ▶ Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ spezifischem Bodenwiderstand.

Für letzteren gelten die in der Tabelle 3 angegebenen Werte bei unterschiedlichen Bodenarten.

Tabelle 3: Spezifischer Pflügewiderstand

Bodenart	spez. Pflügewiderstand bei 5 km/h N/dm ²	notwendige Zugkraft bei 30 cm Arbeitstiefe N/m Arbeitsbreite
leicht	220– 350	9 000
leicht bis mittelschwer	250– 400	10 000
mittelschwer	300– 550	13 000
mittelschwer bis schwer	350– 600	16 000
schwer bis sehr schwer	600–1200	20 000–30 000

Die effektiv erforderliche Schlepper-Motorleistung richtet sich u. a. nach Arbeitstiefe, Gesamtarbeitsbreite und Bodenart.

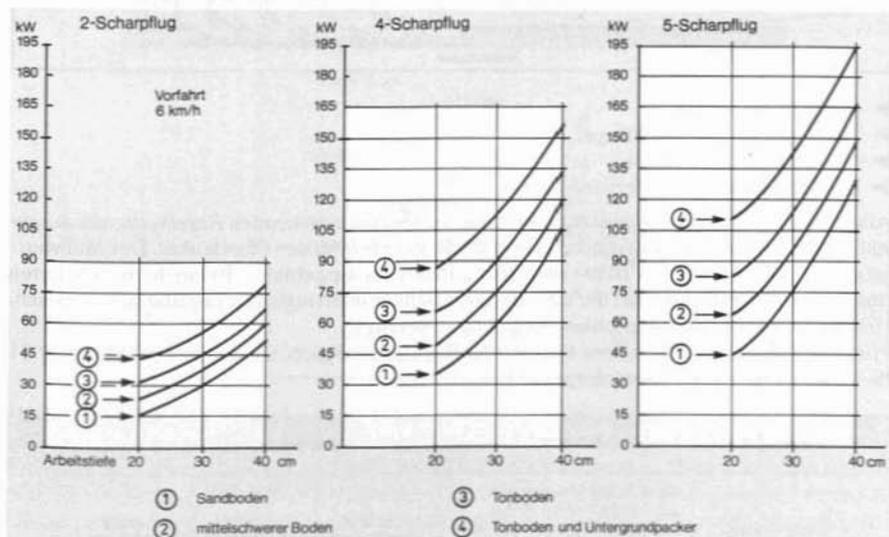


Abb. 18 Schlepper-Leistungsbedarf beim Pflügen

Infolge des niedrigen Leistungsgewichtes moderner Ackerschlepper ist es auch bei günstigen Bodenverhältnissen oft schwierig, die vorhandene Motorkraft mit hohem Wirkungsgrad über die Schleppertriebäder auf den Boden zu übertragen. Deshalb wird angestrebt, zusätzliches Gewicht auf die Triebäder zu verlagern. Das Anbringen von Zusatzgewichten oder die Wasserfüllung der Reifen befriedigt nicht immer. Eine wesentlich höhere Belastung der Schlepper-Triebachse läßt sich durch Verwendung der Regelhydraulik erzielen. Dabei wird der Pflug ständig vom Heckkraftheber im Dreipunktgestänge getragen. Die zur Gewichtserhöhung verwendeten Kräfte sind:

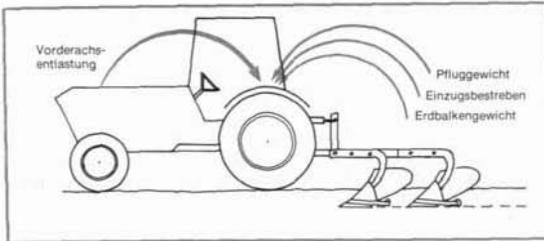


Abb. 19 Kraftübertragung auf die Schlepper-Hinterachse bei Oberlenker-Regelung

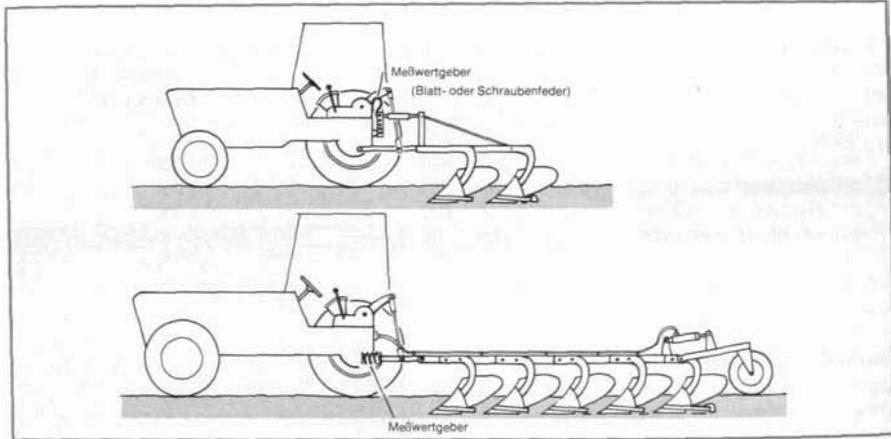


Abb. 20 Bei Aufsattelpflügen wird die Regelung über die Unterlenker bevorzugt

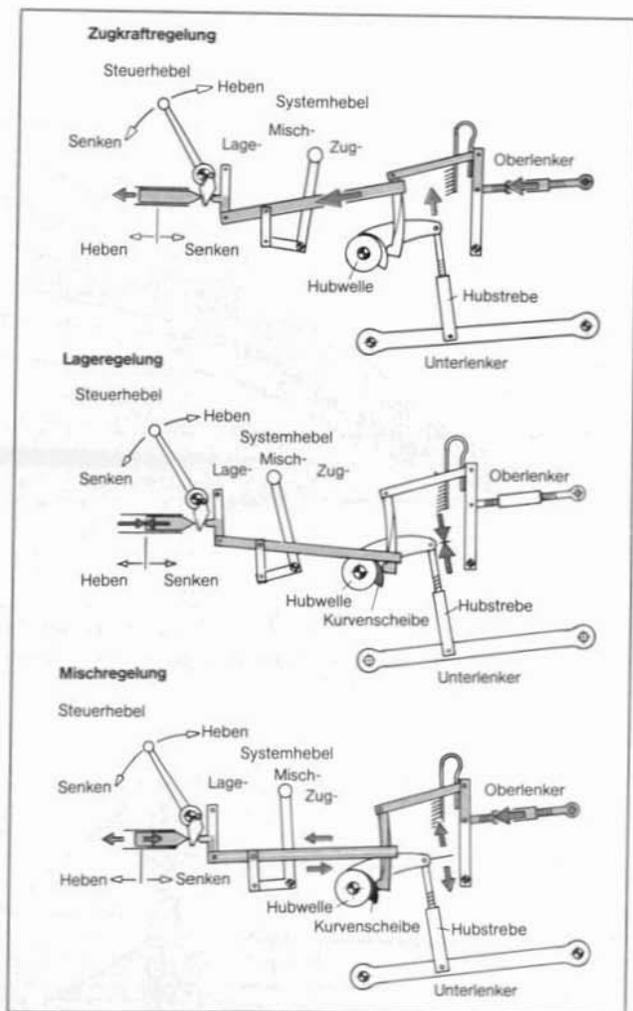
- ▶ Gewicht des Pfluges,
- ▶ Einzugsbestreben des Pfluges,
- ▶ Gewicht des Erdbalkens,
- ▶ Entlastung der Schleppervorderachse.

Alle modernen Ackerschlepper sind mit einer automatisch wirkenden *Regelhydraulik* ausgestattet. Bei Pflügen bis zu 4 Scharen erfolgt die Regelung über den Oberlenker. Der Meßwertgeber am Schlepper ist als Blatt- oder Schraubenfeder ausgebildet. Bei mehr als 4 Scharen (meist Aufsattelpflügen) sind die über den Oberlenker übertragbaren Impulse sehr schwach. Hier wird deshalb die Unterlenker-Regelung bevorzugt.

Prinzipiell sind drei verschiedene Formen der Regelung möglich. Sie sind in der Abbildung 21 (S. 12 unten und S. 13 oben) dargestellt.

Regelungsarten	Funktion	Auswirkung auf Pflugtiefe
Lageregelung	Gerät in bestimmter Lage zum Schlepper fixiert. Bei Lageänderung automatische Korrektur. Auf wechselnden Böden unterschiedlicher Zugkraftbedarf.	<p>Bodenart</p> <p>mittel schwer leicht</p> <p>└ Eingestellte Arbeitstiefe</p>
Zugkraftregelung	Regelung auf ständig gleichbleibende Zugkraft. Reaktionsdrossel schwächt Impulse ab.	<p>Tatsächliche Pflugtiefe</p>
Mischregelung	Kombination von Lage- und Zugkraftregelung. Starke Schwankungen werden ausgeglichen.	

Abb. 21 Anwendung der Regelhydraulik beim Pflügen



Flächenleistung: Die Leistung beim Pflügen errechnet sich aus der *möglichen Arbeitsgeschwindigkeit* \times der *Arbeitsbreite* abzüglich der Zeiten für das Wenden am Feldende, das Auspflügen des Vorgewendes und nicht vermeidbare Verlustzeiten. Daraus ergeben sich im praktischen Einsatz die in den Abbildungen 22, 23 und 24 (S. 14) angegebenen Werte für Flächenleistung und Arbeitszeitbedarf bei verschiedenen Arbeitsbreiten und Fahrgeschwindigkeiten.

1.2.2 Schwergrubber

Einsatzbereiche – Der Schwergrubber hat drei wesentliche Einsatzbereiche mit speziellen Anforderungen:

► **Stoppelbearbeitung, Einarbeitung von Pflanzenresten:**

- mitteltiefes Lockern und Krümeln des Bodens (bis ca. 15 cm Arbeitstiefe),
- oberflächennahes Einmischen von Pflanzenresten,
- Schaffen eines günstigen Keimbettes für Unkrautsamen und Ausfallgetreide,
- Unkrautbekämpfung.

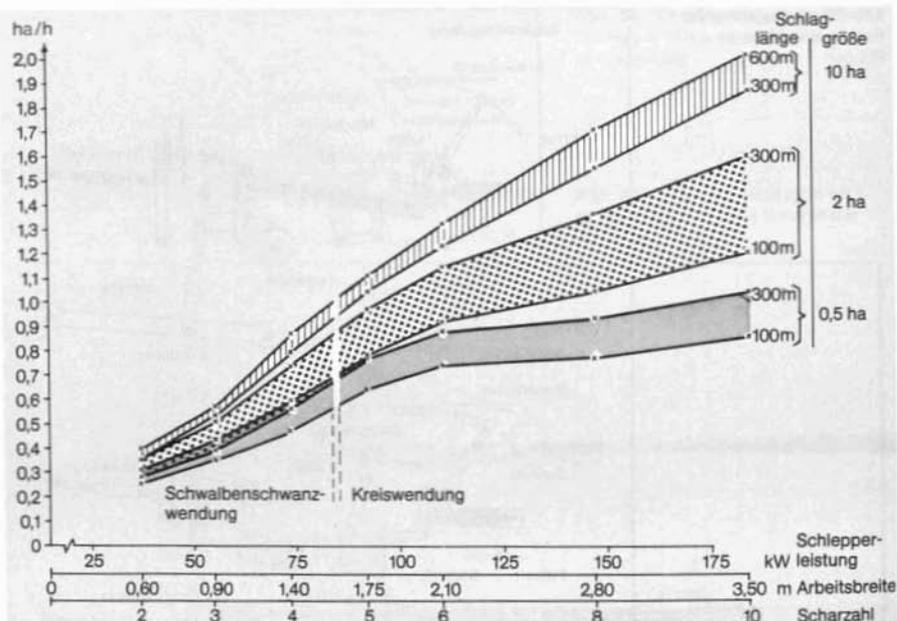


Abb. 22 Leistung mehrschariger Kehrplüge in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten; $v = 7 \text{ km/h}$)

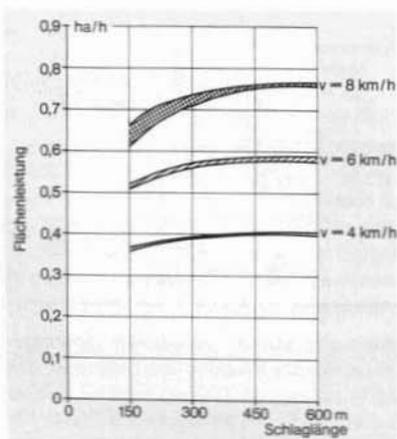


Abb. 23 Flächenleistung beim Pflügen in Abhängigkeit von Schlaglänge und Fahrgeschwindigkeit (Kehrflug; Schlaggröße 3 ha; Arbeitsbreite 1,05 m; Wendezeit 0,35 min; Wenderadius 8 m; jeweils obere Linie ohne Vorbeet, jeweils untere Linie mit Vorbeet)

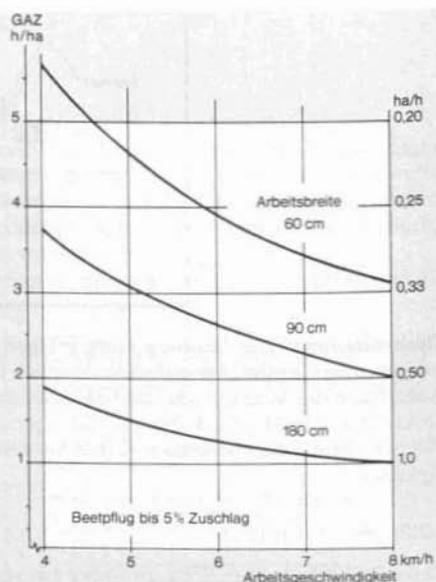


Abb. 24 Arbeitszeitbedarf beim Pflügen

► Bearbeitung auf Pflügtiefe:

- Auflockern und grobes Krümeln des Bodens auf volle Krumentiefe,
- Wenden des Bodens (mechanische Unkrautbekämpfung, Verlagern oberflächennaher Schichten nach unten und umgekehrt),

- Durchlüften des gesamten Krumenbereiches,
- Vermischen verschiedener Bodenschichten.

► **Lockern des Unterbodens:**

- Brechen von Pflugsohlen und anderen Verdichtungshorizonten unter der Krume,
- Meliorationsmaßnahmen in größerer Arbeitstiefe (bis ca. 1 m),
- Krumenvertiefung.

Aus diesen unterschiedlichen Aufgaben ergibt sich folgende Einteilung der Schwergrubber:

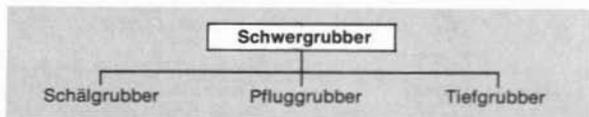


Abb. 25 Einteilung der Schwergrubber

Wirkung und Aufbau – Die Funktion des Grubbers beruht auf einer nach oben und zur Seite gerichteten Sprengwirkung des Schares.

Bearbeitungseffekt, Funktionssicherheit und Leistungsbedarf des Schwergrubbers werden vor allem von seinem Gesamtaufbau (Strichabstand der Schar, Zinkendurchgang, Rahmenhöhe) sowie von Zinkenausbildung und Scharform beeinflusst.



Abb. 26 Funktionsprinzip des Grubbers

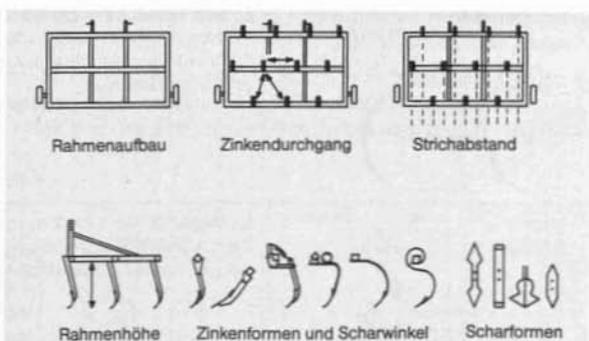


Abb. 27 Konstruktionsmerkmale von Schwergrubbern

Rahmenaufbau, Strichabstand und Zinkendurchgang stehen in enger Wechselbeziehung. Beim *Schälgrubber* wird ein enger Strichabstand (einwandfreies Lockern und Krümeln des Bodens), großer seitlicher und diagonaler Zinkendurchgang (geringe Verstopfungsanfälligkeit) und große Rahmenhöhe gefordert (wenig Verstopfungen, gutes Mischen). Deshalb werden hier meist vier Reihen von Zinkenträgern verwendet. Beim *Pfluggrubber* und *Tiefgrubber* steht neben einer ausreichenden Rahmenhöhe vor allem ein geringer Zugkraftbedarf im Vordergrund.

Zinken: Sie unterscheiden sich in Form, Elastizität und Anstellwinkel (vgl. Abb. 28, S. 16).

Schare: Die Form der Grubberschare beeinflusst die Bearbeitungsbreite pro Zinken, den Bearbeitungseffekt und den Zugkraftbedarf. Heute werden vorwiegend drei Scharformen verwendet.

Die Grubberschare hinterlassen im Boden einen dächerförmigen Bearbeitungshorizont. Dieser ist bei schmalen Scharen und Einsatz bei feuchteren Bodenverhältnissen deutlich, bei breiteren Scharen und trockenen Einsatzverhältnissen weniger ausgeprägt. Deshalb ist eine bestimmte Mindestarbeitstiefe erforderlich, wenn der Boden ausreichend bearbeitet werden soll.

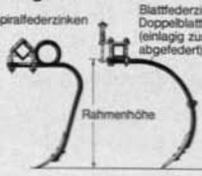
Zinkenform	Funktion
<p>starr</p> <p>Einstellung des Schnittwinkels</p>  <p>Schnittwinkel 10-45°</p>	auch bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit sicheres Einhalten der Arbeitstiefe. Scherschraube oder Feder als Überlast-Sicherung.
<p>halbstarr</p> <p>Druckfeder</p>  <p>abgefederter starrer Zinken</p> <p>Scharlochanstand 45-60-75 mm</p>	Federwirkung einstellbar. Arbeitstiefe auf wechselnden Böden ungleichmäßig. Wirksamer Überlastungsschutz
<p>voll gefedert</p> <p>Spiralfederzinken</p> <p>Blattfederzinken Doppelblättrig (einlagig zusätzlich abgefedert)</p>  <p>Rahmenhöhe</p>	Zinken federt bei Überlastung aus. Vibration im Boden fördert die Krümelwirkung. Kann seitlich und in der Tiefe ausweichen, deshalb kein gleichmäßiger Tiefgang und Strichabstand
<p>starr (Meißel)</p> <p>Überlastsicherung</p> <p>Druckfeder</p>  <p>Scherschraube auswechselbare Schneide</p>	typischer Zinken für Lockerung auf volle Krumentiefe. Beschränkte Mischwirkung. Durch flachen Anstellwinkel geringerer Zugkraftbedarf

Abb. 28 Bauformen und Funktion von Schwergrubberzinken

Nachläufer	Wirkung
<p>Streichschienen (gezogen)</p> 	Ebnen der Bodenoberfläche
<p>Scheiben- und Spatenrolle (abrollend)</p> 	Krümeln des Bodens, Einmischen von Pflanzenresten bis ca. 10 cm Tiefe

Nachläufer	Wirkung
<p>Krümel- und Packerwalze</p> 	Packen und Krümeln der oberen Bodenschichten
<p>Zapfwellengeräte (ZW-Antrieb)</p> 	Krümeln des Bodens, Einmischen von Pflanzenresten bis ca. 15 cm Tiefe

Abb. 29 und 30 Wirkung verschiedener Grubbernachläufer

Nachläufer: Der Bearbeitungseffekt ist nach einem Arbeitsgang oft nicht befriedigend. Nachgeschaltete Nachläufer sollen deshalb die Funktion des Schwergrubbers unterstützen oder ergänzen (vgl. Abb. 29, S. 16).

Bei modernen Schwergrubbern lassen sich diese Nachläufer in ihrer Wirkung gezielt einstellen, austauschen und kombinieren.

Der *Tiefgrubber* (Unterbodenlockerer) ist ein Spezialgerät für die Auflockerung von tiefliegenden Verdichtungshorizonten. Gesamtaufbau, Zinken- und Scharformen sind gezielt an diesen Einsatz angepaßt.

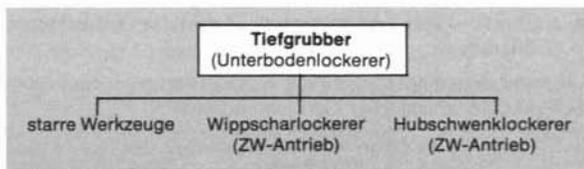


Abb. 31
Einteilung der Tiefgrubber

Die starren Werkzeuge werden als Schmal- oder Flügelschare angeboten. Beim Wippscharlockerer wird nur das Schar von der Zapfwelle über ein Gestänge auf- und abbewegt. Beim Hubschwenklockerer versetzt ein Exzenter den gesamten Zinken mit Schar in eine pendelnde Bewegung. Durch den Zapfenwellenantrieb läßt sich der Gesamtleistungsbedarf verringern.

Einsatz – Die Einsatzbereiche des Schwergrubbers werden im wesentlichen vom Gesamtaufbau, Zinken- und Scharform sowie von den verwendeten Nachläufern bestimmt.

Der Zugkraftbedarf hängt vor allem von der Zahl der Schare, Arbeitsbreite je Einzelschar, Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe, Bodenart und Bodenzustand ab. Es wird angestrebt, die gesamte Schlepperbreite »spurdeckend« und möglichst in einem Arbeitsgang zu bearbeiten. Daraus resultiert ein relativ hoher Zugkraftbedarf, beim Vorhandensein entsprechend leistungsstarker Acker-schlepper lassen sich jedoch hohe Flächenleistungen erzielen.

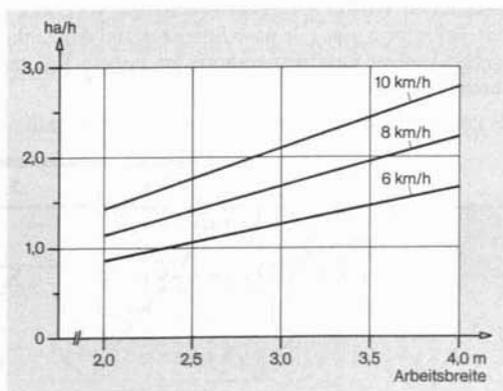


Abb. 32 Flächenleistung beim Schwergrubber in Abhängigkeit von Fahr-geschwindigkeit und Arbeitsbreite

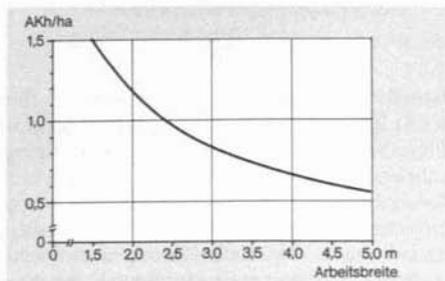


Abb. 33 Arbeitszeitbedarf beim Schwergrubber-Einsatz

1.3 Geräte zur Oberflächen-Nachbearbeitung

Die Geräte zur Nachbearbeitung der Bodenoberfläche nach der vorhergehenden Grundbodenbearbeitung haben folgende Aufgaben zu erfüllen:

- ▶ Einebnen der Bodenoberfläche,
- ▶ Lockern und Krümeln der Bodenschicht, in welche nachfolgend das Saat- oder Pflanzgut abgelegt wird,
- ▶ Herstellen des erforderlichen Bodenschlusses,
- ▶ Einmischen von Mineraldünger, Bodenherbiziden usw.,
- ▶ mechanische Unkrautbekämpfung,
- ▶ Aufbrechen von Verkrustungen, Durchlüften verdichteter Oberflächen (bei Acker- und Grünland).

Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen und Anwendungsbereiche gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Gerätebauformen:



Abb. 34 Einteilung der Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte

1.3.1 Feingrubber

Die Wirkung von Grubber- und auch Eggenzinken beruht darauf, daß sie den Boden in einem bestimmten Winkel aufbrechen (abhängig von Bodenart, Bodenzustand, Fahrgeschwindigkeit, Scharform usw.). Je nach Strichabstand der Zinken entsteht dabei ein mehr oder minder dächerförmiger Bearbeitungshorizont, nur ein Teil der gelockerten Zone ist ordnungsgemäß durchgearbeitet.

Es gilt die *Faustregel*: Strichabstand = Arbeitstiefe.

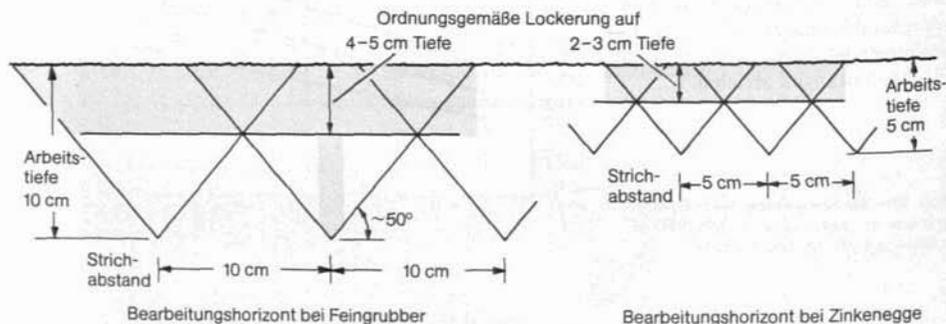


Abb. 35 Wirkung von Grubber- und Eggenzinken

Bauteile: Der Feingrubber besitzt große, G-förmige Federstahlzinken. Sie sind in mehreren (bis 5) Reihen in einem stabilen, starren Rahmen angelenkt. Der Zinken trägt eine hochvergütete Scharspitze, teilweise werden beidseitig nutzbare Spitzscharen aufgeschraubt. Beim Anbringen von Doppelscharen halbiert sich in etwa der Strichabstand. Auf stark verhärteten Böden werden Zinken mit Doppelblattfederung bevorzugt. Zum Einebnen der rauhen Winterfurche läßt sich eine federbelastete Glattschiene vor der ersten Zinkenreihe höhenverstellbar anbringen. Die Tiefenführung übernehmen seitlich angebrachte, z. T. gummibereifte Laufräder oder eine nachgeschaltete Krümelwalze.

Einsatz: Voraussetzung für einen befriedigenden Bearbeitungseffekt ist neben Strichabstand und Arbeitstiefe vor allem die Arbeitsgeschwindigkeit. Mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit vergrößert sich die Wucht des Aufpralles der Zinken auf die Bodenteilchen im Quadrat. Das Vibrieren der Zinken im Boden fördert die lockernde und krümelnde Wirkung. Bei den zur Zeit verwendeten Bauarten ist bei mittlerer Arbeitsgeschwindigkeit (ca. 8 km/h) und 10–12 cm Arbeitstiefe mit einem spezifischen Leistungsbedarf von ca. 0,7–1,0 kW je Zinken zu rechnen.

1.3.2 Eggen

Die Gruppe der Eggen ist besonders umfangreich und vielseitig, bietet aber die Möglichkeit einer gezielten Anpassung an verschiedene Einsatzbedingungen.

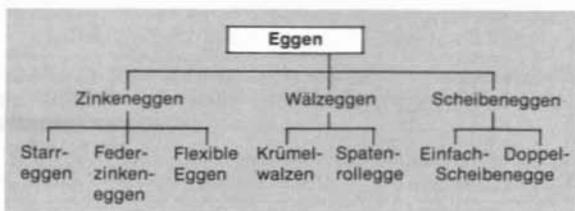


Abb. 36 Einteilung der Eggen

Starreggen und Federzinkeneggen – Zu dieser Gruppe zählen:

- ▶ Saateggen,
- ▶ leichte, mittelschwere und schwere Ackereggen,
- ▶ Löffleggen,
- ▶ Federzinkeneggen (Gareggen).

Eggen mit starren oder federnden Zinken sind aus einzelnen »Feldern« zusammengesetzt. Jedes Feld (ca. 1,0–1,4 m breit) besteht aus rechtwinkelig oder S-förmig angeordneten Zinkenträgern. Darin sind die Zinken so angeordnet, daß ein enger Strichabstand, aber möglichst geringe Verstopfungsfahr besteht.

Zinkenform: Eggenzinken werden aus hochwertigem Stahl hergestellt. Form und Zinkengewicht haben besonderen Einfluß auf ihre spezielle Verwendung.

Bauform	Wirkung	Einsatzbereich	Zinken-gewichte (g)
Saategge (Rundzinken) 	Flaches Lockern und Krümeln	Nacheggen nach dem Drillen	500–900
Acker-egge (Vier-kant-zinken) 	Lockern und Krümeln in mäßiger Tiefe	Saatbett-Vorbereitung, Aufreißen verkrusteter Oberflächen oder verfilzter Wiesennarben	1500–2000
Löfflegge 	Aufbrechen des Bodens, gutes seitliches Durcharbeiten	Saatbett-Vorbereitung	1700–2500

Abb. 37 Wirkung und Einsatzbereiche der verschiedenen Eggenzinken (Fortsetzung S. 20)

Bauform	Wirkung	Einsatzbereich	Zinken- gewichte(g)
Garegge 	Durch federnde Zinken intensive Lockerung und Krümelung, gute Selbstreinigung	Saatbett-Vorbereitung, mechanische Unkrautbekämpfung	2000–3000
Hackstriegel 	Stufenweise regulierbarer Tiefgang und entsprechende Lockerung bzw. Krümelung	Saatbett-Vorbereitung, mechanische Unkrautbekämpfung	verstellbar von 1300–4000
Wiesenegge (Gliederregge) 	Aufreißen und Verteilen auf Wiesen	Einebnen von Maulwurfshaufen, Verteilen von organischem Dünger, Aufreißen verfilzter Grasnarben	2300–2700
Netzegge 	Gleichmäßig flaches Lockern und Krümeln, Ausreißen von Unkraut	Mechanische Unkrautbekämpfung, vor allem im Kartoffelbau, Abschleppen im Frühjahr, Verteilen von Stallmist usw. auf Wiesen und Weiden	115–700

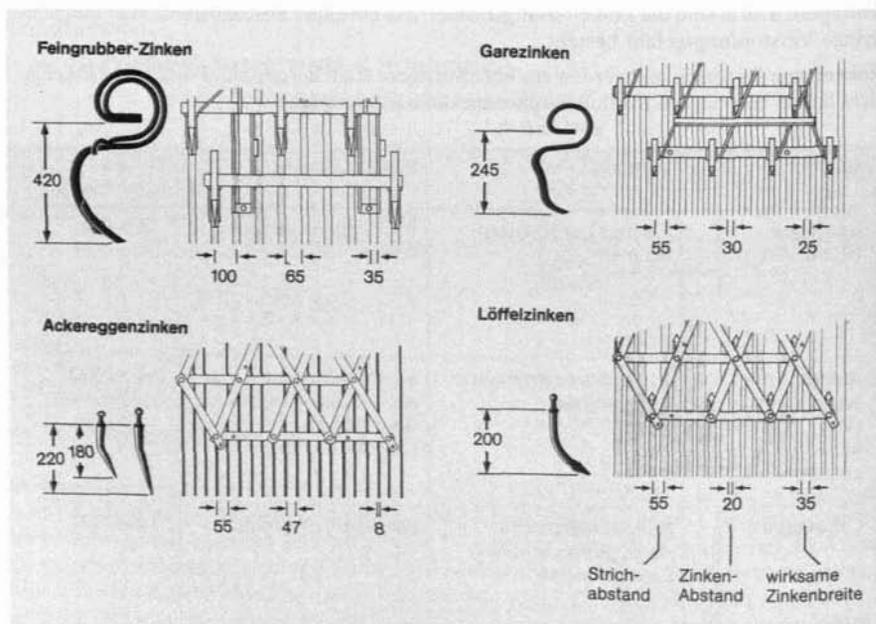


Abb. 38 Unterschiedlicher Arbeitseffekt verschiedener Eggen-Zinkenformen bei gleichem Strichabstand (Maße in mm)

- Die Zinkenlänge beträgt bei
- Saategge etwa 110 mm,
 - Ackeregge etwa 160–180 (–220) mm,
 - Löfflegegge etwa 200 mm,
 - Garegge etwa 250 mm.

Neben der Zinkenform beeinflusst der Strichabstand ganz wesentlich den Bearbeitungseffekt.

Als *Faustregel* gilt: enger Strichabstand = flache Arbeitstiefe.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß verschiedene Zinkenformen bei gleichem Strichabstand eine unterschiedlich wirksame Breite besitzen. Dies wirkt sich auf den Bearbeitungseffekt aus.

Eine *Sonderform* stellt die Winkelmesseregge dar. Die horizontale Schneidwirkung des Winkel-Hackmessers bewirkt einen ebenen, rillenfreien Bearbeitungshorizont. Mit Schnellverschluß kann das Winkelmesser gegen ein Doppel-Feingrubberschar ausgetauscht werden.

Flexible Zinkeneggen stellen Spezialgeräte für Pflegearbeiten im Hackfruchtbau (z. B. Netzegge mit engem Strichabstand) oder für die Grünlandpflege dar (Wiesenegge mit messerartigen Zinken).

Einsatz: Feingrubber, Starr- und Federzinkeneggen sind die bevorzugten Geräte für die *Saatbettbereitung*. Ihre Effekte werden von verschiedenen konstruktiven Merkmalen beeinflusst.

Tabelle 4: Einfluß konstruktiver Merkmale auf den Effekt der Bodenbearbeitung

Effekt	beeinflusst von
Lockern	Strichabstand
Krümeln	Zinkenform wirksamer Zinkenbreite
Arbeitstiefe	Gewicht pro Zinken Anlenkpunkt am Zugbalken evtl. Zusatzbelastung
Profil des Bearbeitungshorizontes	Zinkenform Strichabstand wirksamer Zinkenbreite
Verstopfungsanfälligkeit	Zinkenlänge Zinkendurchgang starrten oder federnden Zinken

Da die Einzelgeräte nicht immer in der Lage sind, alle gewünschten Effekte zufriedenstellend zu erfüllen, werden sie meist mit anderen Geräten in »Gerätekombinationen« zusammengefaßt. Flächenleistung, Arbeitszeit- und Zugkraftbedarf werden dort besprochen (S. 32 f.).

Damit eine sichere Führung und gleichmäßige Arbeitstiefe auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten gewährleistet ist, werden die Eggenfelder in einen Tragrahmen eingehängt. Sie müssen parallel zur Bodenoberfläche geführt werden, damit alle Zinken gleichmäßig in den Boden eingreifen. Dies läßt sich durch entsprechende Höhenlage des Zugpunktes am Geräterahmen, Andrücken der Egge an den Boden oder Verändern der Kettenlänge erreichen.

Der Anbau am Schlepper erfolgt meist am Dreipunkt-Gestänge. Nur überbreite Eggen werden aufgesattelt oder angehängt. Sie besitzen dann besondere Fahrwerke oder Längsfahrvorrichtungen für den Straßentransport.

Bei Geräten mit über 3 m Arbeitsbreite müssen bei der Straßenfahrt die überstehenden Außenteile den Vorschriften der StVZO entsprechend eingeklappt werden. Hierfür gibt es mechanische (mit Federunterstützung) oder hydraulisch wirkende Einklappvorrichtungen (mit flexiblen Leitungen von der Schlepperhydraulik betätigt).

Wälzegen (Krümelwalzen) – Die *Krümelwalzen* sind bevorzugte Nachlaufgeräte in Saattbtkombinationen. Ihre Aufgabe ist dort das Krümeln, Verdichten und Einebnen der Bodenoberfläche. Die Wirkung besteht darin, daß die Werkzeuge in den Boden eindringen und dabei die Kluten zerschlagen und zerdrücken. Beim Heraustreten werden feine Bodenteile als lockere, feinkrümelige Schicht über einem etwas verfestigten Horizont abgelegt. Bei spitzen und schmalen Werkzeugen steht die zerschlagende und krümelnde Wirkung, bei breiten, stumpfen Werkzeugen die verfestigende Wirkung im Vordergrund. Krümelwalzen besitzen einen starren Rahmen, in dem quer zur Fahrtrichtung meist zwei auf dem Boden abrollende Werkzeuge (neuerdings auch mit unterschiedlichem Durchmesser) angeordnet sind. Aus der Bauweise ergeben sich die verschiedenen Wirkungen und Anwendungsgebiete.

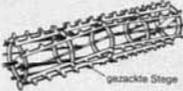
Bauform	Arbeitswerkzeug	Wirkung
Drahtwälzgege 	schräg gespannte Stahl-drähte mit unterschiedlichem Drahtdurchmesser	intensives Krümeln (ca. 3–5 cm tief), flacher Verdichtungshorizont, darüber werden lockere Bodenteile abgelegt
Zahnwälzgege 	2 Varianten: schwere, gewendelte Stahlwellenschienen oder gerade Zahnschienen mit kleinen Zähnen	zerdrücken die Kluten, packen den Boden oberflächlich. Verfestigen den Saathorizont
Schrägstabwälzgege 	gewendelte Flachstahlstäbe mit rechteckigem Querschnitt	universell verwendbare Bauart, gut krümelnd und verfestigend

Abb. 39 Bauweise und Wirkung von Wälzegen

Weitere, jedoch nur selten verwendete Bauformen sind Flachstern- und Spiralwälzegen.

Die **Spatenrolle** hat gegenüber den Wälzegen andere Werkzeuge und deshalb auch eine abweichende Funktion.

In einem Rahmen sind V- oder X-förmig zur Fahrtrichtung zwei oder mehr Wellen mit messerförmigen, vierzackigen Werkzeugen angeordnet. Diese bewirken ein flaches, aber sehr intensives Aufreißen, Krümeln und Mischen des Bodens. Neben der Nachbearbeitung der Felder nach der Grundbodenbearbeitung wird die Spatenrolle hauptsächlich zur Stoppelbearbeitung sowie zum Einmulchen von Pflanzenresten, Gründüngung usw. eingesetzt. Es sind meist Dreipunkt-Anbaugeräte, die für eine gute Wirkung Fahrgeschwindigkeiten über 10–12 km/h und ggf. Belastungsgewichte benötigen.

Scheibenegge – Die Wirkung der Scheibenegge besteht im Schneiden, Krümeln, Wenden und Mischen des Bodens. Diese Effekte werden bewirkt durch die unterschiedlichen Umfangsgeschwindigkeiten zwischen dem Bereich des Scheibenrandes und nahe an der Nabe. Dadurch wird der Boden unterschiedlich beschleunigt.

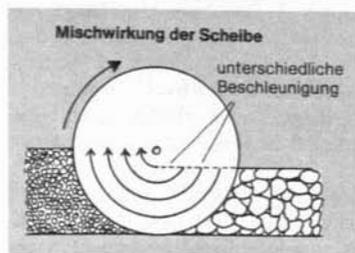


Abb. 40 Wirkung der Scheibenegge

Die gewölbten, sich selbstschärfenden Stahlscheiben besitzen einen glatten (für die Nachbearbeitung, z. B. der Pflugfurche) oder gezackten Rand (z. B. für Stoppelumbruch). Oft werden beide Scheibenformen kombiniert. Bei Anstellung der Scheiben längs zur Fahrtrichtung wird eine mehr schneidende Wirkung erreicht, mit zunehmender Schrägstellung steigt der Misch- und Krümeleffekt.

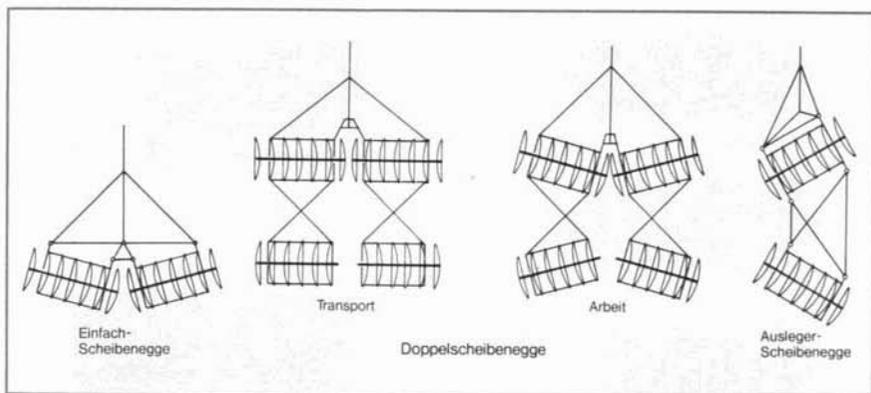


Abb. 41 Die wichtigsten Bauformen von Scheibeneggen

Moderne Scheibeneggen besitzen gummiereifte Laufräder, die zur Umstellung auf Straßentransport mit Hilfe der Schlepperhydraulik ausgeschwenkt werden.

Einsatz und Gerätevergleich – Die verschiedenen Geräte haben also sehr spezielle Einsatzbereiche. Ihre Wirkung wird neben der Fahrgeschwindigkeit vor allem von der Gerätebauweise, Belastung usw. beeinflusst.

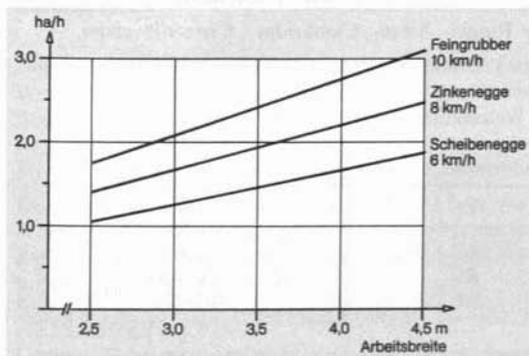


Abb. 42 Flächenleistung bei Scheibeneggen in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsbreite

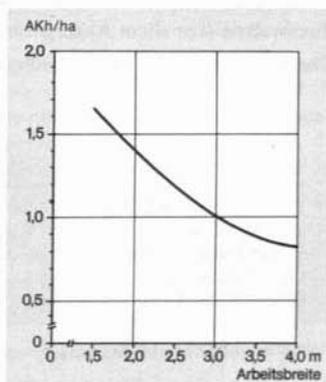


Abb. 43 Arbeitszeitbedarf beim Einsatz von Scheibeneggen

1.3.3 Walzen und Packer

Die Aufgabe der Walzen besteht vor allem in einer oberflächlichen Bodenverfestigung, dem Brechen von Krusten, Zerdrücken von groben Bodenkrümeln und ggf. Einebnen der Bodenoberfläche. Die Wirkung hängt vor allem ab von

- ▶ Walzengewicht,
- ▶ Walzendurchmesser,
- ▶ Walzenform,
- ▶ Fahrgeschwindigkeit.

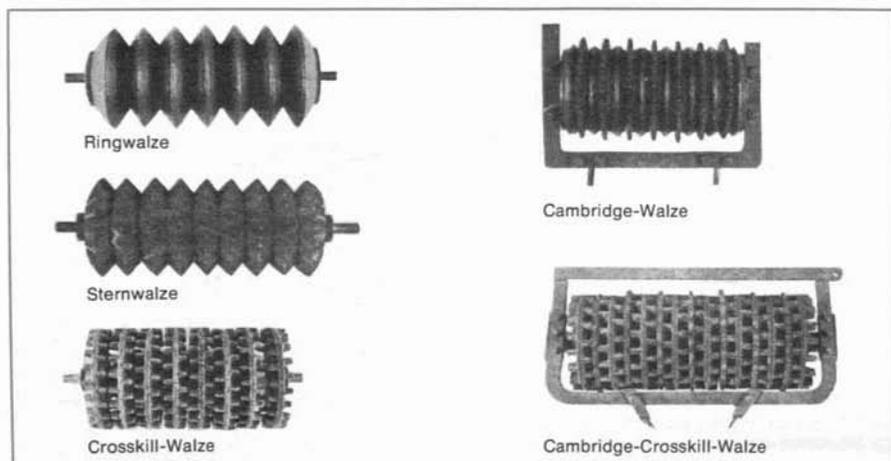


Abb. 44 Wirkung der Walzen (Verdichten der Bodenoberfläche und Zerkleinern von Erdschollen) ist vom Gewicht und von der Ausführung der Walzenringe abhängig

Nach der Oberflächenbeschaffenheit der Walze lassen sich unterscheiden:

Rauwalzen (vor allem Ackergeräte): Ringel-, Stern-, Cambridge-, Crosskillwalzen.

Glattwalzen (vor allem Grünlandgeräte): Glatte Oberfläche, z. T. Wasserfüllung möglich.

Tabelle 5: Technische Kenndaten von Walzenformen

Walzenform	Durchmesser ca. cm	kg Gewicht/m Arbeitsbreite
Glattwalze (Acker)	50	150
Glattwalze (Wiese)	bis 125	bis 750 ¹
Ringelwalze, Sternwalze	40	200
Cambridgewalze	50	200–250
Crosskillwalze	50	400–450

¹ mit Wasserfüllung bis 2000 kg

Generell gilt: die Wirkung auf dem Acker ist um so intensiver, je höher das Gewicht und je rauher die Oberflächenbeschaffenheit der Walze ist.

Krumenpacker und **Sternwälzgege** (Notzonegge) sind typische Pflugnachläufer. Neuerdings werden Packerelemente auch in Saatbettkombinationen verwendet.

Beim *Krumenpacker* sind auf einer Querwelle schmale, schwere Ringe mit 60–90 cm Durchmesser nebeneinander angebracht. Durch das hohe Eigengewicht und das tiefe Eindringen der schmalen Ringe in den Boden soll im tieferen Krumenbereich (10–20 cm) das mechanische Absetzen des Bodens und seine Tragfähigkeit gefördert sowie der Wasseraufstieg begünstigt werden. Die Ackeroberfläche bleibt verhältnismäßig locker liegen.

Die *Sternwälzgege* bewirkt dagegen ein gutes Brechen und Krümeln der Schollen an der Bodenoberfläche, flaches Verdichten und Einebnen. Hierfür sind an mehreren, hintereinander in einem Rahmen angeordneten Wellen 5–6zackige Rundsterne spiralig angeordnet, die in den Boden einstechen.

Der *Krumenpacker* hat bei einem Durchmesser der Ringe von 60–90 cm ein Gewicht von 250–600 kg/m Arbeitsbreite, die *Sternwälzgege* bei 25–30 cm Durchmesser ca. 80–200 kg/m Arbeitsbreite.

1.4 Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte mit Zapfwellenantrieb

Das Interesse an zapfwellengetriebenen Nachbearbeitungsgeräten hat in den letzten Jahren vor allem aus folgenden Gründen erheblich zugenommen:

- ▶ Übertragen der Schlepper-Motorleistung mit hohem Wirkungsgrad (ca. 80%, bei gezogenen Geräten max. 50%) und ohne schädlichen Radschlupf auf den Boden,
- ▶ Anpassen des Zerkleinerungseffektes an die vorliegenden Einsatzbedingungen, daher vielseitiger Einsatz.
- ▶ Auch bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen eine gezielte Bearbeitung in einem Arbeitsgang,
- ▶ weniger Fahrspuren und Verdichtungsstreifen,
- ▶ Kombination mit Sä- oder Pflanzmaschinen.

Die Geräte werden nach ihrer Werkzeugbewegung eingeteilt:

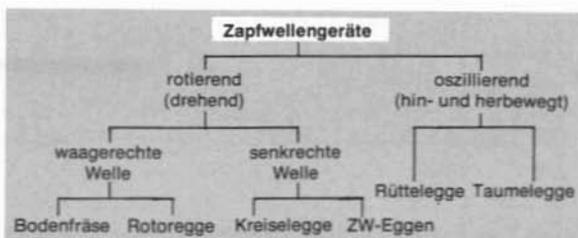


Abb. 45 Einteilung der Zapfwellengeräte

Der Zerkleinerungseffekt der aktiv bewegten Werkzeuge im Boden wird vor allem von Werkzeugform, Wucht des Auftreffens auf die Bodenteile und dem Anteil der getroffenen Bodenteile pro Flächeneinheit beeinflusst.

Bei den zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungswerkzeugen bestehen hinsichtlich der Messer- oder Zinkenbahn im Boden systemspezifische Unterschiede.

Der Bewegungsablauf wird im wesentlichen bestimmt durch die Eigengeschwindigkeit der Werkzeuge und die Fahrgeschwindigkeit des Schleppers. Ändert sich eine dieser Geschwindigkeiten, so verändert sich auch die Werkzeugbahn im Boden und damit die Bearbeitungintensität (vgl. Abb. 46, S. 26).

Als *Faustregel* gilt:

Geringe Fahrgeschwindigkeit und hohe Werkzeuggeschwindigkeit = intensive Bearbeitungswirkung.

Hohe Fahrgeschwindigkeit und geringe Werkzeuggeschwindigkeit = geringe Bearbeitungswirkung.

Im praktischen Einsatz gilt es, einen Kompromiß zwischen optimalem Bearbeitungseffekt und optimaler Flächenleistung zu finden.

1.4.1 Bodenfräse

Die wesentlichen Anwendungsbereiche der Bodenfräse sind:

- ▶ flaches Lockern, Krümeln und Mischen des Bodens,
- ▶ Einbringen von Pflanzenbewuchs, Ernterückständen usw. und gleichzeitiges intensives Vermischen mit dem Boden,
- ▶ Zerkleinern von Grasnarben (z. B. bei Grünlandumbruch),
- ▶ Ersatz des Pfluges bei kritischen Verhältnissen,
- ▶ Kombination mit Sägeräten bei der Minimalbestellung (mit oder ohne Pflugfurche).

Die Bodenfräse nimmt also eine Zwischenstellung ein, weil sie sowohl für die Grundbodenbearbeitung, als auch für die Oberflächen-Nachbearbeitung eingesetzt werden kann.

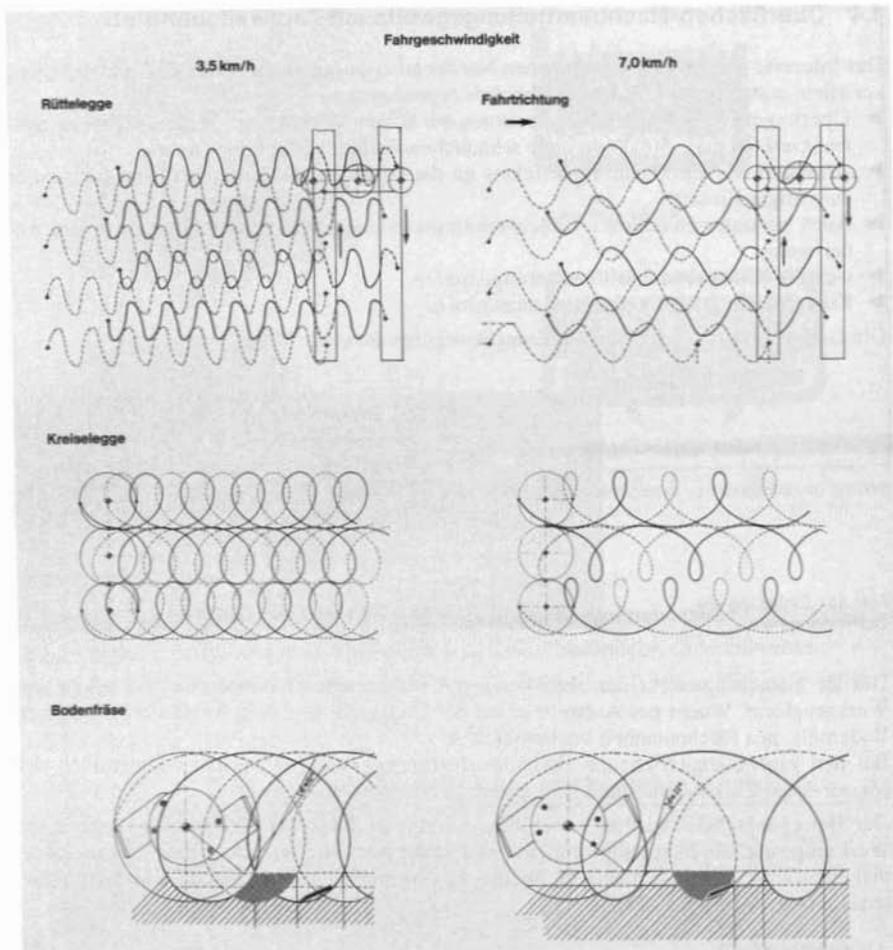


Abb. 46 Bewegungsbahnen bei verschiedenen Werkzeugen und unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten

Funktion und Aufbau – Die Fräswelle mit den daran angebrachten Werkzeugen dreht sich in der Regel gleichsinnig mit den Schlepperrädern. Die Messer schlagen von oben in den Boden und schleudern die »Bissen« gegen einen Pralldeckel. Die Länge der Bissen und damit der Zerkleinerungseffekt wird beeinflusst von

- ▶ Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge,
- ▶ Anzahl der Werkzeuge je Messerkranz.

Der **Antrieb** der Fräse (es entsteht fast ausschließlich Drehleistungsbedarf) erfolgt über die Zapf- und Gelenkwelle mit meist 540 1/min. Bei leistungsfähigen Fräsen und bei großer Arbeitsbreite wird der vorteilhaftere Antrieb mit 1000 1/min bevorzugt.

Ein Getriebe übernimmt die Kraftübertragung auf die Fräswelle. Moderne Fräsen sind mit einem Schaltgetriebe oder einem Getriebe mit Wechselzahnradern ausgestattet. Dadurch ist es möglich, auch bei steigender Arbeitsgeschwindigkeit einen gleichmäßigen Bearbeitungseffekt (gleichbleibende Bissenlänge) einzuhalten oder bei konstanter Vorfahrt die Bissenlänge zu verändern.

Vorwiegend wird der *Seitenantrieb* verwendet. Bis zu Arbeitsbreiten von ca. 3 m erfolgt die

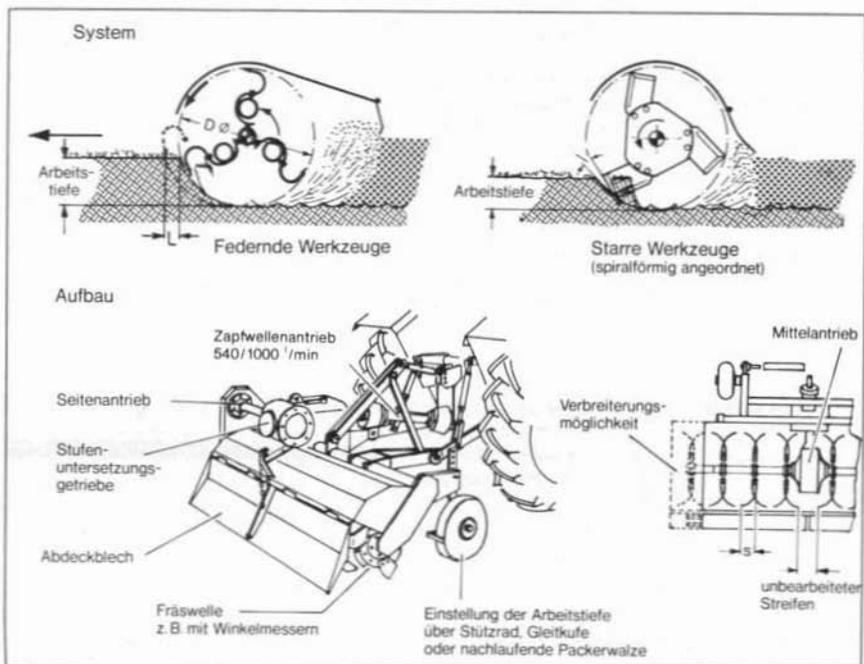


Abb. 47 Aufbau und Begriffsdefinitionen bei Bodenfräsen

Tabelle 6: Beziehungen zwischen Fahrgeschwindigkeit, Messerumfangsgeschwindigkeit und Bissenlänge bei Bodenfräsen

Fahrgeschwindigkeit (km/h)	Bissenlänge in cm bei Rotordrehzahl (1/min)				
	140	185	225	250	280
4	15,2	12,2	10,0	8,7	7,5
5	18,6	15,2	12,5	10,8	9,4
6	22,0	18,2	15,0	12,9	11,3
7	25,4	21,2	17,5	15,0	13,2
8	28,8	24,2	20,0	17,1	15,1

Rotor-Durchmesser: 52 cm – Messerzahl: 6 je Messerträger

Kraftübertragung von der Antriebs- auf die Fräswelle meist einseitig durch Gelenkketten oder Zahnräder. Erst bei größerer Arbeitsbreite ist der beidseitige Antrieb üblich.

Der *Mittelantrieb* wird nur noch selten bei leichten Fräsen verwendet. Da das Getriebe direkt auf der Fräswelle liegt, bleibt dort ein Streifen Boden unbearbeitet und muß durch Lockerungszinken oder einen rotierenden Fräskopf aufgelockert werden.

Auf der Fräswelle sind die Werkzeugkränze mit den Fräsmessern angebracht. Durch eine spirale Anordnung der Messer sollen Erschütterungen und Verstopfungen vermieden werden. Jeder Messerkranz ist in der Regel mit 6 Messern (abwechselnd rechts- und linksschneidend) bestückt. Für die Unterbringung größerer Mengen von Ernterückständen läßt sich die Messerzahl auf 4 verringern.

Die **Werkzeugform** wird nach der angestrebten Wirkung gewählt.

Hakenförmige, gefederte oder starre Federstahlzinken werden nur bei vorwiegend in gärtnerischen Kulturen eingesetzten Fräsen verwendet. Das gefederte, verstellbare Prallblech

Werkzeugform	Wirkung	spezifischer Leistungsbedarf
Winkelmesser 	Boden wird waagrecht abgeschnitten. Ebener Bearbeitungshorizont. Sehr intensive Zerkleinerungs- und Mischwirkung	hoch
Sichelmesser (Mulchmesser) 	schmäler schneidend. Unebener Bearbeitungshorizont. »Mulchmesser« mit guter Mischwirkung	mittel
Spatenmesser 	Verwendung nur nach vorhergehender Grund-Bodenbearbeitung. Intensive Krümelwirkung, Einsatzbereiche wie Zapfwelleneggen	gering bis mittel

Abb. 48 Werkzeugform und Wirkung bei Fräsmessern

bremst den Boden ab. Beim Verengen des Auslaufes wird eine bessere Bodenzerkleinerung und -einebnung erreicht.

Zur Tiefenführung dienen mechanisch oder hydraulisch einstellbare Laufräder, die seitlich oder hinter der Fräse angeordnet sind. Zunehmend werden zur Tiefenführung und Verdichtung des lockeren Bodens Packerwalzen hinter der Fräse angebracht.

Einsatz – Bodenfräsen werden fast ausschließlich als Dreipunkt-Heckanbaugeräte angeboten. Sie sind im allgemeinen mittig und voll spurdeckend am Schlepper angebracht (symmetrischer Anbau). Muß z. B. wegen zu geringer Motorleistung die Arbeitsbreite geringer als die Schleppergesamtbreite gewählt werden, ist der seitlich versetzte (asymmetrische) Anbau vorteilhaft, da zumindest eine Schlepperradspur bearbeitet wird.

Zwischen Flächenleistung, angestrebtem Bearbeitungseffekt und Bedarf an Schleppermotorleistung bestehen enge Wechselbeziehungen. Im wesentlichen wird beeinflußt

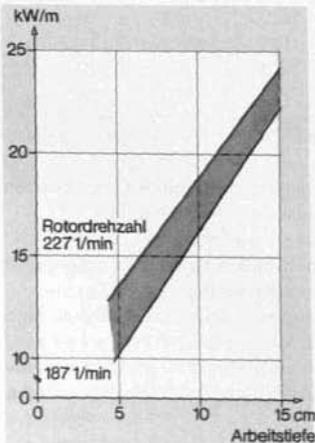


Abb. 49 Leistungsbedarf je m Arbeitsbreite bei der Bodenfräse in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe

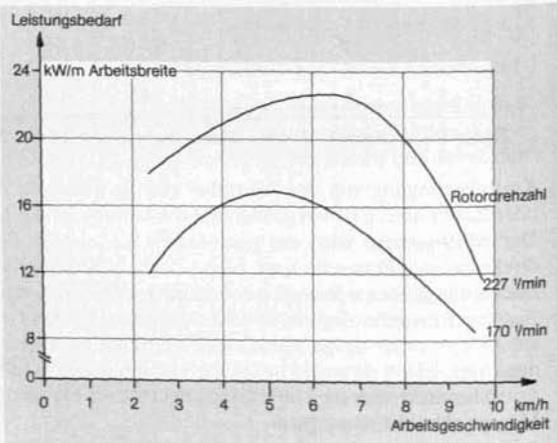


Abb. 50 Leistungsbedarf bei unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit

- ▶ die *Flächenleistung* von
 - Fahrgeschwindigkeit
 - Arbeitsbreite
 - ▶ der *Bearbeitungseffekt* von
 - Fahrgeschwindigkeit
 - Umlaufgeschwindigkeit der Messer
 - Messerzahl/Kranz
 - Messerform
 - Prallblecheinrichtung
 - Bodenart und Bodenzustand (gepflügt, ungepflügt, Bodenfeuchte)
 - ▶ der *Leistungsbedarf* von
 - Zerkleinerungswirkung
 - Arbeitstiefe
 - Messerform
 - Bodenart und Zustand
- } Anzahl von Messereinschlägen je m²

Im praktischen Einsatz ist ein optimaler Kompromiß zwischen diesen verschiedenen Einflußfaktoren zu suchen.

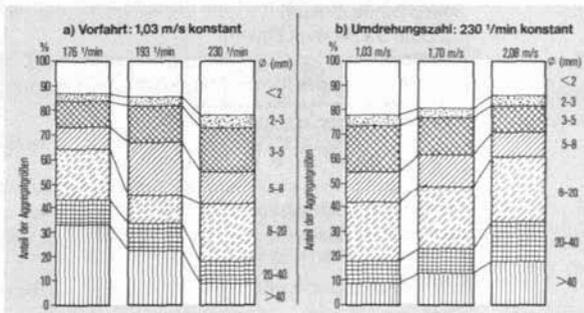
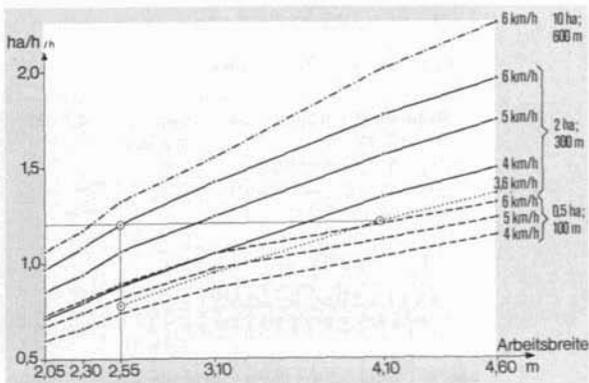


Abb. 51 Leistungsbedarf bei unterschiedlicher Krümelung; Fräse (H): 4 Messer/Kranz; Arbeitstiefe: 9 cm; Boden: tL, org. Substanz 1,75%; Feuchte: 17,3 Gew.-%

Abb. 52 Flächenleistung bei verschiedener Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit



1.4.2 Zapfwelleneggen

Zapfwellengetriebene Eggen sind nur nach einer vorhergehenden Grundbodenbearbeitung einzusetzen. Sie arbeiten nach einer ordnungsgemäßen Pflugfurche und bei sauber eingearbeiteten Pflanzenresten besonders gut, können aber z. B. auch nach dem Schwergrubber verwendet werden.

Ihr Haupteinsatzbereich ist die *Saat- und Pflanzbettbereitung*, in Sonderfällen und in Kombination mit anderen Geräten auch die Einarbeitung organischer Materialien in den Boden. Zapfwelleneggen sind überwiegend Dreipunkt-Anbaugeräte, die sich meist auf angebaute Packerwalzen abstützen (zur Tiefenführung und Verdichtung des Bodens).

Die wichtigsten Bauformen sind:

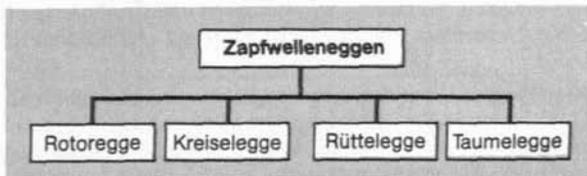


Abb. 53 Bauformen von Zapfwelleneggen

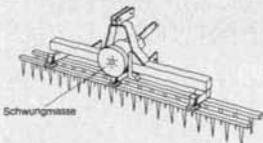
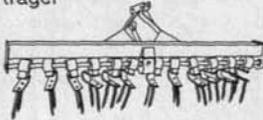
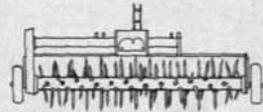
Art der Egge	Werkzeugbewegung	Verstellbereich (m/s)	Arbeits-tiefe (cm)	günstige Fahrge-schwind. (km/h)	erforderliche Schlepper-Mo-torleistung (kW/m Arb.breite)
Rüttelegge (horizontal oszillierende Zinken) 2- oder 4balkig 	konstant	ca. 1	7–10	4–6	11–18
Taumelegge (horizontal taumelnde Zinken) 2 oder 3 Zinken je Zinken-träger 	konstant		bis 15	4–6	12–18
Kreislegge (horizontal rotierende Zinken) 2 oder 4 Zinken je Zinken-träger 	ver-stellbar	2,5–4,4	bis 15	6–8	15–18
Rotoregge (vertikal rotierende Zinken) Zinkenrotor meist aus-tauschbar gegen Messer-welle bei der Fräse 	ver-stellbar	4,2–6,9	bis 15	6–8	15–18

Abb. 54 Vergleich der Zapfwelleneggen

Rotoregge – Sie gleicht im Aufbau der Bodenfräse. Auf der Rotorwelle sind jedoch anstelle der Messer spiralförmig in ca. 5 cm Abstand leicht schrägstehende Rundzinken (stumpf oder angespitzt) angebracht. Die Rotoregge wird z. T. auch als Austauschaggregat für den Messerrotor der Fräse angeboten. Hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Fahr-geschwindigkeit, Werkzeuggeschwindigkeit und Bearbeitungseffekt gilt das gleiche wie bei der Fräse. Neuerdings wird ein Zinkenrotor mit gegenläufiger Drehrichtung der Zinken ange-boten.

Kreislegge – Unter dem Antriebsgehäuse sind horizontal und gegenläufig rotierende Kreisel (1–4 Zinken je Kreisel) angeordnet. Neuere Geräte sind mit einem Untersetzungsgetriebe zur stufenweisen Verstellung der Werkzeug-Umlaufgeschwindigkeit ausgestattet. Für die unterschiedlichen Einsatzbereiche werden verschiedene Zinkenformen angeboten: spitze,

stumpfe Zinken für die Saatbettbereitung, messerförmige für die Stoppelbearbeitung. Die Zinkenlängen betragen ca. 25–40 cm.

Das horizontale Rotieren der Kreisel bewirkt eine sowohl mit als auch entgegengesetzt der Fahrtrichtung wirkende Zinkenbewegung. Hierdurch ergibt sich ein günstiger Bearbeitungseffekt und gute Selbstreinigung.

Rüttelegge – Diese besitzt 2 oder 4 Zinkenträger mit langen, teilweise nach vorn gebogenen Zinken. Die rotierende Antriebsbewegung der Zapfwelle wird durch einen Exzenter in eine Pendelbewegung umgesetzt. Jeweils 2 Zinkenträger bewegen sich gegenläufig. Die hin- und herbewegten Zinken vollführen im Boden eine sinusförmige (wellenförmige) Kurvenbahn, zerstoßen dabei die Erdkluten und ebenen den Boden ein.

Die Hubfrequenz ist konstant, deshalb kann eine Veränderung der Bearbeitungsintensität nur durch das Variieren der Schlepper-Fahrgeschwindigkeit erfolgen.

Taumelegge – Die Zinkenträger mit 2 oder 3 Zinken werden durch Taumellager in seitliche Hin- und Herbewegung versetzt. Je 2 Zinkenträger pendeln gegenläufig und durch spezielle Anordnung der Taumellager zeitlich verschoben. Dadurch ist ein ruhiger und schonender Lauf gewährleistet.

Ähnlich wie bei der Rüttelegge läßt sich die Taumelfrequenz nicht verändern, die Bearbeitungsintensität ist nur durch die Schlepperfahrgeschwindigkeit zu beeinflussen.

1.4.3 Einsatzbereiche zapfwellengetriebener Bodenbearbeitungsgeräte

Bei den Zapfwelleneggen werden die Bodenaggregate durch die Wucht des Zinkenaufpralles zerbrochen, nicht geschnitten. Diese Eggen durchmischen den Bearbeitungshorizont intensiv, bei rotierender Arbeitsweise sind sie in der Lage, Wurzelunkräuter herauszuarbeiten und an der Bodenoberfläche abzulegen.

Bei den Zapfwelleneggen teilt sich der Gesamtleistungsbedarf auf in Zugleistung und Geräteantriebsleistung (Drehleistung).

Bei Geräten mit pendelnder Werkzeugbewegung nimmt mit steigender Arbeitsgeschwindigkeit der anteilige Bedarf an Zugleistung erheblich zu, der Anteil an Drehleistungsbedarf bleibt relativ konstant.

Bei den rotierenden Zapfwelleneggen steigt der Drehleistungsbedarf mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit an, nach Überschreiten eines Maximalbereiches sinkt er wieder ab. Der Bereich des höchsten Leistungsbedarfes kennzeichnet auch den Bereich, in welchem die höchste Bearbeitungsintensität erreicht wird.

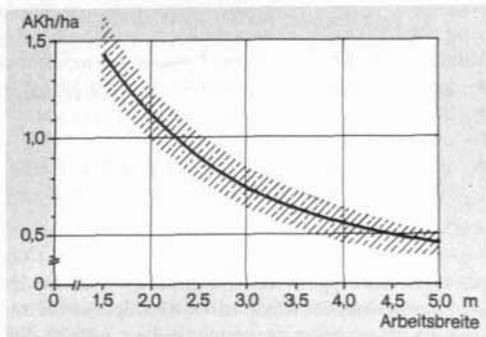
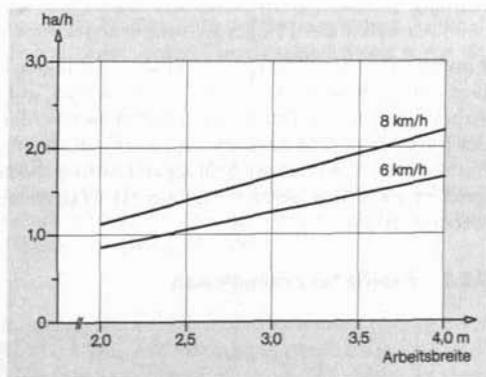


Abb. 55 (oben) Flächenleistung von Zapfwelleneggen in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsbreite

Abb. 56 Arbeitszeitbedarf beim Einsatz von Zapfwelleneggen

1.5 Gerätekombination für die Bodenbearbeitung

Mit dem **Schwergrubber** soll möglichst in einem Arbeitsgang ein ordnungsgemäßer Bearbeitungseffekt erzielt werden. Da dies der Grubber allein in der Regel nicht erfüllen kann, lassen sich je nach angestrebtem, zusätzlichem Bearbeitungseffekt verschiedene **Nachläufer** anbringen. Diese wurden bereits im Abschn. 1.2.2 »Schwergrubber« (S. 13) behandelt.

1.6 Gerätekombinationen für die Saatbettvorbereitung

1.6.1 Koppelungsgeräte zum Pflug (Pflugnachläufer)

Durch das Koppeln des Pfluges mit einem Nachläufer sollen folgende Effekte erzielt werden:

- ▶ mechanisches Verdichten des Bodens,
- ▶ rascheres Absetzen des Bodens,
- ▶ Schaffen einer feinkrümeligen Oberfläche,
- ▶ geringerer Aufwand für die Nachbearbeitung.

Für diese Aufgaben werden Krumpacker, Sternwälzegen (Notzoneggen) und Kombinationen dieser beiden Geräte mit Krümelwalzen verwendet. Die Einzelgeräte wurden bereits behandelt.

Anlenkung am Schlepper – Bei Beetpflügen können leichtzügige Nachläufer mit einer Kette an einem Ausleger direkt am Pflug angelenkt werden. Bei schweren Pflugnachläufern kann dadurch ein erheblicher Seitenzug ausgeübt werden, deshalb werden diese Nachläufer direkt am Schlepper befestigt. Ein Ausleger am Pflug hält den Packer im gewünschten seitlichen Abstand. Geräte, die für die Koppelung mit dem Drehpflug vorgesehen sind, müssen symmetrisch angeordnete Werkzeuge besitzen. Nur dann ist bei Hin- und Rückfahrt eine gleichgute Wirkung zu erwarten. Am Schlepper, besser noch direkt am Pflug ist eine Fangvorrichtung montiert, von welcher der Nachläufer am Furchenanfang erfaßt und am Feldende beim Ausheben des Pfluges selbsttätig abgekoppelt wird.

Einsatz – Die Arbeitsbreite von Pflug und Pflugnachläufer muß aufeinander abgestimmt sein. Der Einsatz beschränkt sich auf die leichteren, gut krümelnden Böden. Dort kann in einem Arbeitsgang ein saattüchtiges Feld vorbereitet werden. Der Leistungsbedarf wird vor allem von der Bauform des Nachläufers beeinflußt. Im allgemeinen ist damit zu rechnen, daß der Pflugnachläufer den jeweiligen Schlepper-Leistungsbedarf des Pfluges um ca. 15% erhöht. Durch geschicktes Kombinieren verschiedener Pflugnachläufer kann die Bearbeitungswirkung gesteuert werden.

1.6.2 Saatbettkombinationen

Einzelgeräte können oft nicht die erwartete oder die für den jeweiligen Zweck erforderliche Wirkung zufriedenstellend erreichen. Da auch die steigenden Schlepper-Motorleistungen mehr als bisher das Koppeln von bislang einzeln nacheinander ablaufenden Arbeitsgängen ermöglichen, haben sich für bestimmte Einsatzbereiche geeignete Gerätekombinationen herausgeschält. Durch eine gezielte Auswahl und Zueinanderordnung von Einzelgeräten mit unterschiedlicher Wirkung soll folgendes erreicht werden:

- ▶ gezielte Bearbeitung des Bodens in möglichst wenigen Arbeitsgängen,
- ▶ Bodenbearbeitung entsprechend den pflanzen- und standortspezifischen Erfordernissen,
- ▶ schonende Behandlung des Bodens,
- ▶ hohe Flächenleistung, dadurch termingerechte Arbeitserledigung, geringer Arbeitszeitaufwand, geringe Kosten der Arbeitserledigung.

Aufbau und Bauteile – Gerätekombinationen für Saatbettbereitung besitzen als Grundausstattung einen Tragrahmen, in welchem als »Vorläufer« vor allem Ackereggen, Löffleggen oder Gareeggen, als »Nachläufer« verschiedene Bauarten von Krümelwalzen, Packern usw. hintereinander angeordnet werden. Aus diesen Einzelaggregaten lassen sich dann geeignete Kombinationen zusammenstellen, welche die genannten Forderungen erfüllen können.

Die Zueinanderordnung hat so zu erfolgen, daß

- ▶ die Vor- und Nachläufer sicher geführt werden,
- ▶ auch bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit die eingestellte Arbeitstiefe genau eingehalten wird,
- ▶ die einzelnen Geräte getrennt be- und entlastet werden können,
- ▶ bei Geräten mit mehr als 3 m Breite die überstehenden Seitenteile einfach und den Vorschriften entsprechend einzuklappen sind,
- ▶ die Arbeitsgeschwindigkeiten und Wirkungen der einzelnen Geräte zueinander passen,
- ▶ die optimale Bearbeitungsfeuchte im Boden für beide Geräte ähnlich ist.

Einteilung – Eine Einteilung der Gerätekombinationen kann nach dem grundsätzlichen Aufbau und der Anzahl hintereinander geschalteter Geräte vorgenommen werden.



Abb. 57 Einteilung der Gerätekombinationen

Feingrubberkombinationen: Feingrubber mit direkt am Grubberrahmen angelegter Krümel- oder Packerwalze stellen die einfachste Kombination dar. Stützt sich der Grubber auf die meist stufenlos in der Höhe verstellbare Krümelwalze ab, wird eine exakte Tiefenführung des Grubbers und eine ausreichende Belastung des Krümlers gewährleistet. Beim Einsatz auf lockeren Böden hat sich die Verwendung zusätzlicher Stützräder bewährt. Diese sind aber auch dann erforderlich, wenn die Krümelwalzen über ein federbelastetes Parallelogramm mit dem Grubberrahmen verbunden sind. Frontseitig angebrachte, federbelastete Schlepplagen sollen grobe Niveauunterschiede an der Bodenoberfläche ausgleichen und Schlepplagenspuren mit losem Boden auffüllen.

Die Vorteile der Kombination *Feingrubber mit Krümelwalze* bestehen im geringen Anschaffungspreis, der einfachen, robusten Bauweise, einer guten Funktionssicherheit sowie der universellen Verwendbarkeit auf nahezu allen Böden. Da jedoch die Arbeitstiefe mindestens 10 cm betragen soll, ist der Einsatzbereich eingeschränkt.

Zweifachkombinationen: Die Zusammenstellung von Eggen und Krümelwalzen zu einer Gerätekombination erfordert einen speziellen Tragrahmen, welcher in der Regel im Dreipunkt-Heckkraftheber angelegt ist und die Vor- und Nachlaufgeräte aufnimmt. Dadurch wird eine gute Führung der Einzelgeräte auch bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten und eine genaue Einstellung von Arbeitstiefe und Arbeitsintensität erreicht.

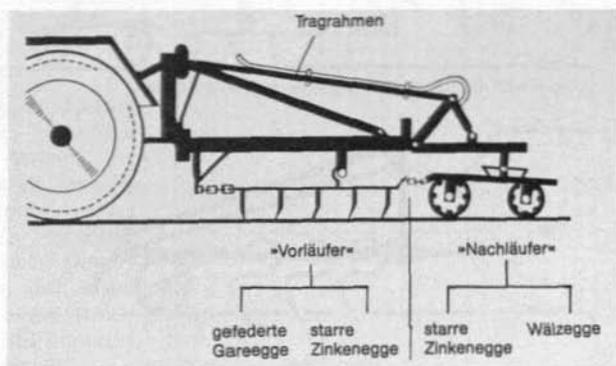


Abb. 58 Aufbau und Bauteile einer Zweifach-Gerätekombination für die Saattbettvorbereitung

Der grundsätzliche Aufbau aus Tragrahmen, Vorläufer und Nachläufer erlaubt durch den Austausch der Einzelgeräte mehrere Variationsmöglichkeiten und ein Anpassen an unterschiedliche Bearbeitungsbedingungen.

1.5 Gerätekombination für die Bodenbearbeitung

Mit dem **Schwergrubber** soll möglichst in einem Arbeitsgang ein ordnungsgemäßer Bearbeitungseffekt erzielt werden. Da dies der Grubber allein in der Regel nicht erfüllen kann, lassen sich je nach angestrebtem, zusätzlichem Bearbeitungseffekt verschiedene **Nachläufer** anbringen. Diese wurden bereits im Abschn. 1.2.2 »Schwergrubber« (S. 13) behandelt.

1.6 Gerätekombinationen für die Saatbettvorbereitung

1.6.1 Koppelungsgeräte zum Pflug (Pflughackläufer)

Durch das Koppeln des Pfluges mit einem Nachläufer sollen folgende Effekte erzielt werden:

- ▶ mechanisches Verdichten des Bodens,
- ▶ rascheres Absetzen des Bodens,
- ▶ Schaffen einer feinkrümeligen Oberfläche,
- ▶ geringerer Aufwand für die Nachbearbeitung.

Für diese Aufgaben werden Krumenpacker, Sternwälzegen (Notzoneggen) und Kombinationen dieser beiden Geräte mit Krümelwalzen verwendet. Die Einzelgeräte wurden bereits behandelt.

Anlenkung am Schlepper – Bei Beetpflügen können leichtzügige Nachläufer mit einer Kette an einem Ausleger direkt am Pflug angelenkt werden. Bei schweren Pflughackläufern kann dadurch ein erheblicher Seitenzug ausgeübt werden, deshalb werden diese Nachläufer direkt am Schlepper befestigt. Ein Ausleger am Pflug hält den Packer im gewünschten seitlichen Abstand. Geräte, die für die Koppelung mit dem Drehpflug vorgesehen sind, müssen symmetrisch angeordnete Werkzeuge besitzen. Nur dann ist bei Hin- und Rückfahrt eine gleichgute Wirkung zu erwarten. Am Schlepper, besser noch direkt am Pflug ist eine Fangvorrichtung montiert, von welcher der Nachläufer am Furchenanfang erfaßt und am Feldende beim Ausheben des Pfluges selbsttätig abgekoppelt wird.

Einsatz – Die Arbeitsbreite von Pflug und Pflughackläufer muß aufeinander abgestimmt sein. Der Einsatz beschränkt sich auf die leichteren, gut krümelnden Böden. Dort kann in einem Arbeitsgang ein saattartiges Feld vorbereitet werden. Der Leistungsbedarf wird vor allem von der Bauform des Nachläufers beeinflusst. Im allgemeinen ist damit zu rechnen, daß der Pflughackläufer den jeweiligen Schlepper-Leistungsbedarf des Pfluges um ca. 15% erhöht. Durch geschicktes Kombinieren verschiedener Pflughackläufer kann die Bearbeitungswirkung gesteuert werden.

1.6.2 Saatbettkombinationen

Einzelgeräte können oft nicht die erwartete oder die für den jeweiligen Zweck erforderliche Wirkung zufriedenstellend erreichen. Da auch die steigenden Schlepper-Motorleistungen mehr als bisher das Koppeln von bislang einzeln nacheinander ablaufenden Arbeitsgängen ermöglichen, haben sich für bestimmte Einsatzbereiche geeignete Gerätekombinationen herausgeschält. Durch eine gezielte Auswahl und Zueinanderordnung von Einzelgeräten mit unterschiedlicher Wirkung soll folgendes erreicht werden:

- ▶ gezielte Bearbeitung des Bodens in möglichst wenigen Arbeitsgängen,
- ▶ Bodenbearbeitung entsprechend den pflanzen- und standortspezifischen Erfordernissen,
- ▶ schonende Behandlung des Bodens,
- ▶ hohe Flächenleistung, dadurch termingerechte Arbeitserledigung, geringer Arbeitszeitaufwand, geringe Kosten der Arbeitserledigung.

Aufbau und Bauteile – Gerätekombinationen für Saatbettbereitung besitzen als Grundausstattung einen Tragrahmen, in welchem als »Vorläufer« vor allem Ackereggen, Löffleggen oder Gareeggen, als »Nachläufer« verschiedene Bauarten von Krümelwalzen, Packern usw. hintereinander angeordnet werden. Aus diesen Einzelaggregaten lassen sich dann geeignete Kombinationen zusammenstellen, welche die genannten Forderungen erfüllen können.

Die Zueinanderordnung hat so zu erfolgen, daß

- ▶ die Vor- und Nachläufer sicher geführt werden,
- ▶ auch bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit die eingestellte Arbeitstiefe genau eingehalten wird,
- ▶ die einzelnen Geräte getrennt be- und entlastet werden können,
- ▶ bei Geräten mit mehr als 3 m Breite die überstehenden Seitenteile einfach und den Vorschriften entsprechend einzuklappen sind,
- ▶ die Arbeitsgeschwindigkeiten und Wirkungen der einzelnen Geräte zueinander passen,
- ▶ die optimale Bearbeitungsfeuchte im Boden für beide Geräte ähnlich ist.

Einteilung – Eine Einteilung der Gerätekombinationen kann nach dem grundsätzlichen Aufbau und der Anzahl hintereinander geschalteter Geräte vorgenommen werden.

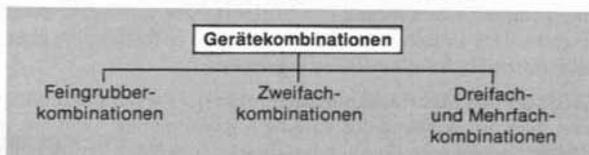


Abb. 57 Einteilung der Gerätekombinationen

Feingrubberkombinationen: Feingrubber mit direkt am Grubberahmen angelegter Krümel- oder Packerwalze stellen die einfachste Kombination dar. Stützt sich der Grubber auf die meist stufenlos in der Höhe verstellbare Krümelwalze ab, wird eine exakte Tiefenführung des Grubbers und eine ausreichende Belastung des Krümlers gewährleistet. Beim Einsatz auf lockeren Böden hat sich die Verwendung zusätzlicher Stützräder bewährt. Diese sind aber auch dann erforderlich, wenn die Krümelwalzen über ein federbelastetes Parallelogramm mit dem Grubberahmen verbunden sind. Frontseitig angebrachte, federbelastete Schleppschienen sollen grobe Niveauunterschiede an der Bodenoberfläche ausgleichen und Schleperradspuren mit losem Boden auffüllen.

Die Vorteile der Kombination *Feingrubber mit Krümelwalze* bestehen im geringen Anschaffungspreis, der einfachen, robusten Bauweise, einer guten Funktionssicherheit sowie der universellen Verwendbarkeit auf nahezu allen Böden. Da jedoch die Arbeitstiefe mindestens 10 cm betragen soll, ist der Einsatzbereich eingeschränkt.

Zweifachkombinationen: Die Zusammenstellung von Eggen und Krümelwalzen zu einer Gerätekombination erfordert einen speziellen Tragrahmen, welcher in der Regel im Dreipunkt-Heckkraftheber angeleitet ist und die Vor- und Nachlaufgeräte aufnimmt. Dadurch wird eine gute Führung der Einzelgeräte auch bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten und eine genaue Einstellung von Arbeitstiefe und Arbeitsintensität erreicht.

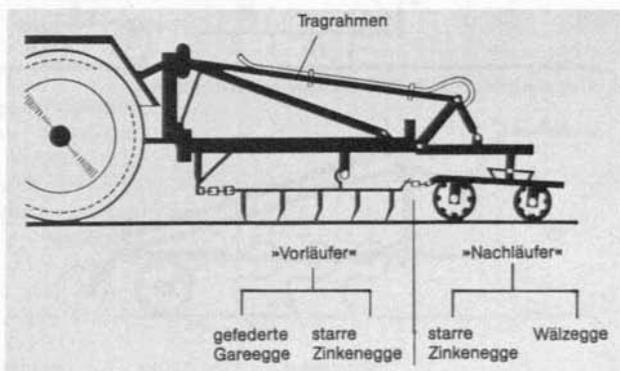


Abb. 58 Aufbau und Bauteile einer Zweifach-Gerätekombination für die Saattbettvorbereitung

Der grundsätzliche Aufbau aus Tragrahmen, Vorläufer und Nachläufer erlaubt durch den Austausch der Einzelgeräte mehrere Variationsmöglichkeiten und ein Anpassen an unterschiedliche Bearbeitungsbedingungen.

Für die Anlenkung der Einzelgeräte am Tragrahmen werden entweder zwei gesonderte Zugbalken (je einer für das Vorlauf- und Nachlaufgerät) oder nur ein Zugbalken verwendet.

Tragrahmen mit zwei Zugbalken ermöglichen die getrennte Anbringung der Vor- und Nachläufer. Sie können dadurch unabhängig voneinander arbeiten und beeinflussen sich nicht gegenseitig. Ihre exakte Tiefenführung ist allerdings erschwert.

Bei *Tragrahmen mit einem Zugbalken* ist der Nachläufer mit kurzen Ketten am Vorläufer angehängt. In Arbeit ist dann der Vorläufer zwischen vorderem Zugbalken und Nachläufer eingespannt und kann keine seitlichen Bewegungen mehr ausführen. Dies ermöglicht das Einhalten höherer Arbeitsgeschwindigkeit bei gleichzeitig genauer Tiefenführung.

Der Vorläufer kann meist unterschiedlich hoch am vorderen Zugbalken angehängt werden. Der Tragrahmen selbst stützt sich auf die nachlaufenden Krümelwalzen ab. Dadurch wird eine genaue Tiefenführung der Vorlaufgeräte sowie eine zusätzliche Belastung der Krümmer erreicht. Das Belasten der Nachläufer läßt sich stufenlos über Schraubspindeln, neuerdings auch durch Hydraulikzylinder regulieren.

Dreifach- und Mehrfachkombinationen: Bei speziellen Einsatzbedingungen kann es vorkommen, daß die Wirkung der Zweifach-Kombination nicht ausreicht. Um nicht mehrmals das Feld mit getrennten Geräten bearbeiten zu müssen, werden dann mehrere Einzelgeräte hintereinander angeordnet. So sind z. B. für den Einsatz auf leichten, locker liegenden Böden Kombinationen bestimmt, bei denen in einem festen Rahmen zwischen Feingrubber und

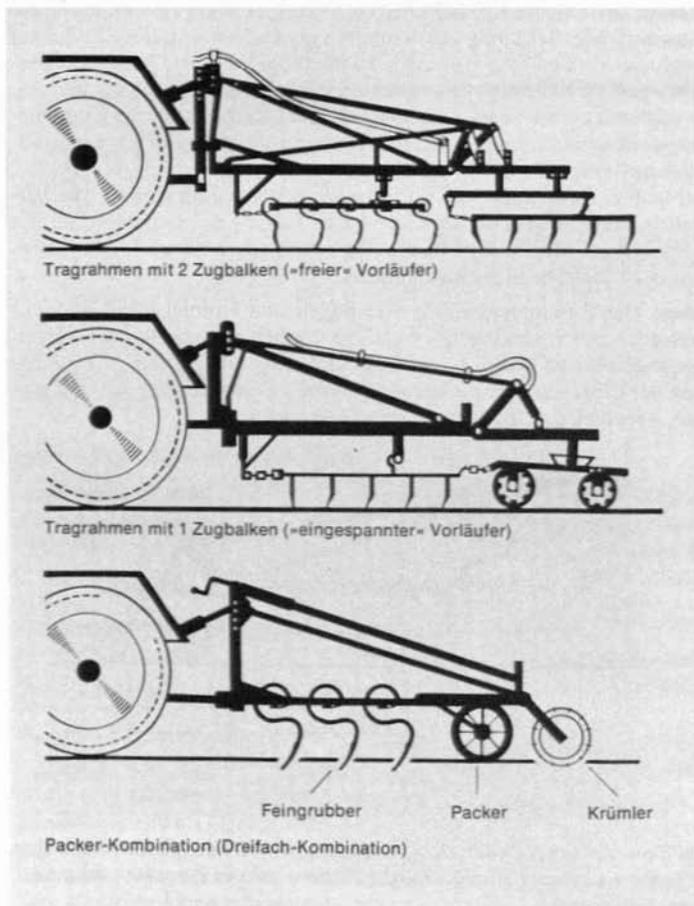
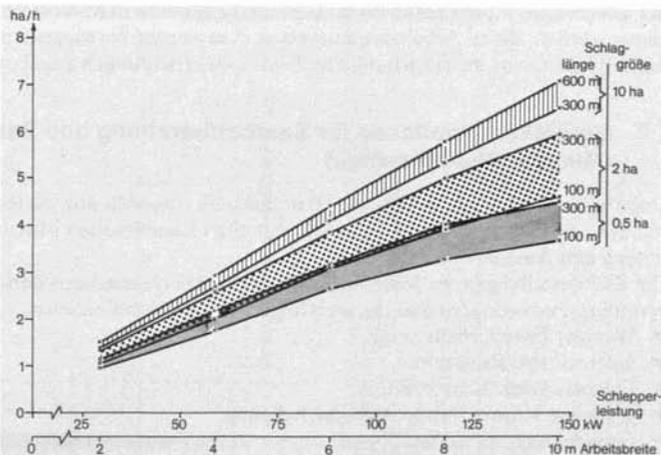


Abb. 59 Aufbau und Bauteile von Geräte-kombinationen

Abb. 60 Leistung der Saatbettkombination in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten; $v = 8 \text{ km/h}$)



Krümler noch ein Packer eingefügt ist. Damit soll ein mechanisches Absetzen des Bodens (Bodenschluß) und eine ausreichende Tragfähigkeit erreicht werden. Als derartige, zusätzliche Aggregate werden Packer, Sternwalzen, Schneidscheiben usw. angeboten.

Einsatz – In den meist knappen Zeitspannen für die Feldbestellung ist eine *hohe Schlagkraft* besonders wichtig. Sie läßt sich erreichen durch

- ▶ **wenige Bearbeitungsgänge:** Der Acker soll möglichst in einem Arbeitsgang saattfertig vorbereitet sein. Ordnungsgemäße Grundbodenbearbeitung sowie zweckmäßige Auswahl und Einsatz der Gerätekombination sind dafür wesentliche Voraussetzungen;
- ▶ **hohe Arbeitsgeschwindigkeit:** Die in modernen Saatbettkombinationen verwendeten Geräte verlangen Arbeitsgeschwindigkeiten von mindestens 8 km/h . Dadurch wird eine optimale Wirkung der Geräte erreicht, ggf. kann die Kombination schmäler gewählt werden und ist dadurch billiger;
- ▶ **richtige Arbeitsbreite:** Sie muß an den vorhandenen Schlepper angepaßt sein. Durch zu große Arbeitsbreite können tiefe Schlepperspuren verursacht werden (starke Belastung der Triebachse, Schlupf an den Triebrädern). Außerdem ist das Einhalten der optimalen Arbeitsgeschwindigkeit erschwert;
- ▶ **ausreichende Schlepper-Motorleistung:** Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und Motorleistung des Schleppers müssen sorgfältig aufeinander abgestimmt werden, damit Bodenschäden vermieden werden. Giterräder oder Doppelbereifung verbessern die Zugleistung und bewirken, daß Druck- und Schlupfschäden auf empfindlichen Böden verhindert werden.

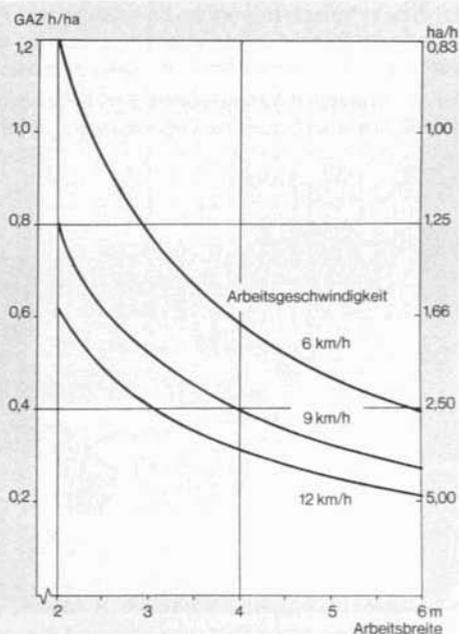


Abb. 61 Arbeitszeitbedarf und Flächenleistung beim Einsatz von Gerätekombinationen

Bei überbreiten Kombinationen müssen die Seitenteile nach Vorschrift der StVZO eingeklappt werden. Bis zu Arbeitsbreiten von ca. 5 m werden vorwiegend mit Federkraft wirkende, darüber hinaus meist hydraulische Einklappvorrichtungen angeboten.

1.7 Gerätekombinationen für Saatbettbereitung und Saat (Minimal-Bestelltechnik)

Unter dem Oberbegriff »Minimal-Bestelltechnik« werden alle diejenigen Maschinen verstanden, die in einem Arbeitsgang, also mit einer kombinierten Maschine, die **Bodenvorbereitung und Aussaat** durchführen.

Die Zielvorstellungen der Minimal-Bestelltechnik bestehen darin, den Aufwand für die Feldbestellung zu verringern und dadurch folgende Vorteile zu erzielen:

- ▶ Weniger Einzelarbeitsgänge,
- ▶ nicht so viele Fahrspuren,
- ▶ Einsparen von Arbeitszeit,
- ▶ geringere Kosten für die Arbeiterledigung,
- ▶ termingerechte Feldbestellung,
- ▶ Vermindern des Wetterrisikos,
- ▶ Abbau von Arbeitsspitzen.

Ein nachhaltiger Erfolg der Minimal-Bestelltechnik ist jedoch nur dann gewährleistet, wenn die speziellen Ansprüche der verschiedenen Kulturen voll berücksichtigt werden und dafür Sorge getragen wird, daß keine nachteiligen Auswirkungen entstehen. Insbesondere darf der Boden in seinen physikalischen Eigenschaften keine nachhaltigen Schäden erleiden. Das Ertragsniveau muß erhalten bleiben, die Unkrautwüchsigkeit sowie das Auftreten von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten dürfen nicht zunehmen.

Die technischen Lösungen für eine Bodenbearbeitung mit verringertem Aufwand sind in der Tabelle 7, S. 37 schematisch dargestellt.

1.7.1 Geräte zur Pflugsaat

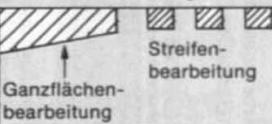
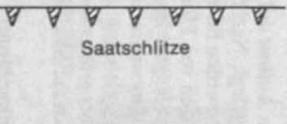
Bei diesem Verfahren werden die Arbeitsgänge *Pflügen, Saatbettvorbereitung, Saat* und teilweise auch *Düngerstreuen* kombiniert. Hierfür werden Anbaugeräte zum Schlepper sowie Aufbaugeräte auf den Pflug-Nachläufer angeboten.

Bei den **Schlepper-Anbaugeräten** läuft hinter dem Pflug eine spezielle Flachstern-Wälzgege zum Krümeln und leichten Verfestigen des gepflügten Bodens. Am Schlepper sind seitlich



Abb. 62 Die Sävorrichtung läßt sich auch auf den Pflughnachläufer aufbauen

Tabelle 7: Arbeitsverfahren und Anwendungsbereiche der Minimal-Bestelltechnik

Für Fruchtart	Bestell-Saat		Frässaat	Direkt-Saat
	nach einer Pflugfurche	zugl. mit einer Pflugfurche	ohne Pflugfurche	ohne Pflugfurche
Getreide	Packer-Komb. } mit Aufbau- Feingrubber } oder Anbau- Rüttelege } Sämaschine Kreiselege } Band- oder Zinkenrotor } Drillsaat	Schlepper-Anbaugeräte für gleichzeitig: Pflügen Düngen Oberflächenbearbeitung Breitsaat	Ganzflächenfräse mit Aufbau-Sämaschine (Bandsaat)	Spez.-Scheibendrillmasch. (triple disc) zuvor Pflanzenbewuchs totspritzen
	Geräteträger- oder System- Schlepper-Anbaugeräte für gleichzeitige Düngung, Saatbettvorbereitung und Drillsaat	Pflugnachläufer mit Sävorrichtung (Rillensaat)	Rillenfräse mit Aufbaudrillmaschine	
Mais, Rüben	Streifenbearbeitung und gleichzeitige Einzelkornsaat (Mais und Rüben)	Schlepper-Anbaugeräte (wie oben), mit Einzelkornsägerät		
Zwischenfrüchte	wie bei »Getreide«	Schälflug oder Pflugnachläufer mit Sävorrichtung	Ganzflächenfräse, Schwergrubber, Scheibenegge mit Sävorrichtung	Spez.-Scheibendrillmaschine
Bearbeitungs- tiefe	flach		 ↑ Ganzflächen- bearbeitung	 Streifen- bearbeitung Saatschlitz
	tief			
Herbizid- und Düngeraufwand	hoch			
	gering			

Breitsämaschine und Düngerstreuer angebaut, die vom Hinterrad des Schleppers angetrieben werden. Saatgut und Dünger werden dann von einer Spezial-Wälzgege in den Boden eingearbeitet.

Bei Sämaschinen zum **Aufbau auf den Pflug-Nachläufer** wird das Saatgut in die vom Packer gezogenen Rillen abgelegt. Nachfolgende Wälzegen bedecken das Saatgut mit lockerem Boden. Diese Geräte werden für Kehr- und Beetpflüge angeboten.

Der Anwendungsbereich von Pflugsaat-Geräten beschränkt sich auf leichtere und mittlere Böden. Dort kann eine längere Bodenruhe und Wachstumszeit sowie eine größere Unabhängigkeit von der Witterung während der Saat erzielt werden. Die Flächenleistung ist allerdings abhängig von der Pflügleistung, die Arbeitsbreite ist begrenzt auf die Gesamtschnittbreite des Pfluges. Der Einsatz erfolgt vorwiegend zur Getreide- und Zwischenfruchtbestellung, mit Sonderausrüstung auch zur Maisbestellung.

1.7.2 Bestellsaatmaschinen

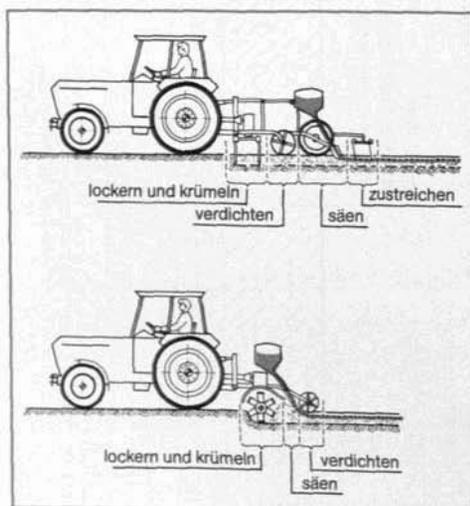
Eine befriedigende Arbeitsqualität läßt sich mit diesen ganzflächig arbeitenden Maschinen nur nach einer ordnungsgemäßen Grundbodenbearbeitung erreichen. Die bevorzugten Kombinationen sind:



Abb. 63 Einteilung der Bestellsaatmaschinen

Bodenbearbeitungs- und Säegeräte sind in der Arbeitsbreite aufeinander abgestimmt.

Die Geräte für das Lockern, Krümeln und Verdichten des Bodens sowie die Saatgutablage lassen sich je nach vorhandenen Einsatzverhältnissen in unterschiedlicher Reihenfolge hintereinander anordnen.



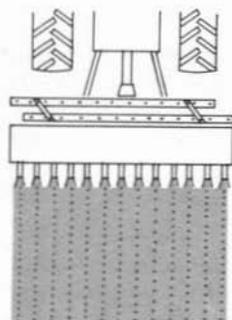
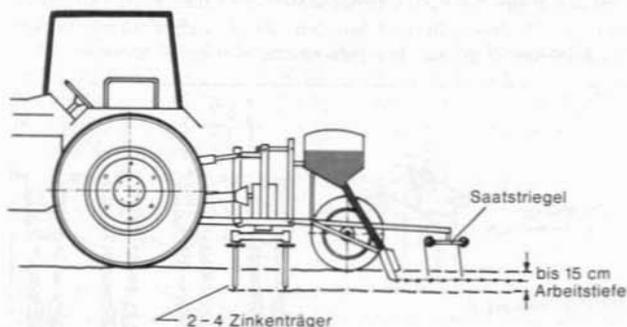
Bei der **Grubbersaat** (Feingrubber mit Drillmaschine) wird das Saatgut in die von den Grubberzinken geöffneten Furchen bandförmig abgelegt. Eine nachfolgende Krümelwalze schichtet lockeren Boden über das Saatgut. Bei Kombinationen von Feingrubber mit Packerwalze und Krümmler wird das Saatgut in die von der Packerwalze gezogenen Rillen abgelegt.

Der Arbeitserfolg hängt vor allem von der Arbeitsgeschwindigkeit, dem Strichabstand der Zinken, von Bodenart und Bodenzustand (vgl. Abb. 65, S. 39) ab.

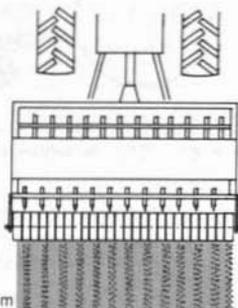
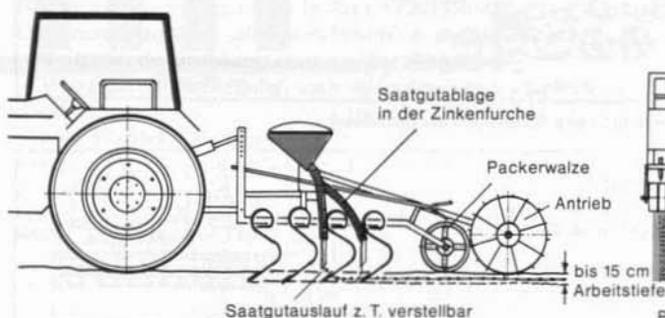
Abb. 64 Unterschiedliche Anordnung der Geräte bei Bestellsaatmaschinen

Bei **Bestellsaatmaschinen mit Zapfwelleneggen** als Bodenbearbeitungsgerät wird in der Regel zwischen Egge und Drillmaschine eine Krümel- und Packerwalze eingeschaltet. Zapfwellenegge und Drillmaschine sind in normalen Dreipunkt-Anschlüssen gekoppelt, die Geräte lassen sich ggf. gesondert einsetzen.

Vorteilhaft ist, wenn die Zapfwellenegge mit einem Untersetzungsgetriebe ausgestattet ist. Da bei Minimal-Bestellmaschinen keine nachträgliche Korrektur des Bearbeitungseffektes



exakte Drillsaat



Bandsaat
z. T. auf Bearbeitungstiefe

Abb. 65 Bestellsaatmaschinen benötigen ein ordnungsgemäß gepflügtes Feld

Abb. 66 Zapfwelleneggen gewährleisten ein gezieltes Lockern und Krümeln des Bodens. Sie eignen sich deshalb besonders für eine Minimalbestellung



möglich ist, kann dann eine ordnungsgemäße Bodenvorbereitung in einem Arbeitsgang gewährleistet werden (vgl. Abb. 66).

Das hohe Maschinen-Eigengewicht, der nach hinten verlagerte Schwerpunkt und zusätzliches Gewicht (z. B. gefüllter Saatgutbehälter, anhaftende Erde) machen erforderlich, daß der Schlepper auch ausreichende Hubkräfte für das Ausheben der Kombinationen aufbringt. Bei gefülltem Saatgutbehälter und 2,5 m Arbeitsbreite werden für das Ausheben von Feingrubber mit Drillmaschine ca. 19 kN, für Rüttelegge mit Drillmaschine ca. 20 kN und für Bodenfräse mit Drillmaschine ca. 26 kN benötigt. Darüber hinaus ist auf eine ausreichende Belastung der Schleppervorderachse im Hinblick auf eine sichere Lenkung zu achten.

Die **Streifenbearbeitung** stellt eine Sonderform der Bestellsaat dar. Das Verfahren eignet sich nur für Reihenfrüchte. Die verwendeten Geräte (Federzinkenwerkzeuge, schmale Krümel-

walzen) werden frontseitig am Schlepper oder am Grundrahmen der Einzelkornsämaschine angebracht. Sie lockern einen ca. 25–30 cm breiten Streifen, die Zwischenräume bleiben unbearbeitet. Dadurch sollen Bodenerosion und -verschlämung verhindert werden.

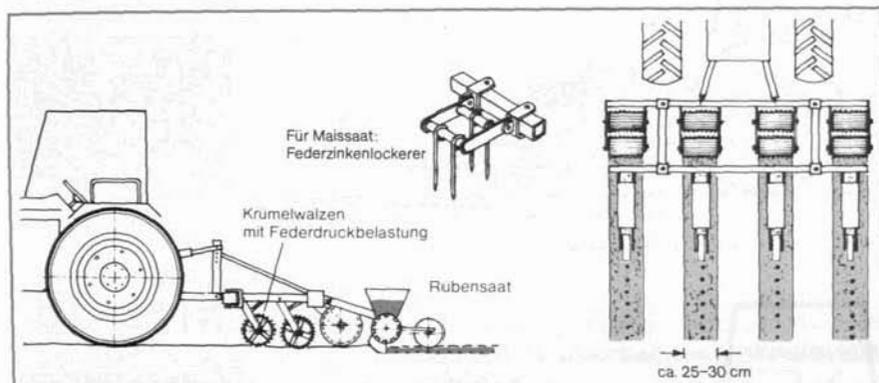


Abb. 67 Die Streifenbearbeitung ist eine Sonderform der Bestellsaat

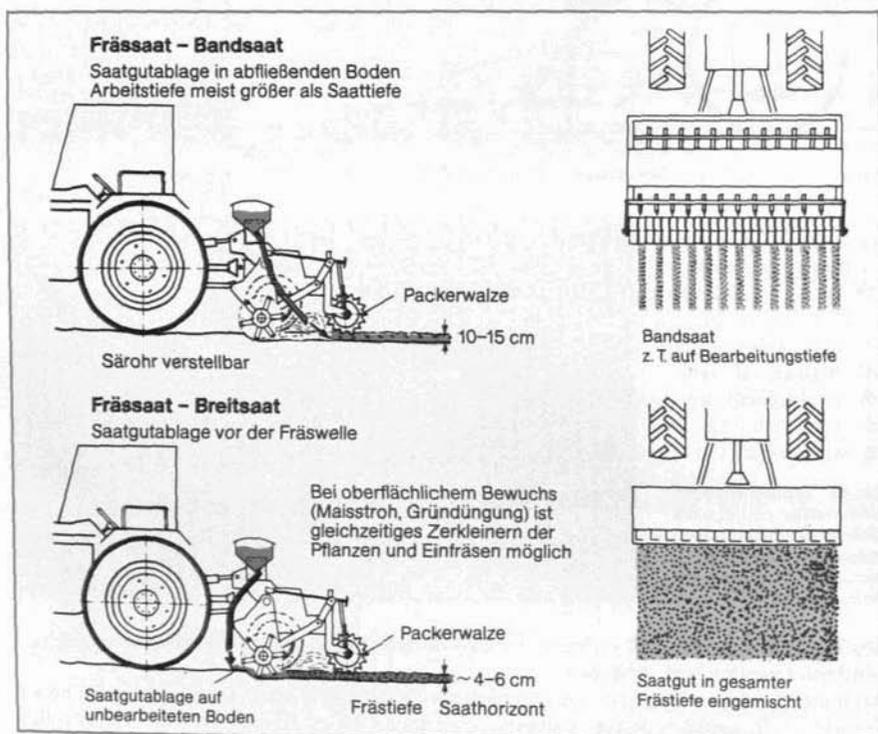


Abb. 68 Verfahren der Minimalbestellung ohne Pflugfurche

1.7.3 Frässaatmaschinen

Die Kombination von **Bodenfräse** und **Sämaschine** wird vorwiegend ohne vorhergehende Grundbodenbearbeitung eingesetzt. Frässaatmaschinen sind besonders vielseitig, denn sie

können für Getreide und Zwischenfrüchte, ganzflächig oder zum Anlegen von Saattrillen verwendet werden.

Je nach Bauweise und Anordnung der Saatausläufe läßt sich das Saatgut ablegen in

- ▶ Drillsaat (Verwendung normaler Drillmaschinen),
- ▶ Bandsaat (Einleiten des Saatgutes durch Saatrohre in den abfließenden Erdstrom),
- ▶ Breitsaat (Ablegen des Saatgutes vor der Fräswelle und Einmischen in den gesamten Bearbeitungshorizont),
- ▶ Rillensaat (Ablage des Saatgutes in schmale Fräsrillen).

Im allgemeinen wird heute die **Bandsaat** bevorzugt, da sie eine hohe Funktionssicherheit, einstellbare und relativ gleichmäßige Saattiefe und einen günstigeren Standraum für die einzelnen Pflanzen gewährleistet.

Als Fräsen werden vorzugsweise Maschinen mit Untersetzungsgetriebe verwendet, die das Einstellen des gewünschten Zerkleinerungs- und Krümelungseffektes ermöglichen.

Rillenfräsen stellen Spezialbauformen dar, bei denen die normalen Fräsmesser durch schmale Rillenfräsmesser ersetzt sind. In diese Fräsrillen wird das Saatgut abgelegt.

Die Frässaat wird vor allem dort bevorzugt angewendet, wo

- weitgehende Unabhängigkeit von der Witterung,
- Wintergetreidebestellung nach späträumenden Früchten (z. B. Körnermais, Zuckerrüben),
- hohe Flächenleistungen

angestrebt werden. Im praktischen Einsatz hat sich die Anwendung der Frässaat vor allem zur Zwischenfruchtbestellung mit gleichzeitiger Einarbeitung der Ernterückstände sowie zur Wintergetreidebestellung (vor allem nach Mais) bewährt.

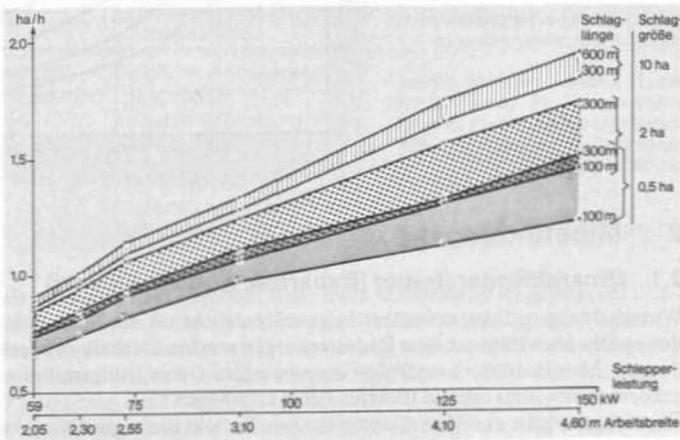


Abb. 69 Leistung der Bestellkombination Kreiselegge + Drillmaschine in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten; $v = 6 \text{ km/h}$; Saatmenge 220 kg/ha)

1.7.4 Direktsaatmaschinen

Bei diesem Verfahren erfolgt der geringste Eingriff in das Bodengefüge. Das Saatgut wird in den unbearbeiteten Boden abgelegt, nur in Sonderfällen (z. B. bei Sommer-Tief Furche) auch auf gepflügte Felder.

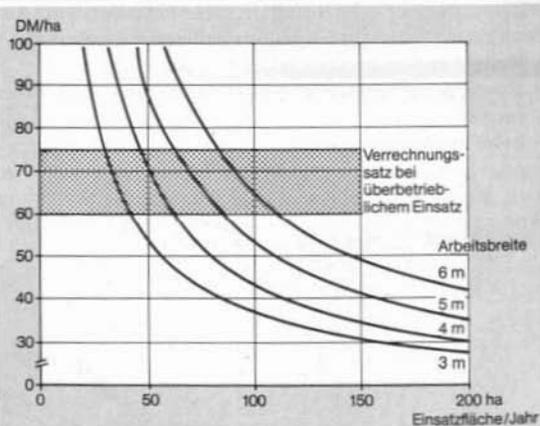
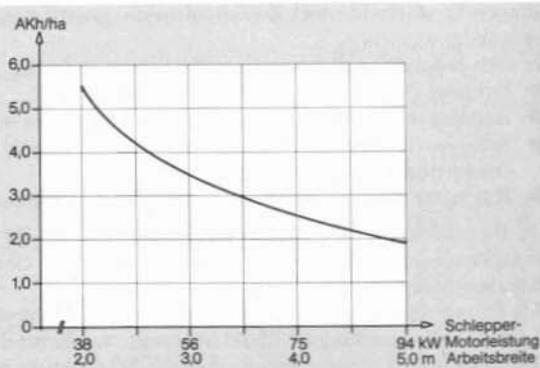
Typische Geräte für die Direktsaat sind Spezial-Scheibendillmaschinen mit Scheibensech und Scheibenscharen (3-Scheiben-Drillmaschinen). Die Scheibenseche öffnen einen Bodenschlitz, in welchen von den nachfolgenden Doppelscheiben-Drillscharen das Saatgut abgelegt wird. Ein gezieltes Zudecken des Saatgutes oder mechanisches Verschließen der Bodenschlitze erfolgt nicht. Wenn der Boden nicht von selbst krümelt, kommt es leicht zu erheblichen Keimausfällen und schlechtem Feldaufgang. Die Direktsaat eignet sich vorwiegend für leichte, gut krümelnde Böden, auf welchem Pflanzenreste entfernt sind und Unkraut mit Spezial-Herbiziden totgespritzt ist.

1.7.5 Einsatzbereiche der Minimal-Bestell-technik

Da bei der Minimal-Bestellung die komplette Feldbestellung in einem einzigen Arbeitsgang erfolgt, müssen die Bodenbearbeitungsgeräte ein gezieltes Lockern, Krümeln und Verdichten des Bodens, die Säegeräte eine ordnungsgemäße Saatgutablage gewährleisten. Die Anschaffung der Maschinen ist relativ teuer. Deshalb sollten ein vielseitiger Einsatz in verschiedenen Bestellzeitspannen und damit neben den arbeitswirtschaftlichen Vorteilen auch günstigere Kosten der Arbeitserledigung (ggf. durch überbetrieblichen Einsatz) angestrebt werden.

Abb. 70 (oben) Arbeitszeitbedarf einer Minimalbestell-Kombination

Abb. 71 (unten) Kosten der Arbeitserledigung bei der Bestellsaat mit Kreiselegge und Drillmaschine in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzfläche



2 Minereraldüngung

2.1 Mineraldüngerstreuer (Bauarten, Aufbau, Einsatz)

Wirtschaftseigene Düngemittel reichen meistens nicht aus, die Nährstoffe zu ersetzen, die von den wachsenden Pflanzen dem Boden entzogen werden. Deshalb ist es erforderlich, Handelsdünger (Mineraldünger) zusätzlich auszubringen. Diese Düngemittel werden staubförmig, gekörnt (granuliert) oder in flüssiger Form angeboten.

Die Hauptaufgabe der Mineraldüngerstreuer besteht darin, die Düngernährstoffe möglichst gleichmäßig auf das Feld zu verteilen. Nach den DLG-Prüfungsrichtlinien dürfen die durchschnittlichen Abweichungen $\pm 10\%$ (maximal $\pm 30\%$) betragen.

Aus verfahrenstechnischer Sicht sind an die Düngerstreuer einige wesentliche Forderungen zu stellen:

- ▶ gleichmäßige Ausbringung und Verteilung längs zur Fahrtrichtung, über die gesamte Arbeitsbreite, bei vollem und nur teilweise gefülltem Vorratsbehälter, bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten sowie bei geringen und hohen Streumengen,
- ▶ ausreichendes Fassungsvermögen des Dünger-Vorratsbehälters,
- ▶ einfache und sichere Regelung der Düngergaben,
- ▶ unempfindlich gegen Korrosion, leichte Reinigung,
- ▶ hohe Flächenleistung,
- ▶ angemessener Anschaffungspreis.

Bei Düngerstreuern für feste Mineraldünger kommt hinzu, daß sie für unterschiedlich streufähige Düngerarten geeignet sein sollten.

2.1.1 Mineraldüngerstreuer-Bauarten

Die Mineraldüngerstreuer lassen sich nach unterschiedlichen Merkmalen einordnen (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Einteilung der Mineraldüngerstreuer nach unterschiedlichen Merkmalen

Einteilung hinsichtlich	technische Ausführung	Antrieb des Streuorgans
Bauweise des Streuorgans	<i>Mechanisch</i> Schlitzstreuer Gitterstreuer Walzenstreuer Schneckenstreuer Kettenstreuer Bandstreuer Tellerstreuer Scheibe (einfach oder doppelt) Pendelrohr <i>Pneumatisch</i>	Bodenantrieb Bodenantrieb Bodenantrieb Zapfwelle Bodenantrieb Zapfwelle Bodenantrieb oder Zapfwelle Zapfwelle Zapfwelle Zapfwelle
Anordnung des Vorratsbehälters	Kastenstreuer (bis 3 m Arbeitsbreite) Zentralbehälter mit Ausleger (bis 10 m) Zentralbehälter mit Breitstreuerwerk (Schleuderstreuer, bis 20 m Arbeitsbreite)	Bodenantrieb Zapfwelle Zapfwelle
Anlenkung am Schlepper und Fassungsvermögen des Vorratsbehälters	Dreipunkt-Anbaustreuer (bis 1000 l) Aufsattel-Großraumstreuer (bis ca. 6000 l)	
Düngerverteilung	Flächenstreuer Reihenstreuer (oberflächlich) Reihenstreuer (Unterfuß)	

Prinzipiell ist folgender **Arbeitsablauf** gegeben: Aus einem Vorratsbehälter gelangt der Dünger, meist mit Unterstützung eines Rührwerkes, zu einer Dosiervorrichtung. Sie ist mit verstellbaren Zulauföffnungen oder Austragvorrichtungen ausgestattet und bewirkt, daß genau dosierte Düngermengen dem eigentlichen Streuorgan zugeführt werden. Das Streuorgan übernimmt dann die Verteilung des Düngers entsprechend der vorliegenden Arbeitsweise. Ausschlaggebend für die Streugenauigkeit ist hauptsächlich die Bauweise und Funktion des Streuorgans.

2.1.2 Bauweise der Streuorgane

Beim **Schlitzstreuer** ist innerhalb des Vorratsbehälters eine mit Taumelscheiben besetzte, rotierende Welle vorhanden. Die Scheiben drücken den Dünger durch einen in der Spaltweite verstellbaren Schlitz in der Rückwand oder durch einen Lochboden mit verstellbaren Öffnungen hinaus.

Der **Gitterstreuer** wird in zwei unterschiedlichen Varianten angeboten: mit zwei feststehenden Gitterschienen, zwischen denen eine Lochschiene hin- und herbewegt wird, oder mit zwei sich gegenläufig bewegenden Streugittern. Durch die Bewegung der Streuschiene wird der Dünger nach unten ausgetragen. Die Einstellung der Streumenge erfolgt durch Veränderung der Hublänge der bewegten Streuschiene bzw. durch Änderung des Querschnittes bei den Auslauföffnungen.

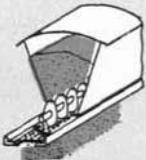
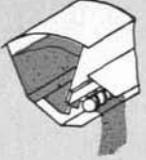
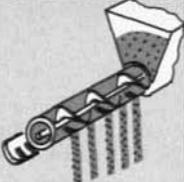
Streuerbauart und Streuorgan	Symbol	Einstellung der Streumenge	geeignet für Düngerart
Schlitzstreuer Taumelscheiben		verstellbarer Schlitz in der Rückwand oder Lochboden mit verstellbaren Öffnungen	staubförmig und granuliert
Gitterstreuer hin- und herbewegte Streugitter		Verändern des Streuschienenhubes oder Auslauföffnungen mit verstellbarem Querschnitt	staubförmig und granuliert
Walzenstreuer Rührschieber und Streuwalze		Hub des Rührschiebers und verstellbare Auslauföffnung	staubförmig und granuliert
Tellerstreuer umlaufende Teller und rotierende Fingerwelle		verstellbarer Stauschieber und Drehzahl von Streutellern und Fingerwelle	staubförmig und granuliert
Kettenstreuer Gelenkkette oder -band mit schrägstehenden Fingern		verstellbare Auslauföffnung und Umlaufgeschwindigkeit der Streukette (des Streubandes)	staubförmig und granuliert
Schneckenstreuer rotierende Schnecke		verstellbare Auslauföffnungen im Schneckenmantel	staubförmig

Abb. 72 Bauweise von Schlitz-, Gitter- und Walzenstreuern

Walzenstreuer besitzen bewegte Rührschieber im Vorratsbehälter, die den Zufluß des Düngers durch eine verstellbare Auslauföffnung zu der außerhalb des Kastens liegenden Streuwalze bewirken. Ein schneckenförmiges Profil auf der Walze soll die gleichmäßige Düngerverteilung auf der gesamten Arbeitsbreite gewährleisten. Schlitzöffnung und Hub des Rühr-

schiebers sind verstellbar und bestimmen die Streumenge. Je nach Bauart ist eine Streuwalze rückseitig, oder je eine Walze front- und rückseitig angebracht. Zwei-Walzen-Streuer gleichen Streuunterschiede aus und können in einem Arbeitsgang zwei getrennte, ungemischte Düngersorten ausbringen.

Beim **Schneckenstreuer** läuft die Streuschnecke in einem Streurohr. Dieses ist mit verstellbaren Auslauföffnungen versehen, so daß eine stufenlose Streumengenregulierung erreicht wird. Schneckenstreuer werden vorwiegend für das Ausbringen staubförmiger Düngemittel verwendet.

Ketten- und Bandstreuer arbeiten nach dem gleichen Prinzip. Schrägstehende Streufinger an einer endlosen Gliederkette oder einem Gummigewebeband schieben den Dünger durch einen höhenverstellbaren Streuschlitz aus dem Vorratsbehälter aus. Die Streumengenregu-

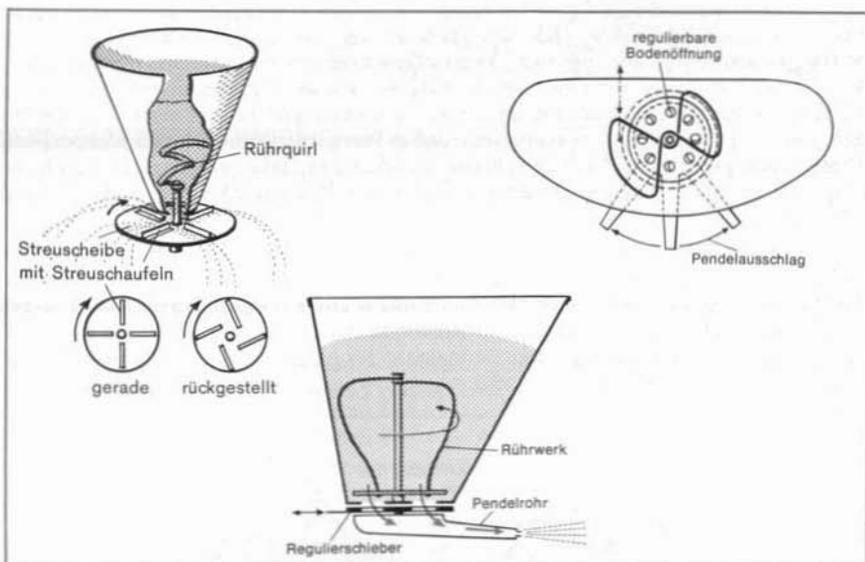


Abb. 73 Bauweise von Kreis- und Pendelrohrstreuern

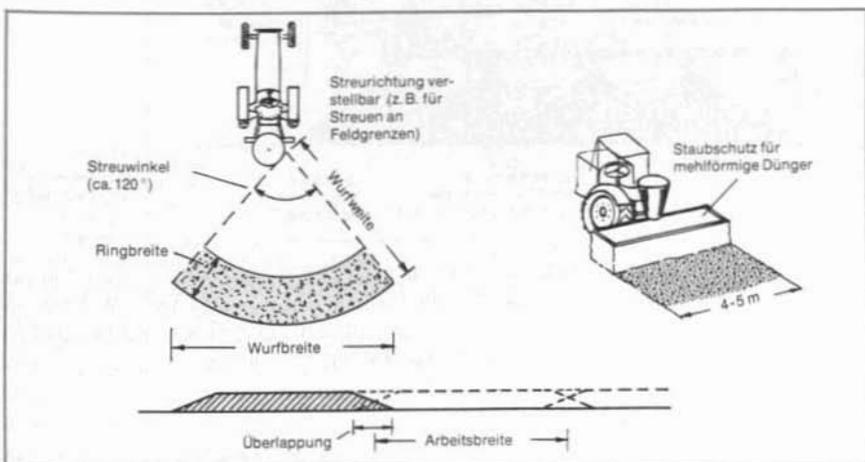


Abb. 74 Scheiben- (Schleuder-)streuer
oben: Arbeitsweise, unten: Arbeitsbreite (Überlappung)

lierung erfolgt durch ein Verändern der Schlitzbreite, durch die Umlaufgeschwindigkeit der Streukette bzw. die Bandgeschwindigkeit.

Beim **Tellerstreuer** sind im unteren Teil des Vorratsbehälters mehrere Streuaggregate angebracht. Diese bestehen aus einem Regulierring zum Einstellen der Streumenge, einem rotierenden Streuteller zum Austragen des Düngers aus dem Vorratsbehälter und einer schnell rotierenden, mit Streufingern besetzten Welle. Die Streufinger schleudern den Dünger über den Tellerrand hinaus und verteilen ihn. Die Streumengenregulierung erfolgt durch Verstellen des Stauschiebers, sowie Verändern der Drehzahl bei Streuteller und Fingerwelle.

Scheibenstreuer (Schleuderstreuer) stellen die weitverbreitetste Bauart dar. Sie arbeiten nach folgendem Prinzip: Aus einem zentralen Vorratsbehälter läuft mit Unterstützung eines Rührwerks der Dünger zu dem zapfwellenbetriebenen Streumechanismus. Dieser besteht aus einer schnell rotierenden, mit gewölbten oder gewinkelten Leitschaukeln versehenen Streuscheibe. Es gibt *Einscheiben-* und *Zweischeibenstreuer* (mit zwei gegenläufig rotierenden Streuscheiben). Die Streumenge wird durch Schieber vor den Zulauföffnungen reguliert.

Bei *Einscheiben-Düngerstreuern* kann die Aufgabestelle des Düngers auf die Streuscheibe verändert werden. Dadurch ist es möglich, einseitig nach links oder rechts zu streuen, bzw. bei Seitenwind das Streubild so zu korrigieren, daß es symmetrisch hinter dem Schlepper liegt. Beim *Zweischeibenstreuer* läßt sich wahlweise der Zulauf zur linken oder zur rechten Scheibe absperren, so daß ein einseitiges Bestreuen von Randstreifen möglich wird (vgl. Abb. 73 und 74, S. 45).

Beim **Pendelrohrstreuer** wird das Streurohr von einem zapfwellengetriebenen Exzenter in rasch hin und her pendelnde Bewegungen versetzt und der Dünger in Form einer sehr engen Sinuskurve ausgestreut. Eine Rührvorrichtung und eine verstellbare Dosieröffnung sorgen für eine gleichmäßige Düngerzufuhr zum Streuorgan.

Bei **pneumatischen Düngerstreuern** liegt folgendes Arbeitsprinzip vor: aus dem Düngervorratsbehälter gelangt der Dünger in ein mechanisches Zuteilorgan. Ein zapfwellengetriebenes

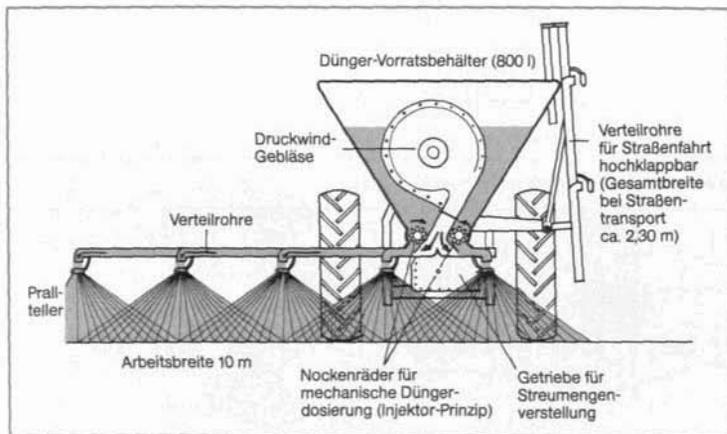


Abb. 75
Bauweise von
pneumatischen
Dünger-
streuern

Gebläse erzeugt einen Druckluftstrom, in welchen der Dünger eingeschleust wird. Für den Transport des Düngers zu den Verteilstellen (Pralltellern) gibt es zwei Systeme: Wellrohr mit Verteilerkopf oder Nockenradzuteiler. Der Dünger trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die Prallteller und wird kegelförmig mit breiter Überdeckung verteilt.

2.1.3 Einsatz der Mineraldüngerstreuer

Zwischen der Anlenkung des Düngerstreuers am Schlepper und dem Fassungsvermögen des Vorratsbehälters bestehen gewisse Wechselbeziehungen. Die weitverbreitetste Bauart stellen Dreipunkt-Anbaustreuer dar. Sie besitzen ein Fassungsvermögen von maximal ca. 1000 kg.

Abb. 76 Für das Ausbringen von mehlförmigen Düngemitteln werden Großflächenstreuer mit einer Schnecken- oder Bandstreueinrichtung ausgerüstet (Arbeitsbreite ca. 6 m)



Um beim Einsatz hohe Flächenleistungen zu erzielen, sollte der Düngervorratswagen am Feldrand stationiert und mit einer Auslauföffnung versehen sein. Da die Drei-

punkt-Anbaustreuer zunehmend mit sehr flachem Vorratsbehälter angeboten werden, kann der Dünger dann im freien Fluß aus dem Wagen in den Düngerstreuer fließen.

Großraumstreuer sind vor allem für die Großflächendüngung, für den mehrbetrieblichen Maschineneinsatz und für die Kalkdüngung gebräuchlich. Der Düngerbehälter ist als aufgesetzter Einachswagen mit einem Fassungsvermögen von ca. 2,5–6 t Dünger konstruiert. Am Wagenboden in Längsrichtung angeordnete Förderschnecken oder -ketten transportieren den Dünger zum Streuorgan. Der Antrieb der Fördervorrichtung erfolgt zum Teil über die Zapfwelle, in zunehmendem Umfang von den Laufrädern des Düngerstreuers. Zum Antrieb der Streuvorrichtung wird fast ausschließlich der Zapfwellenantrieb benutzt. Beim Großraumstreuer läßt sich in der Regel die Streuvorrichtung austauschen: Einscheiben- oder Doppelscheiben-Streuvorrichtung mit Streubreiten bis ca. 20 m für das Ausstreuen von gekörntem Dünger; Schnecken- oder Bandstreueorgane für das Ausbringen von staubförmigem Dünger. Hier verringert sich die Arbeitsbreite auf etwa 6–9 m.

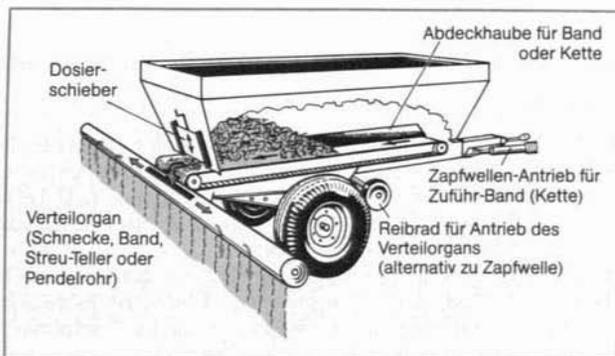


Abb. 77 Aufbau von Großraum-Düngerstreuern für mehlförmige Düngemittel

Mit dem Großraumstreuer ist es möglich, hohe Flächenleistungen zu erzielen. Allerdings muß die gesamte Organisation der Düngerlagerung und -anlieferung auf diese hohen Flächenleistungen abgestimmt sein.

Die verschiedenen Bauarten von Düngerstreuern unterscheiden sich auch in der Anordnung des Vorratsbehälters. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Kastenstreuer, Düngerstreuer mit Zentralbehälter und Auslegern sowie Zentralbehälter mit Breitstreuerwerk.

Beim *Kastenstreuer* ist ein über die gesamte Arbeitsbreite reichender Düngervorratsbehälter vorhanden, an dessen Bodenteil der eigentliche Streumechanismus angebracht ist. Der Antrieb des Streuerwerkes erfolgt von den beiden seitlich am Düngerkasten angebrachten Laufrädern. Die Arbeitsbreite ist deshalb bei Kastenstreuern etwas geringer als die Spurbreite. Beim

Einsatz muß auf ein genaues Überlappen geachtet werden, damit ein gleichmäßiger Anschluß der Streustreifen gewährleistet ist.

Düngerstreuer mit Zentralbehälter und Auslegern wurden in den letzten Jahren neu entwickelt. Sie kombinieren den Vorteil eines zentralen Dünger-Vorratsbehälters mit bewährten Streuorganen (Schlitzstreuer, Kettenstreuer, Bandstreuer usw.). Die Ausleger besitzen meist im oberen Teil eine mechanisch oder hydraulisch angetriebene Förderschnecke, die den Dünger auf die gesamte Länge der Ausleger gleichmäßig verteilt. Ist der Vorratsraum gefüllt, schaltet sich die Zuführereinrichtung durch einen Druckkontakt zeitweise selbsttätig ab. Aus dem Vorratsraum gelangt der Dünger zu dem eigentlichen Verteilorgan. Derartige Streuer werden mit Streubreiten bis 12 m angeboten.

Düngerstreuer mit Zentralbehälter und Breitstreuwerk (Schleuderstreuer) erreichen Arbeitsbreiten bis ca. 12 m (bei Großraumstreuern auch bis 20 m). Da das Streubild quer zur Fahrtrichtung nicht gleichmäßig ist und sich am Rande abflacht, ist beim Einsatz auf genaues »Überlappen« zu achten. Spurschächte erleichtern den ordnungsgemäßen Einsatz. Nur dann läßt sich eine gleichmäßige Düngerverteilung über die gesamte Fläche erreichen. Für eine exakte Längs- und Breitverteilung des Düngers ist es darüber hinaus erforderlich, eine gleichbleibende Fahrgeschwindigkeit einzuhalten.

Bei der **Düngerverteilung** ist zu unterscheiden zwischen Flächen- und Reihendüngung.

Bei der *Flächendüngung* wird der Dünger auf der gesamten Bodenoberfläche gleichmäßig verteilt. Beim Ausbringen staubförmiger Düngemittel mit Schleuderstreuern ist es sinnvoll, Streuschürzen zu verwenden, die einen Abtrieb des Düngerstaubes verhindern. Die Arbeitsbreite ist dann auf ca. 4–5 m begrenzt.

Eine *Reihendüngung* wird entweder als »Unterfußdüngung« gleichzeitig mit der Saat z. B. von Mais oder zur Spätdüngung von Reihenerträgen angewandt. Für die Ausbringung des Reihendüngers zugleich mit der Saat werden spezielle Reihendüngerstreuer angeboten. Für die Spätdüngung in Reihenkulturen lassen sich an nahezu allen Düngerstreuer-Bauarten entsprechende Verteilvorrichtungen anbringen. Diese legen den Dünger seitlich von den Pflanzen auf die Bodenoberfläche ab.

2.2 Geräte und bauliche Anlagen für Düngerverlagerung und -transport

2.2.1 Düngerverlagerung

Mehr als 80% der Mineraldüngermenge werden zur Zeit in der Bundesrepublik Deutschland in *gesackter Form* gehandelt. Obwohl die Handhabung der Düngersäcke erhebliche körperliche Anstrengung erfordert, hat diese Verpackungsform einige wesentliche Vorteile:

- ▶ handliche Einheiten mit genauem Gewicht, die eine Nachkontrolle auf dem Feld mit ausreichender Genauigkeit ermöglichen,
- ▶ im allgemeinen sind keine baulichen Aufwendungen für die Lagerung erforderlich,
- ▶ auch die Handhabung von gesacktem Dünger ist teilweise mechanisierbar, z. B. durch Stapelung auf Paletten und die Möglichkeit des Transportes mit Gabelstaplern usw.

In den letzten Jahren hat jedoch der Bezug von Mineraldünger in *unverpackter Form* erheblich zugenommen, bei einigen Sorten bereits einen Umfang von über 50% des Gesamtverbrauches erreicht. Gegenüber dem herkömmlichen Arbeitsverfahren mit gesackter Ware lassen sich dabei folgende Vorteile erzielen:

- ▶ Einsparung der Sackkosten (bis ca. 2,20 DM/dt),
- ▶ Arbeitszeitersparnis von 25–30% durch Wegfall aufwendiger Handarbeit, Mechanisierbarkeit des Düngerumschlages vom Waggon bis zur Pflanze, leistungsfähigere Arbeitsverfahren,
- ▶ Arbeitserleichterung, da keine Säcke mehr getragen oder von Hand gestapelt werden müssen.

Den betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten entsprechend, kann zwischen mehreren Organisationsformen der »Lose-Dünger-Kette« gewählt werden.

2.2.2 Lose-Dünger-Kette

Betriebseigene Zwischenlagerung und Ausbringung – Der Dünger wird vom Landwirt aus dem Waggon entladen, auf dem Betrieb zwischengelagert und bei Bedarf ausgebracht. Bei diesem Verfahren sind Einrichtungen erforderlich, deren Kosten die erzielbaren Einsparungen nicht überschreiten dürfen. Außerdem muß die Möglichkeit bestehen, den Dünger zur günstigsten Preisstaffel zu beziehen, einzulagern und zum optimalen Zeitpunkt auszubringen. Als Einrichtungen sind erforderlich: Fördergeräte, Transporteinrichtungen (Fahrzeuge und Geräte) sowie Einrichtungen zur Zwischenlagerung. Eine Neuanschaffung dieser Geräte und das Erstellen der baulichen Anlagen sind für den einzelnen Betrieb erst bei Umschlagmengen von ca. 50 t an, d. h. für Betriebe ab etwa 40–50 ha LN wirtschaftlich. Auf einen vielseitigen Einsatz der technischen Einrichtungen sowie eine preisgünstige Zwischenlagerung (z. B. Nutzung von Altgebäuden) ist besonders zu achten.

Außerbetriebliche Zwischenlagerung, betriebseigene Ausbringung – Bei diesem Verfahren wird der Dünger vom Landwirt zur günstigsten Preisstaffel bezogen, bei Handel oder Genossenschaft gegen Gebühr eingelagert und bei Bedarf von dort abgeholt. Erfahrungsgemäß liegt die verrechnete Lagergebühr beim Vertrieb meist unter der möglichen Sackkostensparnis. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß keine Fördergeräte und Lagereinrichtungen auf dem Betrieb erforderlich sind, und der Arbeitsanfall gering bleibt.

Überbetriebliche Ausbringung – Hier wird der Dünger durch Lohnunternehmer oder Maschinenring ausgebracht. Die Zwischenlagerung kann entweder im Lagerhaus erfolgen, oder sie entfällt ganz, wenn der Dünger direkt ab Waggon oder Werk ausgebracht wird. Auch hier besteht der Vorteil darin, daß keine betrieblichen Investitionen erforderlich sind und der Betrieb arbeitsmäßig nicht belastet wird.

Geräte für Transport, Ein- und Auslagerung – Bei der Mechanisierung der Lose-Dünger-Kette wird angestrebt, bereits vorhandene technische Einrichtungen auszunutzen bzw. bei Neuanschaffungen eine möglichst vielseitige Verwendbarkeit vorzusehen.

Vom Waggon bis zum Feld wird der Dünger mehrmals umgeschlagen. Daher sind leistungsfä-

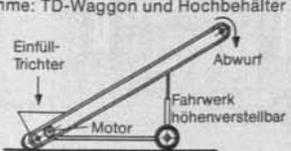
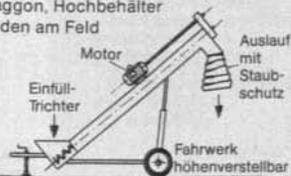
Gerät und Einsatzbereich	Technische Daten	Förderleistung Förder- winkel	t/h
Förderband (für gekörnten Dünger) Beschickung: Flach- und Hochbehälter Entnahme: TD-Waggon und Hochbehälter 	Muldenband mit V-Rippen Bandbreite: 400 mm Stollenhöhe: 20 mm (bei 10 m: 1–2 kW)	20° 35°	25–30 ca. 10
	Flexowellband Bandbreite: 400 mm Stollenhöhe: 80 mm	20° 35° 50°	40–50 25–30 ca. 20
Förderschnecke (für gekörnten und mehlförmigen Dünger) Entnahme aus: TD-Waggon, Hochbehälter Überladen am Feld 	\varnothing : ca. 100 mm (bei 6 m: 1,5–2 kW)	20° 35°	10–15 5–10
	\varnothing : 150 mm (bei 6 m: 2–4 kW)	20° 35° 50°	ca. 25 15–20 10–15
	\varnothing : 250–300 mm (bei 6 m: 4–8 kW)	35°	50–70

Abb. 78 Fördergeräte für losen Mineräldünger

hige Geräte einzusetzen, die auch gegen Salze korrosionsbeständig sind und am Düngerkorn nur einen geringen Abrieb verursachen. Die wichtigsten Fördergeräte für losen Mineraldünger sind in der Abbildung 78 (S. 49) mit ihren wichtigsten technischen Kenndaten aufgeführt.

Für den **Düngertransport** lassen sich die im landwirtschaftlichen Betrieb vorhandenen Fahrzeuge, gegebenenfalls mit Zusatzeinrichtungen verwenden. Während für den Transport vom Waggon zum betriebseigenen Lager keine Zusatzeinrichtungen erforderlich sind, sollte der Wagen für den Transport des Düngers vom Zwischenlager zum Feld auf die Anforderungen des Düngerstreuers (z. B. Übergabehöhe) abgestimmt sein.

2.2.3 Bauliche Einrichtungen

Soll loser Dünger auf dem Betrieb zwischengelagert werden, so ist hierfür ein trockener Raum vorzusehen, der mit leistungsfähigen Geräten besetzt und entleert werden kann.

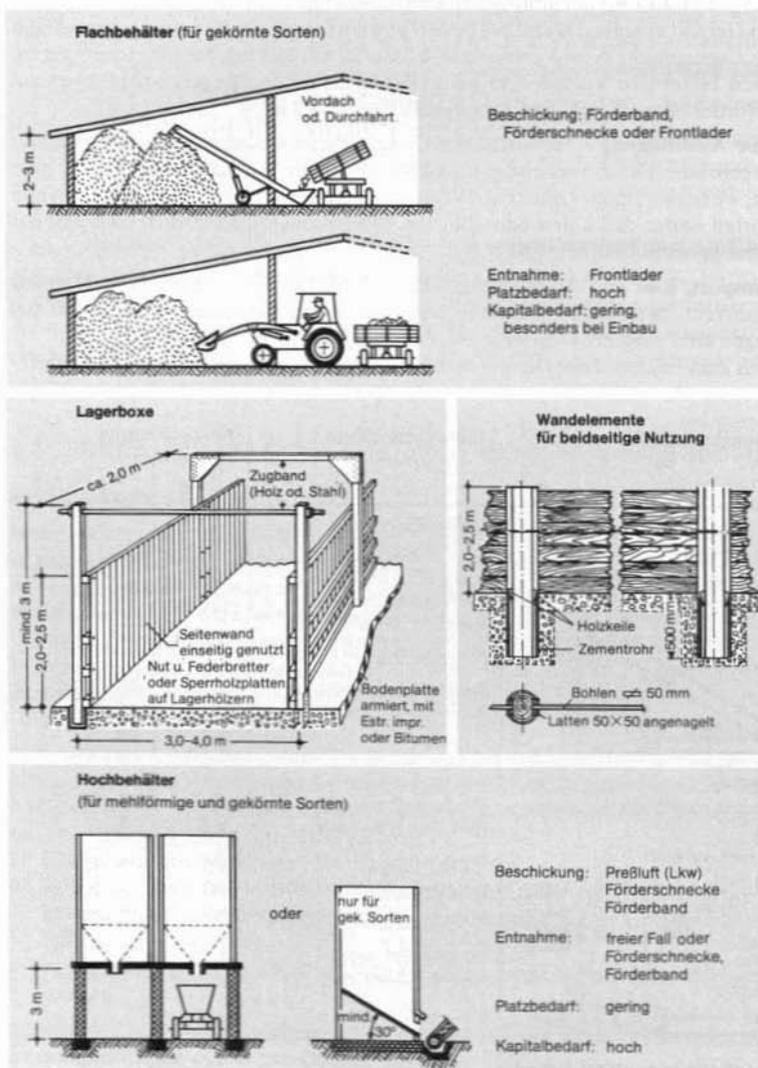


Abb. 79
Lagermöglichkeiten für losen Mineraldünger

Flachbehälter sind einfach und billig herzustellen, vor allem wenn sie in vorhandenen Gebäuden untergebracht werden können. Als Baumaterial hat sich Holz besonders bewährt. Die Verschlusswand an der Befüll- und Entnahmeseite einer Düngerboxe sollte in Stufen anzubringen und zu entfernen sein (z. B. »Amerikanerwand«). Dadurch wird ein vollständiges und gleichmäßiges Befüllen mit Förderbändern oder Frontlader, aber auch eine schrittweise Entnahme von begrenzten Düngermengen ermöglicht. Um die meist hygroskopischen Mineraldünger vor Feuchtigkeit zu schützen, sollte die Boxe während der Lagerzeit mit einer Kunststoffolie abgedeckt sein. Granulierte Düngersorten werden zweckmäßigerweise im Flachbehältern eingelagert.

Hochbehälter haben einen geringeren Flächenbedarf. Geschlossene Hochbehälter mit zentralem Auslaufrichter sind vor allem für staubförmige Dünger, aber auch für granulierte Sorten geeignet. Als Behältermaterialien eignen sich sowohl Holz als auch Beton, Stahl und Kunststoff.

Die Entnahme aus den Hochbehältern erfolgt entweder im freien Fall oder mit Hilfe von Fördergeräten. Soll der Dünger selbsttätig aus dem Hochbehälter auf den Wagen oder in den Düngerstreuer rutschen, muß eine ausreichende Auslaufhöhe vorgesehen werden.

Der *Raumbedarf* und das *Schüttgewicht* loser Düngemittel schwanken erheblich. Der größte Teil der Düngemittel hat ein Schüttgewicht von 10–12 dt/m³ und damit einen Raumbedarf von 0,08–0,1 m³/dt Dünger. Erheblich abweichende Werte erreichen z. B. Harnstoff (7,5 dt/m³) bzw. Kalkstickstoff (15 dt/m³).

2.3 Flüssige Mineraldünger

Mit der Anwendung flüssiger Mineraldünger soll eine höhere Nährstoffkonzentration (vor allem bei Stickstoff) sowie geringerer Arbeitszeitbedarf für die Ausbringung erreicht werden. Von den verschiedenen Formen flüssiger Düngemittel sind für die Bundesrepublik Deutschland nur die folgenden wichtig:

- ▶ wasserfreies Ammoniak (NH₃),
- ▶ Ammoniakwasser,
- ▶ N-Lösungen,
- ▶ Volldünger-Lösungen.

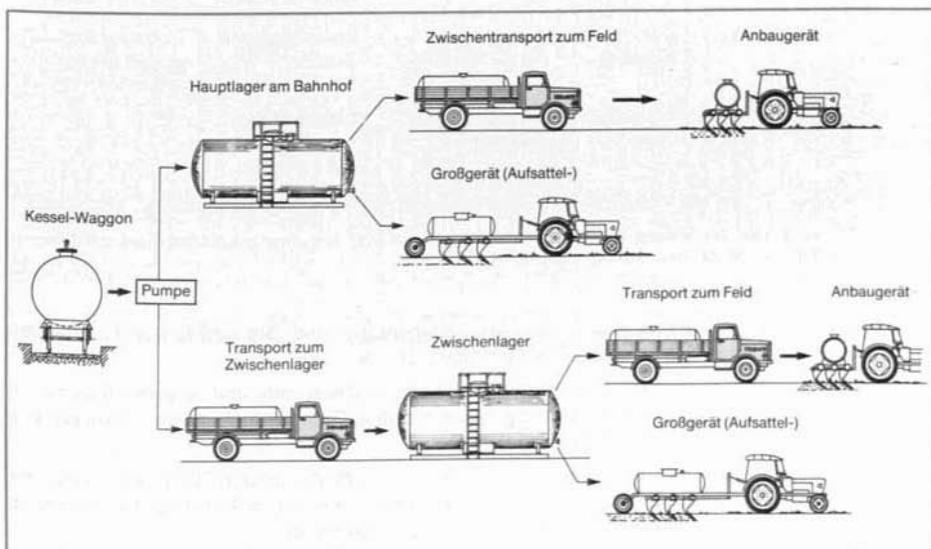


Abb. 80 Arbeitsverfahren bei der NH₃-Düngung

Tabelle 9: Kennzeichnung der wichtigsten Flüssigdünger

	wasserfreies Ammoniak (NH ₃)	Ammoniakwasser	Dünger-Lösungen aus Ammoniumnitrat/Harnstoff ohne NH ₃	Ammoniakate ¹⁾
N-Gehalt (Gew.-%) (Vol.-%)	82 51	22 20	28–32 36–40	37–58 ~51 (wie NH ₃)
Eigenschaften	flüssig unter hohem Druck nicht korrosiv verdampft bei Normaldruck als Gas flüchtig stark ätzend, Dämpfe gesundheitsschädlich	flüssig geringer Druck (< 1 bar) gering korrosiv stechender Geruch weniger gesundheitsschädlich	flüssig druckfrei stark korrosiv leicht ätzend unschädlich	flüssig Druck bis 8 bar mittel bis sehr stark korrosiv
Lager- und Transportbehälter	sehr hohe Sicherheitsvorkehrungen Stahl tanks (Prüfdruck ≈ 33 bar)		Stahlbehälter mit geeigneten Anstrichen V2A-Stahl- oder Kunststoffbehälter (auch flexibel)	Behälter aus rostfreiem Stahl oder Reinaluminium oder Stahl mit Kunststoffauskleidung Druckbehälter
Ausbringung	in den Boden (10–18 cm) mit Spezialzinken	in den Boden (10–15 cm) mit Spezialzinken	oberflächlich mit Düsen Einarbeitung vorteilhaft; auf Pflanzen bedingt	Einarbeitung etwa 5 cm tief in den Boden

¹⁾ Ammoniakate: NH₃-Ammon-Nitrat-Lösung: 37–58 Gew.-% N; NH₃-Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung: 37–49 Gew.-% N; NH₃-Harnstoff-Lösung: 43–46 Gew.-% N

Die charakteristischen Eigenschaften der Flüssigdünger und ihre wichtigsten technischen Kenndaten sind in der Tabelle 9 zusammengestellt.

Da Ammoniak leicht flüchtig ist, müssen *wasserfreies Ammoniak* und *Ammoniakwasser* in etwa 10–18 cm Tiefe in den Boden eingebracht werden. Dies geschieht mit Injektionszinken (vgl. Abb. 80, S. 51) oder Scheibenscharen.

N-Lösungen (Harnstoff, Ammonnitrat) werden auf den Boden oder in Pflanzenbestände mit normalen Pflanzenschutzspritzen gespritzt. Die mit der Lösung in Berührung kommenden Bauteile der Spritze müssen besonders korrosionsgeschützt sein.

2.4 Verfahrensvergleich

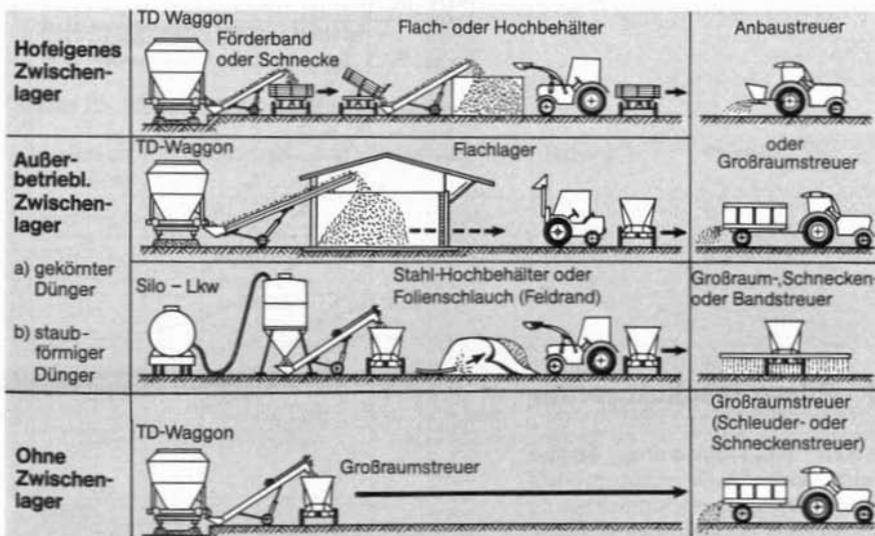


Abb. 81 Verfahren der losen Mineraldüngerkette

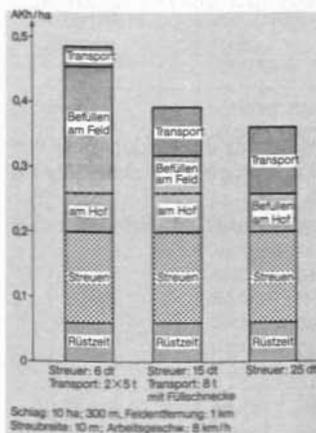


Abb. 82 Verfahrensvergleich: Ausbringen von Mineraldünger (Streuung 8 dt/ha)

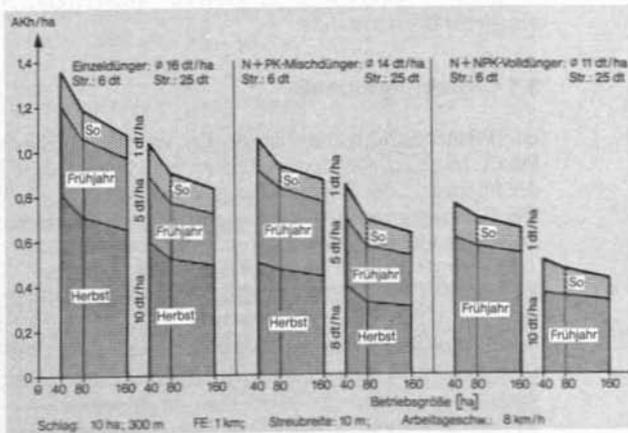
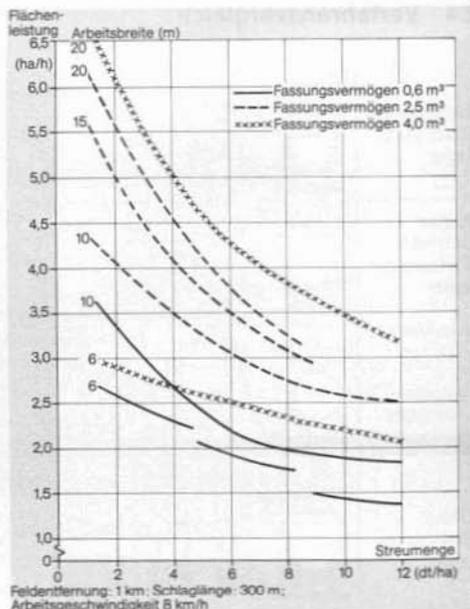


Abb. 83 Arbeitszeitbedarf bei der Ausbringung verschiedener Mineraldünger (Beispiel: Hackfruchtbaubetrieb mit 40, 80 und 160 ha)

Abb. 84 Einfluß von Streumenge und Streubreite auf die Flächenleistung von Düngerstreuern



3 Pflanzenschutzgeräte

Acker- und Pflanzenbau können heute ohne Pflanzenschutzmaßnahmen nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden. Ein wirksamer Pflanzenschutz muß jedoch *gezielt* nach biologischen und ökonomischen Gesichtspunkten und Überlegungen durchgeführt werden. Hierfür ist neben einem umfangreichen Wissen hinsichtlich Mittelkunde, Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung vor allem eine sachgerechte Auswahl und Anwendung der Ausbringtechnik erforderlich.

3.1 Ausbringtechnik

Die Pflanzenschutzgeräte haben die Aufgabe, chemische Mittel für die Bekämpfung von Pilzen, Insekten, sonstigen tierischen Schädlingen sowie Unkraut möglichst gleichmäßig auf der Pflanzen- oder Bodenfläche zu verteilen.

Die Bekämpfungsmittel werden in unterschiedlicher Form angewandt und erfordern eine angepaßte Gerätetechnik.



Abb. 85 Übersicht über die verschiedenen Verfahren des Pflanzenschutzes

3.1.1 Ausbringung in flüssiger Form

Allgemeines – Die Pflanzenschutzmittel werden meist in sehr geringen Mengen pro Hektar angewandt. Für eine gleichmäßige Verteilung sind deshalb Streckmittel oder Trägerstoffe (vorwiegend Wasser) erforderlich. Das Gemisch aus Pflanzenschutzmittel und Wasser (»Brühe«) kann vorliegen als

- **echte Lösung** (Pflanzenschutzmittel in Wasser vollkommen aufgelöst, Aufrühren nicht erforderlich),

- ▶ **Emulsion** (Gemisch von nicht ineinander löslichen Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Öl. Tröpfchen müssen durch Rühren am Absetzen gehindert werden),
- ▶ **Suspension** (Aufschwemmung fein verteilter Feststoffe in Wasser. Ständiges Rühren verhindert das Absetzen des Mittels).

Tabelle 10: Pflanzenschutz-Ausbringungsverfahren

Ausbringungsverfahren:	Spritzen	Sprühen	Nebeln	Stäuben
Ausbringform:	flüssig			fest
Pflanzenschutzmittel	Fungizide Insektizide Akarizide Herbizide	Fungizide Insektizide Akarizide	Insektizide Akarizide	Insektizide (Fungizide)
Kennzeichen	hydraulische (Druck) Zerstäubung Spritzdüse	pneumatische Zerstäubung u. Verteilung Tragluft- erzeugung	Konden- sations- Dispersions- Verfahren »Aerosole«	pneumatische Verteilung (evtl. Naß- staub; elektrost. Ladung)
Teilchengröße (1 µm = 0,000001 mm)	> 150 µm	50...150 µm	< 50 µm	20...100µm
Aufwand- menge Ackerbau Obstbau	200...1000 l/ha 1000... 2000 l/ha	100...600 l/ha 200...600 l/ha	3...7 kg/ha 3...kg/ha	8...25 kg/ha –
Vorteile	einfach, daher allg. verwen- det, für Klein- flächen und Einzelbäume geeignet, gute Haftfähigkeit, geringe Toxizi- tät für Bedienungspersonal	geringer Was- serbedarf, große Flä- chenleistung, geringer AK- Bedarf, gute Haftfähigkeit, gute Durch- dringung	kein Wasser notwendig, geringe Aufwand- menge, große Flächen- leistung, gute Haftfähigkeit im Forst, für unwegsames Gelände, Gewächshaus	kein Wasser notwendig, geringe Aufwand- menge, große Flächen- leistung, für arides Klima, Forst, kleine Flächen, Gewächshaus
Nachteile	großer Wasser- bedarf und hohe Aufwand- menge, Abtropf- verluste bis 60%, geringe Flächen- leistung, hoher AK-Bedarf, hohe Kosten, nicht für Forst und arides Klima	keine niedrig konzentr. Mit- tel, genaue Kenntnis und Dosierung notwendig, Gefahr phyto- toxischer Wir- kung, wind- empfindlich, nicht für kleine Flächen	hohe Mittel- kosten, keine sichere, gleichmäßige Bedeckung, wind- und thermikemp- findlich (»Ver- wehungsver- luste«), Spezialgeräte	geringe Haft- fähigkeit, windempfind- lich, hohe Mittelkosten, nicht für alle Zwecke Stäubemittel vorhanden

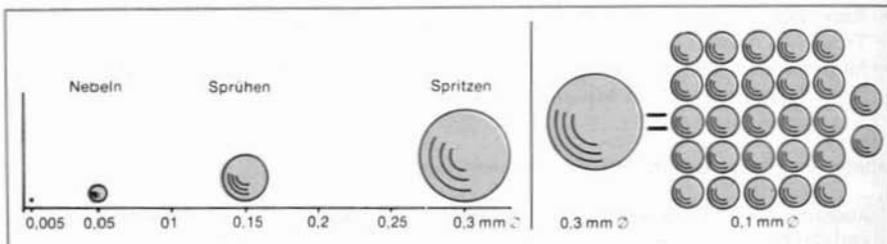


Abb. 86 links: Tröpfchengrößenbereiche
rechts: Gleiche Flüssigkeitsmenge bei verschiedenen großen Tropfchen

Die **Ausbringverfahren** unterscheiden sich durch die Tröpfchengröße (vgl. Tab. 10 und Abb. 86).

Im Feldbau werden chemische Pflanzenschutzmittel vorwiegend mit Feldspritzen ausgebracht. Geräte zum Sprühen, Nebeln usw. werden nur in Sonderkulturen eingesetzt.

Feldspritzgeräte – An die Pflanzenschutzspritzen werden einige wesentliche Forderungen gestellt:

- ▶ gleichmäßige Längsverteilung innerhalb der Fahrstrecke,
- ▶ gleichmäßige Querverteilung innerhalb der Gerätebreite,
- ▶ konstanter Druck auf allen Spritzdüsen,
- ▶ gleichmäßiger Druck bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten und beim Spritzen von Teilbreiten,
- ▶ einfache und sichere Einstellung der gewünschten Ausbringmenge,
- ▶ kein Nachtropfen der Düsen beim Abstellen,
- ▶ hohe Funktionsicherheit,
- ▶ hohe Flächenleistung,
- ▶ Eignung für unterschiedliche Einsatzbedingungen (z. B. Teilflächenspritzung, Spritzen in hohen Beständen, Unterblatt- oder Bandspritzung),
- ▶ einfache Kontrolle.

Bei den Pflanzenschutzspritzen unterscheidet man die in Tabelle 11 angegebenen Bauarten.

Tabelle 11: Bauarten von Pflanzenschutzspritzen

Bauart	Fassungsvermögen des Brühbehälters (in l)
Dreipunkt-Anbauspritze	300–1200
Aufbau-Spritze (für Geräteträger, System-Schlepper, Frontsitzschlepper)	600–3000
Anhängespritze	bis 4000
Selbstfahrspritze	bis 4000

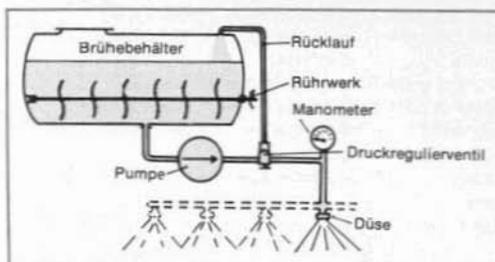


Abb. 87 Schematischer Aufbau von
Geräten für das Spritzen

Pflanzenschutzspritzen arbeiten nach folgendem Prinzip: Die Spritzbrühe wird im Brühebehälter von einem Rührwerk durchmischt und von einer zapfwellenbetriebenen Pumpe durch die Rohrleitungen zu den Spritzdüsen an der Feldspritzleitung gedrückt. Allgemeiner Aufbau und Bauteile sind aus der Abbildung 87 ersichtlich.

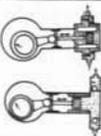
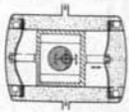
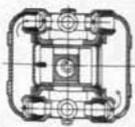
Der **Brühebehälter** soll ein ausreichendes Fassungsvermögen besitzen, korrosionsbeständig und leicht zu reinigen sein. Kunststoffbehälter mit großer, gut verschließbarer Einfüllöffnung, Sieb, Belüftungsöffnung, Bodenablaß und Volumenmarkierung haben sich weitgehend durchgesetzt.

Ein **Rührwerk** im Behälter ist notwendig, um die verschiedenen Spritzmittel mit dem Wasser zu vermischen und über die ganze Dauer des Spritzvorganges die gewünschte gleichmäßige Konzentration zu erhalten. Mechanische Rührwerke (Schrauben, Propeller, Taumelscheiben) werden von der Schlepperzapfwelle angetrieben und arbeiten unabhängig von der Pumpenleistung. Beim hydraulischen Rührwerk wird eine bestimmte Flüssigkeitsmenge im »Rücklauf«, bei Großflächenspritzen auch als gesonderter Flüssigkeitsstrom, durch Rührdüsen in den Brühebehälter geleitet. Pumpenleistung, Anzahl, Größe und Anordnung der Rührdüsen richten sich nach dem Behälterinhalt.

Die **Pumpe** hat die Aufgabe, die erforderliche Spritzmittelmenge mit ausreichendem Druck und konstantem Volumenstrom zu den Spritzdüsen zu fördern. Sie soll beständig gegenüber verschiedenen Spritzmitteln, Konzentrationen, Wasserqualitäten und Abrieb sein sowie das benötigte Wasser ansaugen können.

Man unterscheidet die in Tabelle 12 angegebenen Bauformen:

Tabelle 12: Pumpenbauformen von Pflanzenschutzspritzen

Symbol	Bauart	Druckbereich bar	Ansaughöhe max. m	Bemerkungen
	Kolbenpumpe	1,5–60	bis 7	Druckausgleichsbehälter erforderlich, empfindlich gegen sandiges Wasser und Trockenlauf
	Membranpumpe	10–20	bis 5	Druckausgleichsbehälter erforderlich, unempfindlich gegen normal verschmutztes Wasser
	Kolben-Membran-Pumpe	10–20	bis 5	wie bei Membranpumpe, Membran von Kolben bewegt
	Rollenpumpe	bis 15	1–2	empfindlich gegen verschmutztes Wasser

Einrichtungen für die **Druckregelung** sollen einen konstanten Spritzdruck in der erforderlichen Höhe an den Spritzdüsen und damit eine gleichmäßige Ausbringung gewährleisten. Hierfür werden federbelastete Druckeinstellventile, Dosierventile (fahrsgeschwindigkeitsab-

hängige Dosierung) und Regeleinrichtungen (automatisch wirkend und geschwindigkeitsunabhängig) angeboten. Am Manometer läßt sich der jeweilige Betriebsdruck ablesen.

Die neuerdings angebotenen Kompaktarmaturen besitzen außerdem Schaltarmaturen (für das Ein- und Abschalten des Flüssigkeitsstromes), Verteilerarmaturen (zum Spritzen von Teilbreiten) sowie Gleichdruck-Verteilerarmaturen (konstanter Düsen-Betriebsdruck auch bei Teilbreitenschaltung).

Das **Spritzgestänge** mit den Düsen läßt sich je nach Schlepper- und Spritzenbauart am Spritzen-Grundrahmen in der heckseitigen Dreipunkthydraulik oder frontseitig am Schlepper anbringen. Es ist zum Spritzen unterschiedlich hoher Pflanzenbestände in der Höhe verstellbar. Für das Spritzen von Teil- und Restflächen sollte das Spritzgestänge in Abschnitte von 3–4 m Breite unterteilt und diese einzeln abschaltbar sein. *Markiergeräte* (für Schaum oder Kalk) erleichtern bei breiten Spritzgestängen das genaue Anschlußfahren. Ein gleichmäßiges Spritzen ist nur möglich, wenn der Spritzbalken stets parallel zur Boden- oder Bestandsoberfläche steht. Verschiedene Bauarten von Hangausgleichsvorrichtungen, zum Teil mit Stützbügeln außen am Spritzgestänge, sollen bei unebener Bodenoberfläche und hoher Fahrgeschwindigkeit eine ruhige, parallele Spritzbalkenführung bewirken. Das Gestänge ist mehrfach gelenkig unterteilt, die Außenteile können beim Auftreffen auf ein Hindernis ausweichen und werden zur Straßenfahrt eingeklappt.

Die **Düsen** sollen die Spritzflüssigkeit möglichst genau und gleichmäßig auf die vorgesehene Zielfläche bringen. Die Prüfrichtlinien der Biologischen Bundesanstalt (BBA) lassen Abweichungen beim Düsenausstoß (Durchsatzmenge) von max. $\pm 5\%$ des Mittelwertes aller Düsen zu (Kontrolle durch Auslitern der Düsen). Die Querverteilung darf nicht mehr als $\pm 15\%$ vom Mittelwert aller Düsen abweichen (Kontrolle durch Rillen-Düsenprüfstand).

Die *Auswahl der Düsen* hat sich zu richten nach

- ▶ Anwendungsbereich (z. B. Getreide, breitblättrige Pflanzen, Bodenoberfläche),
- ▶ Wirkung des Mittels (Kontaktmittel, systemisches Mittel),
- ▶ Spritzbreite (Ganzflächen-, Unterblatt-, Bandspritzung).

Hierfür sind verschiedene Düsenformen, Düsenanordnungen am Spritzgestänge und Düsen-einstellungen zu wählen.

Tabelle 13: Formen und Anwendungsbereiche der Spritzdüsen

Düse	Spritzbild	Strahlwinkel	max. Druck bar	Ausstoß bei 3 bar l/min	Spritzmenge bei 6 km/h l/ha
Flachstrahldüse (auch Doppel-Flachstrahldüse)		Flächenspritzung 110–120° Bandspritzung 60–80° Unterblattspritzung ca. 150°	5	0,6–3,9	110–770
Pralldüse		150°	3	1,6–8,6	240–860
Dralldüse		65°	20	0,4–4,3	75–860

Düsenabstand und -einstellung werden so gewählt, daß sich die Spritzbilder der Einzeldüsen überlappen und eine sehr gleichmäßige Mittelverteilung erreicht wird.

3.1.2 Geräteeinsatz

Voraussetzungen für die gleichmäßige Spritzmittelverteilung mit der Feldspritze sind

- ▶ gleichmäßiger Durchfluß an allen Düsen,
- ▶ gleichbleibender Arbeitsdruck,
- ▶ ausreichende Überlappung der Spritzbilder,
- ▶ richtige Höheneinstellung des Spritzgestänges,
- ▶ gleichbleibende Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ exaktes Anschlußfahren.

Vor dem praktischen Einsatz ist die Prüfung der genauen Ausstoßmenge jeder einzelnen Düse sowie aller Düsen am Spritzbalken erforderlich. Dies geschieht durch »Auslitern« auf einer Meßstrecke, neuerdings vermehrt auf speziellen Prüfständen. Die Ausbringmengen betragen im Feldbau durchschnittlich 200–400 l/ha (max. 1000 l/ha).

Für die Auswahl und Einstellung der Feldspritzen nachfolgend einige Berechnungsformeln und Beispiele.

Berechnungsformeln und Beispiele:

- ▶ *Fördermenge der Pumpe:*

$$\frac{\text{Arbeitsbreite (m)} \times \text{Vorfahrt (km/h)} \times \text{Ausbringmenge (l/h)}}{600};$$

$$\text{z. B. } \frac{10 \times 5 \times 400}{600} = 33 \text{ l/min}$$

- ▶ *Brüheausstoß je Hektar (Probespritzen auf festgelegter Meßstrecke):*

$$\frac{\text{Wasserverbrauch (l/Meßstrecke)} \times 10\,000 \text{ m}^2}{\text{Länge der Meßstrecke (m)} \times \text{Arbeitsbreite (m)}}; \text{ z. B. } \frac{40 \times 10\,000}{100 \times 10} = 400 \text{ l/ha}$$

- ▶ *Mittelmenge je Tankfüllung bei Flächenspritzung:*

$$\frac{\text{Mittelaufwand (kg bzw. l/ha)} \times \text{Tankinhalt (l)}}{\text{Wasseraufwand (l/ha)}} = \text{Mittelmenge (kg bzw. l)/Tank}$$

$$\text{z. B.: } \frac{4 \text{ kg/ha} \times 1000 \text{ l}}{400 \text{ l/ha}} = 10 \text{ kg für 1000 l Wasser}$$

- ▶ *Mittelmenge je Tankfüllung bei Bandspritzung:*

$$\frac{\text{Mittelaufwand bei Ganzflächenbehandlung (kg bzw. l/ha)} \times \text{Tankinhalt (l)} \times \text{Bandbreite (cm)}}{\text{Wasseraufwand (l/ha)} \times \text{Reihenabstand (cm)}} = \text{Mittelmenge (kg bzw. l)/Tank}$$

$$\text{z. B.: } \frac{4 \text{ kg/ha} \times 400 \text{ l} \times 25 \text{ cm}}{200 \text{ l/ha} \times 50 \text{ cm}} = 4 \text{ kg für 400 l Wasser}$$

► *Mittelaufwand je ha bei Bandspritzung:*

$$\frac{\text{Mittelaufwand bei Ganzflächenbehandlung (kg bzw. l/ha)} \times \text{Bandbreite (cm)}}{\text{Reihenabstand (cm)}} = \text{Mittelaufwand (kg bzw. l/ha)}$$

$$\text{z. B.: } \frac{4 \text{ kg/ha} \times 25 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = 2 \text{ kg/ha}$$

Der Trend zu geringeren Wasseraufwandmengen je Hektar, die dadurch entstehende höhere Mittelkonzentration und die hohen Anforderungen der Bekämpfungsmittel hinsichtlich der genauen Dosierung machen den Pflanzenschutz zu einer ausgesprochenen Spezialarbeit. Da außerdem aus ökonomischen Gründen die Betreuung ausreichend großer Flächen notwendig ist, eignet sich der Pflanzenschutz besonders für den mehrbetrieblichen Maschineneinsatz durch Maschinenring usw.

3.2 Pflanzenschutz-Sonderverfahren

Beim **Sprühen** wird die Brühe durch eine Sprühdüse gedrückt, durch einen Druckluftstrom zerstäubt und von diesem an die Pflanzen getragen.

Durch die hohe Luftgeschwindigkeit und den hohen Flüssigkeitsdruck entstehen feinere Tröpfchen als beim Spritzen. Der Brühebedarf beträgt im Feldbau ca. 100–200 l/ha, die Brühekonzentration ist jedoch 3–4mal so hoch.

Beim **Nebeln** wird durch Wärme oder auf mechanischem Weg ein schwebefähiger Tröpfchenschleier erzeugt. Die Tröpfchen sind noch kleiner als beim Sprühen. Man unterscheidet

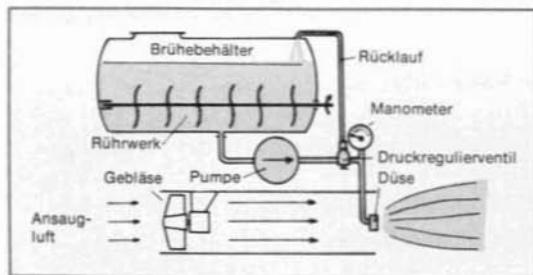
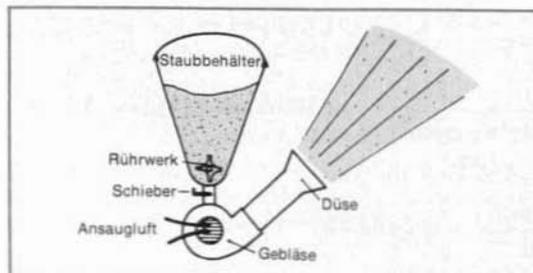


Abb. 88 Schematischer Aufbau von Geräten für das Sprühen

Abb. 89 Schematischer Aufbau von Geräten für das Stäuben



Heißnebeln, Kaltnebeln und eine Kombination beider Verfahren (Schwingfeuerverfahren). Das Nebeln ist sehr windempfindlich und witterungsabhängig, sollte daher nur bei Windstille durchgeführt werden. Die Ausbringung beträgt ca. 5–20 l/ha.

Das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln in **fester Form** hat im Feldbau eine geringere, in Forstkulturen eine größere Bedeutung.

Beim **Stäuben** wird der an einen staubförmigen Trägerstoff gebundene Wirkstoff in ein Druckluftgebläse geleitet und vom Windstrom verteilt.

Das Stäuben kann nur bei Windstille oder schwachem Wind erfolgen. Stäubegeräte sind einfach gebaut und haben eine große Reichweite. Die Ausbringung beträgt ca. 15–30 kg/ha.

Der **Einsatz von Flugzeugen** im Pflanzenschutz hat im Vergleich zu bodengebundenen Geräten nur eine untergeordnete Bedeutung, bietet jedoch eine Reihe wesentlicher Vorteile:

- ▶ Unabhängigkeit von Bodenoberfläche und Pflanzenbestand,
- ▶ hohe Schlagkraft,
- ▶ keine Boden- und Pflanzenbeschädigungen,
- ▶ geringer Spritzmittelaufwand.

Ein rationeller Einsatz ist jedoch nur gewährleistet, wenn ausreichend große Flächen, günstige Witterungsverhältnisse und eine entsprechende Organisation vorhanden sind.

Hubschrauber sind außerordentlich manövrierfähig, sie können die Geschwindigkeit zwischen 0–160 km/h variieren (durchschnittliche Arbeitsgeschwindigkeit 50–60 km/h). Hindernisse werden »liftartig« überflogen, unmittelbar dahinter kann die vorgesehene Flughöhe wieder eingenommen werden. Sie kommen mit kleinen Start- und Landeflächen aus, außerdem ergibt sich ein günstiges Verhältnis von reiner Pflanzenschutzzeit zur Gesamtflugzeit, weil das Auftanken von Treibstoff und Brühe in der Nähe der zu behandelnden Kulturen erfolgen kann.

Starrflügelflugzeuge können größere Nutzlasten aufnehmen, haben eine Arbeitsgeschwindigkeit von 120–160 km/h und kommen daher vor allem für die Behandlung größerer Flächen in Frage. Sie sind jedoch nicht so beweglich und von längeren Start- und Landeflächen abhängig. Dies schränkt aus Kostengründen (unproduktive Flugzeit) ihren Aktionsradius ein.

4 Getreidebau

In der Bundesrepublik Deutschland umfaßt der Getreidebau z. Z. etwa 70% des Ackerlandes (1976). Die Hauptgetreidearten sind in der Reihenfolge ihres Anbauumfanges Weizen, Gerste, Hafer, Roggen und Körnermais. Andere Körnerfrüchte wie Raps, Erbsen und Bohnen besitzen nur örtliche Bedeutung.

Der hohe Anteil der Getreidefläche an der Ackerfläche ist auf die Rationalisierung der Betriebe durch vereinfachte Betriebsorganisationen, den Rückgang des Hackfruchtanbaues, besonders aber auf die gute Mechanisierbarkeit dieses Betriebszweiges zurückzuführen. Die Mechanisierung des Getreidebaues, von der Bestellung bis zur Lagerung und Bearbeitung, ist in den letzten Jahren weit fortgeschritten. Man rechnet für das Gesamtverfahren »Getreidebau« heute nur noch mit einem Arbeitszeitbedarf von ca. 12 AKh/ha (vor 10 Jahren noch über 40 AKh/ha). Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Arbeitsproduktivität in diesem Betriebszweig.

4.1 Bestelltechnik

4.1.1 Saatbettvorbereitung

Die verschiedenen Getreidearten stellen keine sehr unterschiedlichen Anforderungen an die Saatbettvorbereitung. Dagegen übt der Saatzeitpunkt einen erheblichen Einfluß auf diese Maßnahmen aus. Für Wintergetreide (vor allem Winterweizen) wird ein etwas rauheres Saatbett bevorzugt, da der Boden in den Wintermonaten ohne ausreichenden Schutz durch die Pflanzen den Klimaeinflüssen ausgesetzt ist (Schnee, Frost, Regen). Bei zu feinkrümeliger Bodenvorbereitung besteht die Gefahr von Verschlämzung und Bodenerosion. Dies ist bei der Sommergetreidebestellung weniger kritisch.

Die bereits im Abschnitt »Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte« (vgl. S. 18) behandelten Einzelgeräte, Gerätekombinationen und zapfwellenbetriebenen Nachbearbeitungsgeräte sind in der Lage, bei zweckmäßiger Auswahl und gezieltem Einsatz die jeweiligen Anforderungen hinsichtlich Lockerung, Krümelung und Verfestigung des Saatbettes zu erfüllen. Minimal-Bestellmaschinen finden bei der Getreidebestellung eine zunehmende Verwendung und haben hier ihren bevorzugten Anwendungsbereich. Bestellsaatmaschinen können bei der Winter- und Sommergetreidebestellung mit Erfolg eingesetzt werden. Dagegen wird die

Frühsaat bevorzugt zur Winterweizenbestellung nach späträumenden Früchten (Mais, Zuckerrüben usw.) angewendet.

4.1.2 Aussaat

Die Getreidepflanzen benötigen einen bestimmten Lebensraum: groß genug, um genügend Nährstoffe aufnehmen und optimal gedeihen zu können; aber auch klein genug, damit die für einen hohen Ertrag ausreichende Zahl von Pflanzen je Flächeneinheit vorhanden ist. Dieser »Standraum«, aber auch die Saattiefe haben sich nicht nur nach den Erfordernissen von Getreideart und Sorten zu richten, sondern auch nach den jeweiligen Standortbedingungen (Klima, Boden, Nährstoffversorgung).

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wird das Saatgut vorwiegend mit Reihensämaschinen (Drillmaschinen) ausgebracht, bei welchen sich die Reihenabstände, Aussaatmengen und Ablagetiefen den jeweiligen Ansprüchen entsprechend einstellen lassen. Im allgemeinen wird ein möglichst enger Reihenabstand angestrebt, damit die Pflanzen in der Reihe nicht so dicht stehen. Bei modernen Drillmaschinen beträgt der geringstmögliche Reihenabstand ca. 10–12 cm. Auch die Anwendung neuer Saatverfahren (Bandsaat, Breitsaat) hat zum Ziel, einen günstigen Standraum je Einzelpflanze zu schaffen.

Anforderungen an Drillmaschinen – Die Anforderungen, die bei der Aussaat an die Drillmaschine gestellt werden, sind sehr hoch. Denn mit der gleichen Sävorrichtung sollen sehr geringe und sehr hohe Saatmengen ausgebracht werden können.

Tabelle 14: Gebräuchliche Saatmengen im Körnerfruchtbau

Pflanzenart	Saatmenge kg/ha	1000-Korn- gewicht g
Winterweizen	140–230 \	40– 55
Sommerweizen	150–270 \	
Wintergerste	110–180 \	40– 55
Sommergerste	120–200 \	
Hafer	100–190	30– 45
Roggen	90–170	30– 40
Erbsen	160–300	150–500
Ackerbohnen	160–320	300–700
Sommerwicke	90–130	60–100
Wintererbsen	2– 10	4– 5

Der Vorteil der Drillsaat besteht gegenüber der früheren Handsaat vor allem in der Saatguteinsparung, Verbesserung der Arbeitsqualität und der höheren Flächenleistung.

Die Drillmaschinen lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen (vgl. Tab. 15).

Tabelle 15: Einteilung der Drillmaschinen

Einteilung nach	Bauart
Anlenkung am Schlepper	Dreipunkt-Anbaumaschine, Aufsattel- oder Anhängemaschine, Zwischenachs-Maschine (für Geräteträger)
Bauweise und Lage des Saatgutvorratsbehälters	Kasten-Drillmaschine, Drillmaschine mit zentralem Saatgutbehälter + flexiblen Rohrleitungen zu den Säscharen
Saatgut-Ausbringung	Schubrad- oder Nockenrad-Drillmaschine, Zentrifugal-Drillmaschine, pneumatische Drillmaschine

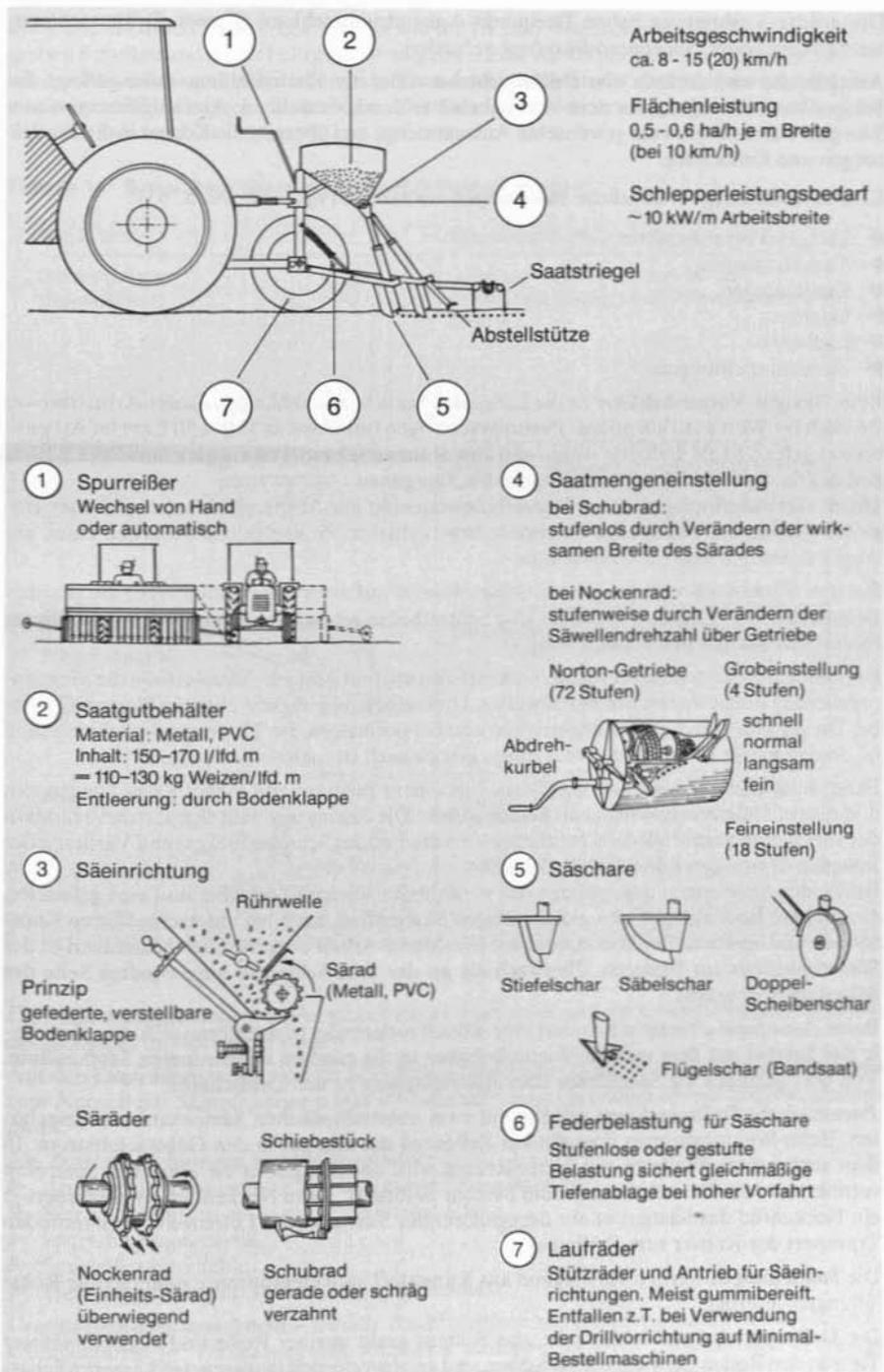


Abb. 90 Anordnung und Bauteile von Drillmaschinen

Die größte Verbreitung haben Dreipunkt-Anbaudrillmaschinen (Kasten-Drillmaschinen) mit Schubrad oder Nockenrad-Säsystem gefunden.

Arbeitsweise und Aufbau von Drillmaschinen – Bei der Kastendrillmaschine gelangt das Saatgut beim Sävorgang aus dem Vorratsbehälter durch verstellbare Auslauföffnungen zum Säorgan. Dieses dosiert die gewünschte Aussaatmenge und übergibt die Körner in die Saatleitungen und Drillschare.

Es sind daher einige wesentliche **Baugruppen** vorhanden (vgl. Abb. 90, S. 63):

- ▶ Saatgut-Vorratsbehälter,
- ▶ Sämechanismus,
- ▶ Saatleitungen,
- ▶ Säschare,
- ▶ Laufwerk,
- ▶ Zusatzeinrichtungen.

Beim **Saatgut-Vorratsbehälter** ist die Länge des Saatkastens abhängig von der Arbeitsbreite. Besonderer Wert wird auf großes Fassungsvermögen (mindestens 120–150 Liter/m Arbeitsbreite) gelegt. Steile Behälterwände und eine Rührwelle bewirken ein gleichmäßiges Zufließen des Saatgutes zu den darunterliegenden Säorganen.

Durch Auslauföffnungen, deren Durchflußquerschnitt mit Absperrschiebern auf die jeweilige Korngröße und Saatmenge eingestellt bzw. vollkommen verschlossen werden kann, gelangt das Saatgut zum Sämechanismus.

Bei der *Nockenrad-* und *Schubradrillmaschine* ist auf einer rotierenden, über die gesamte Behälterbreite reichenden Welle für jede Saatreihe ein gesondertes Särad angebracht. Dieses fördert das Saatgut in die Saatleitung.

Bei dem am weitesten verbreiteten *Nockenradprinzip mit Einheits-Särad* erfolgt die Mengenregulierung durch Verändern der Säwellen-Umlaufgeschwindigkeit über ein Norton-Getriebe. Dieses wird vom Laufrad angetrieben und hat normalerweise 72 Geschwindigkeitsstufen (4 Stufen mit je 18 Gängen). Neuerdings gibt es auch stufenlose Antriebe.

Beim *Schubradsystem* besteht das Särad aus einem Innenteil mit eingefrästen Längsnuten und einem äußeren, zylindrischen Schiebestück. Die Saatmenge läßt sich durch Verändern der wirksamen Schubradbreite (seitliches Verschieben des Schiebestückes) und Variieren der Säwellen-Umlaufgeschwindigkeit einstellen.

Bei beiden Säsystemen unterstützen der verstellbare Verschußschieber und eine gefederte, einstellbare Bodenklappe den gleichmäßigen Saatgutfluß, auch bei unterschiedlichen Kornformen und -größen. Bei konsequent auf Ein-Mann-Arbeit ausgerüsteten Maschinen ist der Sämechanismus zur besseren Überwachung an der dem Schlepper zugewandten Seite des Saatkastens angebracht.

Beim *Zentrifugal-Prinzip* schleudert eine schnell rotierende, trichterförmige Auswerferschale das Saatgut aus dem runden Vorratsbehälter in die rundum angeordneten Saatausläufe. Von dort gelangen die Saatkörner über Rohrleitungen zu den Drillscharen.

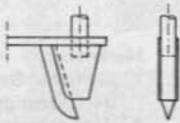
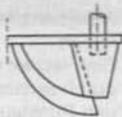
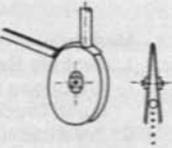
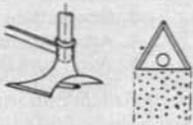
Pneumatische Drillmaschinen werden mit zwei unterschiedlichen Sämechanismen angeboten. Beim Wellrohrprinzip übergibt ein Zellenrad das Saatgut in den Gebläseluftstrom. In dem senkrechten Wellrohr mit Verteilerkopf wird das Saatgut in die einzelnen Saatrohre verteilt und vom Druckluftstrom zum Säschare befördert. Beim Nockenradprinzip fördert je ein Nockenrad das Saatgut in ein dazugehöriges Saatrohr, der Luftstrom übernimmt den Transport der Körner zum Drillschar.

Die **Saatleitungen** werden vorwiegend aus Kunststoff als Teleskoprohre oder flexible Rohrleitungen gefertigt.

Die **Drillschare** haben die Aufgabe, das Saatgut exakt in einer Reihe und in gleichmäßiger Tiefe in den Boden abzulegen. Die Schare sind an abwechselnd längeren und kürzeren Scharhebeln in zwei Reihen hintereinander angeordnet. Dadurch soll die Verstopfungsgefahr verringert werden. Die Schare können gemeinsam (z. T. stufenweise) ausgehoben und abgelassen

sowie einzeln durch Federdruck belastet werden (sichere Tiefenführung, kein »Springen« bei groben Schollen und hoher Fahrgeschwindigkeit). Eine Abstellstütze soll beim Rückwärtsrollen der Maschine oder plötzlichem Absetzen das Verstopfen der Ausläufe verhindern, teilweise auch die Saatfurche zustreichen. Die am meisten verwendeten Särschar sind in der Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Einsatzbereiche verschiedener Drillscharformen

Scharform	Einsatzbereich
Schleppschar (Stiefelschar) 	Universalschar, vor allem für gut krümelnde Böden ohne Pflanzenreste und Unkraut
Säbelschar 	für höhere Arbeitsgeschwindigkeiten, grobschollige und verunkrautete Böden
Scheibenschar (Ein- oder Doppelscheibenschar) 	für schwere, trockene und feuchte Böden, bei Unkrautbesatz und Pflanzenresten
Bandsaatschar 	Bandförmige Saatgutablage (ca. 6 cm Bandbreite). Etwas empfindlich bei Pflanzenresten im Boden. Wirksamer Zustreicher erforderlich!

Ein **Anbaustriegel** dient zum Verschließen der Saatfurche und zur gleichmäßigen Bedeckung des Saatgutes mit lockerem Boden.

Auf den **Laufrollern** stützt sich die Maschine während der Särarbeit ab. Sie dienen außerdem zum Antrieb des Sämehmechanismus und sind deshalb meist gummibereift mit grobem Stollenprofil.

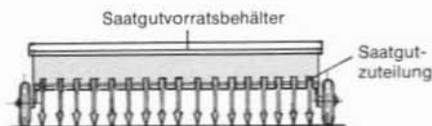
Als **Zusatzeinrichtungen** werden angeboten:

- ▶ Anzeigevorrichtungen für den Saatgutvorrat im Behälter,
- ▶ Beizeinrichtungen im Saatgut-Vorratsbehälter,
- ▶ Spurschichtautomatik,
- ▶ Spurreißerautomatik,
- ▶ Tiefenbegrenzer und Druckrollen zum Särschar.

Großflächen-Drillmaschinen – Um die Nachfüllzeiten zu verringern, lassen sich bei Kastendrillmaschinen in Verbindung mit speziellen Schlepperbauarten (System- und Frontsitzschlepper) zusätzliche Saatgut-Vorratsbehälter auf dem Schlepper anordnen.

Für besonders hohe Flächenleistungen werden jedoch Großflächen-Drillmaschinen verwendet: bis ca. 5 m Arbeitsbreite spezielle Kastendrillmaschinen, für größere Arbeitsbreiten

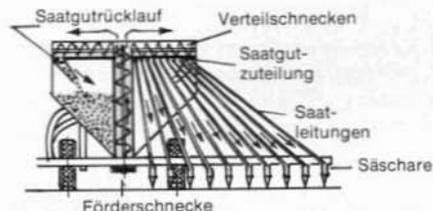
Kasten-Drillmaschine
(mechanische Saatgut-zuteilung)



Merkmale:

1. Kastenbreite = Arbeitsbreite
2. Freier Fall des Saatgutes in senkrechten oder leichtgeneigten Saugleitungen
3. Begrenztes Fassungsvermögen des Saugutbehälters (90–120 l/m Arbeitsbreite)
4. Als Einzelmaschine für Arbeitsbreiten bis max. 5 m geeignet*

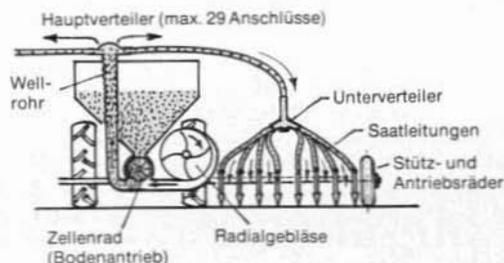
Tank-Drillmaschine
(mechanische Saugut-zuteilung)



Merkmale:

1. Zentraler Saugutvorratsbehälter, Fassungsvermögen 800 l
2. Zentralisierte Saugutverteilung über Nockensäräder
3. Arbeitsbreite 5–6 m, bis 50 Drillreihen
4. Einmischen von z. B. Beizmittel durch senkrechte Schnecke und Rücklauf

Tank-Drillmaschine
(pneumatische Saugut-zuteilung)



Merkmale:

1. Zentrale Saugut-zuteilung, Zuführung zu den Säscharen durch Druckluft
2. Zellenrad für Saugut-zuteilung: Boden-antrieb. Gebläse: Zapfwellen-antrieb
3. Sauguttank – Inhalt 900 l
4. Arbeitsbreite bis 7,5 m*
5. Auch zum Düngerstreuen geeignet

* je Einzelmaschine. Als Doppelmaschine mit Koppelbrücke doppelte Arbeitsbreite

Abb. 91 Bauarten und Merkmale von Drillmaschinen

vorwiegend mechanische und pneumatische Drillmaschinen mit zentral angeordnetem, großvolumigem Vorratsbehälter.

Einsatz von Drillmaschinen – Vor jedem Einsatz der Drillmaschine ist unbedingt eine *Abdrehprobe* durchzuführen. Hierzu wird durch Drehen am Laufrad oder an einer Handkurbel eine bestimmte Saatfläche simuliert. Die ausgetragene Saatmenge wird abgewogen und mit einer Sätablette verglichen. Stimmen die Werte nicht überein, muß mit anderen Einstellungen am Getriebe die Abdrehprobe so oft wiederholt werden, bis der geforderte Wert erreicht ist. Die Einstellung des Spurreißers hat so zu erfolgen, daß ein sauberer Anschluß an die vorhergehende Fahrspur erreicht wird.

Beim Anlegen von Spurschächten ist darauf zu achten, daß diese mit der Arbeitsbreite von Pflanzenschutzspritze und Düngerstreuer übereinstimmen.

Moderne Schlepper-Drillmaschinen erlauben das Einhalten hoher Arbeitsgeschwindigkeiten (10 km/h und darüber). Deshalb sind auch bei den heute bevorzugten Arbeitsbreiten von 2,5–3 m hohe Flächenleistungen zu erzielen.

Abb. 92 Leistung der Drillmaschine in ha/h in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten)

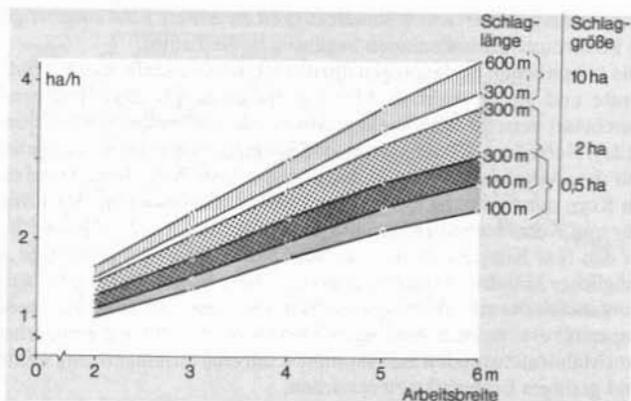
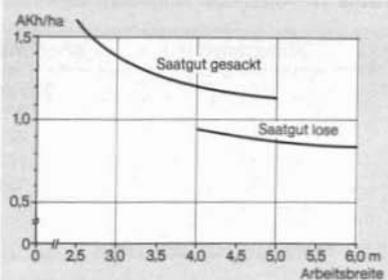


Abb. 93 Arbeitszeitbedarf beim Einsatz von Drillmaschinen (Bereitstellung des Saatgutes gesackt bzw. lose)



4.2 Erntetechnik

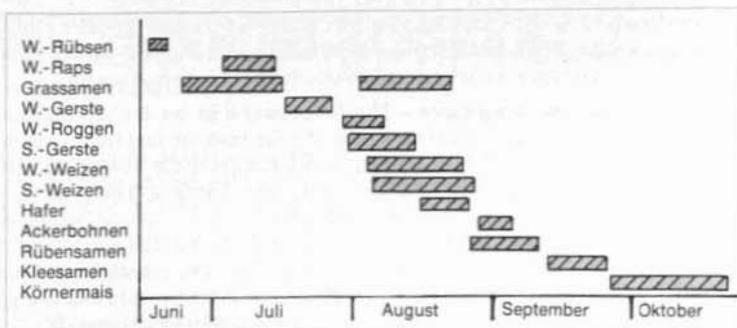
Der **Mähdrusch** stellt heute das Standard-Ernteverfahren für Körnerfrüchte dar. Dieses moderne Ernteverfahren bringt folgende Vorteile:

- ▶ Verringerung des Arbeitszeitbedarfes von etwa 100 AKh/ha bei Gespannbinder und Winterdrusch auf etwa 2–5 AKh/ha beim Mähdrusch,
- ▶ hohe Schlagkraft,
- ▶ sofortiges Bergen des Kornes, die Strohbergung erfolgt in einem getrennten Arbeitsgang,
- ▶ Abflachung der Arbeitsspitze in der Getreideernte,
- ▶ universelle Verwendbarkeit des Mähdreschers für alle dreschbaren Früchte,
- ▶ Einsatz für die eigen- und mehrbetriebliche Körnerfrüchternte,
- ▶ Verlustersparnis und Mehrertrag durch besseres Ausreifen.

4.2.1 Voraussetzungen für den Mähdrusch

Um einen störungsfreien Einsatz des Mähdreschers mit hoher Leistung zu erreichen, müssen einige wesentliche Voraussetzungen erfüllt sein. Bei der Anbauplanung und Sortenwahl der Mähdruschfrüchte ist vor allem auf Staffelung der Reifezeit, Kurzstrohigkeit, Ausfall- und

Abb. 94 Die verschiedenen Mähdruschfrüchte haben bestimmte Reifezeiten. Durch günstige Zusammenstellung der Fruchtfolge lässt sich die Reifezeit und damit der Mähdreschereinsatz staffeln



Auswuchssicherheit sowie Standfestigkeit zu achten. Eine ausgewogene Düngung und gezielte Pflanzenschutzmaßnahmen begünstigen die Ernte.

Die klimatischen Bedingungen üben einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Abwicklung der Ernte und die verfügbaren Mähdruschstunden aus. Der Reifeprozess des Getreidekornes durchläuft verschiedene Stadien: Milchreife, Gelbreife, Vollreife und Totreife (Mähdruschreife), Notreife. Mit zunehmendem Reifegrad nimmt der Wassergehalt im Korn ab. Die Ernte mit dem Mähdrusch wird im Stadium der Voll- bzw. Totreife bei ca. 12–20% Wassergehalt im Korn durchgeführt. Ein falscher Erntetermin kann hohe Verluste bringen (Schrumpfkörner und Kornbeschädigungen bei frühem Schnitt, Ausfallverluste bei später Ernte).

In den fünf Klimazonen der Bundesrepublik Deutschland ist eine unterschiedliche Anzahl möglicher Mähdruschstunden gegeben. Diese Werte sind bei der Auswahl des Mähdruschers hinsichtlich der erforderlichen Flächen- und Druschleistung, Bemessung der Konservierungskapazität usw. zu berücksichtigen. Meist wird versucht, mit einer erheblich geringeren Anzahl von Mähdruschstunden auszukommen, um eine termingerechte Ernte, hohe Erntegutqualität und geringes Ernterisiko zu erreichen.

Tabelle 17: Anzahl der möglichen Mähdruschstunden in den 5 Klimazonen

Klimazonen	20% Kornfeuchtigkeit	17% Kornfeuchtigkeit
I	325 und mehr	225 und mehr
II	275–325	175–225
III	225–275	125–175
IV	175–220	75–125
V	bis 175	bis 75

4.2.2 Mähdrusch-Bauarten

Nach der Antriebsart lassen sich folgende Mähdrusch-Bauarten unterscheiden:

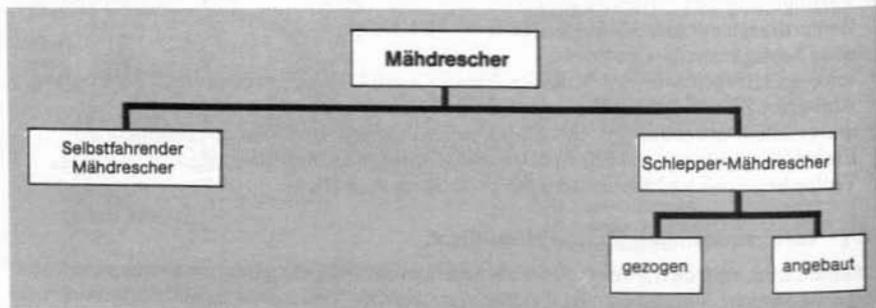


Abb. 95 Bauarten von Mähdruschern

Zusätzlich ist zu unterscheiden zwischen *Längsfluß-System* (gerader Fluß des Erntegutes in Längsrichtung durch den Mähdrusch) sowie *Quer-Längsfluß-System* (Querfluß des Getreides bis zur Dreschtrommel, Längsfluß des Strohes bis zum Auswurf).

Arbeitsweise und Baugruppen – Die Arbeitsweise ist bei den verschiedenen Mähdruschbauarten gleich. Das Schneidwerk mäht das Getreide ab und führt es dem Dreschorgan zu. Dort werden zwischen Dreschtrommel und Dreschkorb die Körner aus den Ähren ausgedroschen. Das Stroh mit den Restkörnern wird zum Schüttler geleitet, intensiv aufgelockert, und die restlichen Körner werden vom Stroh getrennt. Anschließend gelangt das Stroh zur Ausfallhaube (ggf. zum Strohhäcksler). Etwa 80–90% der Körner werden durch den Dreschkorb ausgeschieden und sofort der Reinigung zugeführt. Die kombinierte Druckwind-Siebreinigung trennt Spreu und Strohteile ab, die auf das Feld zurückfallen. Die gereinigten Körner gelangen in den Körnerelevator und werden im Korntank gesammelt.

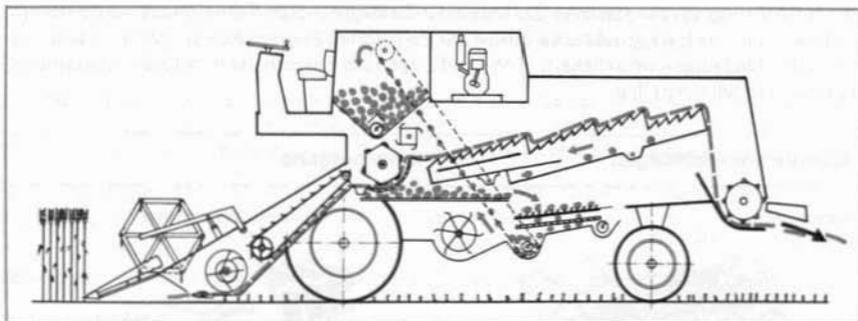


Abb. 96 Arbeitsweise eines Mähreschers

Der Mährescher faßt also die Arbeitsgänge

- ▶ Mähen,
- ▶ Ausdreschen der Ähren,
- ▶ Absondern der Körner vom Stroh,
- ▶ Reinigen und Sortieren der Körner,
- ▶ Ablegen oder Verarbeiten (z. B. Häckseln) des Strohes,
- ▶ Sammeln der Körner

in einer Maschine zusammen. Man unterscheidet daher einige Hauptbaugruppen:

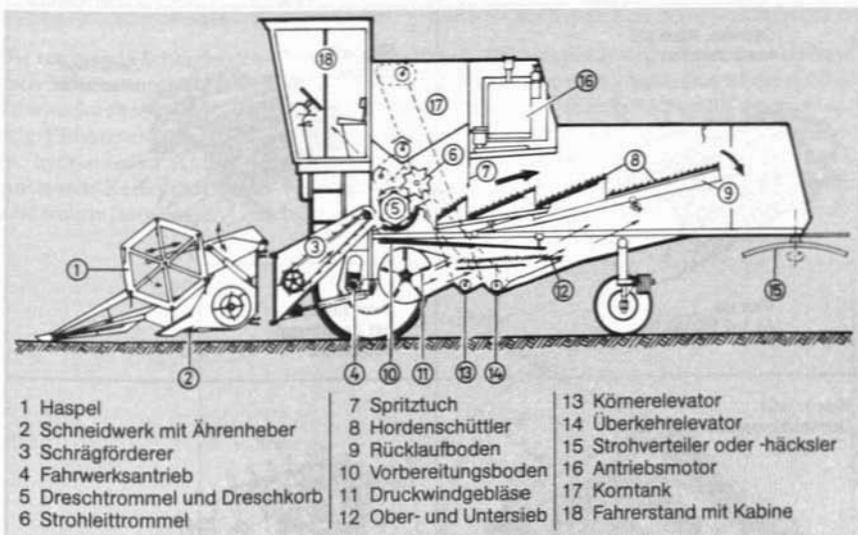


Abb. 97 Aufbau und Baugruppen eines Mähreschers

Das **Schneidwerk** besteht aus Mähbalken, Halmteilern, Haspel, Einzugsschnecke mit Trog und Schrägförderer. Das Schneidwerk läßt sich durch Hydraulikzylinder in der Höhe führen bzw. ausheben und bei Mähreschern mit Schnittbreite über 3 m durch Schnellverschlüsse rasch abnehmen (Straßentransport auf gesondertem Fahrgestell).

Als Mähbalken wird der *Hochschnittbalken* bevorzugt (76 mm Fingerabstand, 80 mm Hub). Zum Aufnehmen von Lagergetreide lassen sich Ährenheber auf die Mähfinger aufsetzen. Die *Halmteiler* sollen die Mähbreite sauber begrenzen.

Die *Haspel* sorgt für ein sauberes Zuführen des Erntegutes zum Schneidwerk sowie für ein Weiterfördern zur Einzugsschnecke. Sie ist mit gesteuerten Federzinken ausgestattet und läßt sich in der Umlaufgeschwindigkeit, Höhe und Lage zum Fingerbalken stufenlos hydraulisch oder mechanisch verstellen.

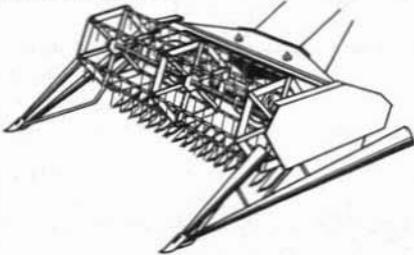
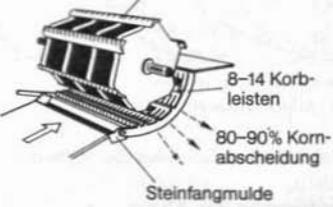
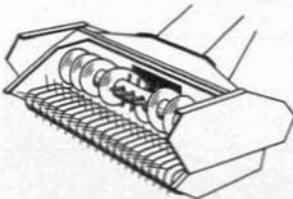
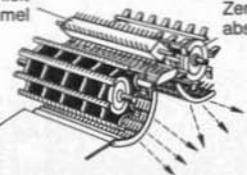
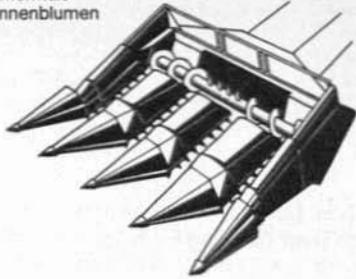
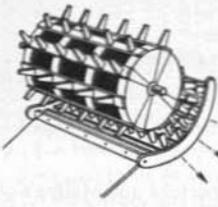
Aufnahmevorrichtungen	Dreschorgane
<p data-bbox="154 292 321 331">Getreide aus stehendem Bestand</p>  <p data-bbox="215 598 436 662">Haspel-Schneidwerk Hochschnitt-Fingerbalken Schnittbreite 2,25 ... 5,6 m</p>	<p data-bbox="740 292 889 316">6-10 Schlagleisten</p>  <p data-bbox="860 391 952 430">8-14 Korb- leisten</p> <p data-bbox="849 446 964 494">80-90% Korn- abscheidung</p> <p data-bbox="780 510 912 534">Steinfangmulde</p> <p data-bbox="629 598 763 638">Schlagleisten- Dreschtrommel</p>
<p data-bbox="235 726 396 766">Getreide, Raps etc. aus Schwaden</p>  <p data-bbox="235 997 384 1037">Pick up für 1-2 Schwaden</p>	<p data-bbox="629 742 706 782">Strohleit- trommel</p>  <p data-bbox="889 758 987 798">Zentrifugal- abscheider</p> <p data-bbox="629 997 763 1061">Dreschwerk mit Zentrifugal- abscheider</p>
<p data-bbox="154 1101 281 1141">Körnermais Sonnenblumen</p>  <p data-bbox="160 1412 321 1452">Mais-Pflückvorsatz 2-6 Reihen</p>	 <p data-bbox="866 1284 970 1340">40-60% Korn- abscheidung</p> <p data-bbox="631 1412 786 1452">Stiftentrommel für Spezialkulturen</p>

Abb. 98 Aufnahmevorrichtungen und Dreschorgane von Mähdeschern

Die *Einzugsschnecke* erfaßt das geschnittene Getreide und fördert es zur Mitte des Schneidwerkes. Der Schrägförderer (Ketten- oder Paddelförderer) transportiert das Getreide zum Dreschwerk.

Das **Dreschwerk** hat die Aufgabe, die Körner aus den Ähren, Rispen oder Schoten usw. herauszuschlagen. Körner und Stroh gehen von hier an getrennte Wege.

Zur Zeit gibt es die in Abbildung 98, S. 70 gezeigten Dreschwerk-Bauformen.

Das *Schlagleisten-Dreschwerk* hat die größte Verbreitung und wird nachfolgend näher besprochen. Es besteht aus Dreschtrommel, Dreschkorb, Strohleittrommel, Steinfangmulde und Entgraner.

Tabelle 18: Trommel-Umfangsgeschwindigkeit bei verschiedenen Fruchtarten und Trommel-Durchmesser

Fruchtart	Trommel-Durchmesser			
	450 mm		600 mm	
	Drehzahl (1/min)	Umfangsgeschwindigkeit (m/s)	Drehzahl (1/min)	Umfangsgeschwindigkeit (m/s)
Getreide	1350	32	1000	32
Raps, Senf	1100	26	830	26
Hülsenfrüchte	850	20	640	20
Körnermais	650	15	480	15

Die rotierende Schlagleisten-Dreschtrommel hat 6–10 Schlagleisten. Der Durchmesser ist je nach Fabrikat unterschiedlich (450–610 mm). Für einen sauberen Ausdrusch ist die richtige Trommeldrehzahl (z. B. 30–32 m/s bei Getreide) besonders wichtig. Um sie für unterschiedliche Einsatzverhältnisse und Fruchtarten ändern zu können, ist meist ein stufenlos verstellbarer hydraulischer Antriebs-Variator vorhanden (teilweise auch in mehreren Stufen durch Austausch-Kettenräder oder Mehrfach-Keilriemen). Der *Dreschkorb* umgibt mit einem konstruktiv festgelegten Umschlingungswinkel die Dreschtrommel. Quer angeordnete Korb-

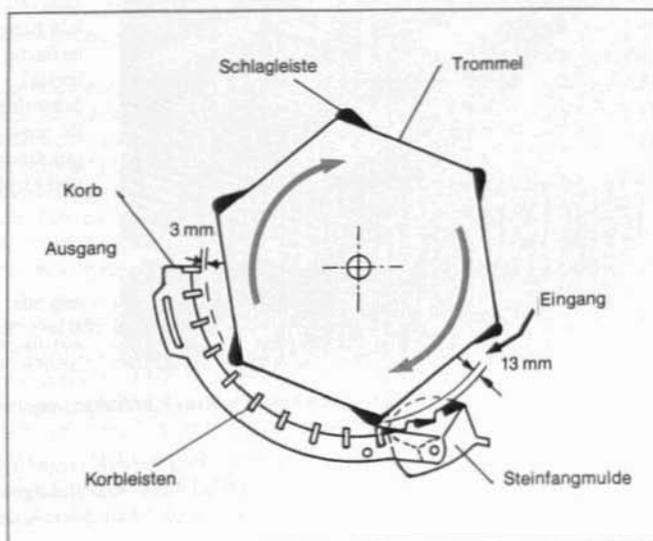


Abb. 99 Die verschiedenen Fruchtarten erfordern eine exakte Einstellung des Abstandes zwischen Dreschkorb und Dreschtrommel

leisten und längs verlaufende Korbdrähte bilden eine Art grobmaschiges Sieb, durch welches das Dreschgut (Körner, Spelzen und Kurzstroh) auf den Vorbereitungsboden fällt. Bei richtiger Einstellung des Dreschwerkes können dort etwa 80–90% der gesamten Körner vom Stroh getrennt werden. Die gesamte Abscheidefläche ergibt sich aus Trommelbreite, Trommeldurchmesser und Umschlingungswinkel. Der Korbabstand (an der Eingangsseite größer als an der Ausgangsseite) kann meist vom Fahrerstand aus über einen Verstellhebel an unterschiedliche Druschverhältnisse angepaßt werden (Korb-Schnellverstellung).

Vor dem Dreschkorb ist eine *Steinfangmulde* angebracht. Sie soll verhindern, daß Fremdkörper in die Drescheinrichtung gelangen und dort Schäden hervorrufen.

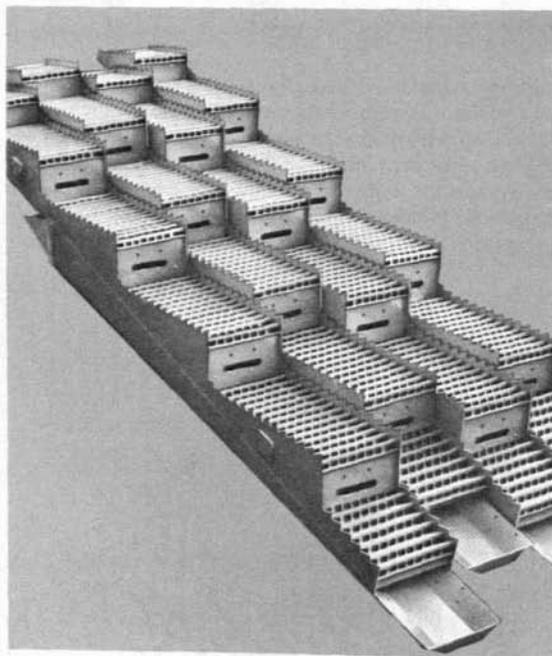
Für schwierige Druschfrüchte (z. B. Gerste) lassen sich *Entgrannerbleche* in den Korb einsetzen oder ein *Entgrannerblock* einschwenken.

Der Zentrifugalabscheider (vgl. Abb. 98, S. 70) hat zum Ziel, die Ähren nachzudreschen und Restkörner aus dem Stroh abzusondern.

Die *Strohleitrommel* soll in Verbindung mit der Korbverlängerung (Zinkenrechen) das Stroh auf den vorderen Teil des Schüttlers leiten und gleichzeitig abbremesen.

Der **Schüttler** hat die Aufgabe, in der Ebene und am Hang auch bei großen Strohmenngen die noch im Stroh enthaltenen Körner sauber auszusondern. Darüber hinaus soll ein rasches Weiterfordern des Strohes gewährleistet werden.

Heute werden vorwiegend *Hordenschüttler* (3–7 Einzelhorden) verwendet. Die früher verwendeten Schwingschüttler sind nur noch bei einer Mähdrescher-Type vorhanden. Die Horden sind auf Kurbelwellen gelagert, dadurch erreicht man eine werfende Bewegung.



Der Schüttlerbelag besteht aus treppenförmigen Schlitzlochblechen mit hohen Fallstufen zum Auflockern und Wenden des Strohes. Zusatzeinrichtungen (rotierende Querschüttler, werfende Intensivschüttler usw.) sollen eine noch gründlichere Auflockerung und den sicheren Transport des Strohes bewirken. Die Wirkung des Schüttlers hängt ab von der Schüttlerfläche (ca. 1 m²/m Schnittbreite), der Intensität der Schüttlerbewegung, der Größe und Anzahl der Durchlaßöffnungen, der Anzahl und Größe der Wendestufen.

Abb. 100 Selbstfahrende Mähdrescher und Schlepper-Längsflußmähdrescher besitzen Hordenschüttler mit 3–7 Einzelhorden

Unter den Schüttlern sind Rücklaufböden oder Rücklaufmulden angebracht, die das aussortierte Getreide der Reinigung zuführen.

In der **Reinigung** sollen die Körner von fremden Bestandteilen (Spreu, Kurzstroh, Unkrautteilen) gereinigt werden. In der kombinierten **Druckwind-Sieb-Reinigung** wird das Dreschgut durch das Druckwindgebläse nach dem Gewicht und durch zwei Siebe nach der Größe getrennt.

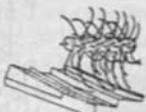
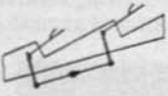
Zusätzliche Kornabscheidung durch	Zusätzliche Gutauflockerung über dem Hordenschüttler durch		
Zentrifugalabscheider	Taumeizinken	Rafferzinken	schwing. Zinken
			

Abb. 101 Hilfseinrichtungen für den Schüttler

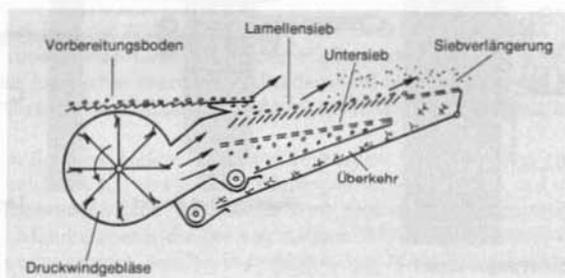


Abb. 102 Aufbau der mechanisch-pneumatischen Reinigung eines Mähdeschers

Bereits auf dem Vorbereitungsboden, welcher das Dreschgut vom Dreschwerk zur Reinigung fördert, wird eine Schichtung der Körner erreicht (schwerere Körner unten, leichtere Spreu oben).

Im schwingenden Siebkasten sind übereinander zwei verschiedene Siebe angeordnet. Das Lamellensieb (Kurzstrohsieb, Obersieb) besitzt gezahnte Lamellen, deren Abstand sich je nach Körnergröße und -menge von außen verstellen läßt. Durch die Öffnungen fallen die Körner auf das darunter angeordnete Untersieb. Dieses ist auswechselbar. Je nach Kornform und erforderlicher Siebleistung werden Langloch- und Rundlochsiebe mit verschiedenen Lochgrößen verwendet.

Der vom Druckwindgebläse erzeugte Luftstrom wird von Leitblechen so geleitet, daß das Reinigungsgut auf den Sieben aufgelockert und leichte Teile aus der Maschine getragen werden. Durch Verstellen der Ansaugöffnung oder Verändern der Gebläsedrehzahl läßt sich der Wind stärker oder schwächer einstellen.

Eine Verlängerung am Kurzstrohsieb (Rechen- oder Düsensieb) sorgt in Verbindung mit einem Prallblech dafür, daß alles, was zu schwer für den Wind und zu groß für die Siebe ist (nicht ausgedroschene Ähren usw.), als Überkehr auf einem Rücklaufboden gesammelt und nochmals der Trommel bzw. einer gesonderten Nachdrescheinrichtung zugeführt wird.

Im **Korntank** werden die gereinigten Körner gesammelt. Er ermöglicht eine Steigerung der Druschleistung und die Ein-Mann-Arbeit. Der Korntank soll voll befüllbar, rasch zu entleeren und den Bestimmungen der Berufsgenossenschaft entsprechend gegen Unfälle gesichert sein. Das Fassungsvermögen wird möglichst groß gewählt, damit kein zu häufiges, die Druschleistung senkendes Abtanken erforderlich ist (ca. 1200 l/m Schnittbreite). Das Entleeren des Korntanks erfolgt über eine großdimensionierte Schnecke mit hoher Förderleistung. Die Schnecke liegt bei Straßenfahrt längsseits des Mähdeschers und wird beim Drusch im rechten Winkel seitwärts zum Mähdescher ausgeschwenkt.

Antrieb und Fahrwerk sind bei schleppergezogenen und selbstfahrenden Mähdeschern unterschiedlich gestaltet.

Der *gezogene Schleppermähdrescher* stützt sich mit einer Anhängedechsel in der Schlepper-Zugvorrichtung ab und wird über die Schlepperzapfwelle angetrieben. Längsfluß-Schleppermähdrescher laufen beim Straßentransport mittig hinter dem Schlepper und müssen vor

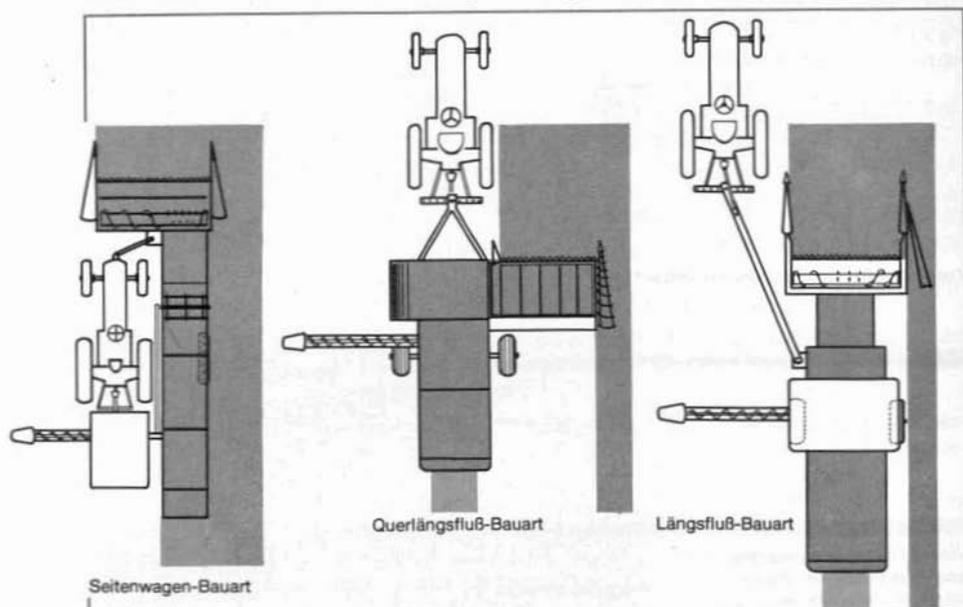


Abb. 103 Bauarten von Schlepper-Mähdreschern

Arbeitsbeginn seitlich ausgeschwenkt werden. Beim Quer-Längsfluß-Mähdrescher wird lediglich der Mähtisch abgeklappt. Beide Mähdreschertypen arbeiten also seitlich vom Schlepper. Der Schleppermähdrescher in Seitenwagen-Bauart wird seitlich am Schlepper mit speziellen Verbindungsteilen angekoppelt und ebenfalls über die Zapfwelle angetrieben. Das Schneidwerk reicht über die gesamte Schlepperbreite, dadurch wird Frontschnitt möglich.

Der *selbstfahrende Mähdrescher* ist mit eigenem Aufbaumotor, Getriebe und Fahrwerk ausgestattet. Der Motor ist entweder vor oder hinter dem Korntank angeordnet. Über Keilriemen werden die verschiedenen Bauelemente angetrieben.

Die Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers muß innerhalb eines bestimmten Bereiches stufenlos zu verändern sein, damit eine Anpassung an unterschiedliche Erntebedingungen erfol-

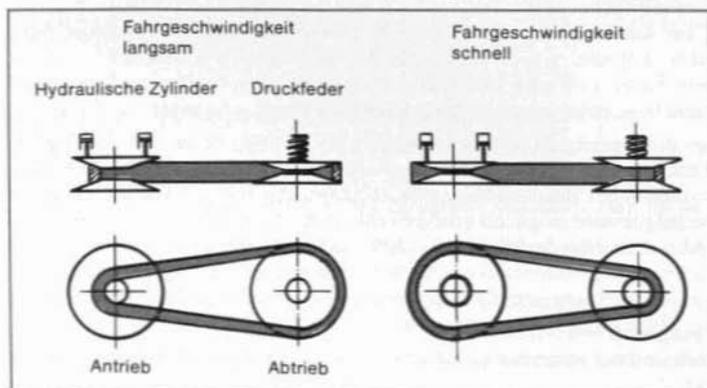


Abb. 104 Funktion des Keilriemen-Variators, der für den Fahrtrieb und zum Ändern der Dreschtrummel-Drehzahl verwendet wird

gen kann. Da die verschiedenen Aggregate des Mähdreschers mit gleichmäßiger Drehzahl laufen müssen, erfolgt der Fahrtrieb in der Regel über ein 3-bis 4stufiges Schaltgetriebe mit Keilriemen-Variator. Dieser Variator erlaubt es, bei gleichbleibender Motordrehzahl die Fahrgeschwindigkeit innerhalb der einzelnen Gangstufen zu verändern. Zwischen den einzelnen Gängen überschneiden sich die Geschwindigkeitsbereiche und erlauben dadurch ein genaues Anpassen an alle Einsatzbedingungen. Der Gesamt-Fahrgeschwindigkeitsbereich liegt etwa zwischen 1,5 und 20 km/h. Durch Einbau von Reversiereinrichtungen läßt sich ein rasches Umschalten von Vorwärts- auf Rückwärtsfahrt erreichen.

Großmähdrescher werden zunehmend mit hydrostatischem Fahrtrieb ausgestattet. Das Fahrwerk wird über eine am Aufbaumotor angeflanschte Hydropumpe und Hydromotoren an der Triebachse angetrieben. Teilweise sind zwei Geschwindigkeitsstufen installiert: 0 bis ca. 9 km/h als Arbeitsgang, 0 bis ca. 20 km/h als Straßenfahrgang. Zum Vorwärts- und Rückwärtsfahren ist kein Schalten und Kuppeln erforderlich. Das bedeutet vereinfachte Bedienung, verbesserten Fahrkomfort, Einsparung an Arbeitszeit (vor allem Wendezeit). Der hydrostatische Fahrtrieb verlangt aber einen stärkeren Motor und verteuert insgesamt den Mähdrescher.

Beim Selbstfahrer-Mähdrescher liegt die Antriebsachse vorn, die Lenkachse (meist mit hydraulischer Lenkhilfe oder hydrostatischer Lenkung) hinten. Für besonders kritische Bodenverhältnisse läßt sich auch die Lenkachse antreiben (Allradantrieb) oder es kann auf der vorderen Triebachse eine Halbraupe anstelle der großvolumigen Niederdruckbereifung angebracht werden.

Der Fahrerstand mit den vielen Bedienelementen ist so angeordnet, daß der Fahrer eine gute Übersicht über das Schneidwerk hat sowie den Füllungsgrad des Korntanks und die Sauberkeit des Dreschgutes überwachen kann. Besonderer Wert wird auf eine griffgünstige Hebelanordnung gelegt. Auf Mähdreschern, die bei ungünstigen Witterungsverhältnissen eingesetzt werden (z. B. Körnermaisernte), werden in zunehmendem Maße Fahrerkabinen (belüftbar, beheizbar oder vollklimatisiert) aufgebaut.

Zur Erleichterung der Maschinenbedienung und Funktionskontrolle werden vor allem bei Großmähdreschern verschiedene *Überwachungs- und Steuereinrichtungen* angeboten:

- ▶ automatische Höhenführung des Schneidwerkes,
- ▶ Drehzahlkontrolle der wichtigsten Antriebswellen,
- ▶ Verlustkontrollgeräte (an Schüttler und Sieben),
- ▶ Kontrollvorrichtungen für Verstopfungen im Schüttlerbereich usw.

Hangmähdrescher besitzen Steuereinrichtungen, mit welchen bei Schichtlinienarbeit, z. T. auch bei Bergauf-Bergabfahrt, die Grundmaschine stets waagrecht bleibt. Lediglich das Mähwerk und die Laufräder passen sich der Hangneigung an. Dadurch wird eine optimale Funktion aller Aggregate gewährleistet. Der Anschaffungspreis erhöht sich jedoch erheblich.



Abb. 105
Hangmähdrescher

4.2.3 Auswahl und Einsatz des Mähdreschers

Bei der Auswahl des Mähdreschers sind einige wesentliche Punkte zu berücksichtigen.

- **Schlepper-Mähdrescher** verursachen geringere Investitionen, da kein Aufbaumotor und nur ein einfaches Fahrgestell vorhanden ist. Sie verlangen jedoch leistungsstarke Schlepper mit feingestuftem Getriebe und Motorzapfwelle. Außerdem ist der Antriebsschlepper festgelegt (keine gleichzeitige Körnerabfuhr, Stoppelbearbeitung usw. möglich). Schlepper-Mähdrescher sind nicht frontschneidend, ihre Schnittbreite ist aus verkehrstechnischen Gründen auf etwa 2,7 m begrenzt.

Da sie außerdem nicht sehr wendig sind, ist der Einsatz auf kleinen Parzellen problematisch.

- **Selbstfahrer-Mähdrescher** sind teurer als Schlepper-Mähdrescher, da sie einen leistungsstarken Aufbaumotor, gesondertes Getriebe usw. haben. Der Motor läßt sich im allgemeinen nicht für andere Arbeiten verwenden. Der stufenlose Fahrtrieb bietet jedoch beste Anpassungsmöglichkeiten an unterschiedliche Ernteverhältnisse und ermöglicht hohe Leistungen.

Selbstfahrer-Mähdrescher sind sehr wendig und echt frontschneidend. Sie sind daher für das Abernten kleiner, unregelmäßig geformter Parzellen, für das Anmähen großer Flächen besser geeignet als Anhängemähdrescher. Die Arbeitsbreite läßt sich, abhängig vom vorhandenen Aufbaumotor, beliebig vergrößern. Deshalb werden heute Selbstfahrer-Mähdrescher sowohl bei kleinen Flächen als auch für größte Druschleistungen bevorzugt.

- Die **Motorleistung** hat sich nach der zu verarbeitenden Menge an Korn und Stroh je Stunde sowie der Schnittbreite zu richten. Unter normalen Bedingungen werden folgende Motorleistungen benötigt:

– Schlepper-Mähdrescher:	2,4 m Schnittbreite, 40– 55 kW,
– Selbstfahrer-Mähdrescher:	3,0 m Schnittbreite, 70– 75 kW,
	3,6 m Schnittbreite, 85– 90 kW,
	4,2 m Schnittbreite, 95–105 kW.

Die Energiebilanz für den selbstfahrenden Mähdrescher zeigt, daß etwa $\frac{1}{3}$ der vorhandenen Gesamtleistung vom Dreschwerk, $\frac{1}{3}$ vom Fahrwerk und $\frac{1}{3}$ von Schneidwerk, Schüttler, von Reinigung und sonstigen Zusatzteilen (z. B. Hydraulikpumpe), beansprucht wird.

- Neben der verfügbaren Motorleistung ist die **Schnittbreite** ausschlaggebend für die erzielbare Flächen- und Druschleistung. Für die Straßenfahrt ist eine maximale Breite des Schneidwerkes von 3 m zulässig. Deshalb lassen sich bei Großmähdreschern mit über 3 m Schnittbreite die Schneidwerke über Schnellkuppler rasch von der Grundmaschine trennen und auf einachsigen Transportwagen beim Straßentransport hinterherziehen.
- Die entstehenden **Verluste** haben beim Mähdrusch unterschiedliche Ursachen (Tab. 19). Die richtige Maschineneinstellung gewährleistet geringe Körnerverluste, vollständigen und schonenden Ausdrusch sowie eine gute Reinigung des Getreides. Die Gesamtverluste sollten bei sorgfältiger Maschineneinstellung nicht höher als 1–2% liegen.

4.2.4 Kornbergung

Die Kornbergung ist in die Verfahrensplanung konsequent einzubeziehen. Heute haben nur Verfahren für den losen Körnertransport Bedeutung. Für die Übergabe des Getreides vom Mähdrescher auf den Transportwagen sind mehrere Verfahren üblich:

- der Mähdrescher fährt zu dem am Feldrand abgestellten Wagen (hoher Zeitaufwand, für kleinere Flächen und bei Ein-Mann-Arbeit üblich),
- der Wagen wird an den anhaltenden Mähdrescher herangefahren (mittlerer Zeitaufwand, zusätzliche Schlepper mit Fahrer und Wagen erforderlich),
- »fliegende Kornübernahme«, der Mähdrescher übergibt während des Dreschens das Getreide auf einen nebenherfahrenden Wagen (geringster Zeitaufwand, bei hohen Bergeleistungen üblich, ausreichende Annahme- und Verarbeitungskapazität am Hof erforderlich).

Tabelle 19: Verlustarten, Ursachen und Abhilfemaßnahmen beim Mährusch von Getreide

Verlustart	Ursache	Abhilfe
Ausfallverluste	mangelnde Ausfallfestigkeit, Reifezeitpunkt überschritten, ungünstige Witterung	Anbau ausfallfester Sorten, Ernte zum richtigen Termin und bei günstiger Witterung
Ausschlagverluste	falsche Haspeleinstellung	richtige Einstellung von Haspeldrehzahl und -stellung zum Mähtrisch
Schnittverluste	Lagergetreide, falsche Einstellung des Schneidwerkes und der Halmteiler, Arbeiten ohne Ährenheber, zu rasche Kurvenfahrt	Anbau standfester Sorten, ggf. Verwendung von Halmverkürzungsmitteln, richtige Ausstattung und Einstellung des Schneidwerkes, günstige Wendeform am Schlagende
Dreschverluste	unreifes Getreide, falsche Trommeldrehzahl und Korbeinstellung, abgenutzte Schlagleisten, verbogener Dreschkorb, Ausdruschhilfen nicht vorhanden oder nicht benutzt	termingerechte Ernte, technisch einwandfreier Zustand des Dreschwerkes, richtige Einstellung von Trommeldrehzahl und Korbabstand, Verwenden von Ausdruschhilfen
Schüttlerverluste	falsche Schüttlerbewegung, verschmutzter Schüttler, Überlastung der Maschine, verschlissenes Spritz Tuch	richtige Drehzahl der Antriebswellen, regelmäßige Reinigung, Vorfahrt an Pflanzenbestand anpassen, technisch einwandfreier Zustand, Verwenden von Zusatzschüttlern
Reinigungsverluste	überlasteter Siebkasten, falsche Einstellung von Lamellensieb und Reinigungswind, falsches Untersieb, hoher Kurzstrohanteil	richtiger Durchsatz (Fahrgeschwindigkeit), richtige Auswahl und Einstellung der Siebe und des Reinigungswindes, richtige Einstellung des Dreschwerkes, vorsichtige Verwendung von Druschhilfen

Als Körnertransportwagen haben sich normale zweiachsige und einachsige Wagen bewährt. Je nach Anordnung und Bauweise der Annahmeverrichtung können verschiedene Entladehilfen verwendet werden (vgl. »Grundlagen der Landtechnik«, Kap. 3, Abschn. 4.3, S. 83). Im allgemeinen sind folgende Kombinationen von Transporttechnik und Annahme üblich:

Tabelle 20: Kombinationen von Körnertransporttechnik und Kornannahme

Wagen	Entleerungsart	Annahmeverrichtung
Seiten- oder Heckkipper	Schnellentleerung	tiefliegende Annahmegasse (Körnersumpf)
Kipper mit Auslauföffnung oder -stutzen Plattformwagen mit Aufsatzbehälter	Zuteilentleerung	Körnergebläse mechanische Fördervorrichtungen

Die Flächenleistung wird von mehreren Faktoren beeinflusst, nämlich von

- ▶ Schnittbreite,
- ▶ Motorleistung,
- ▶ Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ Korntrag,
- ▶ Korn-Stroh-Verhältnis,
- ▶ Schlaggröße und Schlaglänge.

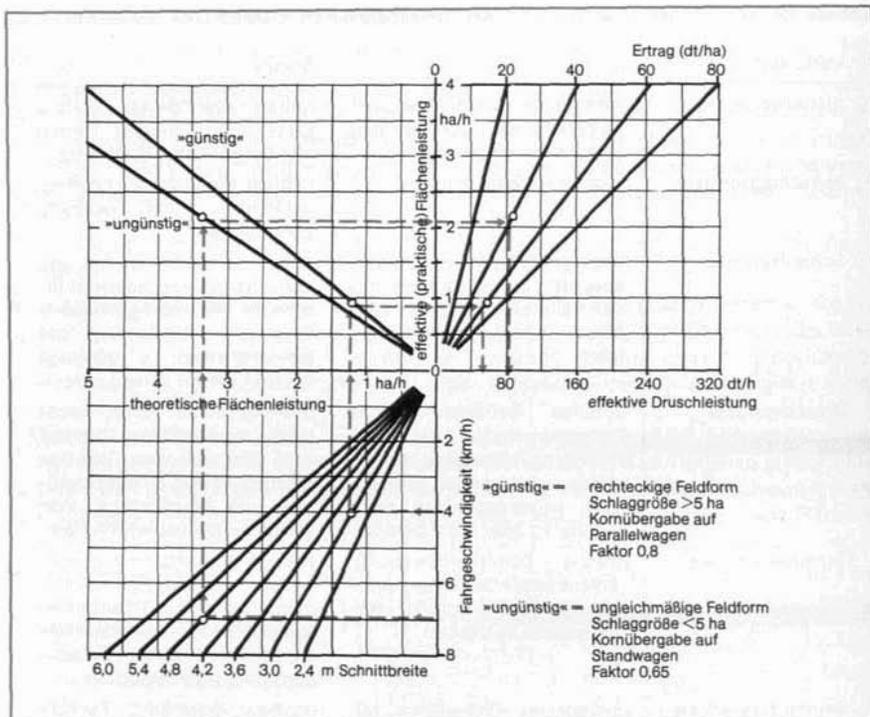


Abb. 106 Nomogramm für die Berechnung der theoretischen Flächenleistung von Mähdreschern

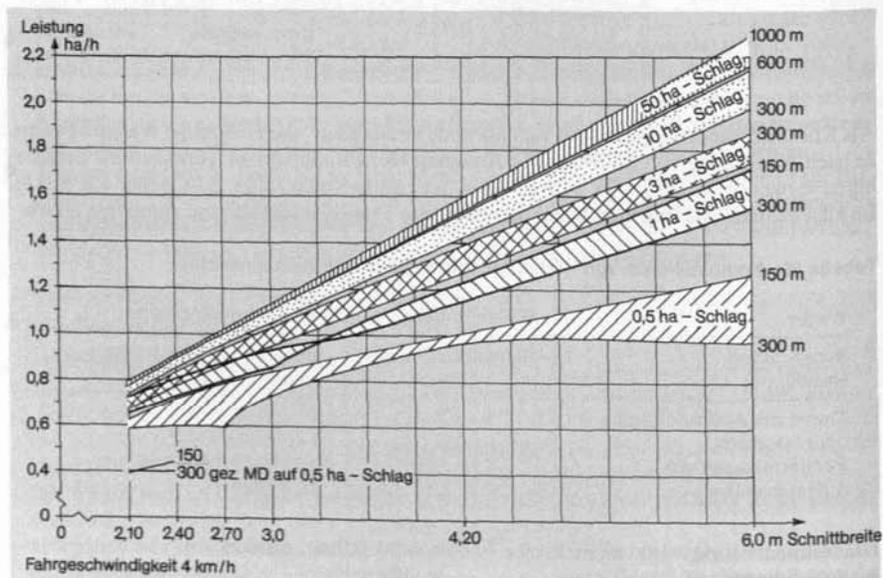


Abb. 107 Druschleistung von selbstfahrenden Mähdreschern bei unterschiedlichen Schlaggrößen und Schlaglängen in Abhängigkeit von der Schnittbreite (fliegende Kornübergabe)

Unter normalen Erntebedingungen kann mit einer Flächenleistung von etwa $0,1 \text{ ha je Fuß Schnittbreite und Stunde}$ gerechnet werden. Leistungsmindernd wirken sich vor allem Lagergetreide, hoher Strohananteil, Hanglagen, ungünstiges Kornbergungsverfahren usw. aus. Die Kampagneleistung des Mähdeschers ist vor allem von der erzielbaren Flächenleistung und den verfügbaren Feldarbeitstagen (Mähdruschstunden) abhängig.

Abb. 108 Arbeitszeitbedarf beim Mähdrusch

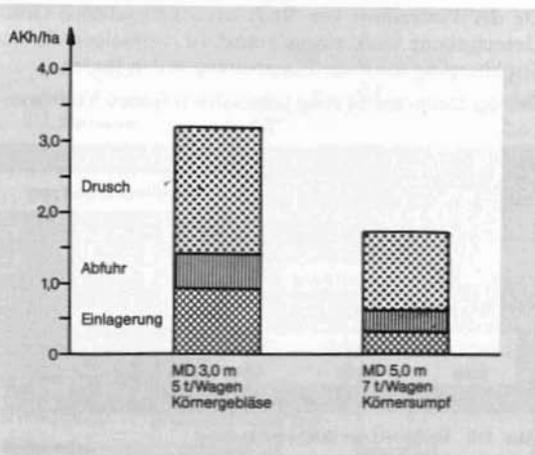
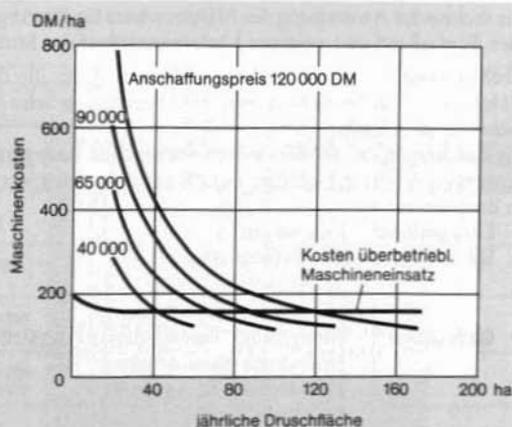


Abb. 109 Maschinenkosten in Abhängigkeit von der jährlichen Druschfläche für unterschiedliche Mähdeschergrößen



4.2.5 Strohverarbeitung

Bei der Ernte der unterschiedlichen Getreidearten fallen z. T. hohe Strohmenngen an:

- Winterweizen 50–80 dt/ha
- Sommerweizen 40–70 dt/ha
- Winter- und Sommergerste 40–60 dt/ha
- Hafer 40–60 dt/ha
- Winterroggen 50–80 dt/ha
- Winterraps 60–80 dt/ha
- Ackerbohne 30–70 dt/ha

Die insgesamt in der Bundesrepublik Deutschland anfallende Erntemenge wird zur Zeit wie folgt verarbeitet:

- 74% im landwirtschaftlichen Betrieb (Einstreu, Futter usw.)
- 19% als Strohdüngung
- 5% durch Verbrennen auf dem Feld
- 2% über industrielle Verwertung.

Da das *Verbrennen* von Stroh aus ackerbaulichen Gründen nicht sinnvoll und durch die Gesetzgebung stark eingeschränkt ist, verbleiben als wesentliche Verwertungsformen die Strohbürgung sowie die Einarbeitung in den Boden.

Bei der Strohverarbeitung lassen sich folgende Verfahren unterscheiden:

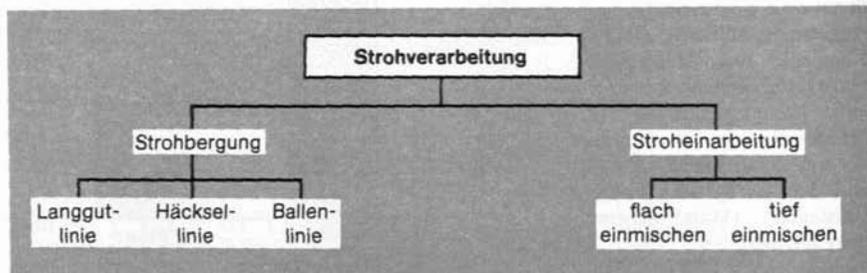


Abb. 110 Verfahren der Strohverarbeitung

Die technische Ausstattung des Mähdeschers für die Abgabe des Strohes übt einen wesentlichen Einfluß auf den weiteren Verfahrensablauf der Strohverarbeitung aus.

Strohbürgung – Um eine saubere Aufnahme durch die Bergegeräte zu erreichen, sollte der Mähdescher das Stroh in einem exakt begrenzten Schwad mit möglichst hohem Schwadgewicht/lfd. m ablegen.

Für das Bergen des Strohes sollten vorhandene Ladegeräte, Ablade- und Einlagerungsvorrichtungen verwendet werden. Für die verschiedenen Verfahrenslösungen bieten sich folgende Bergegeräte an:

- ▶ **Langgutlinie:** Ladewagen
- ▶ **Häcksellinie:** Exakt-Feldhäcksler
Schlegel-Feldhäcksler
(Kurzschnitt-Ladewagen)
- ▶ **Ballenlinie:** Niederdruck-Sammelpresse (stark rückläufig)
Hochdruck-Sammelpresse
Höchstdruck-Sammelpresse
Großballenpresse

Die technischen Funktionen dieser Maschinen, die verschiedenen Verfahrenskombinationen, Bergeleistungen und technisch-arbeitswirtschaftliche Kenndaten sind im Kapitel 2 »Futterbürgung und Futterkonservierung« zusammengestellt.

Stroheinarbeitung – Der Übergang zu strohlosen oder stroharmen Aufstallungsformen in der Tierhaltung bzw. zu vereinfachten Betriebsorganisationen in viehlosen Betrieben hat dazu geführt, daß ständig größere Strohmenngen auf dem Feld bleiben. Sie bieten sich für eine »Strohdüngung« an. Das Einarbeiten von Stroh ist auch aus ackerbaulicher Sicht sinnvoll. Der Abbau organischer Substanz im Boden beträgt im Jahr durchschnittlich 40 dt/ha. Dafür wird über Ernterückstände nur etwa die Hälfte dem Boden wieder zugeführt. Die Strohdüngung ist deshalb ein zweckmäßiges Verfahren, diese negative Bilanz auszugleichen. In der Regel entspricht eine zweimalige Strohdüngung etwa einer Stallmistgabe von 300 dt/ha. Die positiven Effekte einer Strohdüngung kommen aber nur zum Tragen, wenn eine sachgemäße Einarbeitung erfolgt. Folgende technische Lösungen bieten sich dafür an (Abb. 111). Voraussetzung für eine optimale Funktion der Einarbeitungsgeräte ist in jedem Fall eine *exakte Zerkleinerung* und *Verteilung* des Strohes durch den Mähdescher bzw. durch in einem gesonderten Arbeitsgang eingesetzten Spezial-Strohhäcksler. Die Eignung der Einarbeitungsgeräte und die evtl. erforderlichen Zusatzausstattungen für das Stroheinlegen wurden bereits im Abschnitt 1 »Bodenbearbeitung« beschrieben. Die Geräte unterscheiden sich in ihrer Eignung für den Einsatz auf unterschiedlichen Bodenarten (vgl. Abb. 112).

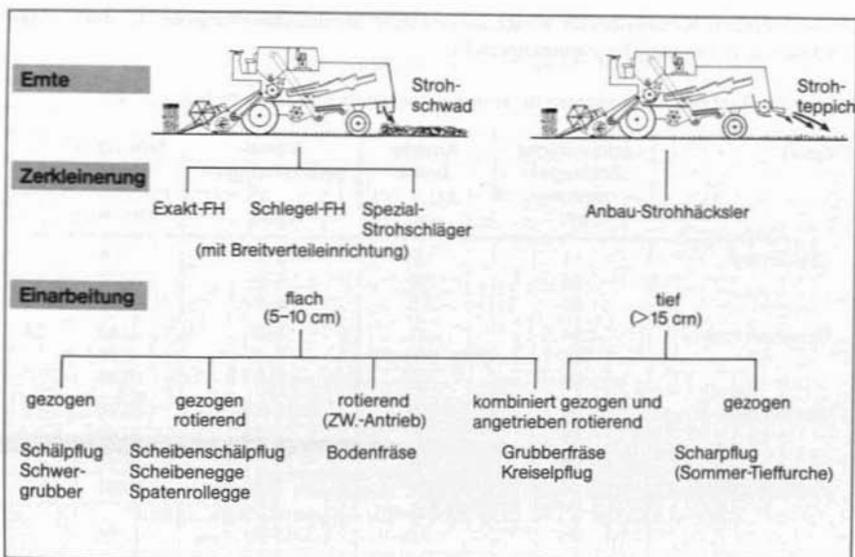


Abb. 111 Aufbereitung und Einarbeitung des Strohes

- sehr gut geeignet

- gut geeignet

- bedingt geeignet

- ungeeignet

a - Strohzerkleinerung mit Häcksler am Mährescher

b - Stroh- und Stoppelzerkleinerung durch Strohschläger

Gerätetyp	Lehmboden		Sandboden		Moorboden		Mischqualität	Flächenleistung bei 75 kW ha/h
	a	b	a	b	a	b		
Schälplflug								1,4
Kreiselplflug (3-scharig)								0,7
Scheibenegge (2 Arbeitsgänge)								1,3
Spatenrollegge (2 Arbeitsgänge)								1,4
Tiefgrubber (2 Arbeitsgänge)								0,9
Fräse								1,4
Tiefgrubber + Fräse								1,4

Abb. 112 Eignung und Mischqualität von Stroheinarbeitungsgeräten



Abb. 113 Schwergrubber beim Stroheinarbeiten

Die technischen Kenndaten für einige ausgewählte Stroheinarbeitungsgeräte sind in der nachfolgenden Tabelle 21 zusammengestellt.

Tabelle 21: Technische Kenndaten für einige ausgewählte Stroheinarbeitungsgeräte

Gerät	erforderliche Schlepperleistung kW	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Arbeitszeitbedarf
		m	km/h	AKh/ha ¹⁾
Schälpflug	44	1,9	6-8	1,05
	66	2,8	6-8	0,73
	88	3,6	6-8	0,57
Scheibenegge	44	2,1	7-9	0,83
	66	3,2	7-9	0,58
	88	4,0	7-9	0,46
Spatenrollegge	44	2,0	12-14	0,60
	66	3,0	12-14	0,42
	88	4,0	12-14	0,30
Schälgrubber	44	2,0 (9 Zinken)	7-9	0,81
	66	3,0 (13 Zinken)	7-9	0,54
	88	4,0 (15 Zinken)	7-9	0,41
Bodenfräse	44	2,0	4-6	1,60
	66	3,0	4-6	0,97
	88	4,0	4-6	0,72
Grubberfräse	44	2,0	5-7	1,35
	66	3,0	5-7	0,84
	88	4,0	5-7	0,62

¹⁾ Bei Scheibenegge, Spatenrollegge und Schälgrubber ist ein Bearbeitungsgang unterstellt

4.3 Körnerkonservierung (vgl. auch Band 2 A, Kap. 4)

4.3.1 Notwendigkeit der Konservierung

Körnerfrüchte sind im erntefähigen Zustand bei unseren klimatischen Bedingungen nur selten direkt lagerfähig. Lediglich bei sehr trockener Witterung können einige Getreidearten im lagerfähigen Zustand (weniger als 16% Feuchtegehalt) gedroschen werden. Raps und Körnermais müssen grundsätzlich weiteren Konservierungsmaßnahmen unterworfen werden. Liegen die Feuchtegehalte des Getreides über 16%, so sind auf jeden Fall Konservierungsmaßnahmen notwendig, denn Mikroorganismen – Hefen, Schimmelpilze und Bakterien – finden bei feuchtem Erntegut einen guten Nährboden, den sie temperaturabhängig mehr oder weniger schnell zum Verderb führen. Die Aktivität der Mikroorganismen, aber auch die Atmung der Körner, hängen in erster Linie von Temperatur und Feuchtegehalt ab. Die Mikroorganismen erhöhen durch ihre Tätigkeit zusätzlich den Feuchtegehalt und die Temperatur des Getreides, sie verbessern damit bis zu einem bestimmten Grad ihre Lebensbedingungen. Der Verderb des Gutes wird dadurch beschleunigt. Diesen Mikroorganismen möglichst schlechte Lebensbedingungen zu verschaffen, ist das Ziel aller Konservierungsmaßnahmen.

4.3.2 Verfahrensübersicht

Zur Einschränkung der Mikrobenaktivität eignen sich folgende Maßnahmen (Abb. 114):

- ▶ Erhöhung des Säuregrades,
- ▶ Sauerstoffabschluß,
- ▶ Wärmeentzug,
- ▶ Wasserentzug.

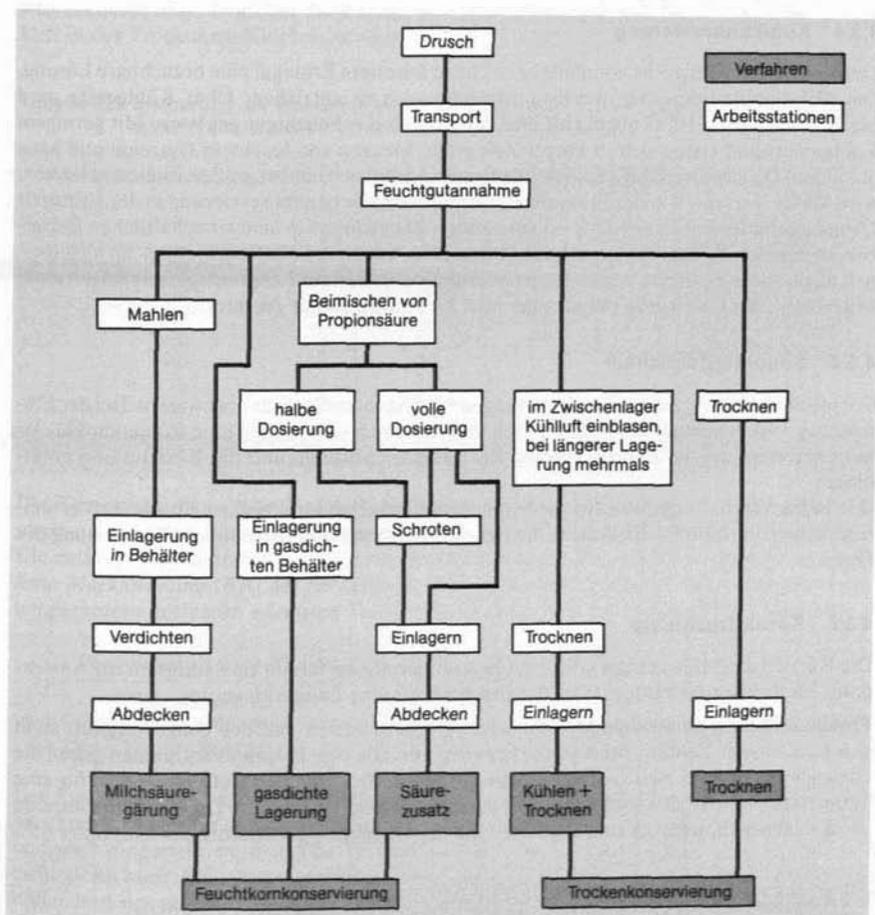


Abb. 114 Verfahren der Körnerkonservierung

4.3.3 Erhöhung des Säuregrades

Das *Einsilieren* läßt sich auch bei Körnerfrüchten anwenden. Dabei wird im allgemeinen die Milchsäuregärung angestrebt. Sie ist jedoch bei zunehmendem Feuchtegehalt des Ausgangsproduktes mit steigenden Nährstoffverlusten verbunden, die bei Körnerfrüchten im Bereich zwischen 5 und 10% liegen. Diese hohe Verlustrate führt in der Regel zur Unwirtschaftlichkeit des Gesamtverfahrens, besonders wenn man berücksichtigt, daß für das Einsäuern möglichst dichte Behälter bzw. eine Zerkleinerung des Erntegutes notwendig sind. Allerdings lassen sich hohe Konservierungsleistungen erreichen. Neben der Milchsäuregärung kann jedoch auch das Beimischen von organischen Säuren eine Erhöhung des Säuregrades

und auf diese Art eine sichere Lagerfähigkeit erreicht werden. In speziellen Sprühgeräten mit Förderschnecken wird dann z. B. *Propionsäure* dem Feuchtgut beigemischt, wobei sich die Säuremenge nach dem Feuchtegehalt des Erntegutes richtet. Dieses Verfahren wie auch die Milchsäuregärung kommen nur für solche Betriebe in Frage, die ihr Futter selbst über die Tierhaltung verwerten. Das Einsäuern ist also keine Methode für Betriebe, die Marktware erzeugen.

4.3.4 Kühlkonservierung

Der Entzug von Wärme ist ebenfalls bei nicht zu feuchtem Erntegut eine brauchbare Lösung, den Mikroorganismen ihre Wachstumsbedingungen zu entziehen. Über Kühlgeräte wird hierbei Luft auf 5–10° C abgekühlt und dann durch das Feuchtgut geblasen. Mit geringem Energieaufwand lassen sich in kurzer Zeit große Mengen von feuchtem Getreide und Mais abkühlen. Da leistungsfähige Kühlgeräte teuer sind und sich nur bei großen Einheiten lohnen, wird dieses Verfahren in der Praxis meistens nur als Zwischenkonservierung in der Erntezeit (Annahmepuffer bei Lagerhäusern) verwendet. Zum Einsatz in landwirtschaftlichen Betrieben eignen sich Körnerkühlgeräte auf Grund ihres hohen Anschaffungspreises im allgemeinen nicht, zumal noch ein zweites Konservierungsverfahren zur Langzeitlagerung folgen muß, es sei denn, das Gut wurde mit weniger als 17% Feuchtegehalt geerntet.

4.3.5 Sauerstoffabschluß

Schädliche Mikroorganismen sind vorwiegend auf Sauerstoffzufuhr angewiesen. Bei der Einlagerung von Feuchtgut in luftdichte Behälter stellt sich sehr schnell eine Kohlendioxid-Atmosphäre ein, die die Lebensfähigkeit der Mikroorganismen und die Kornatmung unterbindet.

Der hohe Anschaffungspreis für gasdichte Behälter verhinderte bislang eine weite Verbreitung dieses Verfahrens. Es besteht die Beschränkung auf innerbetriebliche Verwertung des Gutes.

4.3.6 Körnertrocknung

Die Körnertrocknung kommt unter den Konservierungsverfahren am häufigsten zur Anwendung. Sie liefert rieselfähiges Gut, das sich auch für eine Langzeitlagerung eignet.

Physikalische Zusammenhänge – Zwischen Körnerfrüchten und der Umgebungsluft stellt sich nach einiger Zeit ein *Feuchtegleichgewicht* ein. Die sog. Sorptionsisothermen geben die Gleichgewichtswerte zwischen verschiedenen Körnerfrüchten und Luft an, sie sind für eine Temperatur von 20° C in Abbildung 115 veranschaulicht. Eine sichere Lagerung für Getreide ist dann gegeben, wenn es so trocken ist, daß die Gleichgewichtsfeuchte der Luft unter 65%

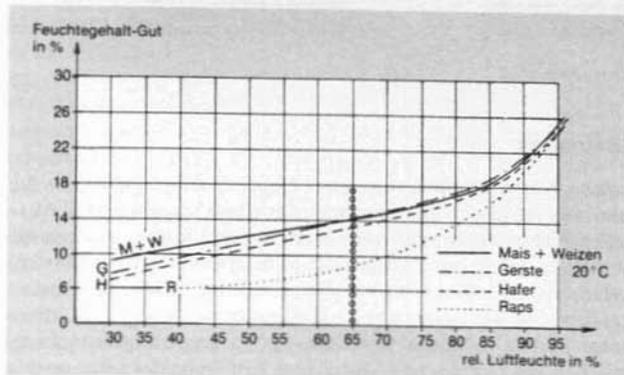


Abb. 115 Das Feuchtegleichgewicht gibt Aufschluß über die Lagerfähigkeit des Gutes und die Trocknungsfähigkeit der Luft

liegt. Die Hauptgetreidearten und Körnermais müssen auf 13–14% Feuchtegehalt herabgetrocknet werden, Raps sogar auf 8–10%, um sicher lagerfähig zu sein (vgl. markierte Punkte in Abb. 115).

Außerdem kann man den Sorptionsisothermen entnehmen, inwieweit Luft je nach relativer Luftfeuchte für ein Gut bestimmter Feuchte noch trocknungsfähig ist. Um trocken zu können, benötigt die Trocknungsluft eine relative Luftfeuchte, die *unter* dem Wert der Gleichgewichtsfeuchte liegt. Je größer diese Differenz ist, desto trocknungsfähiger wird die Luft. Um Luft in der Trocknungsfähigkeit zu steigern, wird sie angewärmt.

Tabelle 22: Steigerung der Wasseraufnahmefähigkeit der Luft durch Anwärmung (Außenluftzustand: Temperatur 10° C; relative Luftfeuchte 80%)

Anwärmung der Luft auf ° C	Wasseraufnahmefähigkeit der Luft bei einer Sättigung auf 80% relative Luftfeuchte	
	g/kg Trocknungsluft	g/m ³ Trocknungsluft (kalt)
20	2,5	3
30	5,0	6
40	7,5	9
50	10	12
60	13	16
70	16	19
80	19	22
90	22	25
100	25	29

Die Temperatur kann jedoch nicht beliebig gesteigert werden, da Hitzeschäden am Trocknungsgut entstehen können (Verminderung von Futterwert, Backfähigkeit, Keimfähigkeit). Die zulässigen Temperaturen sind durch die *Richtlinien der Bundesanstalt für landwirtschaftliche Marktordnung (BALM) für Getreide und Futtermittel* festgelegt. Nachstehende Gutstemperaturen dürfen im wärmsten Teil der Trocknungssäule nicht überschritten werden:

Feuchtegehalt des Naßgutes in %	max. Gutstemperatur in ° C
unter 18	45
18–20	40
über 20	36

Bei Futtergetreide werden um 10–15° C höher liegende Temperaturen zugelassen. Am Trockner kann leider nicht die Korntemperatur, sondern nur die Temperatur der Trocknungsluft eingestellt werden. Die Temperatur der Trocknungsluft und die des Kornes sind nicht gleich hoch. Mit voranschreitender Trocknung steigt die Korntemperatur allmählich an und nähert sich gegen Trocknungsende (bzw. beim Durchlauf Trockner vor der Kühlzone) der Trocknungslufttemperatur. Für die Trocknereinstellung ergeben sich unter Berücksichtigung der zulässigen Gutstemperaturen die in der Tabelle 23 angegebenen Werte.

Tabelle 23: Empfehlenswerte Temperaturen der Trocknungsluft

Art des Trocknungsgutes	Satz Trockner und Durchlauf Trockner ohne Wendeeinrichtungen	Durchlauf Trockner mit Wendeeinrichtungen und Umlauf Trockner
Saatgut, Braugerste (Erhaltung der Keimfähigkeit)	40–50° C	45–55° C
Futtergetreide	55–65° C	70–80° C

Bei den angegebenen Temperaturen beziehen sich die unteren Werte auf sehr feuchtes Ausgangsmaterial, die oberen Werte gelten für Gut mit Anfangsfeuchtegehalten unter 20%.

Energiequellen zur Luftanwärmung in der Trocknung – Die wichtigsten Brennstoffe bzw. Energiequellen sind Heizöl, Gas, Kohle, Holz, Stroh, elektrischer Strom und in gewissem Umfang Solarenergie. Die Brennstoffe unterscheiden sich wesentlich durch ihre Preiswürdigkeit, die aus dem Heizwert, dem Brennstoffpreis und dem Wirkungsgrad des Heizgerätes resultiert (Näheres vgl. »Grundlagen der Landtechnik«, Kap. 2, Abschn. 3, S. 12). Flüssige und gasförmige Brennstoffe sind in der Anwendung einfacher als Festbrennstoffe, da sie eine automatische Leistungsregulierung unter geringem, technischem Aufwand ermöglichen. Mit den Brennstoffen wird die Trocknungsluft zur Steigerung ihrer Wasseraufnahmefähigkeit je nach Trocknungsverfahren mehr oder weniger stark angewärmt. Die zur Luftanwärmung nötige Wärmemenge wird über die spezifische Wärme der Luft errechnet. Um 1 kg Luft (= 0,8 m³ bei 10° C) um 1 K anzuwärmen, ist 1,0 kJ nötig.

Ist die nötige Lüfterleistung für einen Trockner bekannt, so läßt sich die notwendige Heizleistung über die spezifische Wärme der Luft und die erwünschte Temperaturerhöhung errechnen. Die notwendige Heizleistung ergibt sich über die geforderte Wasserentzugsleistung und den spezifischen Wärmeverbrauch.

Der sog. *spezifische Wärmeverbrauch* kennzeichnet diejenige Wärmemenge, die nötig ist, um dem Trockengut 1 kg Wasser zu entziehen. Dieser Wert schwankt zwischen 3000 und 6000 kJ/kg Wasser. Für Getreide rechnet man bei indirekter Beheizung mit maximal 6000 kJ/kg (feuchtere Güter und höhere Temperaturen senken diesen Wert). Über den notwendigen Wasserentzug lassen sich Wärmeverbrauch und Energiekosten auf das Trockengut umrechnen; Beispiele werden nachfolgend gezeigt (vgl. Tabelle 24).

Bei Getreide sind im Feuchtegehaltsbereich von 18% auf 14% nur 4,9 kg Wasser je dt Trockengut zu entziehen, dementsprechend gering ist der notwendige Heizstoffaufwand; die Brennstoffkosten liegen in diesem Fall bei 0,22 DM/dt. Jedoch treten für die Körnermaistrocknung wesentlich höhere Brennstoffkosten auf. Geht man von einem Anfangsfeuchtegehalt von 40% aus, so sind 43,3 kg Wasser zu verdampfen, um 1 dt Trockengut zu erhalten. Der Brennstoffpreis je dt Trockengut liegt in diesem Fall bei 1,94 DM.

Wird die Trocknungsluft etwas vorgewärmt (um 5–15 K), dann spricht man von **Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft**.

Tabelle 24: Notwendiger Wasserentzug, erforderliche Wärmemenge und Brennstoffkosten bei der Trocknung von Getreide mit unterschiedlichem Feuchtegehalt

Anfangsfeuchtegehalt %	notwendiger Wasserentzug kg/dt Trockengut bei 14% Endfeuchte	notwendige Wärmemenge kJ/dt Trockengut (6000 kJ/kg Wasserverdampfung)	Brennstoffkosten (bei Heizölpreis von 0,30 DM/kg) in DM/dt Trockengut
18	4,9	29 400	0,22
20	7,5	45 000	0,34
25	14,6	87 600	0,66
30	22,8	137 000	1,02
35	32,3	194 000	1,45
40	43,3	260 000	1,94
45	56,2	337 000	2,52

Technischer Aufbau von Trocknungsanlagen – Alle Trockner bauen sich aus den Einzelelementen *Trocknungsbehälter*, *Trocknungsgebläse* und – von der Kaltbelüftung abgesehen – der *Wärmequelle* auf.

Am einfachsten ist die **Kaltbelüftungsanlage** aufgebaut. Hier ist der Trocknungsbehälter gleichzeitig Lagerbehälter.

Warmlufttrocknungsanlagen besitzen zusätzlich eine stärkere Energiequelle, die so bemessen ist, daß sie mit dem Trocknungsgebläse eine Temperaturerhöhung zwischen 40 und 100 K ergibt; beim Durchlauf Trockner werden zusätzlich ein Kühlgebläse und eine Austragevorrichtung am Trocknungsbehälter benötigt. Abbildung 116 zeigt schematisch die verschiedenen Trocknungssysteme.

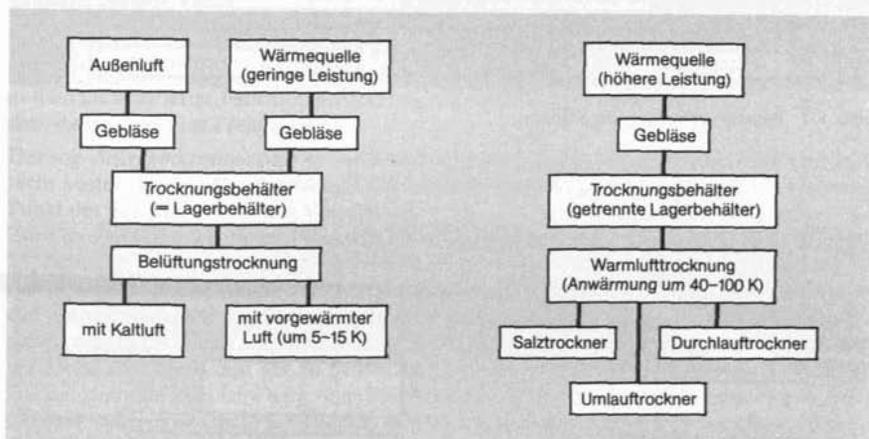


Abb. 116 Grundsätzlicher Aufbau von gebräuchlichen Trocknungssystemen

Trocknungsgebläse: Die trocknungsfähige Luft muß durch das Trocknungsgut gedrückt werden. Zwei verschiedene Gebläsetypen werden hierfür verwendet, Axial- und Radialgebläse. Die Luftförderleistung aller Gebläse wird in m^3/h angegeben, wobei der zu überwindende Gegendruck, gemessen in mbar, anzugeben ist. Dieser Gegendruck hängt vom Strömungswiderstand des Trocknungsgutes, dem Widerstand der Luftführungskanäle und evtl. des Ofens ab. Axialgebläse überwinden nur geringe Gegendrucke, laufen relativ laut, sind jedoch billiger als Radialgebläse. Für den Nachtbetrieb sind Radialgebläse mit geringer Drehzahl zu wählen, da sie weniger Lärm verursachen. Ferner ist dieser Gebläsetyp druckstabiler, die Trocknungsleistung fällt also durch höhere Kornsichtung im Trocknungsbehälter oder bei Gut mit höherem Strömungswiderstand nur unerheblich ab.

Warmlufterzeuger: Während Trocknungsanlagen ohne Warmlufterzeuger (Belüftungstrocknung mit kalter Luft) nur geringe Trocknungsleistungen aufweisen, zeigen Warmlufttrocknungsanlagen je nach Heizleistung und Trocknungslufttemperatur erheblich höhere Werte in der Wasserverdampfung. Dazwischen liegt die Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft. Die verschiedenen Bauarten der Warmlufterzeuger wurden im Band »Grundlagen der Landtechnik«, Seite 9–12 besprochen.

Bauarten der Warmlufttrockner: Je nach Betriebsart wird bei Warmlufttrocknern in Satz-trockner, Umlauf-trockner und Durchlauf-trockner unterschieden.

Nach der Ausführungsart der Trocknungsbehälter erfolgt eine Untergruppierung in die sog. »Trocknerbauarten« (vgl. Abb. 117, Seite 88).

Satz-trockner: Es gibt Anlagen mit Flachbehältern und Hochbehältern (vgl. Abb. 118, S. 88).

Die *Flachsatz-trockner* lassen sich weitgehend im Eigenbau erstellen. Die Kippdarre ist unter den Flachbehältern weit verbreitet. Die Trocknungsluft wird in den meist ummauerten Unterbau der Darre geblasen und dringt durch ein Siebgewebe in die Trocknungsgutschicht ein. Bei Abschluß der Trocknung wird der Behälter über einen Flaschenzug oder mit einem Hydraulikzylinder einseitig angehoben und in einen Nachbehälter oder in ein leistungsstarkes Fördergerät entleert. Eine gleichmäßige Schütthöhe über die ganze Behältergrundfläche ist Voraussetzung für eine gleichmäßige Trocknung.

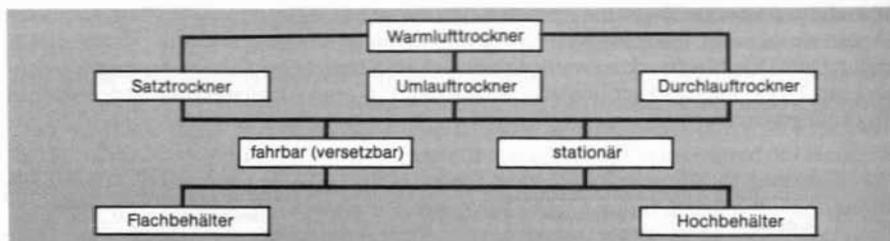


Abb. 117 Bauarten von Wärmelufttrocknern

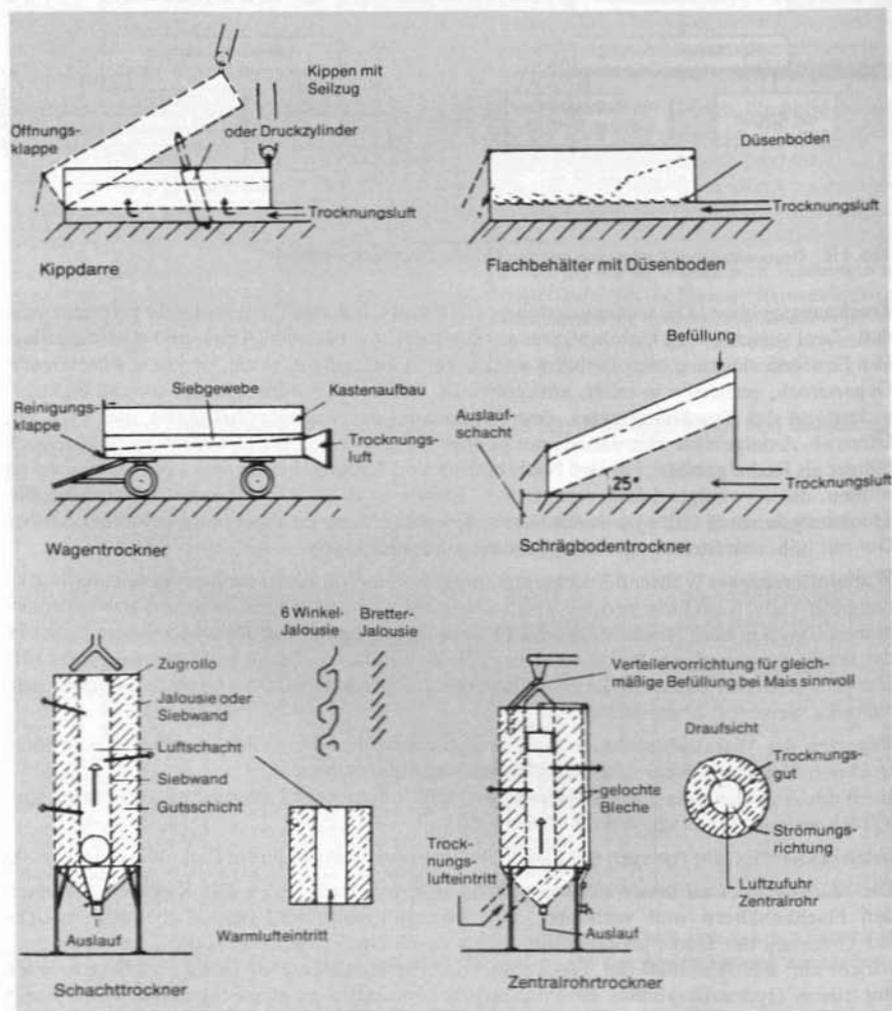


Abb. 118 Bauarten von Satzrocknern

Beim Flachbehälter mit Düsenboden ist der teure Kippmechanismus eingespart. Die Entleerung erfolgt durch Öffnen einer seitlichen Auslaufklappe und Einschalten des Trocknungsgebläses. Die Luft tritt mit hoher Geschwindigkeit nahezu parallel zur Grundfläche aus entsprechend angeordneten Schlitzten aus und reißt das Trockengut in Richtung Behälterauslauf mit. Die damit verbundene Staubeentwicklung ist ein bedeutsamer Nachteil dieses Systems.

Bei der *Wagentrocknung* wird der Trocknungsbehälter direkt auf einen Ackerwagen aufgebaut. Die Befüllung erfolgt direkt vom Mährescher aus, entleert wird durch Kippen. Mit diesem System läßt sich in vielen Anwendungsfällen die Trocknung am billigsten durchführen, insbesondere dann, wenn die Direktbeheizung ausgenutzt wird. Bei der Maistrocknung entfällt die schwierige Feuchtmaisförderung. Die feuchte Abluft führt nicht zu Gebäudeschäden, da sie direkt ins Freie austritt.

Der sog. *Schrägbodentrockner* ist durch die Einsparung des Kippmechanismus eine ebenfalls recht kostengünstige Behälterbauart. Das schlecht rieselfähige Feuchtgut wird am höchsten Punkt des Behälters aus einem Vorratstrichter oder aus einem Kipper in den Behälter gefüllt. Zur sicheren Funktion dieses Trockners muß der Neigungswinkel des Trocknerbodens genau 25° betragen.

Alle Flachbehälter benötigen relativ viel Grundfläche zu ihrer Aufstellung. Dafür bieten sie den Vorteil, daß sich die Gutsschichthöhe dem Trocknungsgut anpassen läßt. Der Trocknungsvorgang ist durch die direkte Zugriffsmöglichkeit zum Trocknungsgut während der gesamten Trocknungszeit gut zu beobachten. Beim *Hochbehältertrockner* mit festgelegter Gutsschichthöhe ist es schwierig, ohne Meßinstrumente den Trocknungsvorgang zu beobachten. Außerdem muß beim Hochbehälter durch den Schwund des Gutes und das damit verbundene Absacken der Kornsäule die Warmluftseite mit dem Trocknungsverlauf fortschreitend abgedeckt werden. Das geschieht beim Schachttrockner durch Zugrollen oder beim Zentralrohrtrockner durch Nachsetzen eines Blähkolbens.

Umlauftrockner: Aus der Sicht des Trocknungsvorganges nimmt der sog. Umlauftrockner eine Mittelstellung zwischen Satz- und Durchlauftrockner ein. Das Trocknungsgut wird während der Trocknung mechanisch umgelagert, feuchte und trockene Schichten werden dabei vermischt. Bei diesen Anlagen erfolgt der Trocknungsvorgang gleichmäßiger als beim Satz- trockner, allerdings ist der technische Aufwand höher. Der Umlauftrockner wird in zwei Bauformen angeboten, als Doppelschachttrockner und Zentralrohrtrockner (Abb. 119).

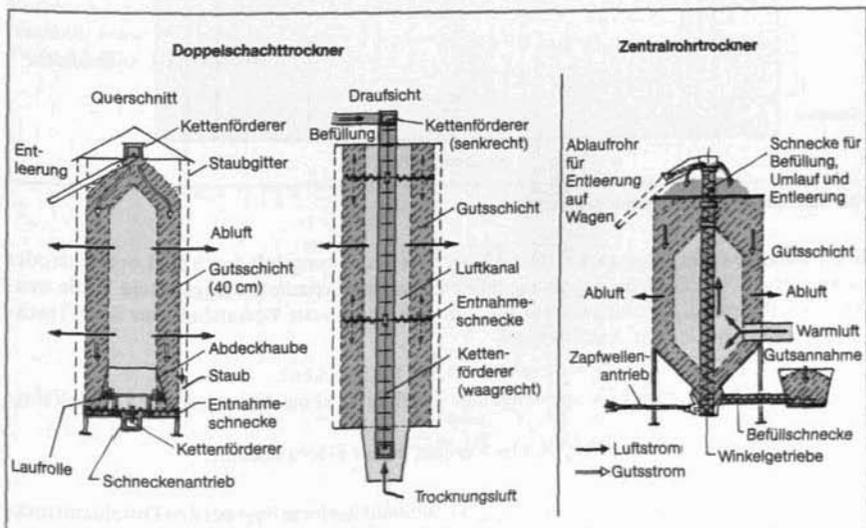


Abb. 119 Umlauftrockner (Satztrockner mit Trocknungsgutumschichtung)

Doppelschachtumlaufrockner: Ein Kettenförderer übernimmt das Befüllen, Entleeren und den Umlauf des Trocknungsgutes während der Trocknungszeit. Die Warmluft wird in hintereinandergelegene Warmluftkammern (absperrbar) eingeblasen und durchdringt das in 30 cm Schichtdicke liegende Trocknungsgut von innen nach außen. Das Fassungsvermögen der Anlage beträgt 13 t Feuchtgut, die Trocknerleistung 1,7 t/h Trockenmais oder 3–4 t/h Trockengetreide. Die Heizleistung beträgt max. 4 Mio. kJ/h, die Lüfterleistung reicht bis zu 50 000 m³/h.

Zentralrohrumlaufrockner: Der Trocknungsbehälter ist als stehender Zylinder ausgeführt. In der Mitte verläuft eine senkrecht stehende Schnecke, die dem Befüllen, Entleeren und dem Umlauf des Trocknungsgutes dient. Um den Schneckenmantel ist ein kleiner, zylindrischer Raum aus Lochblech angeordnet, durch den die Warmluft in das Trocknungsgut gedrückt wird. Während der Trocknung fördert die zentrale Schnecke das Trocknungsgut von unten nach oben und vermischt es dabei fortlaufend. Das Fassungsvermögen dieses Trockners beträgt 10,5 t; die Trocknerleistung: 0,8 t/h Trockenmais (von 40 auf 14%), 2–3 t/h Getreide.

Durchlaufrockner: Bei den Durchlaufrocknern wird eine große Zahl von Bauarten angeboten. Diese lassen sich, wie beim Satzrockner, in Flach- und Hochbehälter einteilen. Zu den Flachbehältern gehören der Schubwendetrockner und der Bandrockner.

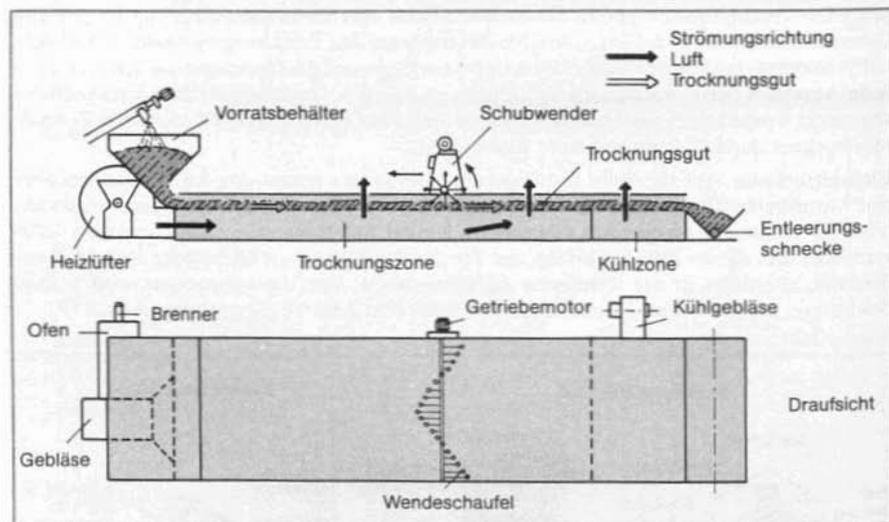


Abb. 120 Aufbau eines Schubwendetrockners

Beim *Schubwendetrockner* (vgl. Abb. 120) wird die Trocknungsluft durch ein Lochblech oder Siebgewebe in das Trocknungsgut eingeblasen. Eine mit Schaufeln ausgestattete Welle wendet das Trocknungsgut und sorgt für die Gutsbewegung vom Vorratsbehälter über Trocknungs- und Kühlzone zur Auslaufmulde.

Leistung: Getreide: 2–10 t/h; Körnermais: 0,5–4 t/h (trocken).

Vorteil: Beliebige Schichthöhe, gleichmäßige Trocknung, keine Anforderung an Rieselfähigkeit des Gutes.

Nachteil: Staubentwicklung ohne Abdeckhaube; hoher Flächenbedarf.

Preis: 20 000–90 000 DM.

Im Gegensatz zu den Durchlaufrocknern in Flachbehälterform liegt bei den Durchlaufrocknern in Hochbehälterform die Gutschichtdicke fest. Die einzelnen Arbeitselemente des Trockners sind wie folgt übereinander angeordnet: Vorratsbehälter – Trocknungszone –

Kühlzone – Austragevorrichtung – Nachbehälter. Die gebräuchlichsten Bauarten werden nachfolgend besprochen.

Schachttrockner werden mit einem oder mehreren nebeneinander angeordneten Schächten gebaut. Ausführungsformen mit Umluftbetrieb sind erhältlich.

Leistung: Getreide: 0,5–20 t/h (Trockengut); Körnermais: 0,6–4 t/h (Trockengut).

Vorteil: Einfache Bauform; Kastenbauweise, dadurch erweiterungsfähig.

Nachteil: Große Bauhöhe; festgelegte Schichtdicke; im unteren Leistungsbereich teuer.

Preis: 9000–140 000 DM (ohne Einbau).

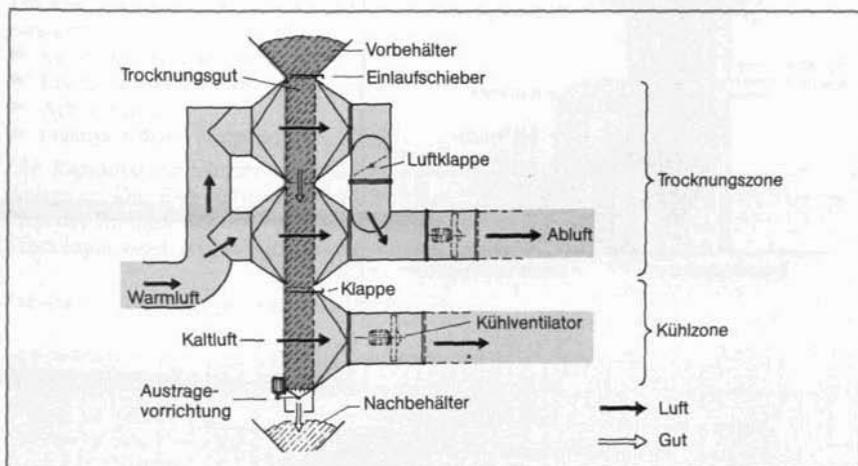


Abb. 121 Aufbau eines Einschachttrockners

Bei den **Ringschachttrocknern mit Guts vorwärmung** läuft aus großen, zylindrischen Vorratsbehältern das Gut über eine Vorwärmzone in den ringförmigen Trocknungsschacht.

Leistung: Getreide: 1–10 t/h; Körnermais: 0,1–1,5 t/h.

Vorteil: Verstellbare Kühlzone; Jalousienwände setzen sich nicht zu.

Nachteil: teuer.

Preis: 15 000–100 000 DM.

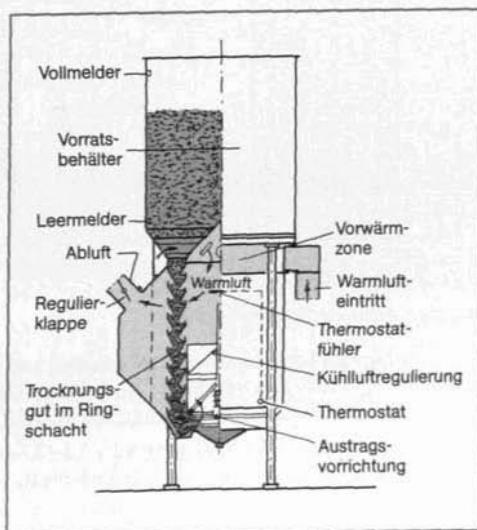


Abb. 122 Aufbau eines Ringschachttrockners mit Guts vorwärmung

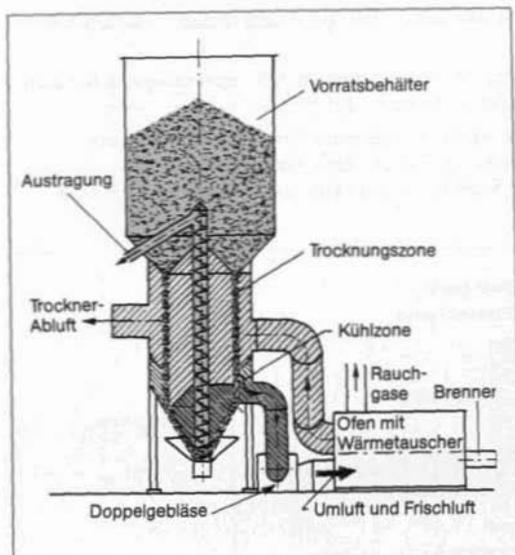


Abb. 123 Aufbau eines Ringschichttrockners mit Obenauslauf und Umluft

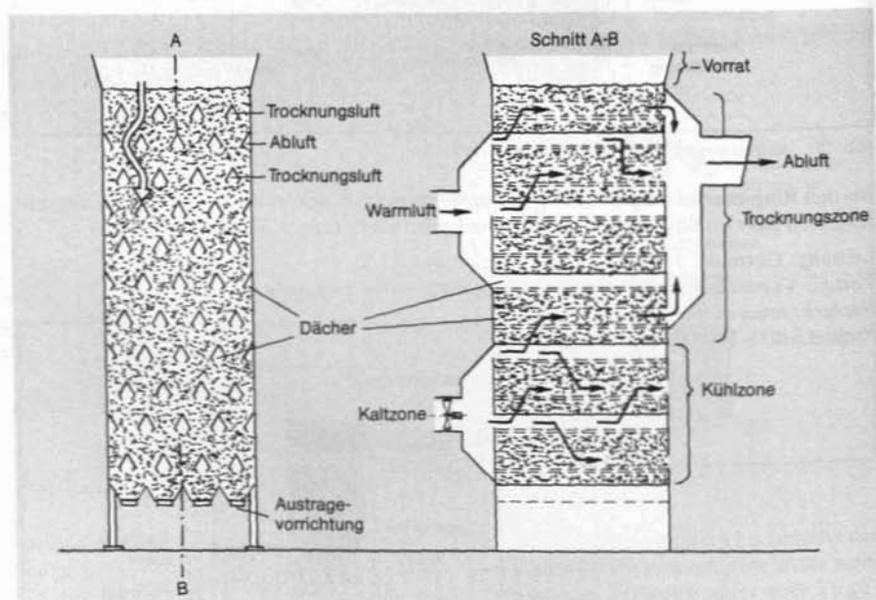


Abb. 124: Aufbau eines Dächertrockners

Bei den **Ringschichttrocknern mit Obenauslauf und Umluftbetrieb** übernimmt eine zentrale, senkrecht angeordnete Schnecke die Austragung. Ungesättigte Luft kommt aus dem unteren Trocknerbereich und aus der Kühlzone, sie wird zur Luftanwärmung wieder benutzt.

Leistung: Getreide: 3–5 t/h; Körnermais: 0,4–0,7 t/h (Trockengut).

Vorteil: Energieeinsparung ca. 20%; Obenauslauf.

Nachteil: teuer.

Preis: 35 000–45 000 DM.

Beim *Dächer Trockner* ist ein rechteckiger Hochbehälter mit horizontal verlaufenden, dachförmigen Winkelblecheinbauten versehen. Unter den Winkelblechen bilden sich Hohlräume, die Trocknungsluft und Abluft führen. Jede zweite Dächeretage ist mit dem Warmluftschacht und die dazwischenliegende mit dem Abluftschacht verbunden.

Leistung: Getreide: 3–40 t/h; Körnermais: 0,5–10 t/h.

Vorteil: Geringer Grundflächenbedarf; gleichmäßige Trocknung.

Nachteil: hoher Preis; erst bei Leistungen über 5 t/h Getreide wirtschaftlich.

Preis: 45 000–300 000 DM.

Trocknungskosten – Die Kosten der Trocknung setzen sich aus folgenden Einzelementen zusammen:

- ▶ Kapitalkosten (Abschreibung + Zinsansatz)
- ▶ Energiekosten (Strom + Brennstoffe)
- ▶ Arbeitskosten
- ▶ sonstige Kosten (Reparaturen, Versicherung, Unterbringung).

Die *Kapitalkosten* hängen wesentlich von der Trocknerauslastung und dem Neupreis der Anlage ab. Die *Energiekosten* werden in erster Linie vom notwendigen Wasserentzug, vom Preis des Brennstoffes und vom Wirkungsgrad der Anlage bestimmt. Die *Arbeitskosten* je dt Trockengut werden vorwiegend von der Trockner-Nennleistung beeinflusst.

Tabelle 25: Trocknungskosten in DM/dt Trockengut

Kostenart	Getreide	Körnermais
Kapitalkosten ¹⁾	0,40–1,50	1,50–3,00
Energiekosten	0,30–0,45	1,30–3,50
Arbeitskosten	0,10–0,50	0,15–1,00
sonstige Kosten	0,05–0,10	0,20–0,30
Gesamtkosten	0,85–2,55	3,15–7,80

¹⁾ Die niedrigen Werte gelten, wenn Getreide und Körnermais getrocknet werden

Die *starke Schwankungsbreite* der Trocknungskosten zeigt, daß Fehlplanungen sehr teuer werden können. Auf eine gute *Anlagenauslastung* und eine auf die Leistung bezogene *Preiswürdigkeit* der Anlage ist zu achten.

Unterstellt man 2 DM/dt Trocknungskosten als *Wirtschaftlichkeitsgrenze*, dann ergibt eine *Kostenrechnung* das in der Tabelle 26, S. 94 gezeigte Bild.

Flachsatz Trockner lohnen erst ab 30 ha Trocknungsfläche, *Silosatz Trockner* ab 70 ha, *Umlauf Trockner* ab ca. 80 ha, *Durchlauf Trockner* ab 90 ha, wobei unterstellt wurde, daß nur Getreide getrocknet wird. Bei 15 ha Fläche des Trocknungsgutes sind *Schrägtrockner* und *Kippdarren* überlegen. Ab 30 ha liegt die *Wagentrocknung* am günstigsten. Bei obigen Betrachtungen muß bedacht werden, daß die unterstellten Preisangaben Durchschnittswerte darstellen. Durch örtliche Gegebenheiten sind Abweichungen von $\pm 30\%$ möglich. Daher sind bei jeder Planung diese örtlichen Einflußfaktoren zu beachten (dazu Spezialberatung anfordern).

Hinweise zum Trocknereinsatz – Da mit einem Trockner im allgemeinen verschiedene Fruchtarten getrocknet werden müssen, ist die Verstellbarkeit der Ofenheizleistung notwendig. Diese wird ohne Montageaufwand durch die Verwendung eines *Mehrstufenbrenners* erreicht. Dieser läuft z. B. bei der Maistrocknung auf der 2. Stufe, in der Getreidetrocknung lediglich auf der 1. Stufe bei *geringerer Heizleistung*. Zusätzlich läßt sich über die Öldruckverstellung von Hand die Heizleistung auf den gewünschten Betriebspunkt stufenlos einstellen. Gleichzeitig ist die Verbrennungsluftmenge mit der Luftregulierklappe exakt nachzustellen, bis eine optimale Verbrennung gewährleistet ist. Zur Sicherung vor zu hohen Trocknungslufttemperaturen sind zusätzlich Thermostate in den Warmluftleitungen instal-

liert, welche beim Überschreiten der zulässigen Temperaturen den Brenner abstellen und beim Unterschreiten des zulässigen Wertes den Ofen wieder einschalten. Bei Mehrstufenbrennern regeln diese Thermostate zwischen den einzelnen Heizstufen, sie können jedoch zusätzlich auch den Ofen abstellen.

Zur Bestimmung der gewünschten Endfeuchtegehalte (Lagerfähigkeit) werden Schnellfeuchtemesser benötigt. Aufgrund der Feuchtegehaltsschichtung in manchen Trocknern ist auf das Ziehen einer Durchschnittsprobe zu achten.

Bei gut ausgelasteten Durchlauf Trocknern lohnen sich arbeitssparende Endfeuchteregele, die zwischen 2000 und 6000 DM kosten.

Vergleichende Wertung der Trocknungsverfahren über die Kosten

Tabelle 26: Anlagenpreis, Kapitalkosten, Gesamtkosten (Unterstellung: Trockner nur bei Getreide eingesetzt)

Verfahren und Bauart (Anlagen aus der Industriefertigung); indirekte Beheizung	Leistungsbereich dt/h Getreide	Anlagenpreis einschl. Einbau DM bzw. Kapitalkosten DM/dt () ¹⁾ bei unterschiedlicher Trocknungsleistung bzw. Trocknungsfläche ²⁾			Gesamtkosten DM/dt = Kapitalkosten + Arbeitskosten + Energiekosten + sonstige Kosten		
		Trocknungsleistung dt/h					
		5	10	30	5	10	30
		= Trocknungsfläche ha					
		15	30	90	15	30	90
Kippdarre	5-30	6 700 (1,25)	11 000 (1,02)	28 000 (0,87)	2,75	2,02	1,54
Darre mit Düsenboden	5-20	7 000 (1,30)	11 000 (1,02)	28 000 (0,87)	2,80	2,02	1,54
Wagentrocknung (Wagen vorhanden)	10-50	7 000 (1,30)	10 000 (0,93)	21 000 (0,65)	2,80	1,93	1,32
Schrägtrockner (Sb ³⁾)	5-30	6 300 (1,18)	10 500 (0,98)	25 000 (0,78)	2,68	1,98	1,45
Silosatz-trockner	5-40	10 000 (1,87)	16 000 (1,49)	38 000 (1,18)	3,37	2,49	1,85
Umlauf-trockner	20-40	-	22 000 (2,05)	36 000 (1,12)	-	3,05	1,79
Schubwende-trockner	30-100	-	-	43 000 (1,33)	-	-	2,00
Durchlauf bzw. Einschacht	5-200	12 000 (2,24)	17 000 (1,58)	45 000 (1,40)	3,74	2,58	2,07
Ringschacht	10-100	-	20 000 (1,86)	45 000 (1,40)	-	2,86	2,07
Dächertrockner	30-400	-	-	55 000 (1,71)	-	-	2,38
Arbeitskosten, wenn ein Mann nur halbe Zeit beschäftigt ist (= 5 DM/h)		1,00	0,50	0,17			
Energiekosten		0,40	0,40	0,40			
Sonstige Kosten		0,10	0,10	0,10			

¹⁾ 14% vom Neuwert ²⁾ Fläche aus 150 h/Jahr und 50 dt/ha Kornertrag ³⁾ Selbstbau

Planungsdaten zur Dimensionierung von Trocknungsanlagen – Bei der Bestimmung der notwendigen Trocknerleistung geht man von einer über die Anbaufläche und den örtlichen Ertrag errechenbaren Getreidemenge aus, die im Durchschnitt der Jahre zur Trocknung ansteht. Diese Feuchtgutmenge wird durch die verfügbaren Trocknungsstunden, die sich aus den möglichen Trocknungstagen und Trocknungsstunden pro Tag ergeben, geteilt; somit erhält man die theoretisch notwendige Trockner-Nennleistung.

Ferner kann man je nach Situation nun von einer den Leistungengpaß bildenden Frucht ausgehen. Die Abbildung 125 zeigt ein Schema, aus welchem die nötige Nennleistung des Trockners bei verschiedener Zahl von Trocknungstagen (eingezeichnete Linien) und Erntegutmengen (Senkrechte) auf der Waagerechten unten abgelesen werden kann (gilt für Feuchtgut oder für Trockengut).

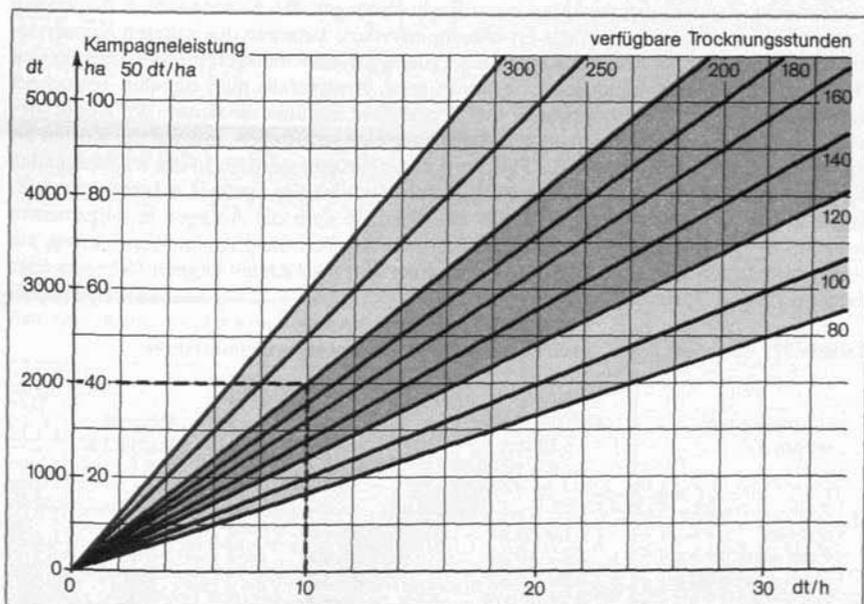


Abb. 125 Schema zur Bestimmung der Trockner-Nennleistung

Berechnungsbeispiel: Unterstellt werden 40 ha Weizen- und Gerstenanbaufläche, deren Gut zur Trocknung ansteht.

Es wird weiterhin unterstellt, daß 200 Trocknungsstunden verfügbar sind. Der Ertrag liegt bei 50 dt/ha. Die gestrichelte Linie (Abb. 125), welche von der Senkrechten links bei 40 ha ausgeht, schneidet die Linie mit 200 Trocknungsstunden über der auf der Waagerechten angegebenen und hier gesuchten Trockner-Nennleistung von 10 dt/h (Trockengut).

Will man nun aus diesem festgestellten Durchsatz (Nennleistung) die Trockner-Heizleistung bestimmen, dann ist von einem durchschnittlich zu erwartenden Feuchtegehalt des Gutes auszugehen. Diesen Wert sollte man nicht zu niedrig ansetzen, da sonst in einem Jahr mit extrem ungünstigem Erntewetter die Trocknerleistung nicht ausreicht.

In Fortführung des Beispiels wird ein Anfangs-Feuchtegehalt von 20% eingesetzt. Für die Silolagerung muß auf einen Endfeuchtegehalt von 14% herabgetrocknet werden. Der notwendige Wasserentzug je dt Trockengut ergibt dann 7,5 kg/dt (s. S. 86).

Die Heizleistung des Ofens muß also so bemessen sein, daß stündlich 7,5 kg Wasser je dt Trockengut verdampft werden können. Bei der oben errechneten Nennleistung von 10 dt/h ergibt sich eine notwendige Verdampfungsleistung von $7,5 \times 10 = 75$ kg/h. Bei einem spezifischen Wärmehaufwand von 6000 kJ/kg errechnet sich eine Ofenheizleistung von $75 \times 6000 = 450\,000$ kJ/h. Dieser Wert gilt für einen Durchlauf Trockner, dessen Ofen die angenommene Stundenzahl für die Trocknung voll durchläuft.

Beim Satzrockner bleibt – von der Tandemanordnung abgesehen – der Ofen in der Getreidetrocknung je nach Befüll-, Entleer- und Kühldauer, nur 50–70% der angesetzten Trocknungsdauer in Betrieb. Dem entsprechend muß beim Satzrockner die Heizleistung und die Lüfterleistung vergrößert werden. Unterstellt man zur Fortführung des begonnenen Beispiels, daß der Ofen 1,5 Stunden läuft, die Kühlzeit 30 Minuten, die Entleerungszeit 30 Minuten und die Wiederbefüllzeit ebenfalls 30 Minuten dauert, dann ergibt sich eine Standzeit des Ofens je TrocknungschARGE von ebenfalls 1,5 Stunden. Demzufolge muß gegenüber dem Durchlaufrockner mit gleicher Nennleistung die Heizleistung des Ofens verdoppelt werden. Beim Satzrockner wäre ein Ofen mit einer Heizleistung von $2 \times 450\,000 = 900\,000$ kJ/h einzusetzen.

4.3.7 Vergleich der verschiedenen Körnerkonservierungsverfahren

Aufgrund des geringen Energiebedarfs zur Trocknung von Getreide ist dieses Verfahren den Konkurrenzkonservierungsverfahren in der Regel überlegen. Bei Körnermais, der einen wesentlich höheren Wassergehalt zur Trocknung erfordert, kommen die anderen Konservierungsverfahren eher als Alternativen in Frage, wobei jedoch vorausgesetzt wird, daß das Gut innerbetrieblich in der Viehhaltung verwertet wird. Andernfalls muß ohnehin getrocknet werden, um Verkaufsware zu erzielen. Ein Vergleich ist nur über die Kosten der Konservierungsverfahren möglich. Um einen gerechten Vergleich anzustellen, müssen die Kosten bis zur Aufbereitung des Gutes für die Fütterung herangezogen werden. In der nachfolgenden Tabelle 27 sind die Kostenspannen der einzelnen Verfahren in Spalte 2 zusammengestellt. Spalte 3 gibt den unterstellten Leistungsbereich an, in dem die Anlagen im allgemeinen arbeiten. Spalte 4 zeigt die Mindestmaisfläche, ab der sich die Eigenmechanisierung auf einem Betrieb für die einzelnen Konservierungsverfahren zu lohnen beginnt (Näheres über die unterstellten Daten vgl. AID-Heft Nr. 378).

Tabelle 27: Kostenvergleich verschiedener Körnermaiskonservierungsverfahren

Konservierungsverfahren	Kostenspanne in DM/dt Trockengut	Leistungsbereich in dt/h (Trockengut)	Mindest-Maisfläche in ha
1	2	3	4
Silieren	6,00–10,50	20–40	5
Propionsäure	5,90–10,20	150–300	5
gasdichte Behälter	8,00–11,50	20–300	20
Trocknung	5,15–11,10	5–20	10

4.4 Lagerung von trockenen Körnerfrüchten

4.4.1 Vorzüge einer hofeigenen Lagerung

Bei innerbetrieblicher Verwertung von Körnerfrüchten ist die hofeigene Lagerung unumgänglich; bei der Erzeugung von Verkaufsware besteht die Möglichkeit, die Ernteprodukte direkt vom Feld an ein Lagerhaus zu verkaufen. Die hofeigene Lagerung kann jedoch, wenn kostengünstig durchführbar, einen zusätzlichen Gewinn für den Landwirt bedeuten, soweit wesentliche Wartezeiten am Lagerhaus und Transportkosten eingespart werden können. Der Verkauf des Gutes kann zu einem Zeitpunkt erfolgen, an welchem die Preise günstig liegen.

4.4.2 Systemübersicht

Das Arbeiten mit Säcken für Konsumgetreide ist in der Bundesrepublik Deutschland zumindest auf größeren Betrieben der Verwendung von Lose-Getreide gewichen. Nur noch in Saatzucht- und Saatgutvermehrungsbetrieben wird die Sacklagerung angewendet. Säcke wer-

den auf Speicherböden nebeneinander gestellt oder auf massivem Untergrund übereinander gestapelt. Loses Getreide kann in Flach- oder Hochbehältern gelagert werden.

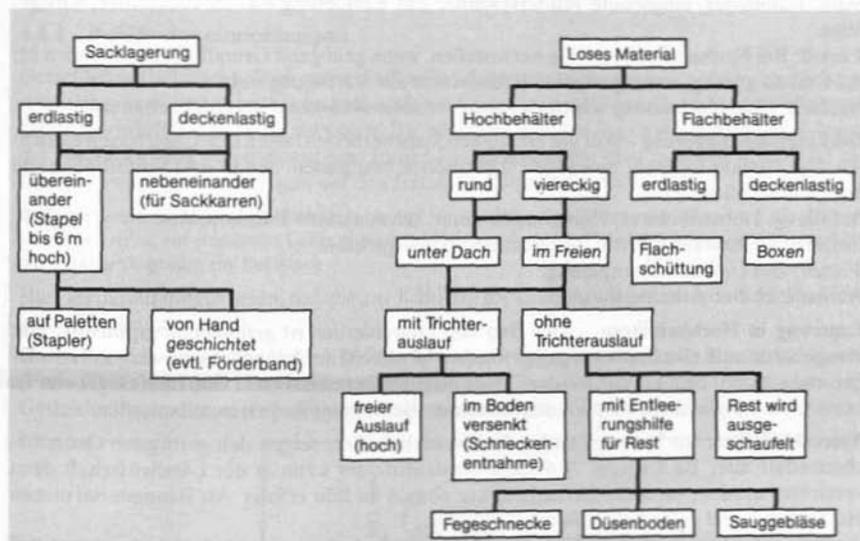


Abb. 126 Übersicht über die verschiedenen Getreide-Lagerungssysteme

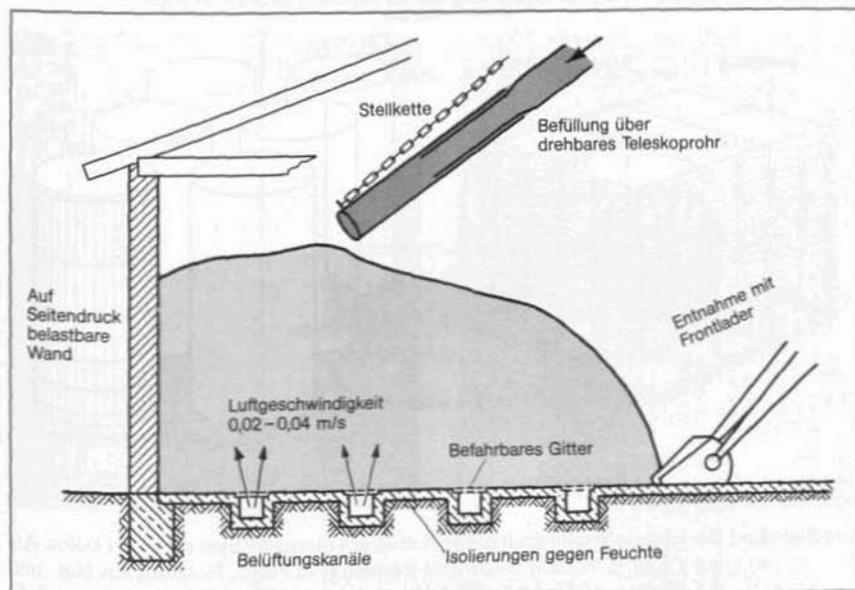


Abb. 127 Erdlastiges Flachlager für Getreide

4.4.3 Technischer Aufbau, Wertung und Kosten der verschiedenen Lagerbehälter

Erdlastige Lagerung – Der Untergrund muß gegen Feuchtedurchtritt isoliert sein. Die Seitenwände sind nach statischen Gesichtspunkten auszulegen. Lagerhöhen bis 8 m sind üblich. Da

eine Umlagerung sehr schwierig ist, müssen Belüftungskanäle eingebaut werden (Ersatz für Umlagern). Die Befüllung kann erfolgen durch direktes Abkippen in ein versetzbares Förderband, Frontlader, eingebaute Fördersysteme. Zur Entleerung dienen Frontlader, Sauggebläse.

Vorteil: Bei Neubausituation billig herzustellen, wenn genügend Grundfläche vorhanden ist; bei Umbau günstig, wenn geeignete Bausubstanz zur Verfügung steht.

Nachteil: Chargentrennung schwierig, mehr Arbeitsaufwand als bei Hochbehältern.

Deckenlastige Lagerung – Auf gut erhaltenen Speicherböden lassen sich Lagerboxen einrichten. Ein Statiker sollte die zulässigen Schütthöhen bestimmen. Selten sind Schütthöhen von über 1 m möglich.

Befüllung: Höhenförderer, Horizontalförderer, schwenkbare Teleskoprohre.

Entleerung: Auslaufschächte, Fegeschnecken, Sauggebläse.

Vorteil: Bei Umbau kostengünstig.

Nachteil: Hoher Arbeitsaufwand.

Lagerung in Hochbehältern – Der Bau von Getreidesilos ist genehmigungspflichtig. Der Baubehörde muß eine Statik vorgelegt werden. Hochbehälter können in viereckiger, vieleckiger und runder Form gebaut werden. Meist werden Getreidesilos in Gebäude eingebaut. Es besteht die Möglichkeit, sie mit entsprechender Bedachung im Freien aufzustellen.

Viereckbehälter: Im Verband stehende Viereckbehälter, zeigen den geringsten Grundflächenbedarf aller Bauformen. Auf teure Auslauftrichter kann in der Landwirtschaft dann verzichtet werden, wenn die Entleerung nur einmal im Jahr erfolgt. Als Baumaterial dienen Holz, Metall und gelegentlich Beton.

Vorteil: Selbstbau möglich, geringer Grundflächenbedarf, weniger Arbeitsbelastung als bei Flachlagerung.

Nachteil: Eingelagertes Gut muß regelmäßig auf Erwärmung geprüft werden.

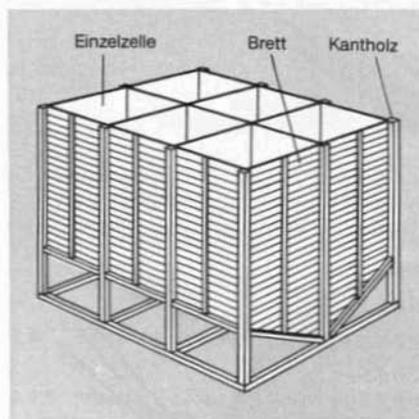
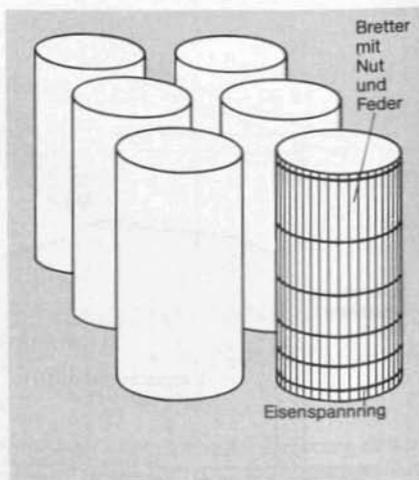


Abb. 128

links: Viereck-Silobatterie mit Trichterauslauf;
rechts: Rundsilobatterie aus Holz



Rundbehälter: Bei Einzelaufstellung sind Rundbehälter kostengünstiger als Vierecksilos. Als Baumaterial kommen Holz, Metall, Beton und Kunststoff in Frage. Holzsilos aus Nut- und Federbrettern mit Eisenspannungen sind sehr kostengünstig. Wellblechsilos lassen sich in Selbsthilfe montieren. Sie werden bereits mit Statik vom Hersteller ausgeliefert. Hochgestellte Silos mit freiem Trichterauslauf sind wesentlich teurer als ebenerdig aufgesetzte Behälter. Als Entleerungshilfe lassen sich Trichter in den Untergrund einbetonieren.

Vorteil: Einfache Montage, Selbstbau möglich. Bei Aufstellung im Freien werden passende Dächer vom Hersteller mitgeliefert.

Nachteil: Höherer Grundflächenbedarf als bei Vierecksilos.

Preis: Preise sinken mit zunehmendem Durchmesser. Ohne Trichterauslauf und ohne Dach 20–90 DM/m³. Trichterausläufe verteuern den Lagerraumpreis um 20–30 DM/m³.

4.4.4 Belüftungseinrichtungen

Getreidelagerbehälter sollten grundsätzlich Belüftungseinrichtungen enthalten, um die Lagerung sicherer zu gestalten. Schon bald nach der Einlagerung läßt sich Getreide durch Nutzung kalter Nachtluft auf 5–10° C abkühlen. Die nötigen Luftraten liegen wesentlich unter denen, die zur Trocknung verlangt werden. In der Dimensionierung geht man von 0,02–0,05 m/s Luftgeschwindigkeit – bezogen auf den freien Behälterquerschnitt – aus.

Beispiel: Grundfläche des Hochbehälters beträgt 10 m²; nötige Gebläseleistung: 10 m² × 0,02–0,05 m/s = 0,2–0,5 m³/s; auf stündliche Leistung umgerechnet ergeben sich 720–1800 m³/h; ein Körnergebläse mit 1500 m³/h genügt zur Belüftung.

Hier sei darauf hingewiesen, daß die zur Kühlung geplante Belüftung in einem Lagerbehälter keine Trocknung ersetzt.

Hersteller von Lagersilos liefern Belüftungseinrichtungen mit. Spezielle Körnerkühlgeräte (Preis 20 000–50 000 DM) lohnen nur in größeren Betrieben, bei denen feucht geerntetes Getreide über mehrere Tage kühl gehalten werden muß.

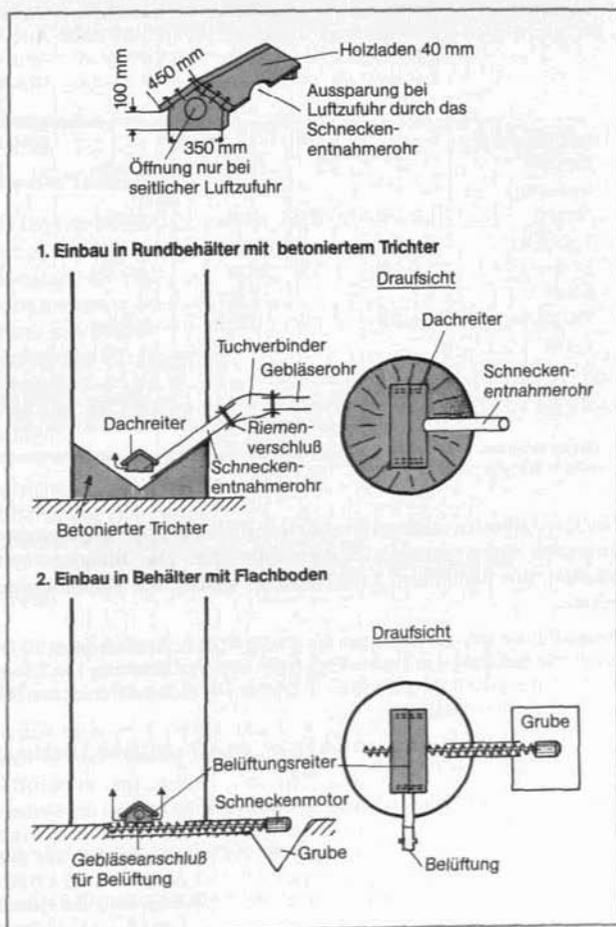


Abb. 129 Bau- und Einbauanleitung für Belüftungsreiter zur Getreidekühlung

4.4.5 Lagerungstechnik

Vor der Einlagerung in Silozellen ist auf den Feuchtegehalt des Gutes sehr sorgfältig zu achten. Überschreitungen führen sehr schnell zum Verderb der gesamten Charge. Zur Kontrolle sollten regelmäßig, insbesondere zu Lagerungsbeginn, Temperaturmessungen durchgeführt werden. Der Verderb des Gutes zeigt sich nämlich durch Temperaturerhöhung an.

Braugerste und *Saatgut* stellen besonders hohe Anforderungen an die Pflege des Lagergutes. Werden diese Früchte in Silozellen gelagert, dann sollte man monatlich umlaufen lassen oder aber entsprechend belüften. Auf tierische Lagerschädlinge ist zu achten, bei Bedarf kann man durch Begasen Abhilfe schaffen. Insbesondere Holzsilos sind nach jeder Kampagne sorgfältig zu reinigen, denn in diesem Baumaterial können sich Schädlinge besonders leicht festsetzen.

4.4.6 Vergleich der Lagerungssysteme

Eine vergleichende Wertung ist in Tabelle 28 zusammengefaßt.

Tabelle 28: Wertungsübersicht der Lagerungsmethoden (ohne Gebäudebewertung)

Art der Lagerung	Fassungsvermögen je Behälter (gebräuchliche Auslegung)		Baumaterial für Seitenwände	Arbeitsaufwand bei Füllen und Entleeren	Preis ohne Auslauftrichter und ohne Bauhülle DM/m ³	Kapitalkosten für Behälter DM/dt ¹⁾
	m ³	t				
deckenlastig – Boxen	20	15	Holz	hoch	10–20	0,12–0,24
erdlastig – Boxen	20–250	15–200	Holz	mittel	15–30	0,18–0,36
Rundsilo unter Dach	5–250	4–200	Blech, Holz, (Beton)	gering	25–50	0,30–0,60
Rundsilo im Freien	15–200	11–150	Blech (Holz)	gering	40–80	0,48–0,96
Vierecksilo unter Dach	15–120	11–100	Holz	gering	30–60	0,36–0,72

¹⁾ Abschreibung über 20 Jahre (5%o/a) und 8%o Zinsansatz vom halben Neuwert; Schüttgewicht 7,5 dt/m³; einmalige Nutzung der Behälter pro Jahr

Die Kapitalkosten schwanken zwar innerhalb der Lagerungssysteme erheblich, stellen jedoch insgesamt einen geringen Kostenfaktor dar. Die Billiglagersysteme führen unter Umständen zu erheblichen Arbeitskosten, welche die Kapitalkosteneinsparung wieder aufzehren.

Beispiel: Einlagern und Auslagern mit jeweils 40 dt/h; Arbeitskosten: 10 DM/h; durch 2fachen Arbeitsanfall (für Befüllung und Entleerung) ergibt sich eine Belastung von 2 Stunden/40 dt. Daraus resultiert eine Belastung von 0,05 h/dt bzw. 0,50 DM/dt. Die Kostendifferenz zum Hochbehälter ist, von extremen Fällen abgesehen, gering.

Bei Hochbehältern stellt sich die Frage, ob sich ein freier Trichterauslauf lohnt. Ein Rechenbeispiel klärt diese Frage.

Beispiel: Ein Silobehälter mit flachem Boden faßt 300 dt. Bei der Entleerung entsteht ein Arbeitsaufwand durch Zuschaukeln der nicht mehr frei zum Fördergerät laufenden Getreiderestmengen von nur 1 Stunde. Die Arbeitskosten betragen 10 DM/h. Legt man sie auf 300 dt um, dann ergeben sich 0,03 DM/dt. Der Trichter würde das gelagerte Gut jährlich mit 0,24 DM/dt belasten, wenn man einen Anschaffungspreis von 20 DM/m³ unterstellt. Schlußfolgerung: Bei einmaliger Auslagerung/Jahr lohnt der freie Trichterauslauf nicht.

4.4.7 Planungsdaten

Von den Anbauflächen der einzelnen Fruchtarten ausgehend errechnet man über den durchschnittlich zu erwartenden Ertrag das nötige Lagervolumen (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 29: Grunddaten zur Berechnung des Lagerraumbedarfs von Getreide

Getreideart:	Gerste	Weizen	Mais	Roggen	Hafer
Schüttgewicht in dt/m ³ :	6,4	7,3	7,7	7,6	4,8
Ertrag in dt/ha	Siloraumbedarf je ha Anbaufläche in m ³				
30	4,7	4,1	4,2	4,0	6,3
40	6,3	5,5	5,6	5,3	8,3
50	7,8	6,9	7,0	6,6	10,4
60	9,4	8,2	8,3	7,9	12,5

Beispiel: Ein Landwirt baut 10 ha Weizen an und rechnet mit einem Ertrag von 50 dt/ha. Der Lagerraumbedarf beträgt laut vorstehender Tabelle (Spalte »Weizen«; Zeile »50 dt/ha«) 6,9 m³/ha. Für 10 ha sind 69 m³ Lagerraum nötig. Ob dieser Lagerraum in 1 oder 2 Behältern geschaffen wird, hängt von der betrieblichen Situation ab. Ähnlich wird der Lagerraumbedarf für andere Fruchtarten bestimmt. Es ergibt sich eine Anzahl verschiedener Behältergrößen. Diese sollten aus Kostengründen auf maximal 2 Größengruppen vereinheitlicht werden. Wenn keine Belüftungseinrichtungen vorgesehen sind, so ist ein Leerbehälter für das notwendige Umlaufen des Getreides vorzusehen.

4.5 Getreideförderung

4.5.1 Anforderungen an die Technik

Das vom Feld kommende Getreide durchläuft auf dem Hof verschiedene Bearbeitungsstationen wie Vorreiniger, Trockner, Saatgutbereiter, Durchlaufwaage bis hin zum Silobehälter. Die Art und Zahl der Arbeitsstationen ergibt sich aus der Verwertungsrichtung und dem Grad der eigenbetrieblichen Getreideaufbereitung für den eigenen Bedarf oder für den Verkauf. Zur Förderung des Getreides zwischen den Arbeitsstationen, zum Transportfahrzeug oder zum Lagerbehälter sind technische Fördergeräte notwendig, soweit das Gut nicht über die sehr kostengünstigen Ablaufrohre an tiefer gelegene Stationen gelangt. Zur Höhen- und Waagrechtförderung gibt es eine große Zahl verschiedener Geräte. Bei der Auswahl sind folgende Kriterien zu beachten:

- ▶ Förderleistung,
- ▶ Förderhöhe und Förderrichtung,
- ▶ zulässige mechanische Belastung des Gutes,
- ▶ notwendiger Leistungsbedarf zum Antrieb,
- ▶ Staubentwicklung,
- ▶ mögliche Geräteauslastung,
- ▶ Kosten.

4.5.2 Bauartenübersicht

Die Fördererelemente lassen sich nach der Funktion in pneumatisch und mechanisch arbeitende Geräte gliedern. Je nach Förderrichtung wird bei mechanischen Geräten unterteilt in Steilförderer bis Waagrechtförderer (vgl. Abb. 130, S. 102).

4.5.3 Technische Beschreibung der Fördergeräte

Pneumatische Förderung – Das Prinzip der pneumatischen Förderung beruht darauf, daß Luft mit hoher Geschwindigkeit (ca. 80 km/h) das Getreide in Rohrleitungen mitreißt. Die

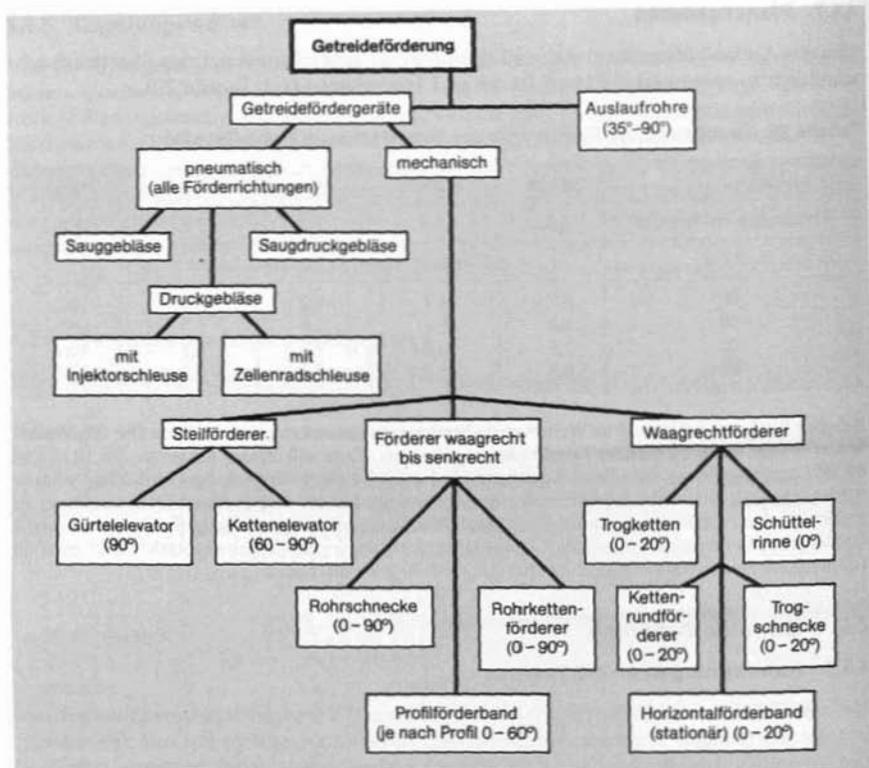


Abb. 130 Verfahren der Getreideförderung und Bauartenübersicht

nötige Luftmenge wird über Radialgebläse in die Förderleitung gedrückt (Druckgebläse) oder aus der Förderleitung gesaugt (Sauggebläse). Wird die Luft teilweise durch Förderrohre gesaugt und vom gleichen Gebläse anschließend in eine weitere Förderleitung gedrückt, dann spricht man von einem Saugdruckgebläse.

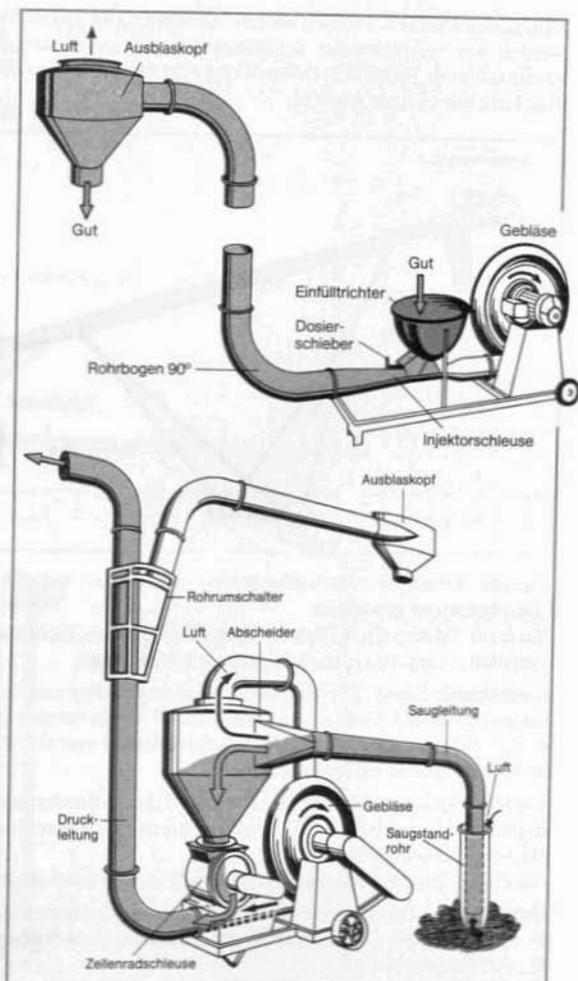
Druckgebläse: Ein Radialgebläse, das gegen Drücke bis 80 mbar arbeiten kann, saugt axial Luft an und drückt diese in ein radial angeordnetes Gebläserohr. Die Einspeisung des Getreides kann entweder über eine Injektorschleuse (billig, aber höherer Leistungsbedarf) oder über eine Zellenradschleuse (teuer, aber geringerer Leistungsbedarf) erfolgen. Bei der Injektorschleuse wird durch eine starke Rohrverengung die Luftgeschwindigkeit am Querschnittsengpaß stark gesteigert. Anschließend wird der Rohrdurchmesser wieder auf das alte Maß erweitert. Im Erweiterungsstück besteht Unterdruck; hier kann das Getreide durch einen verstellbaren Schieber mit vorgewähltem Durchsatz aus einem Vorratstrichter eingespeist werden. Die Rohrverjüngung bei der Injektorschleuse vermindert die Luftförderleistung. Diesen Nachteil umgehen Gebläse mit Zellenradschleuse. Hier ist keine Rohrverengung zur Getreideeinspeisung notwendig. Das langsam umlaufende Zellenrad fördert das über einen Regulierschieber dosierte Getreide in die Druckleitung und verhindert den Austritt der Förderluft.

Druckgebläse werden mit Rohrdurchmessern von 125–250 mm angeboten.

Vorteile: Sortenreine Förderung, versetzbar, große Förderweiten, mehrere Abgabestationen durch Umschalter oder durch Umsetzen der Rohre möglich, beliebige Förderrichtung.

Nachteile: Hoher Leistungsbedarf zum Antrieb bei relativ geringer Förderleistung (schlechter Wirkungsgrad), Staubeentwicklung.

Abb. 131 oben: Druckgebläse;
unten: Saug-Druckgebläse



Sauggebläse: nur noch selten benutzter Gebläsetyp.

Saug-Druckgebläse: Das Saug-Druckgebläse nutzt die Saug- und Druckseite zur Förderung des Getreides. Über eine Saugleitung gelangt das Gut in den Zyklon; dort werden Förderluft und Fördergut voneinander getrennt. Die Förderluft wird vom Gebläseläufer angesaugt und in die Druckleitung geblasen. Das im Zyklon über eine Zellenradschleuse abgeschiedene Gut wird in die Druckleitung eingespeist. Zwischen Saug- und Druckleitung können je nach Bauart mehr oder weniger viele Arbeitsstationen eingeschaltet werden. Meist setzt man eine pneumatische Reinigung und eventuell noch eine Durchlaufwaage dazwischen. Die Abscheidung des Fördergutes erfolgt hinter der Druckleitung über einen weiteren Zyklon (Ausblaskopf).

Vorteile: Sortenrein, verschiedene Annahme- und Abgabestellen unterschiedlicher Höhe möglich; für mehrere Annahme- und Abgabestellen umschaltbar oder versetzbar; große Förderweiten; beliebige Förderrichtung.

Nachteile: Hoher Leistungsbedarf, schlechter Wirkungsgrad gegenüber mechanischen Geräten; auf die Förderleistung bezogen hoher Anschaffungspreis.

Mechanische Fördergeräte – Bei den mechanischen Fördergeräten gibt es eine große Zahl verschiedener Bauarten. Die wichtigsten sind:

Schnecken: Im allgemeinen laufen Förderschnecken in Rohren, sie können aber auch für den waagrechten Transport in offenen Trögen (aus Holz oder Metall) laufen. Die Rohrschnecken erlauben beliebige Förderrichtungen. Die Rohrdurchmesser bewegen sich zwischen 90 und 240 mm. Es sind in der landwirtschaftlichen Praxis Längen von 3–9 m üblich. Die Förderleistung der Schnecken geht vom waagrechten zum senkrechten Transport vom Verhältnis 4:1 bis 2:1 (je nach Bauart) zurück. Die mechanische Belastung des Fördergutes ist bei Schnecken erheblich höher als bei Elevatoren oder Rohrkettenförderern. Die Schnecken lassen sich auf

Fahrgestelle setzen, können an der Annahmeseite mit verschiedenen Elementen versehen werden wie beispielsweise Schutzkorb, Annahmetrichter, Einlaufregulierung, Flansch für vorauslaufende Schnecke. In der Regel sitzt der Motor am oberen Ende der Förderschnecke, also kurz hinter dem Auslauf.

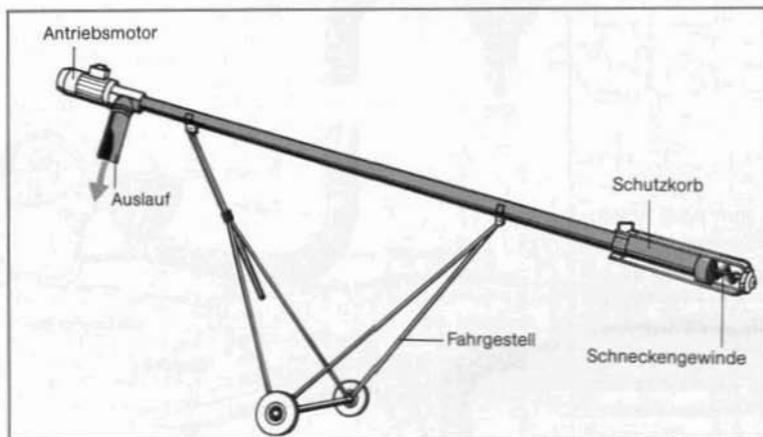


Abb. 132
Schnecke

Vorteile: Geringer Anschaffungspreis, versetzbar, bei der Befüllung und Entleerung von Lagerbehältern einsetzbar.

Nachteile: Mechanische Belastung des Fördergutes, nicht sortenrein (Reinigung durch Rückwärtslauf – umpolen); stark begrenzte Förderlänge.

Förderband: Dieses Fördergerät wird in stationärer und versetzbarer Form ausgeführt. Bei Normalprofil des Gurtes kann nur bis 30° Förderwinkel gearbeitet werden. Extrem hohe Profile (Flexowellband) erlauben Anstellwinkel von 60°. Durch polumschaltbare Motoren sind zwei Förderrichtungen möglich.

Vorteile: Sortenrein, hoher Wirkungsgrad, keine Forderung an die Rieselfähigkeit des Gutes, Eignung für verschiedene Produkte, schonende Behandlung des Gutes, hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf.

Nachteile: Großer technischer Aufwand, hoher Anschaffungspreis.

Gurtelelevator: Der Gurtelelevator besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen:

- ▶ Gehäuse (mit Gehäusefuß, Gehäusekopf und zwei Steigrohren),
- ▶ Antriebsmotor,
- ▶ Gurte mit aufgesetzten Bechern,
- ▶ Riemenscheiben, auf denen die Gurte laufen.

Das Gehäuse wird entweder in Holz oder Blech ausgeführt. Die Gurte älterer Anlagen bestehen aus Hanf oder Kokosfaser. Neuerdings werden nur noch Gummigewebe verwendet. Die Riemenspannung wird entweder durch Verstellen der unteren Scheibe oder aber durch Veränderung der Gurtlänge variiert. Bei größeren Anlagen werden zwei Gurte nebeneinander angeordnet, die durch eine Zwischenwand voneinander getrennt von einem Motor angetrieben werden (Doppelelevator).

Vorteile: Geringer Leistungsbedarf bei hoher Förderleistung; schonende Förderung; hohe Förderleistung auch bei schlecht rieselfähigem Gut.

Nachteile: Nur Senkrechtförderung; nicht sortenrein; teuer.

Kettenelevator: Gummi-Mitnehmerscheiben sind an einer Rollenkette montiert, die über Kettenräder läuft. Der sonstige Aufbau entspricht dem des Gurtelelevators. Die Mitnehmer sind flach und streifen am Gehäuse. Im Gegensatz zum Gurtelelevator kann der Kettenelevator auch schräg fördern. Anstelle von Einschüttrichtern können am unteren Kettenrad Axialseitenschnecken mit Einschüttrinnen ein- oder beidseitig angebaut werden.

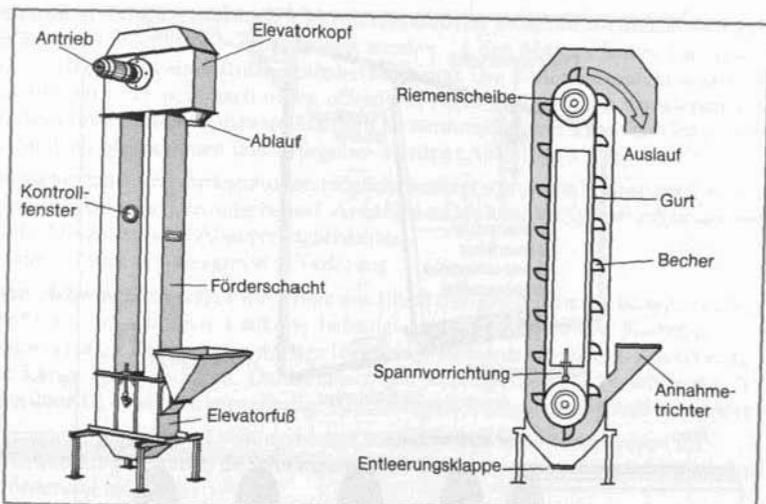


Abb. 133
Gurtelevator

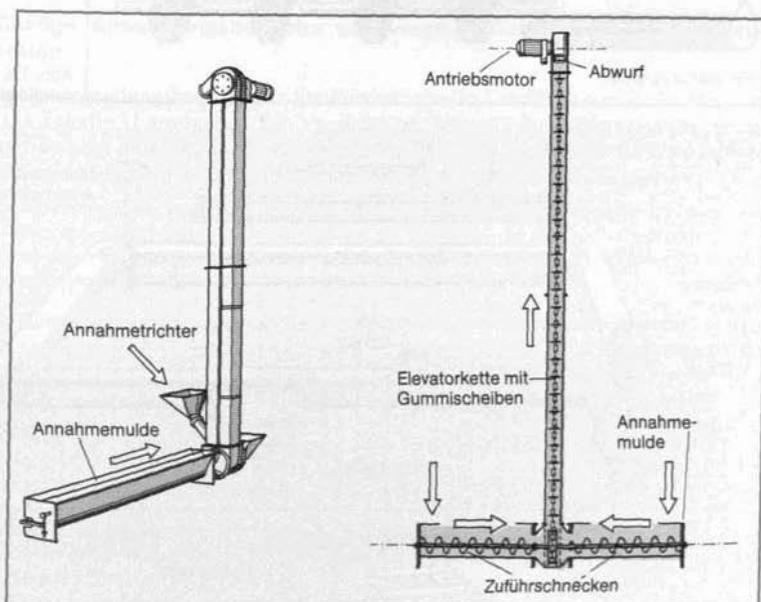


Abb. 134
Kettenelevator

Vorteile: Geringer Leistungsbedarf; schonende Förderung; hohe Förderleistung; Möglichkeit der seitlichen Zuführung durch Schnecken. Billiger als Gurtelevator.

Nachteile: Nicht sortenrein.

Rohrkettenträger: Die Getreideförderung erfolgt durch eine im Rohr laufende Kette, die in kurzen Abständen mit runden Kunststoffscheiben besetzt ist. Im Förderkreis können beliebig viele Annahme- und Abgabestellen eingebaut werden. Durch den Einsatz von Umlenkestationen läßt sich der Rohrkettenträger dem Bedarf entsprechend verlegen (Abb. 135).

Vorteile: Beliebige Förderrichtung; hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf; schonende Förderung; viele Annahme- und Abgabestellen möglich.

Nachteile: Nicht sortenrein; teuer, wenn nicht viele Förderaufgaben mit einem System bewältigt werden.

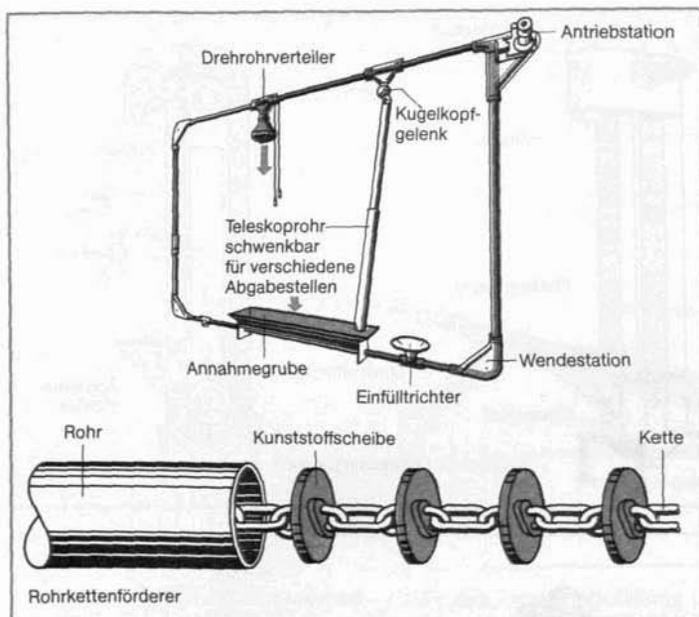


Abb. 135 Rohrkettenförderer

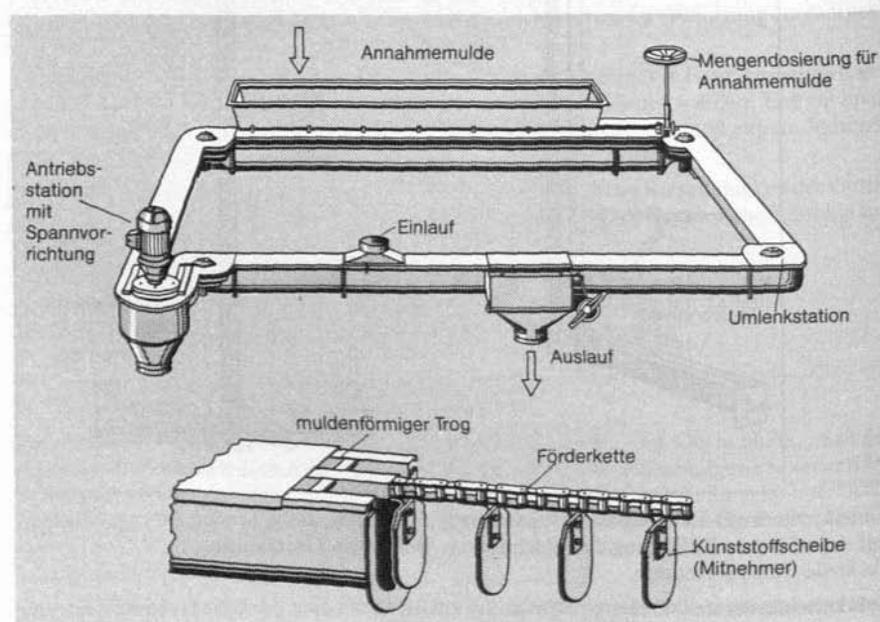


Abb. 136 Kettenrundförderer

Troglkettenförderer: Dieses Gerät besteht aus einer Metallrinne mit zwei Umlenkstationen für eine Kette, an der Mitnehmer befestigt sind, die auf dem Boden der Rinne entlangstreifen. Verschiedene Annahme- und Abgabestationen auf einer Linie sind möglich.

Vorteile: Hohe Leistung, sehr geeignet für Annahmegruben, geringer Leistungsbedarf bei hoher Förderleistung, bei entsprechenden Einbauten sortenrein.

Nachteile: Hoher Anschaffungspreis, nur stationärer Einbau, Förderneigung bis 20°.

Kettenrundförderer (Ringkreisförderer): Kettenrundförderer bestehen aus muldenförmigen Trögen, an welche Umlenkstationen angebaut werden. In den Mulden laufen Kunststoffscheiben, die nach oben an einer Rollenkette befestigt sind. Die Rollennachse steht senkrecht. Die Rollenkette wird in einem nach unten offenen U-Profil geführt. Eine Annahemulde läßt sich in das Fördersystem einbauen. Mit dem Kettenrundförderer kann das Gut an verschiedenen Stellen aufgenommen und abgegeben werden (Abb. 136, S. 106).

Vorteile: Verschiedene Annahmestationen möglich; bedingt sortenrein (Zusatzgerät nötig); hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf. Annahemulde kann ins System aufgenommen werden. Viele Annahme- und Abgabemöglichkeiten.

Nachteile: Hoher Preis, nur waagrechte Förderung.

Schüttelrinne (Schwingförderer): Eine Rinne aus Blech oder Holz oder für höhere Leistungen ein Rohr ist an schrägen Lenkern befestigt und wird von einer Kurbelwelle in Schwingungen versetzt. Die Anlagen werden im Baukastensystem hergestellt. Das Grundgerät hat eine Länge von 4,5–5,5 m. Daran lassen sich Verlängerungsstücke anbringen. Bei Förderwegen über 12 m werden gegenläufige Rinnen zum Schwingungsausgleich verwendet.

Vorteile: Preisgünstig, geringer Leistungsbedarf bei hoher Förderleistung, sortenrein.

Nachteile: Anwendung begrenzt, da Schwingungen zu Gebäudeschäden führen können. Nur Horizontalförderung möglich.

4.5.4 Günstige Anwendungsbereiche und vergleichende Wertung von Fördergeräten

Die günstigen Anwendungsbereiche der Steilförderer sind in Tabelle 30 und die der Horizontalförderer in Tabelle 31 angegeben. Ein Vergleich zur Wertung der Fördergeräte ist aus den Tabellen nur bedingt möglich, da die verschiedenen Bauarten Sondereigenschaften aufweisen, die im direkten Kostenvergleich nicht zum Ausdruck gebracht werden können.

Beispiel: Beim *Gebälse* ist die Steigerung der Förderlänge wesentlich kostengünstiger als bei allen anderen Förderelementen. Außerdem erlaubt das Gebälse die Änderung der Förderrichtung ohne großen Kostenaufwand. Bei Verwendung eines *Senkrechtförderers* müßte in der Regel ein weiterer *Waagrechtförderer* eingesetzt werden.

Tabelle 30: Günstige Anwendungsbereiche und Kostenvergleich bei Höhenförderung

Geräteart, und günstiger Einsatzbereich	üblicher Leistungsbereich t/h	Leistungsbedarf für 5 t/h über 10 m Förderhöhe kW	Energiekosten (0,20 DM/kWh) DM/t	Preis DM	Kapitalkosten (50 h/a, 9% v. Nw., bei 5 t/h) DM/t'
Druckgebälse: lange, verwinkelte Förderwege; verschiedene Abgabestationen. Kurze Einsatzzeit; geringer Bedarf an Förderleistung;	2–6	4	0,16	1400–4000	0,80
Saug-Druckgebälse: lange, verwinkelte Förderwege; verschiedene Annahme- und Abgabestationen	5–10	5	0,20	6000–15000	1,80
Rohrschnecke: kurze Förderwege (bis 9 m); für verschiedene Förderzwecke (Befüllung und Entleerung von Lagerbehältern); verschiedene Förderrichtungen	10–20	1	0,04	1200–3000	0,28

Geräteart und günstiger Einsatzbereich	üblicher Leistungsbereich t/h	Leistungsbedarf für 5 t/h über 10 m Förderhöhe kW	Energiekosten (0,20 DM/kWh) DM/t	Preis DM	Kapitalkosten (50 h/a, 9% v. Nw., 5 t/h) DM/t ¹⁾
Förderband: kurze Förderwege; versetzbare Geräte, wenn verschiedene Produktarten zu fördern sind. Stationär für schwerfließende Güter oder bei empfindlichen Gütern	10–60	0,5	0,02	3000–10 000	0,60
Gurtelevator: größere Förderhöhen bei hohem Leistungsbedarf. Schonende Gutsbehandlung	15–50	0,5	0,02	5000–20 000	1,00
Kettenelevator: für größere Förderhöhen bei Leistungsbedarf über 5 t/h. Günstig, wenn mit angebauten Zuführschnecken Gut aus Annahmegrube entnommen wird; Schrägförderung gefordert	10–30	0,7	0,03	3000–7000	0,60
Rohrkettenträger: bei Neuanlagen mit Silobatterie, wenn Befüllung und Entnahme aller Stationen mit einem Förderkreis erreicht werden kann	6–12	0,7	0,03	4500–12 000	1,20

¹⁾ Bei geringerer Auslastung entsprechend höhere Kosten; bei 25 h/Jahr die doppelten Kapitalkosten wie in rechter Spalte gezeigt. Kosten bei Förderband, Schnecken und Elevatoren wurden auf 10 t/h bezogen (Mindestleistung dieser Geräte liegt über dem Ansatz von 5 t/h). Bei Kapitalkosten 20 Jahre Nutzungsdauer unterstellt, also 5% jährliche Abschreibung; Zinsansatz beträgt jährlich 4% vom Neuwert.

Tabelle 31: Günstiger Einsatzbereich und Kostenvergleich für Waagrechtförderer

Geräteart und günstiger Einsatzbereich	üblicher Leistungsbereich t/h	Leistungsbedarf für 10 m Förderlänge bei 20 t/h kW	Energiekosten (0,20 DM/kWh) DM/t	Preis DM	Kapitalkosten (50 h/a; 9% v. Nw.) DM/t
Trog­schnecke: Entnahme aus Annahmegruben und Silobehältern. Zuführung und Übernahme von Gut der Senkrechtförderer, wenn Sortenreinheit nicht gefordert. Entnahme und Beschickung von Silobatterien	15–50	2	0,02	2000–8000	0,32
Trogkettenträger: Entnahme aus Annahmegruben; Anschluß an Steilförderer hoher Leistung; Entnahme und Beschickung von Silobatterien	15–80	1	0,01	2500–25 000	0,40

Geräteart und günstiger Einsatzbereich	üblicher Leistungsbereich t/h	Leistungsbedarf für 10 m Förderlänge bei 20 t/h kW	Energiekosten (0,20 DM/kWh) DM/t	Preis DM	Kapitalkosten (50 h/a; 9% v. Nw.) DM/t
Kettenrundförderer: wie Trog-schnecke und Trogkettenförderer. Zusätzlich Verbindung von Arbeitsstationen in weitläufigen Großanlagen. Bei Forderung vieler Annahme- und Abgabestellen in einer Ebene	12-40	1,5	0,015	6000-14 000	0,80
Horizontalförderband (stationär): Befüllung von Silobatterien, wenn viele Abgabestellen in einer geraden Linie gefordert sind. Bis 30 m Förderlänge	20-50	1,0	0,01	4000-10 000	0,40

Die einzelnen Anlagen zeigen große Unterschiede bei den Energiekosten. So liegt der Bedarf der Gebläse beim vielfachen Wert von Elevatoren und Kettenförderern. Die Energiekosten sind aber im Verhältnis zu den Kapitalkosten sehr gering, so daß letztlich bei der Geräteauswahl die Kapitalkosten zu berücksichtigen sind. Diese lassen sich nur gering halten, wenn eine ausreichende Anlagenauslastung erzielt wird, die mindestens 50 ha/a betragen sollte.

4.6 Getreidereinigung und -sortierung

4.6.1 Anforderungen an die Technik

Das vom Mähdrescher kommende Körnergut ist in der Regel noch stark mit Fremdbesatz, Bruch- und Schmachtkorn behaftet. Je nach Verwertungsrichtung sind verschiedene Maßnahmen zur Reinigung und Sortierung notwendig, um die geforderte Qualität zu erzielen. Die Qualitätsanforderungen beziehen sich neben der Korngröße und Reinheit auf die Keimfähigkeit und das Hektolitergewicht.

Für den Erzeuger von Verkaufsgetreide lohnt es sich im allgemeinen, eigene Geräte zur Reinigung und Sortierung anzuschaffen.

4.6.2 Reinigungsverfahren

Unterschiede in verschiedenen physikalischen Eigenschaften dienen zur Sortierung und Reinigung (vgl. Tab. 32 und 33).

Tabelle 32: Trennungsmerkmale und Trennungselemente bei der Reinigung von Getreide

Merkmal	Trennungselement
Korndicke	Langlochsieb
Kornbreite	Rundlochsieb
Kornlänge	Muldentrommel (Trieur)
Strömungswiderstand	Wind
Dichte	Fließbett
Oberfläche	Haftung von Magnetpulver - Magnetausleser; haftendes Tuch

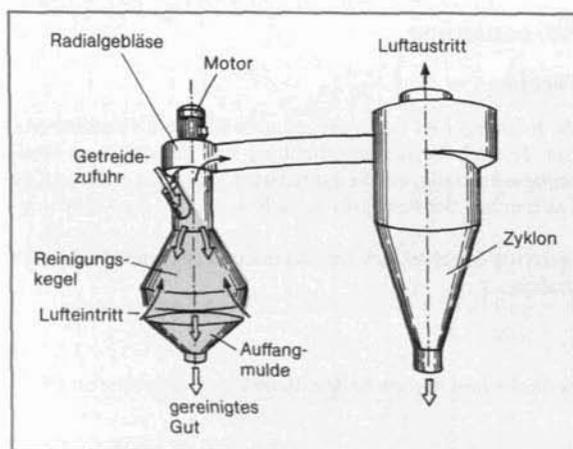
Tabelle 33: Bauarten von Reinigungs- und Sortieranlagen

Gutsart	Trennungsaufgabe	Maschinenbauarten
Futtergetreide	Beseitigung von Stroh und Spreu	Windfege (Siebvorreiniger) Zyklonreiniger
Saatgut und Braugerste	Trennung in verschiedene Größenklassen	Siebreiniger (mit Wechselsieben für verschiedene Fraktionen)
	Trennung von Bruchkörnern und runden Unkrautsamen	Zellenausleser (Trieur)
	Beseitigung von Leichtteilen	Windreinigung, Steigsichter
Raps	Beseitigung von Leichtteilen	Windreiniger
	Beseitigung von Fremdbesatz	Siebreiniger, notfalls Magnetreiniger oder Drucklufttischausleser

4.6.3 Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichsten Bauarten

Der **pneumatische Kegelreiniger** (Saugreiniger) stellt die einfachste und billigste Reinigungsanlage dar.

Das Getreide gelangt über ein Zulaufrohr in einen senkrecht nach oben gerichteten Luftstrom, der durch ein Radialgebläse mit angeflanschem Motor erzeugt wird. Unter dem Reinigungskegel sitzt in einem Abstand von ca. 10 cm eine Auffangmulde für das Getreide. Die Leichtteile werden in dem seitlich angeordneten Zyklon nach unten abgeschieden, nach oben entweicht die Luft. Über einen zwischen Zyklon und Gebläse sitzenden Verstellhebel läßt sich die Luftmenge regulieren. Ein weiterer Hebel über dem Reinigungskegel dient der gleichmäßigen Verteilung des Getreides in den Luftstrom.



Anwendungsbereich:
Vorreinigung;
Leistung: 6–50 t/h;
Leistungsbedarf: 0,6–4 kW;
Preis: 1500–7000 DM;
Vorteile: Hohe Leistung bei geringem Preis.
Nachteile: Schlechter Reinigungseffekt, für Verkaufsware kaum ausreichend. Nur Leichtgutabtrennung.

Abb. 137 Pneumatischer Kegelreiniger für Getreide

Vorreiniger mit Wind- und Sortiersieben zeigen einen erheblich besseren Reinigungserfolg, da sie neben Leichtteilen auch Über- und Untergrößen abtrennen können. Über einen Regulierring tritt das Getreide aus einem Vorratsbehälter in einen seitlich gerichteten Luftstrom. Leichte Teile werden abgesaugt. Das verbleibende Gut fällt auf das Obersieb. Zu große Teile wandern über das Sieb und werden getrennt aufgefangen. Das restliche Gut tritt durch die Lochung des Obersiebes und gelangt auf das Untersieb. Untergrößen fallen durch dieses Untersieb, die gewünschte Fraktion läuft über das Sieb in einen zweiten Saugluftstrom. Von Leichtteilen befreit, gelangt das Schwergut in einen Nachbehälter oder direkt in ein angeschlossenes Fördererelement.

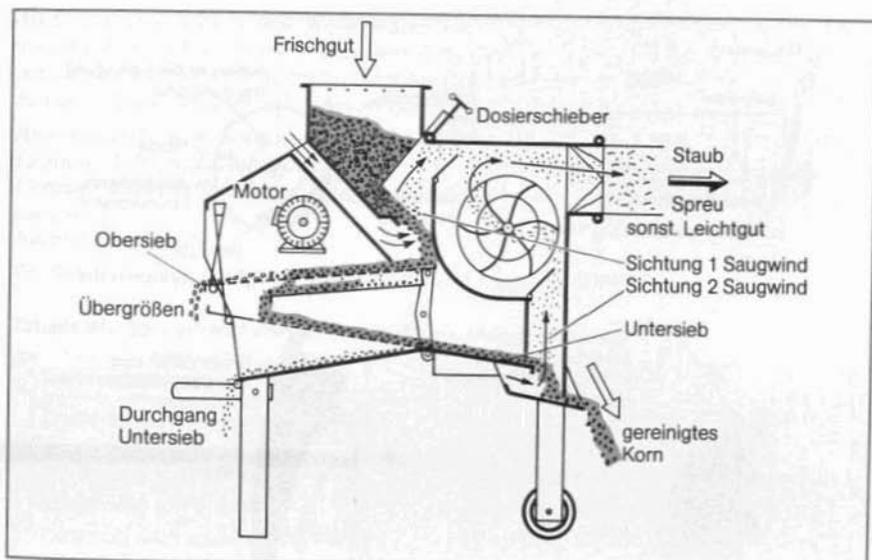


Abb. 138 Vorreiniger mit Sieben

Anwendungsbereich: Vorreinigung oder bei gut arbeitenden Anlagen Endreinigung für Mahlweizen und Futtergetreide.

Leistung: 3–10 t/h.

Leistungsbedarf: 2–3 kW.

Preis: 3000–9000 DM.

Vorteile: Zusätzliche Sortierwirkung; hohe Leistung bei tragbarem Preis.

Nachteil: Keine sichere Endreinigung für Braugerste und Saatgut.

Der Übergang vom einfachen Siebvorreiniger mit nur wenigen Wechselsieben bis zum **Sieb-vollreiniger** mit einem großen Siebsortiment vollzieht sich über die verschiedenen Fabrikate nahezu stufenlos, so daß eine exakte Trennung zwischen Vor- und Vollreiniger nicht möglich ist. Zur Vollreinigung mit einer Sortierung nach Korngrößen sind Wechselsiebe nötig, die für das Untersieb alle 0,1–0,2 mm im Bereich von 1,8–2,5 mm Lochbreite gestuft sind. Der Aufbau ist dem in Abbildung 138 gezeigten Siebvorreiniger ähnlich.

Anwendungsbereich: Siebvollreiniger werden in erster Linie zur Braugerstensortierung und Saatgutaufbereitung verwendet.

Leistung: 5–20 t (bei Saatgutbereitung ca. 20–50% der Nennleistung).

Leistungsbedarf: 1,5–4 kW.

Preis: 5000–15 000 DM.

Vorteile: Nutzung als Vorreiniger mit hoher Leistung und zusätzliche Nutzung zur Endreinigung mit dem Verunreinigungsgrad entsprechend reduzierter Leistung.

Nachteile: Keine Sortierung nach Kornlänge möglich.

Anlagen zur Kornlängensortierung – Bisweilen ist es notwendig, bei der Saatgutbereitung Kurzkörner (Bruchkorn, runde Unkrautsamen) aus dem Getreide auszuselen. Diese Aufgabe übernehmen Trieure, die entweder als Spezialmaschinen an Siebvollreiniger angekuppelt werden oder aber im Saatgutbereiter eingebaut sind. Bei den Zellauslesern kann man Trommeln mit auswechselbaren Mänteln wählen, die verschiedene Zellendurchmesser aufweisen. Kleine Durchmesser heben Kurzkörner aus dem Getreide. Zellen mit größeren Durchmessern heben das gewünschte Getreide aus einer Mischung, die Langkörner bleiben im Triurmantel zurück. Die Abbildung 139 zeigt den technischen Aufbau und die Wirkungsweise eines **Trieurs**, bei welchem das ausgehobene Gut mit einer Schnecke aus der Sammelmulde ausgetragen wird.

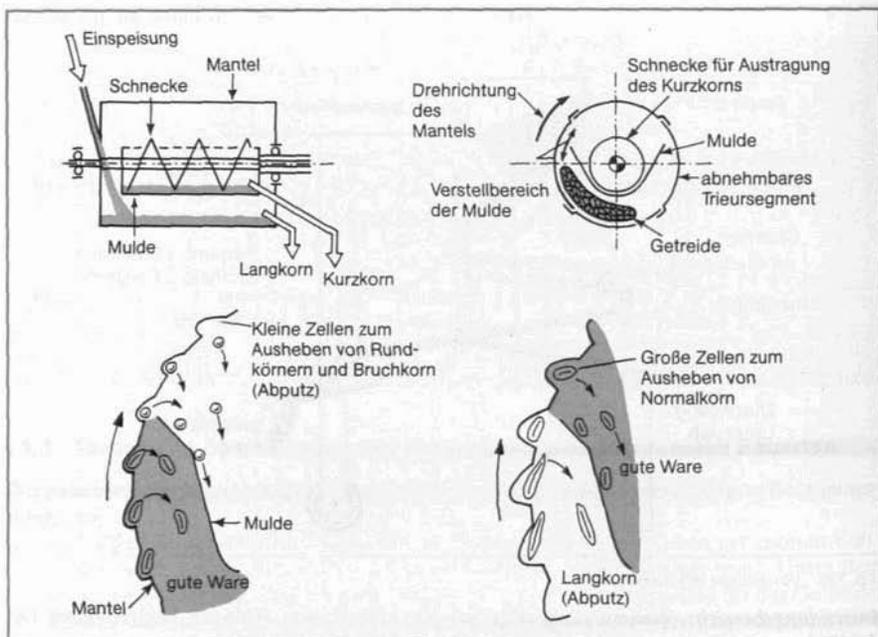


Abb. 139 Aufbau und Funktion eines Trieurs

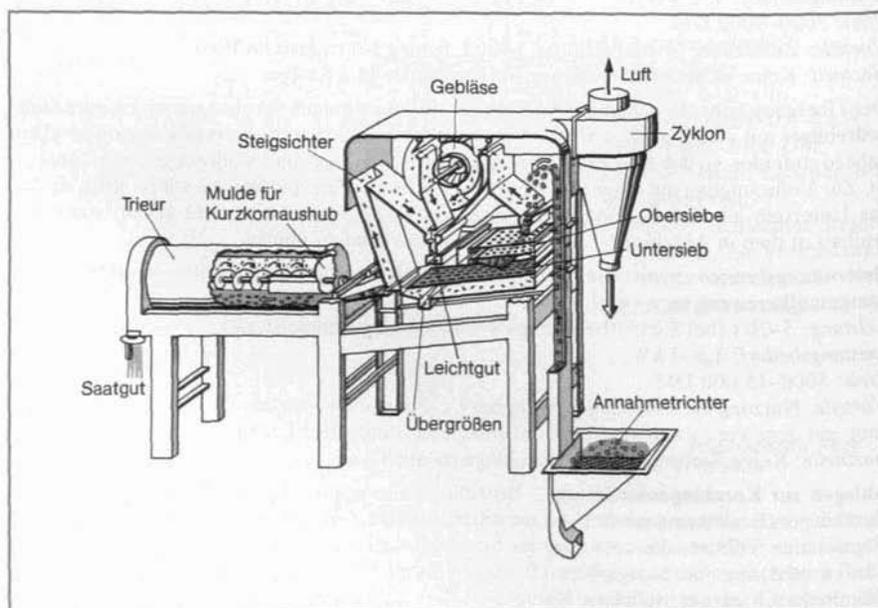


Abb. 140 Saatgutbereiter

Saatgutbereiter – Der Saatgutbereiter besteht aus Vorratsbehälter, Obersieb, Untersieb, Steigsichter und Trieur. Aus dem Vorratsbehälter gelangt das Gut auf das Obersieb, zu große Teile werden abgeschieden, kleinere Teile fallen auf das Untersieb. Untergrößen treten durch

das Sieb und werden auf diese Weise abgesondert. Die gewünschten größeren Teile gelangen über die Windaulese (Steigsichter) in den Zellenausleser. Hier werden Rund- und Bruchkörner von den Langkörnern getrennt. Die einzelnen Fraktionen werden entweder direkt an der Anlage in Säcke abgefaßt oder aber in entsprechende Nachbehälter geleitet.

Anwendungsbereich: Saatgutvermehrung, Aufbereitung zu hochwertigem Verkaufsgetreide.
Leistung: 1–5 t/h. *Leistungsbedarf:* 4–11 kW. *Preis:* 15 000–50 000 DM.

Vorteile: Kompaktmaschine, vollzieht alle Sortier- und Reinigungsaufgaben in einem Durchlauf.

Nachteile: Hoher Preis.

Für **Sondertrennungsaufgaben** gibt es Spezialmaschinen (Tabelle 34).

Tabelle 34: Spezialmaschinen für Sonder-Reinigungsaufgaben

Trennungsaufgabe	Maschinenart
Trennung nach Struktur der Oberfläche	Magnetausleser, Schrägbandausleser, Wendelausleser
Abtrennung von Metallteilen	Magnetausleser, Drucklufttischausleser
Abtrennung von Steinen	Steinausleser, Drucklufttischausleser
Trennung nach spezifischem Gewicht	Tischausleser (Druckluft- und Schütteltisch)

Die obengenannten Sonderbauformen werden meist nur in Saatgutbetrieben und Lagerhäusern eingesetzt. Die Preise sind aufgrund der geringen Fertigungsstückzahlen relativ hoch.

4.6.4 Vergleich der verschiedenen Reiniger hinsichtlich Reinigungskosten

Die Kosten der Getreidereinigung setzen sich hauptsächlich aus Kapitalkosten und Energiekosten zusammen. Arbeitskosten treten nicht unbedingt auf, da Anlagen ohne Aufsicht mit automatischer Beschickung und Gutsabnahme laufen können. Wird dagegen bei Saatgutbereitern ständig abgesackt, so treten Arbeitskosten von ca. 10 DM/h auf. Hat der Saatgutbereiter eine Durchsatzleistung von 1 t/h, so wird die Tonne Getreide mit 10 DM Arbeitskosten belastet. In Tabelle 35 werden Kapital- und Energiekosten für verschiedene Reiniger aufgeführt. Bei den Kapitalkosten wurde unterstellt, daß eine Nutzungsdauer von 20 Jahren vorliegt und der Zinsansatz jährlich 4% vom Neuwert beträgt. Zur Errechnung der Energiekosten wurde ein Strompreis von 0,20 DM/kWh zugrundegelegt.

Tabelle 35: Kapital- und Energiekosten bei der Getreidereinigung

Art des Reinigers	Neuwert	Leistung	Jährliche Einsatzzeit	Elektr. Leistungsbedarf	Kapitalkosten	Energiekosten
	DM	t/h	h	kW	DM/t	DM/t
Kegelmreiniger	1 500	6	50	0,5	0,45	0,02
Siebvorrreiniger	3 200	3,5	50	2,0	1,64	0,11
Siebvollreiniger	6 000	5	100	2,0	1,80	0,11
Saatgutbereiter	10 000	1	100	4,0	9,00	0,80
Drucklufttischausleser	20 000	1	100	4,0	18,00	0,80

Die Kostenaufstellung zeigt, daß die Energiekosten bei der Getreidereinigung nicht ins Gewicht fallen. Die Kapitalkosten liegen bei den Vorrreinigern ebenfalls sehr niedrig. Diese geringen Kosten werden mit Sicherheit durch die Wertsteigerung des Verkaufsgetreides gedeckt. Zur Saatgutbereitung fallen je nach Anlagenauslastung höhere Kapitalkosten an. Um diese gering zu halten, ist auf eine gute Auslastung zu achten.

4.7 Beizung von Getreide

4.7.1 Anforderungen an die Technik

Zur Vernichtung der am Saatgut haftenden pilzlichen Schädlinge und zum Schutz vor tierischen Schädlingen, die erst vom Boden aus auf das Saatgut einwirken, ist die Beizung notwendig. Je nach Schädlingsart oder Krankheitserreger kommen unterschiedliche Beizmethoden zur Anwendung. Eine möglichst gleichmäßige Vermischung von Beizmittel und Saatgetreide ist Voraussetzung für eine gute Wirkung.

4.7.2 Beizverfahren

Am weitesten verbreitet sind Trockenbeizmittel, die als Universalbeizmittel oder Spezialbeizmittel ihre Anwendung finden. Für besondere Anwendungsfälle kommt die Inkrustierungsbeize und die Schlemmbeize in Frage. Die neuerdings sehr beliebte Feuchtbeizung hat den Vorteil, daß die Staubbelästigung beim Beizen und Nachfüllen der Sämaschine entfällt.

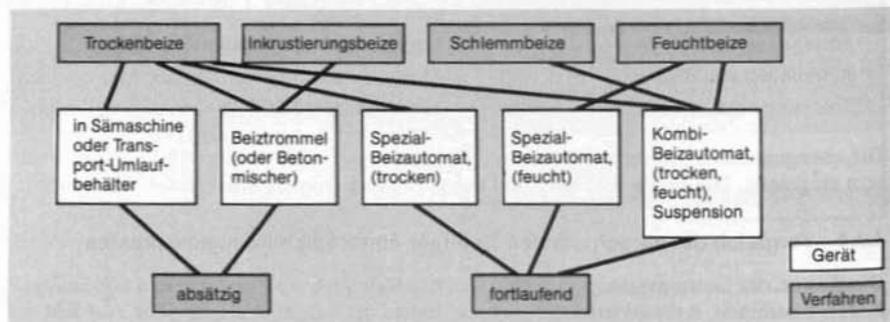


Abb. 141 Verfahren und Geräte zur Saatgutbeizung

4.7.3 Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichsten Bauarten

Beizvorrichtung in Sämaschinen – Es sind nur die Vorrichtungen in Sämaschinen empfehlenswert, die eine gute Vermischung und eine exakte Dosierung ermöglichen.

Beiztrommeln – Beiztrommeln verfügen über ein Fassungsvermögen von 50–100 kg Saatgut. Sie werden von Hand oder mit Elektromotor angetrieben. Die Trommel dreht sich um ihre Längsachse, schaufelförmige Einbauten bewirken, daß sich das Getreide gut mit dem Beizmittel vermischt. Nach etwa 4–5 Minuten Laufzeit kann das gebeizte Gut entnommen werden.

In Beiztrommeln ist auch die Inkrustierungsbeizung möglich. Das Saatgut wird zuerst mit einem Haftmittel versetzt (Magermilch oder Bier – 0,5 l auf 100 kg Saatgut). Nach 3 Minuten Laufzeit wird das Beizmittel (Inkrustierungsmittel) dazugemischt. Nach weiteren 3 Minuten Laufzeit kann das Gut entnommen werden.

Leistung: 0,5–1 t/h; *Leistungsbedarf:* 0,5 kW. *Preis:* 700–1000 DM.

Vorteile: sichere Dosierung; billig in der Anschaffung.

Nachteile: Staubbelästigung, geringe Leistung.

Trockenbeizautomaten – In einem bestimmten Mischungsverhältnis werden Saatgut und Beizpulver in eine Mischschnecke oder eine Mischtrommel eingespeist. Die Anlagen sollten mit einer Entstaubungsvorrichtung ausgerüstet sein.

Leistung: 1–8 t/h. *Leistungsbedarf:* 1–3 kW. *Preis:* 5000–15 000 DM.

Vorteile: hohe Beizleistung.

Nachteile: hoher Preis, daher Rentabilität nur in Vermehrungsbetrieben und Lagerhäusern gegeben.

Feuchtbeizautomaten – Wegen der starken Belastung der Arbeitskräfte durch staubige Beizmittel wurden Feuchtbeizgeräte entwickelt. In Sprühkammern wird einem genau dosierten Saatgutstrom das Beizmittel aufgespritzt. Es kommt darauf an, daß alle Körner über die ganze Oberfläche gleichmäßig besprüht werden. Spezielle Feuchtbeizgeräte kosten schon bei einer Leistung von 1 t/h über 8000 DM. Sie kommen daher hauptsächlich für den mehrbetrieblichen Einsatz in Frage.

Kombibeizautomaten – Die kombinierten Beizautomaten eignen sich sowohl für die Trockenbeizung als auch für die Feuchtbeizung. Da sowohl für das feuchte Beizmittel als auch für das Trockenbeizpulver getrennte Dosiervorrichtungen notwendig sind, liegen die Anschaffungspreise für diese Beizautomaten noch höher als bei den vorgenannten Geräten. Bei vielen kombinierten Beizautomaten gibt es auch noch die Möglichkeit, die »Slurry-Beize« durchzuführen. Hierbei wird eine Beizmittelsuspension mit dem Getreide vermischt. Der Mittelaufwand hierzu liegt bei 500 ml je 100 kg Saatgut. Abbildung 142 zeigt einen kombinierten Beizautomaten.

Leistung: 1–20 t/h.

Leistungsbedarf: 1–4 kW.

Preis: 10 000–30 000 DM.

Vorteile: hohe Leistung, keine Staubbelastung für das Bedienungspersonal.

Nachteile: hoher Anschaffungspreis.

4.7.4 Verfahrenvergleich

Für die breite Landwirtschaft sind für die Beizung selbst nachgebauten Saatgutes Beiztrommeln ausreichend. Zukaufssaatgut sollte den Landwirten bereits in gebeizter Form abgegeben werden. Leistungsfähige Beizautomaten gehören in die Hand von Lagerhäusern und Saatgutvermehrungsbetrieben.

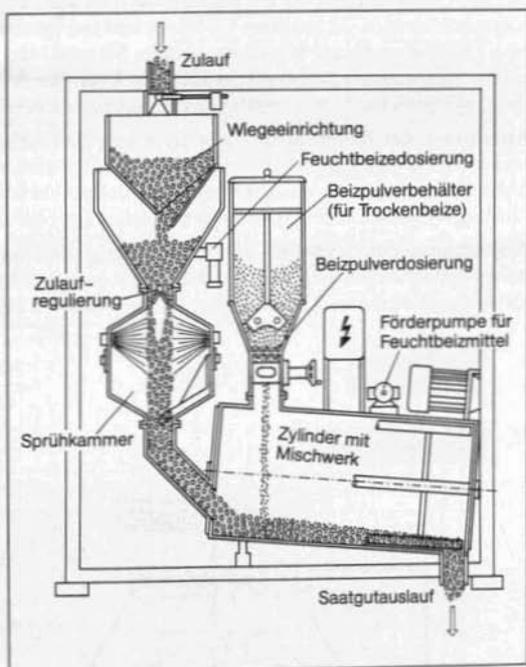


Abb. 142 Kombinierte Anlage für Feucht- und Trockenbeizung

4.8 Lagerungsanlagen

4.8.1 Anforderungen an die Technik

Unter Lagerungsanlagen wird die vollständige Einrichtung von der Annahmegrube bis zum Lagerbehälter verstanden. Je nach Verwertungsrichtung und Aufbereitung sind unterschiedlich viele Arbeitsstationen einzuplanen. Folgende Punkte sind bei der Planung zu beachten:

- ▶ Größe des Lagerraumes,
- ▶ Art des Lagerraumes,
- ▶ Behälterzahl,
- ▶ Festlegung der notwendigen Arbeitsstationen,
- ▶ Eignung der Bauarten von Arbeitsstationen,
- ▶ Anordnung der Baugruppen,
- ▶ Abstimmung der Leistung,
- ▶ Arbeitsablauf (Flußdiagramm),
- ▶ Wirtschaftlichkeit (Kontrollrechnung über die Gesamtkosten in Abhängigkeit von der Leistung).

4.8.2 Planungsgrundlagen

Behälterzahl – Größere Behälter sind – bezogen auf den Lagerraum – billiger. Die Mindestbehälterzahl wird von der Chargenzahl bestimmt. Bauliche Begrenzungen, Notwendigkeiten aus dem Betriebsablauf und Vorteile möglichst gleicher Baueinheiten können zur Unterteilung größerer Chargen führen. Grundsätzlich sollten die Lagerbehälter mit Belüftungseinrichtungen versehen werden. Andernfalls muß ein Leerbehälter für die Umlagerung eingeplant werden.

Festlegung der notwendigen Arbeitsstationen – Bei der innerbetrieblichen Getreideverwertung, beispielsweise in der Schweinemast, kann Getreide ohne Bearbeitung eingelagert werden, soweit es trocken vom Feld kommt. Geringe Verunreinigungen stören den Futterwert nur unerheblich und beeinträchtigen die Lagersicherheit bei trocken geerntetem Gut nicht. Größere Betriebe werden dennoch auf jeden Fall einen Vorreiniger beschaffen. Zur Saatguterzeugung ist eine zusätzliche Reinigungs- und Sortieranlage (Saatgutbereiter) notwendig. Die Durchlaufwaage sollte zur Ertragskontrolle und zum Absacken bei der Saatguterzeugung eingesetzt werden. In feuchten Gebieten und bei Betrieben über 40 ha Getreidefläche sollte eine Trocknungsanlage installiert werden. Sie senkt das Ernterisiko und schaltet die Gefahr großer Lagerungsverluste aus. Außerdem kann sie den Betriebsablauf erheblich vereinfachen, weil sie eine Vorverlegung des Erntebeginns ermöglicht.

Anordnung der Baugruppen – Die erforderlichen Arbeitsstationen müssen so durch Laufrohre oder Förderer verbunden werden, daß alle gewünschten Funktionsabläufe rechtzeitig ermöglicht werden. Das Getreideflußbild zeigt die verschiedenen Möglichkeiten für den Weg des Getreides vom Mähdrescher bis zum Lager (vgl. Abb. 143).

Abstimmung der Leistung – Bei der Leistungsabstimmung gilt es, zwischen den Vorzügen hoher Durchsatzleistung und den damit verbundenen Kosten für die einzelnen Geräte einen sinnvollen Kompromiß zu schließen. Damit Anlagen mit geringer Leistung den zügigen Ab-

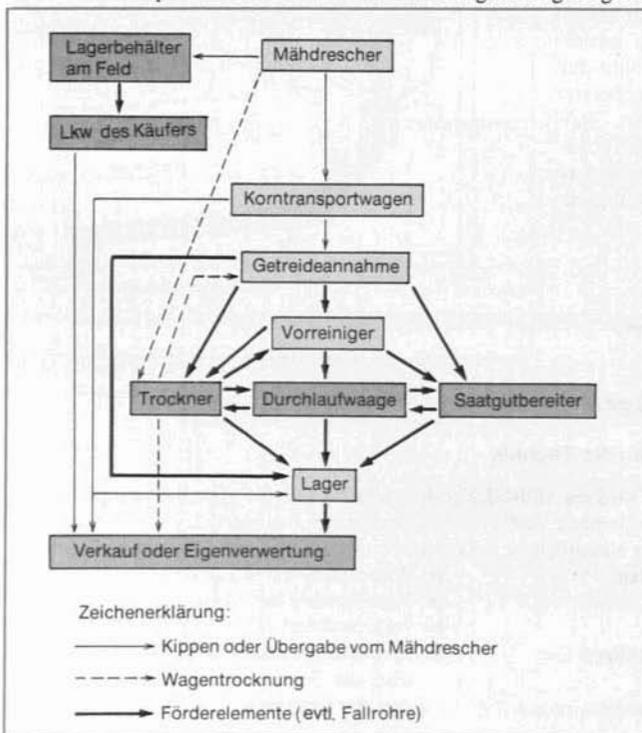


Abb. 143 Bearbeitungsstationen des Getreides bei innerbetrieblichem Getreidefluß

lauf der Ernte nicht behindern, muß das Erntegut an oder vor der Getreideannahmestelle zwischengelagert werden. Das läßt sich erreichen durch

- ▶ eine größere Zahl von Getreidetransportfahrzeugen (günstig bei Wagentrocknung),
- ▶ mobile Zwischenlagerbehälter am Feld (direkt vom Mähdrescher beschickt),
- ▶ Zwischenlager am Hof (ebene, überdachte Fläche zum Abkippen),
- ▶ große Annahmegrube,
- ▶ Lagerbehälter zwischen leistungsfähigem Förderelement und Weiterverarbeitung.

Bei nur wenigen Arbeitsstationen ist das Arbeitselement mit hoher Leistung billiger als ein Gerät mit geringer Leistung zuzüglich eines Zwischenlagerraums. Eine vergleichende Kostenrechnung muß hier den Ausschlag geben. Bei Verwendung von Vorbehältern besteht die Möglichkeit, die Arbeitselemente automatisch zu beschicken (Steuerung über Voll- und Leermelder). Dadurch können die Anlagen Tag und Nacht laufen. Diese Möglichkeit sollte man bei sehr teuren Geräten wie Trockner und Saatgutbereiter ausnutzen.

Tabelle 36: Arbeitsstationen bei der Getreidelagerung (Aufgaben, Leistungsbereiche, Anschaffungspreise)

Bearbeitungsstation	Aufgabe	Leistungsbereich t/h	Anschaffungspreis in DM
Getreideannahme	Kornübergabe vom Wagen zum Förderelement; Puffer zwischen Mähdrescher und Aufbereitung	Fassungsvermögen 1–15; Entleerungsleistung 3–40	1000–5000
Vorreiniger (Reinigungskegel)	Grobabscheidung nach Fluggewicht	6–50	1500–7000
Vorreiniger (mit Sieben)	Grobabscheidung nach Fluggewicht und Korngröße	5–10	3000–9000
Durchlaufwaage (nicht eichfähig)	zur Ertragsbestimmung	7–12	1800–2600
Durchlaufwaage (eichfähig)	Ertragskontrolle und Verwiegung zum Verkauf, Absacken von Vermehrungsgetreide	5–17	4000–8000
Saatgutbereiter	Fremdbesatzabtrennung und Korngrößensortierung, für Saatgutbetriebe notwendig	1–5	10 000–50 000
Warmluftsatztrockner	Trocknung bis zur Lagerfähigkeit	0,5–5	7500–30 000
Durchlauftrockner	Trocknung bis zur Lagerfähigkeit	1,0–10	12 000–80 000

4.8.3 Planungsbeispiele

Es werden drei Betriebe unterschiedlicher Ausgangssituation betrachtet. Über ein Flußdiagramm werden die Arbeitswege veranschaulicht. Die Eintragung der Durchsatzleistungen der einzelnen Arbeitsstationen und Förderelemente erweitert das Flußdiagramm zu einem Leistungsdiagramm.

Beispiel für den Betrieb 1

Voraussetzungen: 20 ha Getreide, Verwertung in der Schweinemast. Platz beengt; keine Möglichkeit der Unterdachlagerung.

Planungsergebnis: Die einfachste Form der Einlagerung wird gewählt; der Getreidetransportwagen übergibt das Material direkt auf ein Förderelement, das mit hoher Leistung den Lagerbehälter beschickt. Diese Möglichkeit setzt voraus, daß vollkommen trocken geerntet wird und keine Anforderungen an die Sortierung und Reinheit des Gutes gestellt werden, wie beispielsweise bei der Eigenverfütterung des Getreides.

Beispiel für den Betrieb 2

Voraussetzungen: 50 ha Getreide, davon 20 ha für Schweinemast und 30 ha für Saatgutvermehrung. Für Lagerung vorhanden: Alte Getreidescheune, Druckgebläse, Saatgutbereiter, Vorreiniger, Schnecke.

In aufgelöster Mühle sind kostengünstig zu erwerben: Durchlaufwaage, Elevator.

Planungsergebnis: Da die einzelnen Arbeitsstationen nur selten übereinander angeordnet werden können, müssen mehrere Überhebungen (Höhenförderer) eingeplant werden. Die Entnahme soll aus einer Annahmegrube erfolgen (aus dem tiefsten Punkt entnimmt eine Schnecke das Gut). Mit der zweiten Überhebung wird ein Saatgutbereiter beschickt oder aber das Gut geht direkt in den Lagerbehälter. Zur zweiten Überhebung verwendet man einen Doppелеlevator, der es ermöglicht, daß man von einem Silo Gut entnimmt, es über den Saatgutbereiter laufen läßt und ein weiteres Silo mit dem gereinigten Gut beschickt.

Beim Betrieb 2 wird unterstellt, daß das Material bereits trocken zur Annahmegrube kommt. Das wird durch eine fahrbare Trocknungsanlage erreicht, in diesem Fall durch einen Wagentrockner.

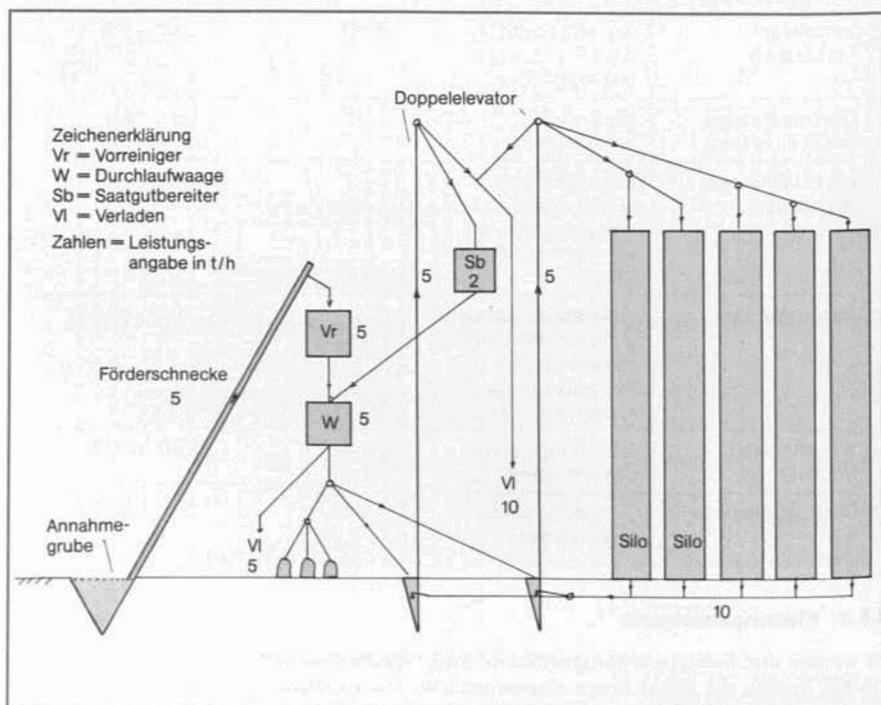


Abb. 144 Schema des Getreideflusses – Betrieb 2

Beispiel für den Betrieb 3

Voraussetzungen: 100 ha Getreide und Raps. Für die Lagerung sind vorhanden: Gebäude mit Flachspeicherböden in drei Etagen und ein leistungsschwacher Elevator.

Planungsergebnis: Auf die Speicherböden wird verzichtet. Die Zwischendecken werden herausgenommen, Hochsilos werden aus arbeitswirtschaftlichen Gründen eingeplant. Die Annahme erfolgt über einen Elevator aus einer Annahmegrube, vom Elevatorauslauf aus wird der Vorreiniger beschickt. Von dort geht das Gut über eine Durchlaufwaage in einen Strang des Doppelelevators. Bei Bedarf übergibt dieser das Gut auf den Trockner. Der zweite Strang des Doppelelevators übernimmt das getrocknete Gut und fördert es weiter zu den Lagerbehältern. Zur Auslagerung werden über Schnecken beide Elevatorstränge beschickt und es läßt sich mit 20 t/h verladen.

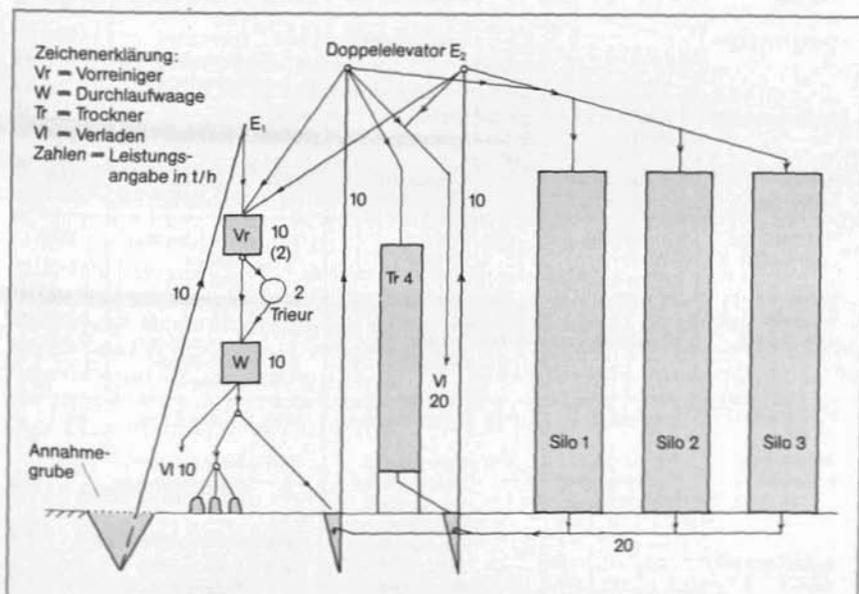


Abb. 145 Schema des Getreideflusses – Betrieb 3

4.8.4 Vergleich der drei Beispiele

Tabelle 37: Vergleich von drei Getreidelagerungsanlagen

Arbeitsstation	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3	
	Leistungs- bzw. Fassungs- vermögen	Preis in DM	Leistungs- bzw. Fassungs- vermögen	Preis in DM	Leistungs- bzw. Fassungs- vermögen	Preis in DM
Ernte/Lohn- unternehmer Korntransport	8 ha/Tag	–	8 ha/Tag	–	16 ha/Tag	–
	2 Wagen mit Aufsatzbehälter	–	1 Einachskipper 4 Trockner- wagen	–	2 Kipper je 6 t	–
Getreide- annahme	direkt in För- derschnecke 20 t/h	2500	Grube 10 t, Ent- leerungs- schnecke 5 t/h	2000 820	Grube 6 t, Ent- leerung 10 t/h Kettenelevator 6 m hoch	1000 2800

Arbeitsstation	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3	
	Leistungs- bzw. Fassungs- vermögen	Preis in DM	Leistungs- bzw. Fassungs- vermögen	Preis in DM	Leistungs- bzw. Fassungs- vermögen	Preis in DM
Vorreiniger	-	-	Siebvorreiniger	vorhanden	Siebreiniger 10 t/h	8 500
Höhenförderer	Schnecke 20 t/h	s. oben	Schnecke 5 t/h Elevator 5 t/h	vorh. 500 (gebr.)	Gurtdoppel- Elevator 10 t/h/Strang	9 000
Ablaufrohe Durchlaufwaage eichfähig	-	-	20 m 5 t/h	460 1500	40 m 10 t/h	920 7 000
Trockner	-	-	Wagentrockner 2 t/h	13 000	Durchlauftr. 4 t/h	35 000
Saatgutbereiter	-	-	Saatgutbereiter	vorh.	Trieur 2 t/h (Ergänzung zum Siebreiniger)	4 200
Wellblechsilos	140 m ³ 3 Behälter	5180 (37DM/ m ²)	350 m ³ 3 Behälter	10150 (29DM/ m ²)	700 m ³ 3 Behälter	16 800 (24DM/ m ²)
Behälter- entleerung	Befüllschnecke (s. oben)	-	versetzbare Schnecke 3 m	1200	3 eingebaute Schnecken	3 000
Belüftung des Lagerbehälters	versetzbare Gebläse 2000 m ³ /h	600	Körner- gebläse 2000 m ³ /h	vorh.	versetzbare Gebläse 3000 m ³ /h	800
Belüftungs- einbauten	Dachreiter	400	Dachreiter	600	Dachreiter	600
Bedachung	3 Aufsatzdächer	3400	Behälter im Gebäude	-	Komplettüber- dachung der Anlage	12 000
Fundamente für Silos	Trichtereinbau	1500	Trichtereinbau	2400	Trichtereinbau	4000
Installations- material	Halterung für Förderelemente Siloausrüstung	600	Material zum Anbringen der gebrauchten Maschinen und der Neuanlage	1500	Befestigung der Arbeitselemente	2000
Entstaubungs- anlage	-	-	Staubkammer Filtersäcke Gebläse	3000	Staubkammer Filtersäcke Gebläse	3000
Arbeitskosten für Installation	Aufstellung der Silos, Anbrin- gung der Schnecke	1000	Einbau der Arbeitsma- schine, Aufbau der Behälter	3500	Anbringen der Arbeitsmaschi- nen, Aufbau der Behälter	3500
Gesamtpreis der Anlage		15 180		40 630		114 120
Gesamtpreis in DM/m ³		108		116		163

Betrieb 1: Durch die Aufstellung der Lagerbehälter im Freien steigt der Preis für die Gesamtanlage beachtlich. Würde die Bedachung entfallen (das wäre der Fall, wenn man alte Gebäude nutzen könnte), dann wäre die Gesamtanlage um 22% billiger herzustellen.

Betrieb 2: Diese Anlage ist einschließlich Saatgutbereitung aufgrund der großen Zahl vorhandener Geräte und wegen der günstigen Einkaufsmöglichkeit für Elevator und Waage relativ preisgünstig.

Betrieb 3: Obwohl die neugekauften Silobehälter aufgrund ihrer Größe sehr preiswert sind, kommt die Gesamtanlage auf einen relativ hohen Preis. Das liegt daran, daß viele Arbeitsstationen neu beschafft werden müssen. Außerdem treten Kosten für die Bedachung der Anlage auf, da kein vorhandenes Gebäude genutzt werden kann.

4.8.5 Planungsalternativen

Bei einigen Umbausituationen kommt in der Praxis auch die erdlastige Flachlagerung in Frage. Im einfachsten Fall verläuft das Flußschema wie in Betrieb 1. Anstelle der versetzbaren Schnecke kann ein Förderband verwendet werden.

Bei größeren Anlagen mit Flachbehältern muß das Flußschema wie in den Beispielsbetrieben 2 und 3 aussehen, damit die notwendige Getreidebearbeitung einbezogen ist. Zur Befüllung wird dann ein weitläufiges Horizontalfördersystem notwendig, das wesentlich verteuert wirkt, wenn bei dem erdlastigen Lager nicht größere Schütthöhen verwendet werden.

5 Körnermaisbau

In den letzten Jahren ist die Körnermaisbaufläche in der Bundesrepublik Deutschland erheblich ausgedehnt worden. Ausschlaggebend hierfür waren vor allem:

- ▶ die Erfolge der Hybridmaiszüchtung, die frühabreife, sehr ertragreiche und anpassungsfähige Maissorten hervorbrachte,
- ▶ die gute Mechanisierbarkeit aller Arbeitsgänge sowie die Entwicklung neuer, vereinfachter und leistungsfähiger Verfahrenslösungen und Maschinen.
- ▶ die Entwicklung leistungsfähiger und kostengünstiger Konservierungsverfahren. Diese schufen die Voraussetzung für hohe Konservierungsleistungen (auch bei relativ hoher Kornfeuchte von 35–45%), für hohe Qualität des Erntegutes und geringe Gesamtverluste.

Heute wird versucht, diese positiven Aspekte nicht nur auf den klimatisch begünstigten Standorten, sondern auch in den sog. »Grenzlagen« des Körnermaisbaues zu nutzen.

Für die meisten Arbeitsgänge, insbesondere für Saat und Ernte des Körnermais, sind die Arbeitszeitspannen eng begrenzt. Es gilt deshalb, leistungsfähige Maschinen und Geräte einzusetzen, aber auch die Einzelmaschinen und Arbeitsgänge gut aufeinander abzustimmen, damit für das Gesamtverfahren eine hohe Schlagkraft erreicht werden kann.

5.1 Bestelltechnik

5.1.1 Saatbettvorbereitung

Das Saatbett für Mais soll eine gleichmäßig gelockerte Oberschicht über dem weitgehend unbearbeiteten oder wiederverfestigten Wurzelraum aufweisen. Dadurch wird die für ein rasches Keimen erforderliche schnelle Erwärmung der oberen Bodenschichten gewährleistet und gleichzeitig eine gute kapillare Wasserversorgung erreicht. Die Bearbeitungstiefe richtet sich nach der erforderlichen Saattiefe (normalerweise 4–6 cm, unter günstigen Voraussetzungen 3–5 cm). Das Saatbett kann verhältnismäßig rau sein, dadurch werden Verschlämmungen und Bodenerosion in der Zeitspanne bis zum »Schließen« der Maisbestände vermieden. Als Geräte für die Saatbettbereitung lassen sich die bewährten, gezogenen *Gerätekombinationen* und die *zapfwellenbetriebenen Nachbearbeitungsgeräte* verwenden. Diese wurden im Abschnitt »Bodenbearbeitung« S. 32–36 ausführlich beschrieben.

5.1.2 Einzelkornsaat

Mais ist eine Reihenfrucht. Je nach Nutzungsrichtung, Reifegruppe der gewählten Sorte und Niederschlagsverhältnissen sind unterschiedliche *Bestandsdichten* einzuhalten. Als Mittelwerte können die in der Tabelle 38 angegebenen Werte gelten.

Zu dieser angestrebten Pflanzenzahl sind *Zuschläge* für verringerte Triebkraft und Keimfähigkeit, ungünstige Standortbedingungen usw. zu berücksichtigen. Ein Zuschlag von ca. 10–20% ergibt dann die auszusäende Kornzahl je Quadratmeter. Diese Zahl und der Reihenabstand (bei Körnermais 70–80 cm, bei Silomais 60–75 cm) bestimmen den Kornabstand in der Saatreihe.

Tabelle 38: Bestandsdichten bei Mais (Mittelwerte)

FAO-Zahl	Pflanzen je m ² bei	
	Körnermais	Silomais
bis 190	12–13	14–16
200–220	10–11	12–13
230–250	8– 9	10–11
260–290	6– 7	8– 9

Tabelle 39: Kornabstand in der Reihe bei unterschiedlichem Reihenabstand und wechselnder Kornzahl pro m²

Reihenabstand in cm	Kornabstand in cm in der Reihe bei Kornzahlen pro m ²				
	6	8	10	12	14
60	28	21	17	14	12
65	26	19	15	13	11
70	24	18	14	12	10
75	22	17	13	11	10
80	21	16	13	10	9

Das Maissaatgut wird heute fast ausschließlich *kalibriert* (nach Größe und Form sortiert) angeboten. Die Breiten-, Längen- und Dickenmaße sind für die einzelnen Kalibrierungsstufen festgelegt. Je nach Herkunftsland des Saatgutes gibt es allerdings Unterschiede im Kalibrierungsschema. Durch die Saatgutkalibrierung wird neben einer Vereinheitlichung der Kornabmessungen auch eine Verbesserung der Saatgutqualität erreicht.

Silo- und Körnermais werden heute vorzugsweise mit Einzelkorn-Sämaschinen ausgesät. Nach dem Funktionsprinzip lassen sich verschiedene Bauarten unterscheiden.

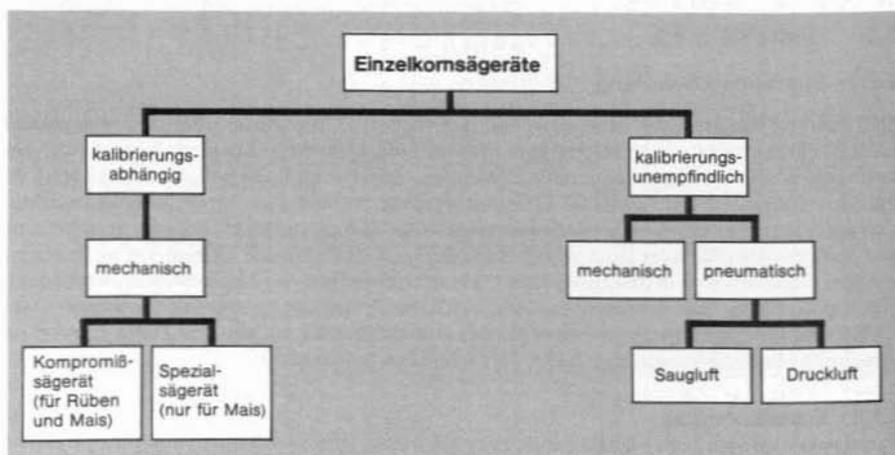


Abb. 146 Bauarten von Einzelkornsägeräten

Funktion und Aufbau – Bei den Einzelkorn-Sägeräten liegt übereinstimmend folgender Funktionsablauf vor: Das unter dem Saatgut-Vorratsbehälter angeordnete Säaggregat hat die Aufgabe, die Körner einzeln und in einem einstellbaren Abstand voneinander in die Saatsfurche abzulegen. Anschließend wird das Saatgut sorgfältig mit lockerer Erde überdeckt und angedrückt.

Mais-Einzelkorn-sämaschinen haben folgende **Bauteile**:

- ▶ Anlenkung an der Geräteschiene,
- ▶ Saatgut-Vorratsbehälter,
- ▶ Säorgan,
- ▶ Sä-schar,
- ▶ Zustreicher und Druckrolle,
- ▶ Antrieb.

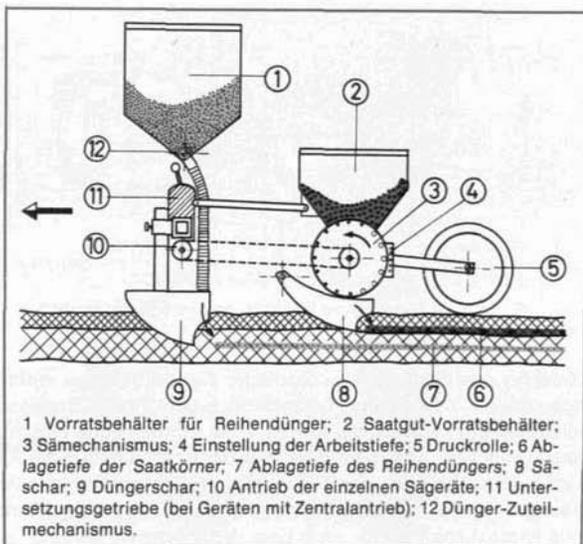


Abb. 147 Grundsätzlicher Aufbau eines Einzelkornsägerätes

Die Einzelkornsägeräte sind an der **Geräteschiene** in gerader Anzahl (4-, 6-, 8reihig) mit einfachen Schraubverbindungen angebracht. Dadurch läßt sich der Reihenabstand einfach und rasch verändern.

Der **Saatgut-Vorratsbehälter** soll möglichst groß sein (mindestens 20 l/Reihe), damit der Zeitaufwand für das Nachfüllen reduziert wird. Zum Teil werden zentrale Saatgutbehälter mit entsprechend großem Fassungsvermögen angeboten. Der Behälter sollte rasch und vollständig zu entleeren sein. Dies ist vor allem bei mehrbetrieblichem Einsatz bzw. häufigem Sortenwechsel wichtig.

Bei Bauweise und Funktion des **Säorgans** bestehen deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Bauarten:

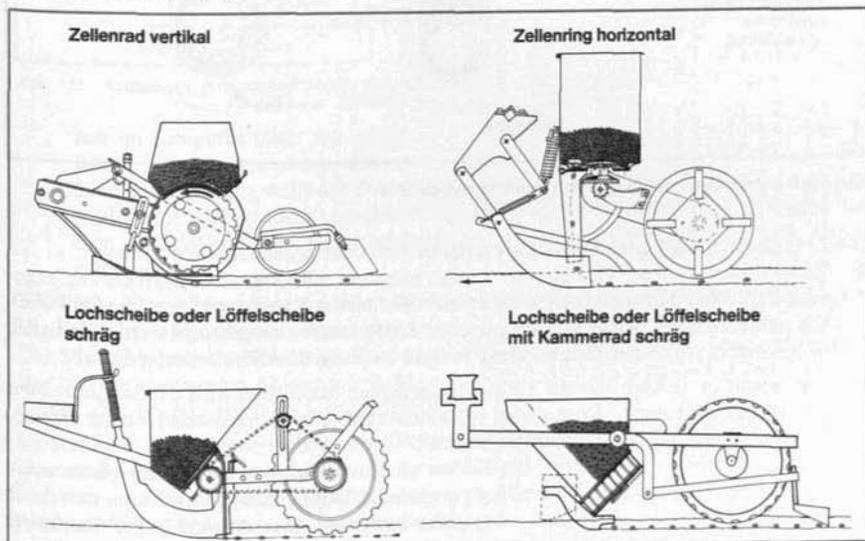


Abb. 148 Einzelkornsägeräte und unterschiedliche Kornablage

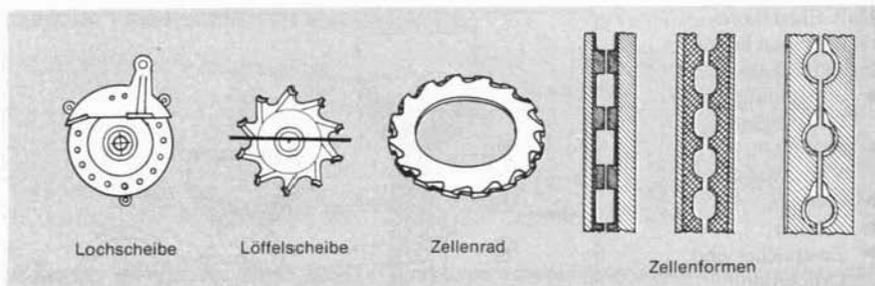


Abb. 149 Je nach Säprinzip und Anordnung des Säorgans werden unterschiedliche Zellenrädertypen verwendet

Kalibrierungsabhängige, mechanische Geräte besitzen senkrecht, schräg oder waagrecht angeordnete Zellenräder, Lochscheiben oder Löffelscheiben aus Metall, Metall mit Gummieinlage oder Kunststoff. In jede Zelle soll sich beim Durchlaufen des Saatgutvorrates ein Saatkorn legen. Abstreifer oder Abkämmlwalzen haben die Aufgabe, Doppelbelegungen zu verhindern. Die Güte der Zellenbelegung ist vor allem von der Umlaufgeschwindigkeit des Säorgans, verfügbarer Befüllstrecke im Saatgutbehälter, Abstimmung von Zellenabmessung und Saatgut abhängig. Je nach Lage des Säorgans ergibt sich eine unterschiedliche Fallhöhe. Sie ist bei senkrecht angeordneten Zellenrädern am geringsten, beim waagrecht angeordneten Zellenrad am größten.

Die *kalibrierungsunempfindlichen Säsysteme* erfüllen besonders gut die wesentlichen Forderungen bei der Maissaat: weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber Kornform und -größe, exakte Einzelkornablage, hohe Arbeitsgeschwindigkeit, gleichmäßige Arbeitstiefe, stabile Bauweise.

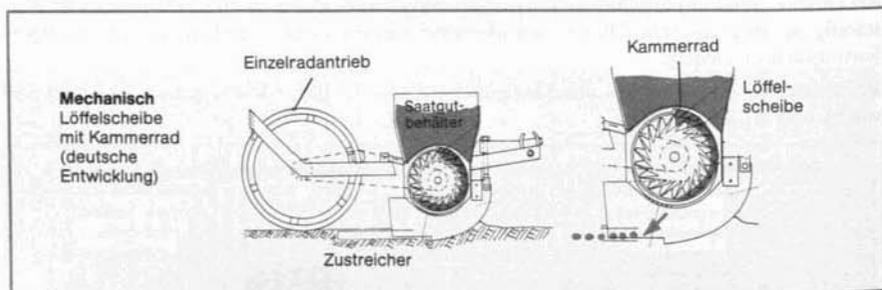


Abb. 150 Aufbau einer mechanischen Einzelkornsämaschine

Die Ablagesysteme arbeiten nach dem mechanischen oder pneumatischen Prinzip.

- ▶ **Mechanisches System:** Verbessertes Löffelradsystem mit längs zur Fahrtrichtung angeordneter Löffelscheibe und synchron damit rotierendem Kammerrad (geringe Fallhöhe). Alle mittleren Kornformen können mit einer Löffelscheibe ausgebracht werden, lediglich für besonders groß- und kleinkörniges Saatgut ist je ein Sonderlöffel erforderlich.
- ▶ **Pneumatisches System:** Für die Einzelkornbelegung der Zellen wird ein Saugluft- oder Druckluftstrom benutzt. Dieser wird von einem zapfwellenbetriebenen Gebläse erzeugt, welches bis zu 8 Schlauchanschlüsse besitzt.
 - Beim *Saugluftsystem* werden die Körner an eine rotierende Lochscheibe oder einen Lochring (ein oder zwei Lochreihen) angesaugt. Doppelbelegungen lassen sich durch feststehende oder verstellbare Abstreifer entfernen. Der Abwurf in die Saatfurche erfolgt direkt vom Säorgan oder durch ein zwischengeschaltetes Kammerrad.
 - Das *Druckluft-Spülsystem* besitzt ein Zellenrad mit trichterförmigen Bohrungen, die

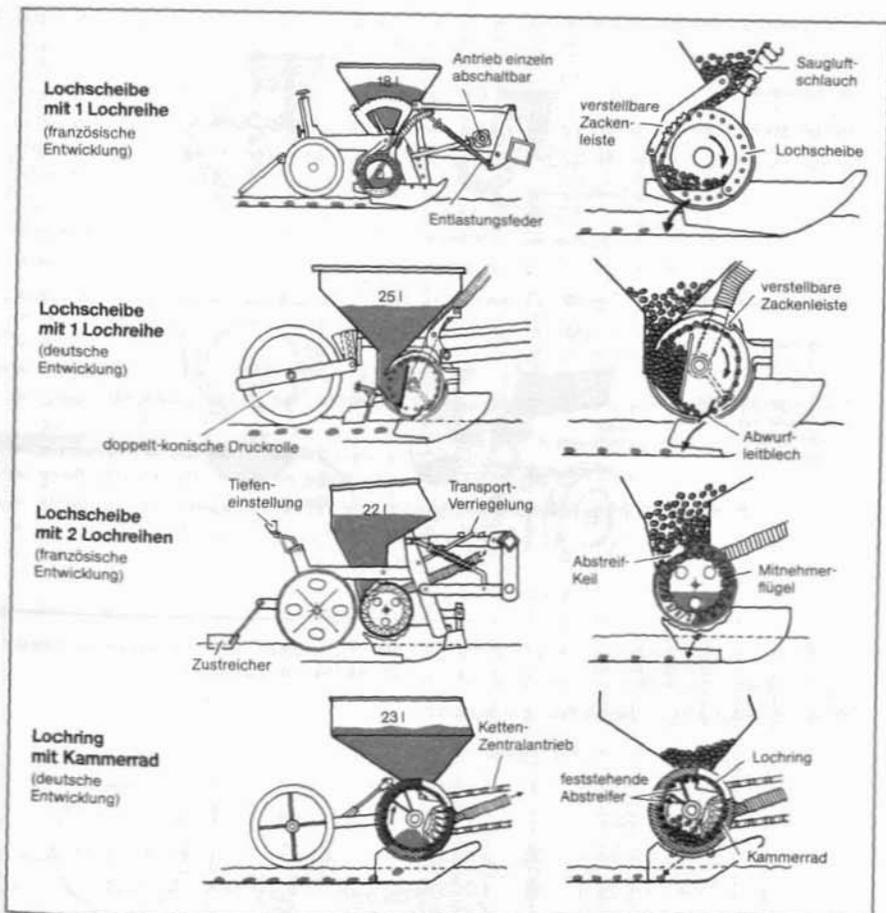


Abb. 151 Aufbau von pneumatischen Einzelkornsämaschinen (Saugluftprinzip)

sich im Saatgutbehälter mit mehreren Körnern füllen. Ein Druckluftstrahl spült alle Körner bis auf eines heraus, dieses wird in die Saatfurche abgelegt (Abb. 152, S. 126).

- Eine Sonderlösung stellt das *Druck-Trag-System* dar. Es besitzt ein zentrales Säorgan (rotierende, mit Druckluft beschickte Lochtrommel) für 4–6 Reihen. Die Körner werden anschließend vom Druckluftstrom in den Verteilerschläuchen bis zum Sächar geblasen.

Nach dem Abwurf vom Säorgan fallen die Saatkörner in die vom *Sächar* gezogene Furche. Die Fallhöhe soll gering sein, damit gleichmäßige Abstände in der Reihe entstehen. Das Sächar ist meist säbelförmig, damit auch bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit und rauhem Saatbett die angestrebte Ablagetiefe sicher eingehalten wird. Die Einstellung des Tiefganges erfolgt über Lochleisten oder Schraubspindeln.

Verstellbare *Zustreicher* ziehen anschließend lockeren Boden über die Saatfurche. Die *Druckrolle* dient zur Tiefenführung und verdichtet gleichzeitig den Boden im Bereich des Saatkornes. Dadurch soll die Wasserversorgung und die Keimung begünstigt werden. Zur Zeit wird die doppeltkonische Metalldruckrolle mit verstellbaren Scheibenteilen bevorzugt. Abstreifer sollen das Ankleben von Boden bei feuchten Einsatzbedingungen verhindern. Ein Walkgummi-Überzug bewirkt eine gleichmäßige Tiefenführung und gute Selbstreinigung.

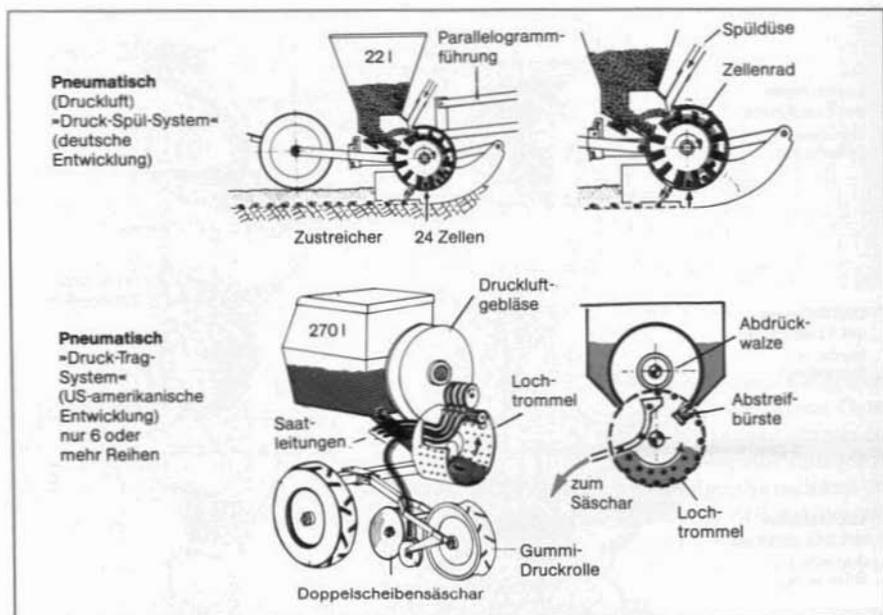


Abb. 152 Aufbau von pneumatischen Einzelkornsämaschinen (Druckluftprinzip)

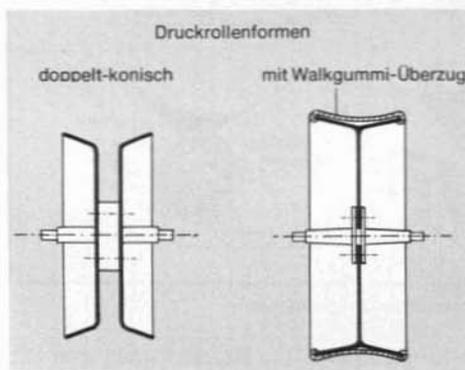


Abb. 153 Druckrollenformen bei Einzelkornsämaschinen

Der **Antrieb** erfolgt bei modernen Geräten vorwiegend durch einen Zentralantrieb. Große Gummilaufrollen mit ausgeprägtem Profil treiben über eine gemeinsame Antriebswelle alle Säorgane zugleich an. Mit einem Norton-Getriebe oder Wechsel-Kettenrädern läßt sich der Kornabstand in der Reihe für alle Säorgane gemeinsam verstellen.

Der Einzelantrieb von der Druckrolle wird seltener verwendet. Hier werden unterschiedliche Kornabstände in der Reihe an jedem Gerät gesondert durch den Austausch von Kettenrädern eingestellt.

5.1.3 Geräteeinsatz

Die Bestellzeitpanne für Mais ist relativ knapp bemessen. Daher werden an die Einzelkornsämaschinen hohe Anforderungen hinsichtlich hoher Flächenleistung, guter Ablagequalität, Funktionssicherheit und rentabler Maschinennutzung (große Einsatzfläche je Saison) gestellt. Da die zulässige Straßenfahrbreite 3 m beträgt, werden zur Zeit 4reihige Anbau-Einzelkornsämaschinen bevorzugt. Geräte mit Überbreite sind für den Straßentransport mit einer Längsfahrvorrichtung ausgerüstet.

Bei den verschiedenen Säsystemen liegen jeweils optimale *Fahrgeschwindigkeitsbereiche* vor. Bei den kalibrierungsabhängigen Sägeräten beträgt die günstigste Fahrgeschwindigkeit ca. 4–5 km/h, bei den kalibrierungsunempfindlichen Säsystemen 6–7 km/h (bei Kornabständen von ca. 15–16 cm in der Reihe. Bei geringeren Kornabständen ist die Fahrgeschwindigkeit entsprechend zu verringern). Zwischen Fahrgeschwindigkeit und Ablagequalität bestehen enge Wechselbeziehungen. Bei Überschreiten der vorher genannten günstigen Fahrgeschwindigkeiten ist mit einem sprunghaften Rückgang der Ablagegenauigkeit zu rechnen.

Vor der Saat sollte unbedingt eine *Abdreprobe* (Einhalten der gewünschten Kornzahl je Quadratmeter) sowie Kontrolle der Einzelkornbelegung (gegebenenfalls Verstellung des Abstreifers) vorgenommen werden. Eine Nachkontrolle beim Feldeinsatz ist unerlässlich.

Insgesamt weist eine moderne Einzelkornsämaschine für Mais folgende **Merkmale** auf:

- ▶ großer, leicht zu entleerender Saatgutbehälter (mindestens 20 l/Reihe),
- ▶ Säorgan unempfindlich gegenüber unterschiedlichen Kornformen und -größen,
- ▶ exakte Einzelkorn erfassung und -ablage,
- ▶ Säbelschar für sicheres Einhalten der Saatgutablagtiefe bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit,
- ▶ einfache Tiefeneinstellung,
- ▶ große Druckrolle, unempfindlich gegen Verkleben,
- ▶ sicherer Antrieb mit einfacher Verstellung des Kornabstandes in der Reihe,
- ▶ durch stabile Bauweise hohe Funktionsicherheit,
- ▶ bei pneumatischen Maschinen geringes Gebläsegeräusch.

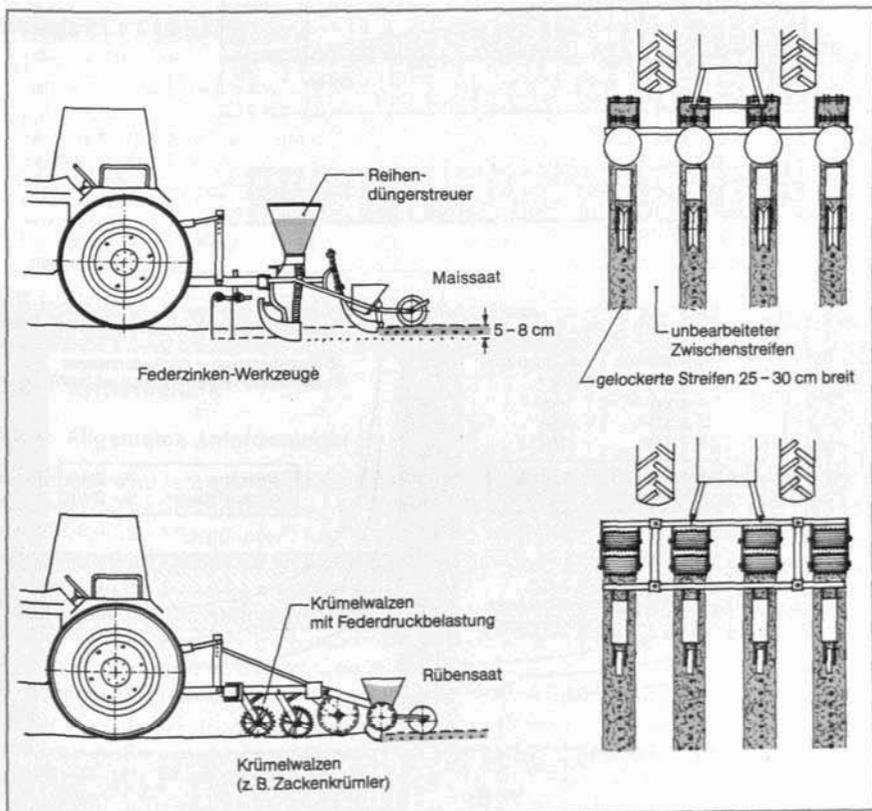


Abb. 154 Streifenbearbeitung bei der Mais- bzw. Rübensaat

5.1.4 Reihendüngung

Für die Reihendüngung werden von allen Sägeräteherstellern entsprechende Zusatzeinrichtungen angeboten. Die Reihendüngung soll

- ▶ die Jugendentwicklung des Mais fördern,
- ▶ seine Frostempfindlichkeit vermindern und
- ▶ eine gleichmäßige Ausreife bewirken.

Die Düngerbehälter sind auf der Einzelkornsämaschine aufgebaut (Inhalt 50–70 l/Reihe). Eine Dosiervorrichtung teilt den Dünger über Kunststoffschläuche den einzelnen Scharen zu. Das Düngeband soll etwa 5 cm seitlich und 5 cm tiefer als das Saatgut liegen. Bauweise (z. B. Doppelscheibenschar) und Anlenkung des Düngerschares müssen das Einhalten dieser Abstände gewährleisten.

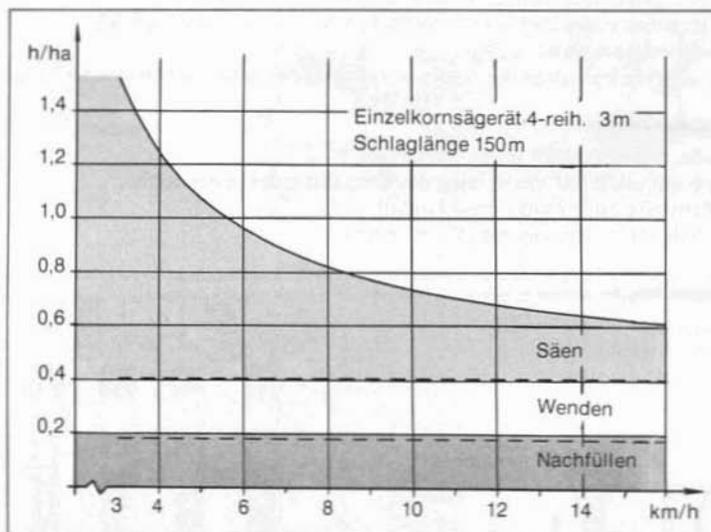


Abb. 155 Haupt- und Nebenzeit bei der Maissaat in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit

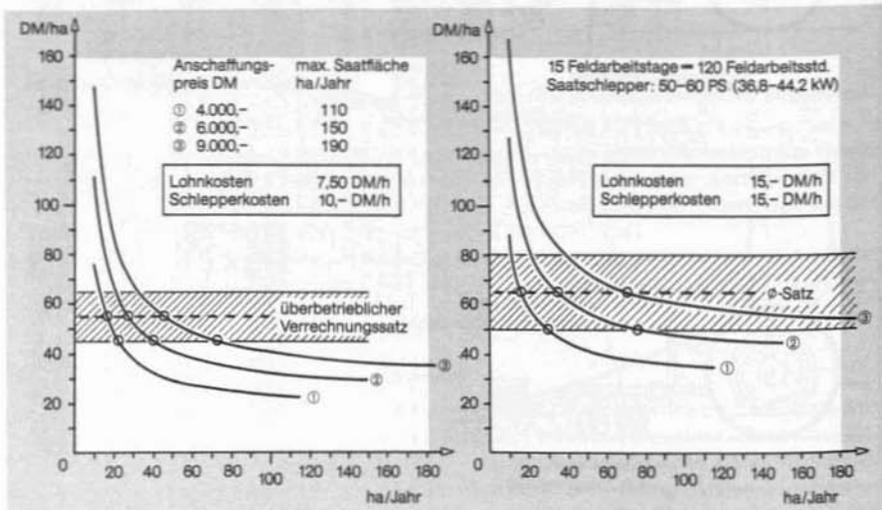


Abb. 156 Kosten der Arbeitserledigung bei der Maissaat

5.1.5 Minimal-Bestelltechnik bei Mais

Da ein Steigern von Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitsbreite problematisch ist, wird auch bei der Maissaat versucht, durch das Zusammenfassen von Bodenvorbereitung und Aussaat in einer kombinierten Bestellmaschine Arbeitszeiteinsparungen zu erzielen (Abb. 154). Auf schwereren Böden wird eine ganzflächige Minimal-Bestellung mit Kombinationen von Zapfwelleneggen und angebauten Einzelkornsämaschinen (auch pneumatischen Systemen) bevorzugt. Auf leichteren und mittleren Böden kann eine Streifenbearbeitung durchgeführt werden. Schmale Federzinken- oder Krümelwalzenaggregate, die frontseitig am Schlepper oder direkt am Geräte-Grundrahmen angeordnet sind, lockern einen ca. 25–30 cm breiten Streifen des Bodens. Die Zwischenstreifen bleiben unbearbeitet und sollen Bodenverschlammungen und -erosionen verhindern.

5.1.6 Gerätevergleich

Tabelle 40: Arbeitszeitbedarf, Flächen- und Saisonleistung bei unterschiedlichen Verfahrenskombinationen der Maisbestellung

Verfahren	Arbeitszeitbedarf AKh/ha	Flächenleistung	
		ha/h	ha/Saison
Saatbettbereitung und Saat in getrennten Arbeitsgängen <i>ohne</i> Reihendüngung	1,21	0,83	ca. 66
dgl. <i>mit</i> Reihendüngung	1,39	0,72	ca. 58
Bestellkombination Zapfwellenegge mit Einzelkorn-Sämaschine <i>ohne</i> Reihendüngung	0,73	1,37	ca. 110
dgl. <i>mit</i> Reihendüngung	0,91	1,10	ca. 88
Ackerschlepper 57 kW 4reihige Einzelkornsämaschine Schlaggröße/Länge: 2 ha/300 m		120 000 Körner/ha 2,0 dt/ha Reihendünger Fahrgeschwindigkeit 6,5 km/h	

¹⁾ 10 Feldarbeitstage (8 h/Tag)

Die Kosten der Arbeiterledigung hängen sehr wesentlich von der jährlichen Einsatzfläche der Maschinen, dem Anschaffungspreis sowie den Schlepper- und Lohnkosten ab (Abb. 156).

5.2 Erntetechnik

5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Körnermais wird sehr spät im Herbst geerntet, ist also eine »späträumende« Fruchtart. Das zunehmende Schlechtwetterisiko, die Gefahr höherer Feldverluste (z. B. durch das Zusammenbrechen der Maispflanzen) und nachfolgende Arbeitsgänge (z. B. Pflugfurche, Winterweizenbestellung) haben zur Folge, daß an die Erntetechnik einige wesentliche Forderungen zu stellen sind:

- ▶ schlagkräftige und verlustarme Ernte,
- ▶ Unempfindlichkeit der Erntemaschinen gegen hohe Kornfeuchte,
- ▶ hohe Funktionssicherheit des Gesamtverfahrens,
- ▶ hohe Saisonleistungen und kostengünstige Arbeiterledigung.

Da frisch geernteter, feuchter Körnermais nicht lagerfähig ist und sofort aufbereitet werden muß, sind im Gesamtverfahren »Körnermaisernte« auch entsprechende leistungsfähige Konservierungsmethoden vorzusehen (vgl. Abschn. 4.3, S. 82).

Die Maschinen zur Körnermaisernte lassen sich in drei wesentliche *Verfahrensgruppen* einteilen.

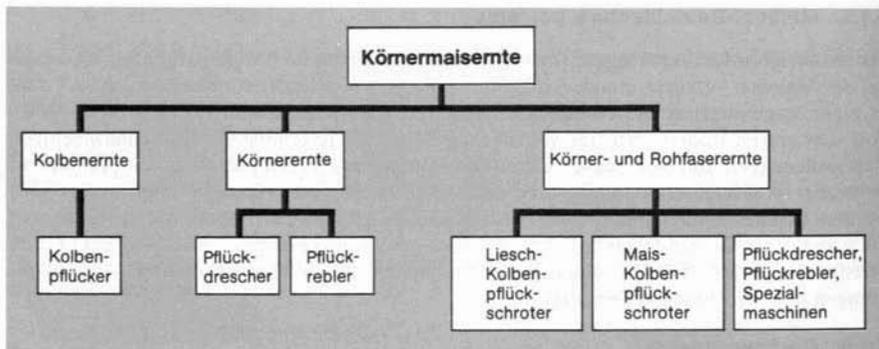


Abb. 157 Übersicht über die Verfahren der Körnermaiserte

5.2.2 Kolbenernte

Die Standarderntemaschine dieses Verfahrens ist der Kolbenpflücker. Die verschiedenen Bauarten werden danach unterschieden, ob die Kolben auf einem normalen Transportwagen oder in einem Bunker gesammelt werden.

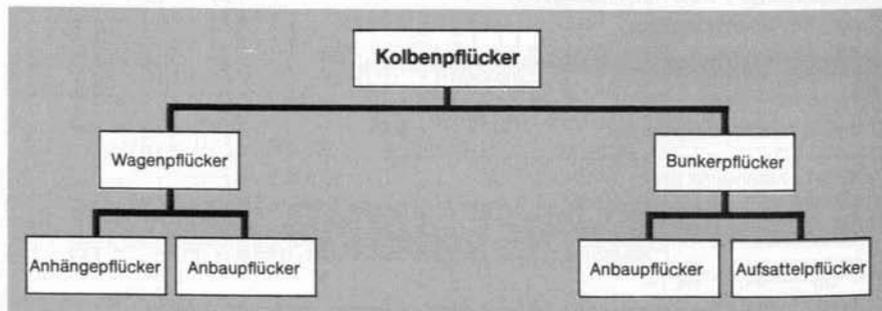


Abb. 158 Bauarten von Kolbenpflückern

Wagenpflücker (vorwiegend gezogene Kolbenpflücker) laufen seitlich hinter dem Schlepper. Durch das Hintereinanderhängen von Schlepper, Pflücker und Wagen entsteht ein verhältnismäßig langer Zug. Für kleinparzellierte Flächen und schmale Vorgewende ist dieses Verfahren daher wenig geeignet.

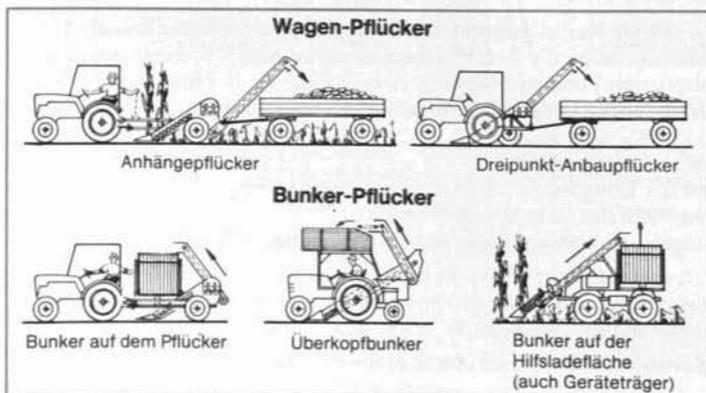
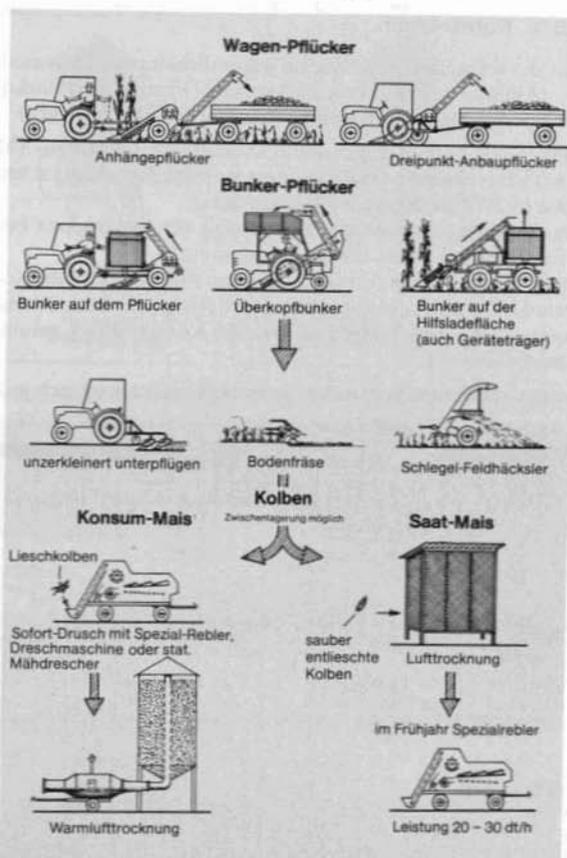


Abb. 159 Aufbau eines Kolbenpflückers

Abb. 160 Erntegeräte und Folgearbeiten beim Verfahren »Kolbenpflücker«



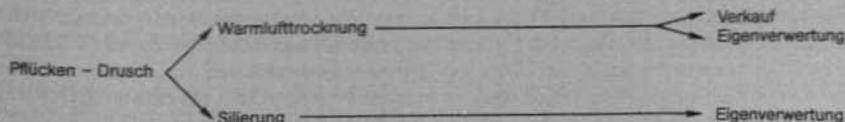
Bunkerpflücker sind meist als Aufsattel- oder Dreipunkt-Anbaupflücker konstruiert. Sie stellen kompakte, wendige Erntemaschinen dar, bei zunehmender Bunkerfüllung wird die Schlepper-Antriebsachse belastet. Dreipunkt-Pflücker in Seitenwagenbauart bieten eine gute Sicht auf die Pflückvorrichtung.

Beim Erntevorgang trennen gegenläufige Profil-Pflückwalzen den Maiskolben vom Stengel. Dabei wird der Kolben bereits teilweise entliescht. In der Regel ist aber ein besonderer Entlieschtisch zum Entfernen der restlichen Lieschblätter nachgeschaltet,

da sonst Kolbentrocknung und Drusch erschwert werden. Für das Entkörnen der Kolben werden vorwiegend spezielle, schonend arbeitende Maisrebler verwendet.

In der Bundesrepublik Deutschland beschränkt sich der Einsatz der Kolbenpflücker auf Saatmais-Erzeugerbetriebe. Dort werden auch die noch vorhandenen Konsummaisflächen mit dem Kolbenpflücker geerntet, um eine rentable Maschinennutzung zu erreichen. Im Gesamtverfahren der Kolbenernte sind im wesentlichen zwei Varianten üblich:

Futtermais:



Saatmais:

Pflücken - Vortrocknung - Drusch - Endtrocknung - Verkauf als Saatgut (auf ca. 25% Feuchte)

Abb. 161 Übersicht über das Gesamtverfahren »Kolbenernte«

5.2.3 Körnerernte

Für die Körnerernte werden im wesentlichen zwei Erntemethoden eingesetzt:

- ▶ Mähdrescher mit Maispflückvorsatz (Verfahren »Pflückdrusch«),
- ▶ Spezial-Maiserntemaschine (Verfahren »Pflückrebler«).

Das früher vielfach angewandte »Mähdrusch-Verfahren« (Mähdrescher mit Mais-Mähvorsatz) hat weitgehend an Bedeutung verloren. Sein Einsatz beschränkt sich heute auf Sonderfälle (z. B. stark lagernde Maisbestände).

Im Gesamtaufbau und der Anordnung der Baugruppen besteht beim Pflückdrescher und Pflückrebler weitgehende Übereinstimmung.

Beim Erntevorgang werden von einem Pflückvorsatz die Kolben vom Stengel getrennt und dem Dreschaggregat zugeführt. Dort erfolgt die Entkörnung der Kolben. Auf den nachfolgenden Siebvorrichtungen werden die Körner sauber gereinigt und anschließend im Korn-tank gesammelt.

In den speziellen, konstruktiven Einzelheiten zeigen sich jedoch typische Unterschiede.

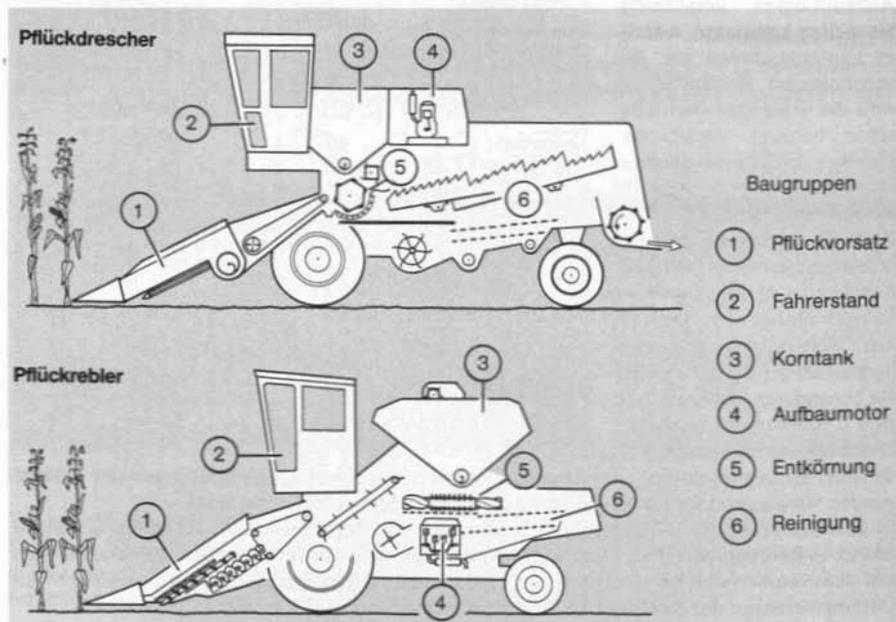
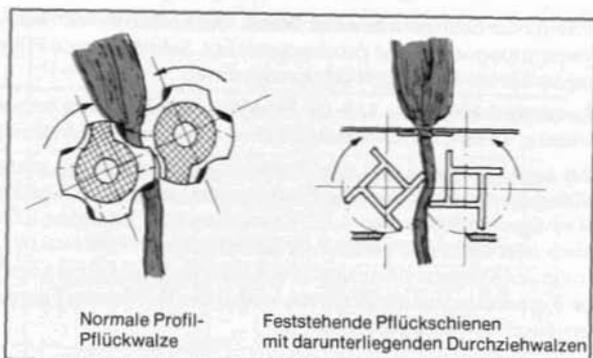


Abb. 162 Anordnung der Baugruppen bei Körnermais-Erntemaschinen (SF)

Pflückdrusch – Beim Verfahren »Pflückdrusch« wird als Grundmaschine der normale Getreide-Mähdrescher benutzt. Da bei der Körnermaisernte ein wesentlich sperrigeres, voluminöseres Pflanzenmaterial und ein grobkörniges Erntegut zu verarbeiten sind, müssen am Mähdrescher einige Änderungen vorgenommen werden. Nur dann sind ein einwandfreier Ausdrusch, sauber gereinigtes Erntegut und geringe Verluste zu erreichen.

Moderne *Maispflückvorsätze* besitzen Pflückvorrichtungen mit feststehenden Pflückschienen und darunter angeordneten, schnell rotierenden Reißwalzen. Diese zahnradartig ineinandergreifenden Reißwalzen ziehen den Maisstengel durch den Spalt, der von den Pflückschienen gebildet wird und der auf den Stengeldurchmesser eingestellt werden kann. Dabei wird der Kolben von der Pflanze abgesprengt. Die Maiskolben kommen also nicht mit den rotierenden Walzen in Berührung, dadurch verringern sich die Verluste erheblich. Durch flache Bauweise des Pflückvorsatzes lassen sich auch lagernde Bestände verlustarm ernten.

Abb. 163 Bauarten von Maispflückvorrichtungen



Die normale *Schlagleisten-Dreschtrommel* wird mit Abdeckblechen rundum verkleidet. Beim Drusch muß die Trommeldrehzahl verringert werden. Die günstigste Trommel-Umfangsgeschwindigkeit liegt bei 13–17 m/s.

Tabelle 41: Trommel-Umfangsgeschwindigkeiten beim Maisdrusch

Trommel-Durchmesser cm	Dreschtrommel-Drehzahl	
	13 m/s	17 m/s
	bei Umfangsgeschwindigkeit 1/min	
45	550	725
56	445	580
60	415	540

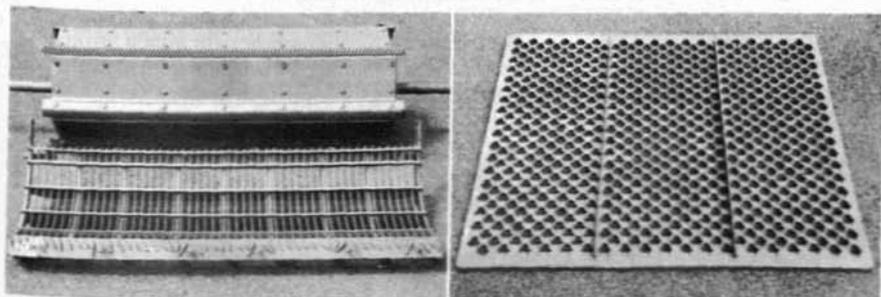


Abb. 164 (links) Für den Maisdrusch mit dem Mährescher muß die Dreschtrommel verkleidet und der Dreschkorb ausgetauscht werden; (rechts) Eine einwandfreie Reinigung des Maiserntegutes läßt sich nur mit Spezialsieben (z. B. mit Nasensieben) erreichen

Der spezielle Maisdreschkorb besitzt große Durchgänge, damit die groben Maiskörner rasch abgeschieden werden können und kein erhöhter Bruchkornanteil entsteht. Der Kornabstand ist an die vorliegenden Erntebedingungen anzupassen und richtet sich nach Kornfeuchte, Kolben- und Spindeldurchmesser und Strohanteil. Für die Reinigung werden *Spezialsiebe* (z. B. Nasensiebe, Groß-Lamellensiebe) verwendet.

Pflückrebler – Beim Pflückrebler wird z. T. noch der konventionelle Profilwalzen-Pflückvorsatz, zunehmend jedoch der Pflückschienen-Reißwalzen-Pflückvorsatz verwendet.

Der Ausdrusch erfolgt hier in einem sehr schonend arbeitenden *Rebelaggregat*. Dies besteht aus einem feststehenden Korb und dessen Mantel aus Rundstahlstäben. Innen rotiert eine mit

Stiften oder Schlägern besetzte Walze. Die Kolben werden kontinuierlich durch das Rebelaggregat transportiert und dabei ausgerieben. Selbstfahrende Pflückrebler sind mit zwei parallel angeordneten Rebelaggregaten ausgerüstet.

Zusatzeinrichtungen – Um die Funktion der Maschinen besser überwachen und steuern zu können, werden für Großmähdrescher verschiedene Zusatzeinrichtungen angeboten.

Bei *Lenkautomaten* sind zwei Tastbügel auf dem Pflückvorsatz angebracht. Diese tasten die Maisreihe ab und führen die Erntemaschine automatisch entlang der Pflanzenreihe.

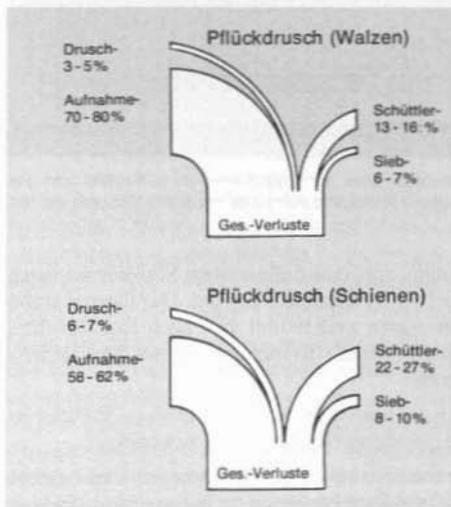
Wichtige Antriebswellen (z. B. Dreschtrommel, Schüttler, Körnerlevator) werden elektronisch überwacht und auftretende Störungen zum Fahrerstand gemeldet. Monitore zur Kontrolle der Körnerverluste sind an Schüttler und Siebkasten angebracht. Sie melden die jeweilige Verlustrate zum Fahrerstand, so daß der Durchsatz (Fahrgeschwindigkeit) entsprechend gesteuert werden kann.

5.2.4 Einsatz der Kolben- und Körner-Erntemaschinen

Bei allen Verfahren wird die ordnungsgemäße, verlustarme Ernte sehr wesentlich durch die richtige Sortenwahl beeinflusst. Dadurch können die Voraussetzungen für gute Standfestigkeit, gleichmäßige Kolbenausbildung und -abreife geschaffen werden. Außerdem gewährleisten Sorten mit hochangesetzten, aufrechtstehenden und walzenförmigen Kolben einen einwandfreien Pflückvorgang.

Schleppergezogene Erntemaschinen werden meist zweireihig, selbstfahrende Maschinen mit zwei- bis achtreihigen Erntevorsätzen je nach Mähdrescherbauweise, vorhandener Antriebsleistung usw. angeboten. Schleppergezogene Erntemaschinen sind nicht frontschneidend, auch bei Selbstfahrern ist dies erst ab dreireihiger Arbeitsweise gewährleistet.

Die mechanische Belastung der Erntemaschinen ist beim Maisdrusch relativ hoch, da ein sehr grobes Erntematerial zu verarbeiten ist. Die Belastung der Maschine durch das Maisstroh ist abhängig vom Pflückvorsatz. Während beim konventionellen Profilwalzen-Pflückvorsatz nur sehr geringe Mengen an Maisstroh in die Maschine gelangen, kann dies unter ungünstigen Erntebedingungen beim Pflückschienen-Reißwalzen-Pflückvorsatz bis zu 30% des gesamten Pflanzenmaterials betragen. Rebelaggregate reagieren empfindlicher auf hohen Strohanfall als die Schlagleisten-Dreschtrommel. Bei Kostenberechnungen wird unterstellt, daß z. B. die Beanspruchung des Mähdreschers beim Maisdrusch etwa doppelt so hoch zu veranschlagen ist wie beim Getreidedrusch.



Die Sauberkeit des Erntegutes ist bei richtiger Maschineneinstellung (Dreschwerk, Siebe) und dem Pflanzenbestand angepaßtem Maschineneinsatz (optimale Vorfahrt usw.) bei beiden Ernteverfahren sehr gut. Das Erntegut kann im allgemeinen ohne zusätzliche Nachreinigung der Warmluft-trocknung zugeführt werden.

Die entstehenden Verluste haben verschiedene Ursachen.

Abb. 165 Die verschiedenen Verlustquellen haben beim Pflückdrusch und Mähdrusch einen unterschiedlich hohen Anteil an den Gesamtverlusten

Tabelle 42: Verlustarten, Ursachen und Abhilfe bei der Körnermaisernte

Verlustarten	Ursachen	Abhilfe
Feldverluste	niedergebrochene Pflanzen	Anbau standfester Sorten, rechtzeitige Ernte
Pflückverluste (ca. 60% der Gesamtverluste)	Lagernde Pflanzen, niedrige Kolbenansatzhöhe, ungeeigneter Pflückvorsatz, unsachgemäße Bedienung	Sortenwahl, richtige Fahrgeschwindigkeit, Verwenden des Pflückschiene-Reißwalzen-Vorsatzes
Druschverluste	falsch eingestelltes Dreschwerk	richtige Einstellung von Trommeldrehzahl und Korbabstand
Schüttelverluste (ca. 25% der Gesamtverluste)	Zu hohe Trommeldrehzahl (Körner werden auf den Schüttler geschleudert), hoher Strohanfall, Schüttleröffnungen verstopft	richtige Trommeldrehzahl, Anbau kurzstrohiger Sorten, Verwenden von Abscheidehilfen (Querschüttler, Intensivschüttler, Zentrifugalabscheider), regelmäßige Maschinenreinigung
Siebverluste	feuchte Erntewitterung (Siebe verkleben), falsche oder verschmutzte Siebe	Ernte bei günstiger Witterung, richtige Siebwahl und -einstellung, regelmäßige Siebreinigung, richtige Einstellung des Reinigungswindes
Gesamtverluste ca. 3–5%		

Der Anteil von **Körnerbeschädigungen** (Bruchkorn im Erntegut) wird im wesentlichen beeinflusst von Kornfeuchte, Trommelumfangsgeschwindigkeit und Korbabstand. Sie können durch die Wahl des richtigen Erntezeitpunktes und sorgfältige Maschineneinstellung verringert werden. Bei ca. 40% Kornfeuchte und richtiger Maschineneinstellung ist mit etwa 7–10% Bruchkornanteil im Erntegut zu rechnen.

Tabelle 43: Leistungsbedarf verschiedener Erntemaschinen

Verfahrensart		kW
Kolbenpflücker, gezogen	1reihig	25–30
Pflückrebler, gezogen	1reihig	30–35
Pflückrebler, Selbstfahrer	3reihig	ab 60
Mähdrescher mit Pflückvorsatz, gezogen	2reihig	ab 40
Mähdrescher mit Pflückvorsatz, Selbstfahrer	4reihig	ab 75
Strohschläger für Maisstrohzerkleinerung, gezogen	je m Arbeitsbreite	10–15

5.2.5 Strohverarbeitung

Der Zustand des Maisstrohes, d. h. wie es von der Erntemaschine auf dem Feld hinterlassen wird, ist ausschlaggebend dafür, welche Geräte für die verschiedenen Folgearbeiten eingesetzt werden können.

Ernte



Mais-Pflückvorsatz
1-Breihg

Pflückrescher oder Pflückreblen

Stroh

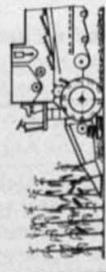
Schlegelhäckslar
oder Spezial-Strohschläger



Bodenfräse
auch komb. mit Drillmaschine



Unterbau-Strohschläger
horizontal oder vertikal rotierend

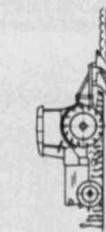


Strohsteppich

Konservierung

Körner

unzerkleinert unterpflügen

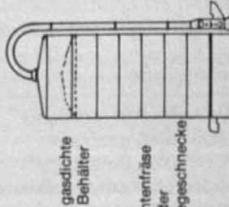


Anbau-Strohhäckslar



Strohsteppich

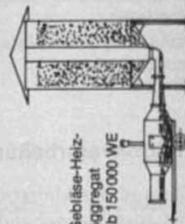
luftdichte Lagerung



gasdichte
Behälter

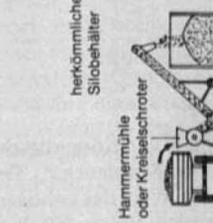
Unterräse
oder
Fegeschnecke

Wärmult-Trocknung
Satz- und Durchlauftrockner



Gebläse-Heiz-
Aggregat
ab 150 000 WE

Einsäuerung
(geschrotete Körner)

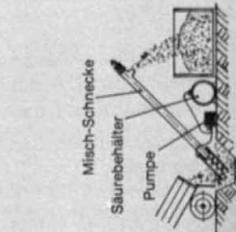


Hammermühle
oder Kreiselschroter

herkömmliche
Silobehälter



Einsäuerung mit
Propionsäurezusatz



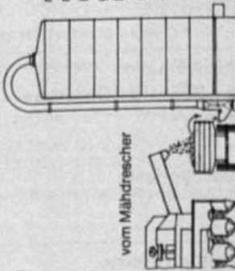
Misch-Schnecke

Säurebehälter

Pumpe

Kornspindelgemisch

Einsäuerung (grob zerkleinert)



nach Zerkllein-
erung auch
im weniger
gasdichte
Behälter

vom Mähdrrescher

Unter- oder
Oberfräse

zur Zerkllein-
erung und Fütterung

Abb. 166 Übersicht über die Ernte und die Folgearbeiten bei der Maisernte mit dem Mähdrrescher

Ein Ernten des Körnermaisstrohes ist aus fütterungstechnischen Gründen interessant (Futtermittelwert ähnlich wie mittleres Wiesenheu), und technische Lösungen hierfür werden bereits angeboten. Das Verfahren hat sich jedoch bislang noch nicht in größerem Umfang einführen können.

Der überwiegende Anteil des Maisstrohes wird in den Boden eingearbeitet. Die hohe Feuchte und die vorhandenen Inhaltsstoffe lassen zwar eine rasche Verrottung des Körnermaisstrohes im Boden erwarten, seine sperrige Beschaffenheit, die Gesamt-Strohmenge und die infolge des späten Erntezeitpunktes gehemmte Mikroorganismenaktivität im Boden verhindern jedoch ein rasches Ingangkommen der Umsetzungsvorgänge.

Im allgemeinen ist ein *Zerkleinern* des Maisstrohes zweckmäßig. Nur auf sehr günstigen

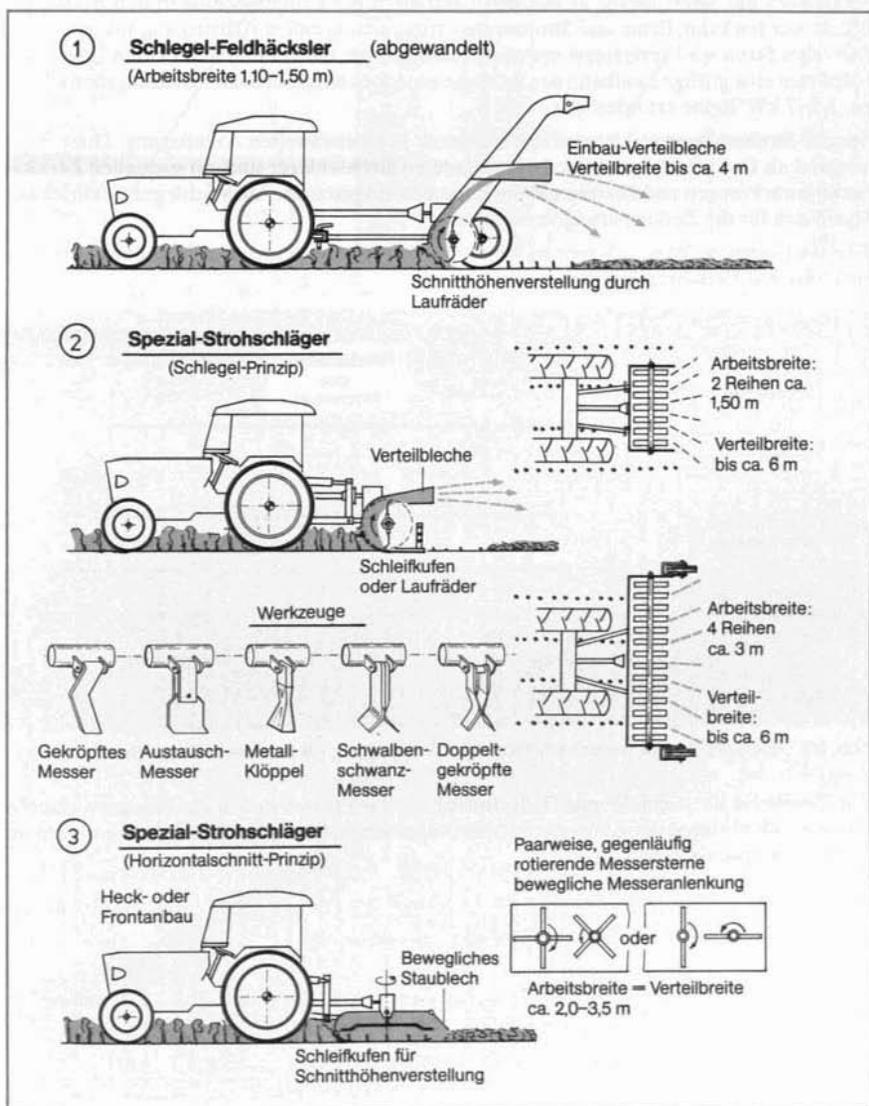


Abb. 167 Maisstroh-Zerkleinerungsgeräte

Standorten (leichte, tätige Böden, günstiges Klima) kann Maisstroh unzerkleinert mit geeigneten Bodenbearbeitungsgeraten eingearbeitet werden (z. B. Pflug mit großen Durchgängen und entsprechenden Vorwerkzeugen, Bodenfrese). Wegen der Gefahr von Störungen bei der nachfolgenden Bodenbearbeitung und Bestellung sollte diese Methode auf Sonderfälle beschränkt bleiben.

Die Erntemaschinen werden in zunehmendem Umfang mit Anbau-Strohhackslern zur Verarbeitung des Maisstrohes ausgestattet, welches die Maschine durchläuft. Das auf dem Feld niedergeknickt stehende Stroh muß ebenfalls exakt zerkleinert werden. Dies erfolgt vorwiegend mit Unterbau- oder Spezial-Strohschlagern.

Unterbau-Strohschläger sind unter dem Pflückvorsatz der Erntemaschine angeordnet und zerkleinern das Stroh, bevor es von den Laufrädern der Erntemaschine in den Boden gedrückt werden kann. Ernte und Strohzerkleinerung sind in einem Arbeitsgang zusammengefaßt, alles Stroh wird zerkleinert und die Erntemaschine findet bei sehr feuchten Bodenverhältnissen eine griffige Laufbahn vor. Je Reihe ist jedoch ein zusätzlicher Leistungsbedarf von ca. 3,5–7 kW/Reihe erforderlich.

Spezial-Strohschläger zerkleinern das Maisstroh in einem zweiten Arbeitsgang. Diese, vorwiegend als Dreipunkt-Anbaugeräte verwendeten Strohschläger sind mit speziellen Zerkleinerungswerkzeugen und Breitverteileranlagen ausgestattet. Auch Schlegel-Feldhackler lassen sich für die Zerkleinerung verwenden.

Für das *Gesamtverfahren* »Strohzerkleinerung, Bodenbearbeitung und Bestellung« ergeben sich folgende Verfahrenskombinationen:

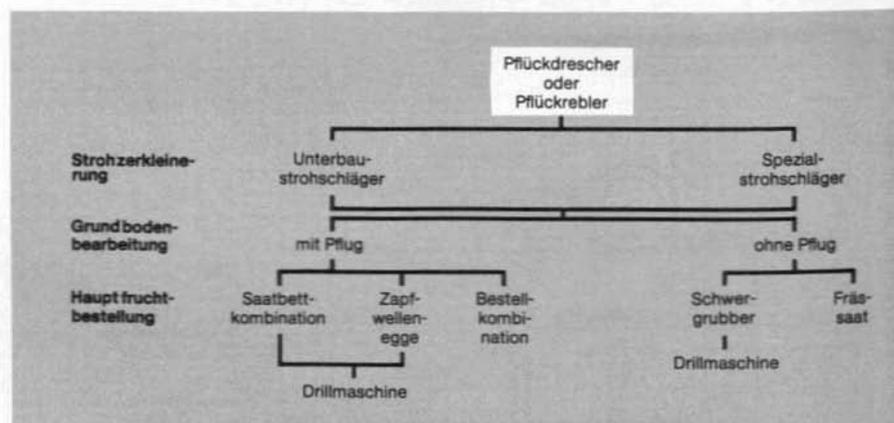


Abb. 168 Übersicht über die Gesamtverfahren »Strohzerkleinerung – Bodenbearbeitung – Bestellung«

Die Geräte für die nachfolgende Hauptfruchtbestellung haben sich in das Gesamtverfahren nahtlos und leistungsmäßig abgestimmt einzufügen und sollten gegenüber Pflanzenresten im Boden unempfindlich sein.

5.2.6 Verfahrensvergleich für die Kolben- und Körnerernte

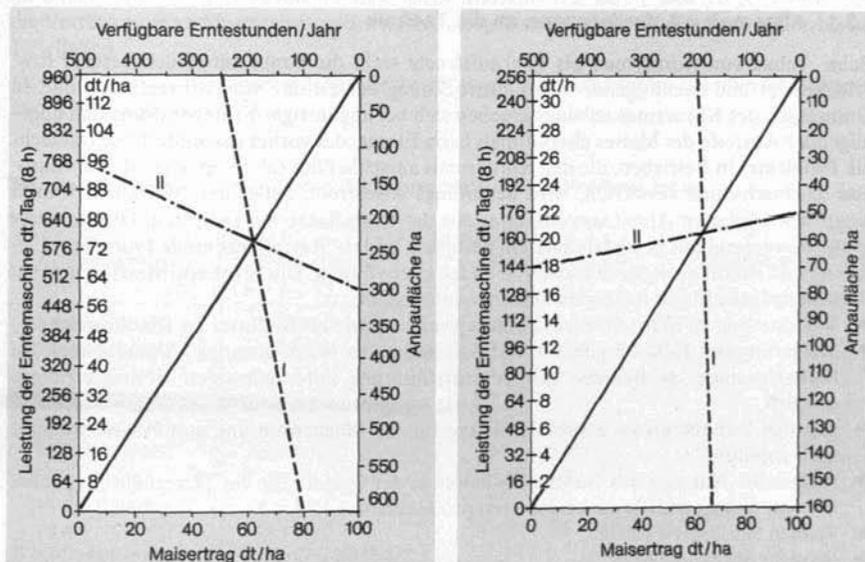


Abb. 169 und 170 Ermittlung der Erntekapazität bei der Maisernte

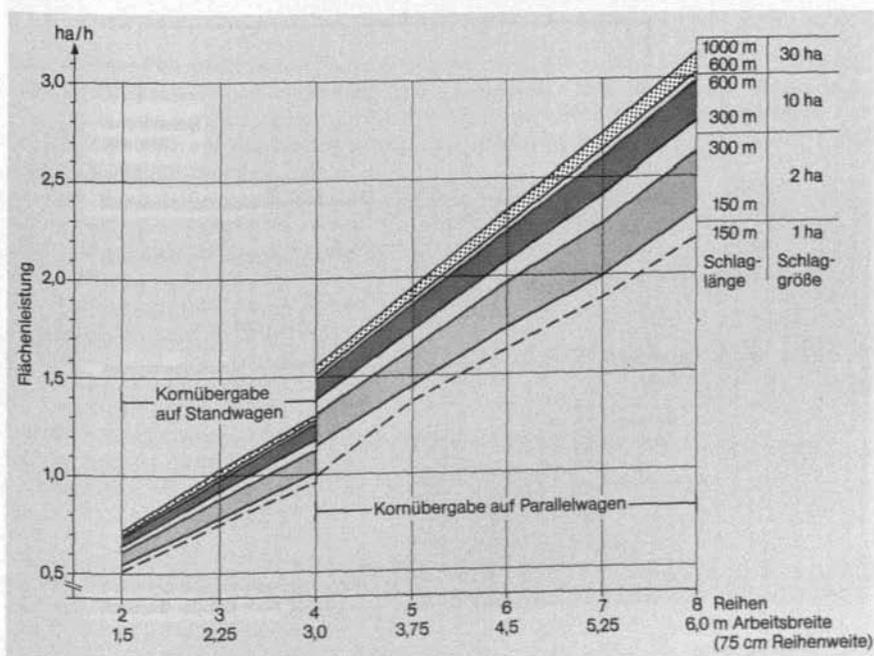


Abb. 171 Flächenleistung bei der Körnermaisernte (SF-Mähdrescher mit Pflückvorsatz, Fahrgeschwindigkeit 5,5 km/h)

5.3 Ernte von Maiskörnern und Rohfaserträgern

5.3.1 Allgemeine Anforderungen an die Technik

Beim Anbau von Körnermais als Verkaufsfrucht stellt die Ernte mit Pflückdrescher bzw. Pflückrebler und nachfolgende Warmlufttrocknung derzeit das Standardverfahren dar. In Grenzlagen des Körnermaisbaues ergeben sich bei ungünstiger Erntewitterung und ungenügender Ausreife des Maises aber oftmals beim Einsatz der vorher geschilderten Erntetechnik Probleme. In Betrieben, die den Körnermais ausschließlich oder vorwiegend über Mast- und Zuchtschweine verwerten, wird neuerdings angestrebt, außer den Maiskörnern auch einen bestimmaren Anteil von Rohfaser aus der Restpflanze mit zu ernten. Die Rohfaser sollte vorwiegend aus den Maisspindeln bestehen, andere Restpflanzenteile (vor allem Lieschen) sind aus fütterungstechnischen Gründen unerwünscht. Die Ernte von Maiskörnern mit Rohfaserträgern ist aus folgenden Gründen interessant:

- ▶ Verfütterung an Mastschweine, Zuchtschweine, sowie als Beifutter an Rinder möglich,
- ▶ Steigerung des Rohfasergehaltes auf den optimalen Wert, günstige Verdaulichkeit bei Mastschweinen, ad libitum- bzw. Vorratsfütterung unter günstigen Voraussetzungen möglich,
- ▶ günstige technologische Struktur, wichtig für die Mechanisierung von Futterentnahme und -zuteilung,
- ▶ zusätzliche Nutzung des Nährstoffgehaltes in der Spindel für die Tierernährung, daher höherer Ertrag an Kilostärkeeinheiten pro Hektar,
- ▶ Senken der Ernteverluste,
- ▶ geringer Siloraumbedarf.

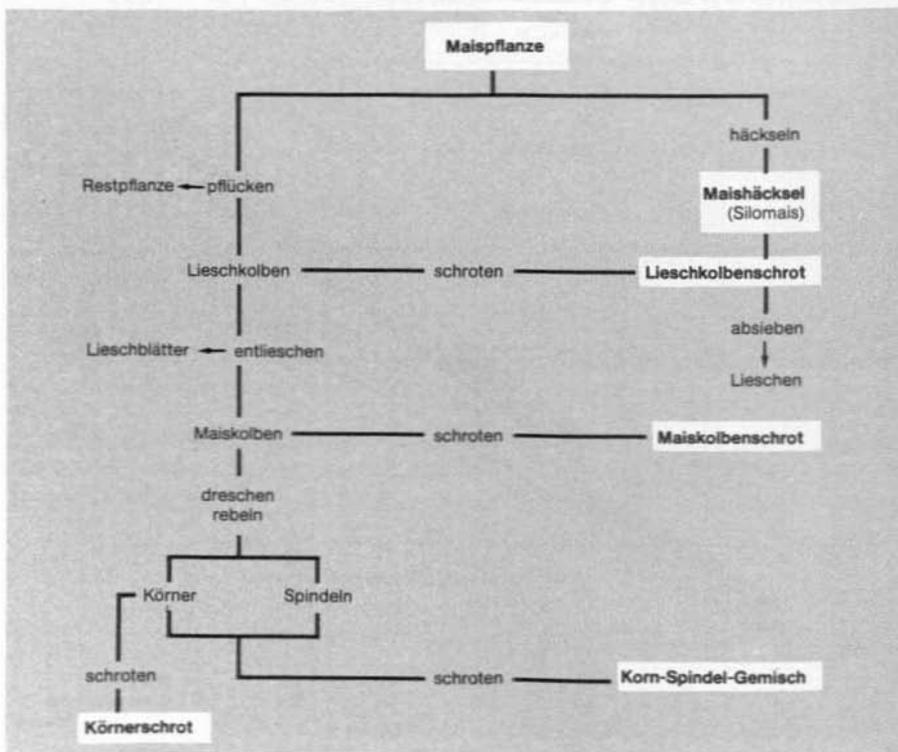


Abb. 172 Flußbild für Erntegüter und Ernteverfahren bei der Feuchtmaisernte

Je nach Ernteverfahren und Zusammensetzung des Erntegutes liefert die Maispflanze sehr unterschiedliche Ernteprodukte. Gemische von Maiskörnern und Rohfaserträgern sollten für die Verfütterung an Mastschweine einen Rohfasergehalt von ca. 5–8%, für Zuchtsauen bis ca. 12% haben.

Das Erntegut hat bei verschiedenen Ernteverfahren unterschiedliche Zusammensetzungen und Rohfasergehalte.

Tabelle 44: Ernteverfahren, Erntegutzusammensetzung und Rohfasergehalt

Erntemaschine	Bezeichnung	Erntegut-	
		Zusammensetzung	Rohfasergehalt %
Lieschkolben-Pflückschroter	Lieschkolben-schrot	100% Körner 100% Spindeln 80–100% Lieschen bis 20% Stengel	10–15
Maiskolben-Pflückschroter	Maiskolben-schrot	100% Körner 100% Spindeln bis 10% Lieschen	6–10
Pflückdrescher bzw. Pflückrebler	Korn-Spindel-Gemisch (Corn-Cob-Mix)	100% Körner bis 95% Spindeln	5–8

5.3.2 Erntetechnik

Lieschkolben-Pflückschroter werden ein- und mehrreihig als Anbau-, Anhänge- oder selbstfahrende Erntemaschinen angeboten. Das Grundgerät stellt einen Exakt-Feldhäcksler (Trommel- bzw. Scheibenradprinzip) dar, welcher mit einem Pflückaggregat ausgestattet ist. Die Zerkleinerung der Kolben erfolgt durch Reibeinsätze im Häckslergehäuse, durch Nachschneideeinrichtungen (Recutter) bzw. Spezial-Vielfessertrommel mit besonderem Reibeinsatz. Ernte und Zerkleinerung erfolgen also in einem Arbeitsgang.

Durch das Miternten der gesamten Lieschen und eines Teils der Maisstengel liegt der Rohfasergehalt bei ca. 10–15%. Er läßt sich auf den für die Schweinefütterung erforderlichen Gehalt senken, wenn überflüssige Rohfaserträger nachträglich in Absiebvorrichtungen (Trommelsieb, Flachsieb) abgetrennt werden.

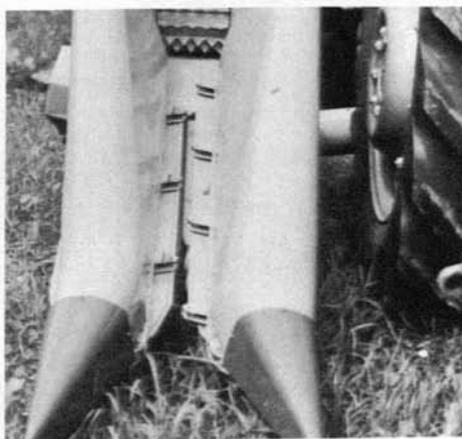


Abb. 173 Einreihiger Pflückvorsatz an einem Exaktfeldhäcksler

Maiskolbenpflückschroter besitzen dagegen in der Erntemaschine spezielle Vorrichtungen für ein gezieltes Abtrennen der unerwünschten Rohfaserträger (Entlieschwalzen, Kettenrekbänder, Abtrennwalzen). Das Zerkleinern erfolgt in speziellen Schroteinrichtungen, der

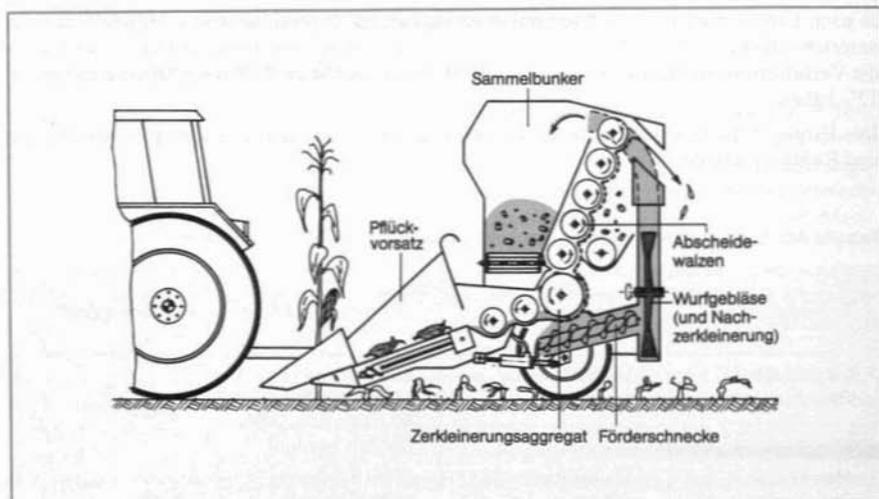


Abb. 174 Funktion eines Maiskolbenpflückschroters

Zerkleinerungsgrad ist teilweise verstellbar. Das geschrotete Erntegut wird in einem Bunker gesammelt. Das Erntegut enthält nur ca. 6–10% Rohfaser.

Als **Erntemaschinen für Maiskorn-Spindel-Gemisch** lassen sich mit einigen Umbaumaßnahmen und spezieller Maschineneinstellung Pflückdrescher und Pflückrebler verwenden.

Beim Pflückrebler wird lediglich ein Spezial-Obersieb für die Rückgewinnung der Maisspindeln verwendet.

Bei richtiger Maschineneinstellung ist es möglich, einen hohen Anteil der Maisspindeln mitzuernten, unerwünschte Rohfaserträger jedoch abzusondern. Das grob zerkleinerte Erntegut

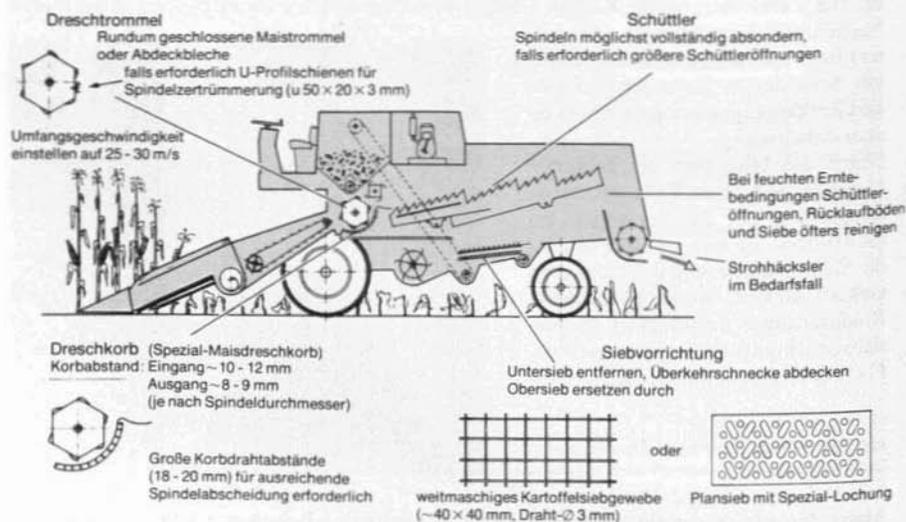


Abb. 175 Umbauarbeiten und spezielle Ausstattung des Pflückdreschers für die Ernte von Maiskorn-Spindel-Gemisch

hat einen Rohfasergehalt von ca. 5–8%. Es kann in gasdichte Silos ohne zusätzliche Zerkleinerung eingelagert werden.

Bei Silierung im Flachsilos oder nicht gasdichten Hochsilos ist es zweckmäßig, das Erntegut vor der Einlagerung zu zerkleinern. Hierfür bieten sich Recutter, Kreisel Schroter, Hammermühlen usw. an. Da die Verarbeitungsleistung der Ernteleistung angepaßt sein sollte und der Leistungsbedarf der Zerkleinerungsaggregate relativ hoch ist, werden in zunehmendem Umfang Dreipunkt-Anbaus Schroter (zum Teil mit Gebläse zur Befüllung von Hochsilos) für Schlepperantrieb verwendet. Der Leistungsbedarf beträgt durchschnittlich ca. 3–5 kW/t.

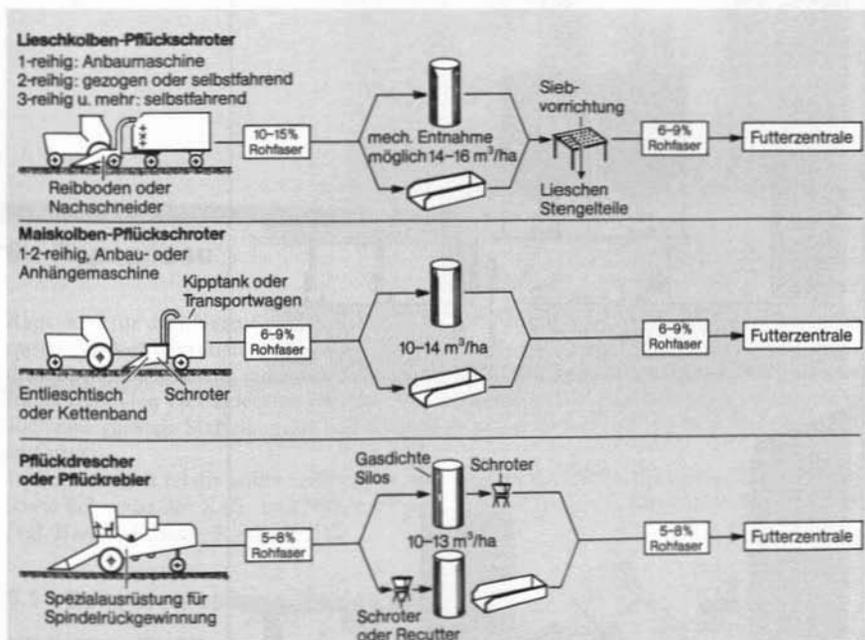


Abb. 176 Ernteverfahren für Kolbenschat und Korn-Spindel-Gemisch

Hinsichtlich Erntemenge und Bedarf an Siloraum ergeben sich zwischen den verschiedenen Erntegütern nur geringfügige Unterschiede.

Tabelle 45: Erntemengen und Siloraumbedarf bei verschiedenen Erntegütern

Erntemaschine	Erntegut	Erntemenge dt/ha	Siloraumbedarf m³/ha
Lieschkolben-Pflückschroter	Lieschkolbenschat	110–150	14–16
Maiskolben-Pflückschroter	Maiskolbenschat	90–110	10–14
Pflückdrescher bzw. Pflückrebler	Korn-Spindel-Gemisch	90–100	10–13

Beim gesamten Verfahren müssen Ernte, Einlagerung, Konservierung, Entnahme und Verfütterung sorgsam aufeinander abgestimmt sein. Bei der Beurteilung der Verfahren in technischer und ökonomischer Hinsicht ist zu berücksichtigen, daß bei einigen Erntemaschinen eine vielseitige Verwendbarkeit besteht (z. B. Pflückdrescher: Getreideernte, Körnermaisernte,

Maiskorn-Spindel-Gemisch-Ernte; Lieschkolben-Pflückschroter: Futterernte, Silomaisern- te, Lieschkolbenerte).

Im Einzelbetrieb ist die Erntefläche meist zu gering, um die Leistung der Erntemaschinen voll ausnutzen zu können. Eine Eigenmechanisierung ist dann nicht sinnvoll und rentabel. Im Einzelfall ist daher die Möglichkeit eines überbetrieblichen Einsatzes zu prüfen und gegebenenfalls vorzuziehen.

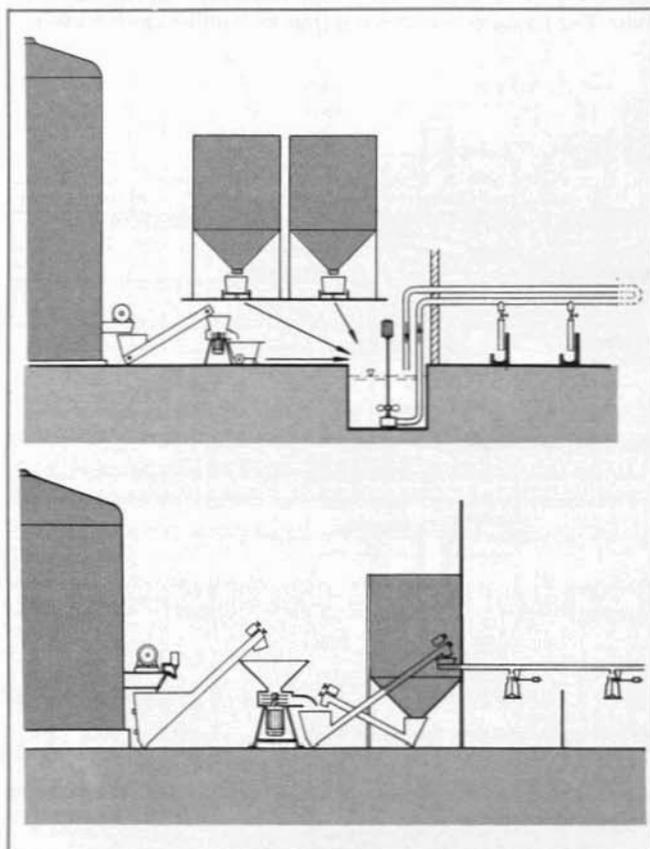


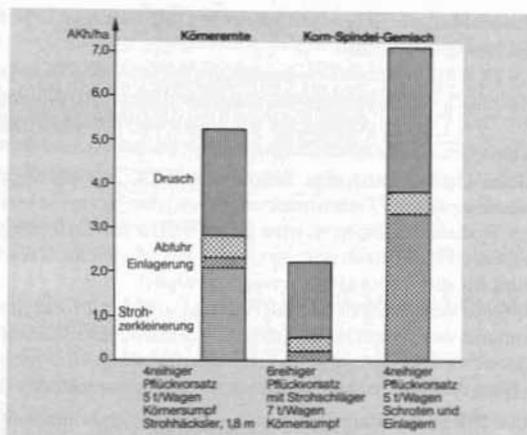
Abb. 177 Vollmechanische Anlagen zum Aufbereiten, Beimischen von Ergänzungsfutter und Verteilen von Maiskolbensilage (unten) in fester Form, (oben) in flüssiger Form

Tabelle 46: Leistungsbedarf und Flächenleistung der Erntemaschinen

Erntemaschine	Reihenzahl	Leistungsbedarf kW	Flächenleistung ha/Tag ¹⁾
Anbau-Pflückschroter	1	45-60	1,5-2,0
Anhänge-Pflückschroter	2	75-90	3,0-4,0
SF-Pflückschroter	4	130-160	6,5-7,0
Pflückdrescher (dazu Schroter)	4	75-110 (45-75)	5,5-6,0

¹⁾ 8 Stunden pro Tag

Abb. 178 Vergleich des Arbeitszeitbedarfs bei verschiedenen Mais-ernteverfahren



6 Rapsanbau

Raps wird für drei Nutzungsrichtungen angebaut: Zur Gewinnung von Pflanzenöl (Schlagraps), zur Vermehrung und als Zwischenfruchtfutter bzw. -düngung. Spezialisierte Mähdruschbetriebe schätzen nicht nur seine guten Vorfruchteigenschaften. Da er noch vor den frühreifenden Getreidearten (Winter- und Sommergerste) druschreif wird, ermöglicht er auch eine günstige Staffelung des Mähreschereinsatzes sowie einen erfolgreichen Zwischenfruchtanbau.

In Gebieten mit relativ hoher Luftfeuchte, auf tiefgründigen Böden mit guter Wasserführung sowie bei optimaler Kalk- und Nährstoffversorgung ist der Rapsanbau am ertragssichersten (vgl. Band 1 B, Kap. 3, Abschn. 1).

6.1 Bodenbearbeitung, Saat und Pflege

Die Rapsamen sind sehr feinkörnig, haben ein relativ niedriges 1000-Korn-Gewicht und infolge des geringen Energiegehaltes nur eine begrenzte Triebkraft. Alle Maßnahmen bei der Bodenvorbereitung und Saat müssen deshalb darauf abzielen, durch Schaffen eines optimalen Keimbettes möglichst günstige Auflauf- und Wachstumsbedingungen zu erreichen.

Die **Bodenbearbeitung** beginnt sofort nach dem Räumen der Vorfrucht. Nach einer Stoppelbearbeitung mit Schwergrubber, Spatenrolle usw. folgt wenig später eine mitteltiefe Saatsfurche. Da ein gut abgesetzter Boden eine der Grundvoraussetzungen für einen gleichmäßigen Aufgang der Rapsaat darstellt, andererseits jedoch die Zeitspanne bis zur Rapsbestellung zu kurz ist, um ein natürliches Absetzen des Bodens zu erreichen, sind spezielle Maßnahmen beim Pflügen erforderlich. Meist wird eine »schüttende« Pflugfurche angestrebt. Auch die Koppelung des Pfluges mit einem kombinierten Nachläufer (Krümelwalze und Krumpacker hintereinander angeordnet) hat sich bewährt. Auf mittleren und leichteren Böden kann damit in einem Arbeitsgang das Feld weitgehend saatsfertig vorbereitet werden. Auf schwereren Böden ist für die Saatsbettvorbereitung meist nur noch ein zusätzlicher Arbeitsgang mit einer Gerätekombination oder Zapfwellenege erforderlich. Neben einer entsprechenden Krümelung des Bodens ist auf eine ausreichende Verdichtung des Saathorizontes zu achten.

Die **Aussaat** erfolgt mit der normalen Drillmaschine. Die Entwicklung der Einzelpflanze wird entscheidend durch die Reihenweite und Aussaatstärke bestimmt. Angestrebt werden ca. 40–60 Pflanzen/m². Als Reihenweite hat sich der doppelte Getreideabstand (ca. 30 cm) am besten bewährt. Die Aussaatmengen haben sich u. a. nach den regionalen Witterungs- und

Entwicklungsbedingungen zu richten. Sie betragen z. B. in den wesentlichen Anbaubereichen Schleswig-Holsteins:

5. August = 2 kg/ha	20. August = 6 kg/ha
15. August = 4 kg/ha	Ende August = 8 kg/ha.

Beim Drillen wird eine Saattiefe von ca. 2–3 cm angestrebt. Ein Belasten der normalen Säschare (durch Federdruck oder Gewichte) ist meist nicht erforderlich. Bei besonders lockerer Bodenoberfläche werden Schleifkufen zur Tiefenbegrenzung an den Scharen angebracht und die Felder nach der Saat angewalzt (Problem: Verschlämmungsgefahr). Scheibenschare sind für die Rapsaussaart weniger geeignet.

Infolge des geringen Saatgutbedarfes und des im Vergleich zu Getreide größeren Reihenabstandes werden oft in den Saatgut-Vorratsbehälter Einsatzbleche eingebaut. Das Saatgut liegt dann nur über den wirklich benötigten Auslauföffnungen der Drillmaschine, dadurch wird ein volles Ausnutzen des Saatgutvorrates erreicht und das Entleeren der Maschine erleichtert.

Die **Pflege** der Rapsbestände beschränkt sich heute weitgehend auf die chemische Unkrautbekämpfung mit Pflanzenschutzspritzen. Die früher übliche Maschinenhacke wird nur noch zum Beseitigen oberflächlicher Bodenverdichtungen und -verkrustungen angewandt.

6.2 Erntetechnik

Das Ernten des Rapses ist nicht unproblematisch, da sich der Anbau vor allem in Gebieten mit hohen Niederschlägen und dadurch zwangsläufig knappen Erntezeitspannen ausgedehnt hat. Zudem reifen die Schoten sehr ungleichmäßig ab (hervorgerufen durch die lange Blütezeit) und platzen in voll ausgereiftem Zustand leicht auf. Durch die Züchtung platzfesterer Sorten konnte dieser Nachteil weitgehend aufgefangen werden. In Gebieten mit großflächigem Rapsanbau werden zur Erntevorbereitung neuerdings die Felder 4–8 Tage vor der Ernte vom Hubschrauber aus mit chemischen Spritzmitteln (z. B. Reglone) »totgespritzt«. Auch die großen, verfilzten Pflanzenmassen erschweren die Ernte. Ein zu aggressives Auseinanderreißen führt unweigerlich zum Aufplatzen von Schoten und erhöhten Verlusten.

6.2.1 Anforderungen an die Erntetechnik

An die Erntetechnik sind daher folgende **Anforderungen** zu stellen:

- ▶ möglichst geringe Körnerverluste,
- ▶ Verwendbarkeit bei unterschiedlichen Abreifebedingungen,
- ▶ hohe Drusch- und Flächenleistung,
- ▶ geringer Körnerbruch.

6.2.2 Druschverfahren

Der Mähdröschler hat auch in der Rapsernte die früher üblichen Ernteverfahren vollständig verdrängt. Einige Abänderungen und Einstellungen an der Maschine sind jedoch erforderlich, um einen vollständigen, schonenden und verlustarmen Drusch zu erzielen. Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Einstellung der Dreschorgane zu richten. »Möglichst wenig Stroh beim Dreschvorgang zerschlagen« lautet eine der Grundregeln. Trommeldrehzahl und Korbabstand müssen so gut aufeinander abgestimmt sein, daß wenig Kurzstroh anfällt, aber trotzdem ein einwandfreier Ausdrusch erreicht wird. Die günstigste Trommeldrehzahl liegt bei 17–23 m/s entsprechend 700–1000 1/min bei Dreschtrommeln mit 450 mm Trommeldurchmesser bzw. 550–750 1/min bei 600 mm Trommeldurchmesser. Abdeckbleche auf der ersten Schütlerstufe verhindern, daß zu viel Kurzstroh die Reinigung belastet. Durch das Abdecken des Überkehrschachtes mit einem Loch- oder Nasensieb wird ein ständiger innerer Kreislauf der ausgedroschenen Schoten verhindert. Als Obersieb wird wie bei Getreide ein verstellbares Lamellensieb, als Untersieb ein Lochsieb mit kleinem Lochdurchmesser verwendet. Der

Reinigungswind muß soweit gedrosselt werden, daß keine mit Körnern besetzten Schoten mehr aus dem Siebkasten geblasen werden, aber gerade noch eine gute Auflockerung des Dreschgutes (Schoten + Kurzstroh) auf den Sieben erreicht wird. Da sich Rapsstroh kaum als Einstreu eignet und meist sofort eingepflügt wird, gehört der Anbau-Strohhäcksler zur Standardausrüstung des Mähdreschers für die Rapserte.

Je nach Klimagebiet und Standortbedingungen haben sich in den letzten Jahren zwei grundsätzlich verschiedene Ernteverfahren besonders bewährt.

Direkt-Mähdrusch – Er ist aus mehreren Gründen interessant:

- ▶ 10–15% höhere Ernteerträge beim Drusch in der Totreife infolge des höheren 1000-Korn-Gewichtes;
- ▶ ein Arbeitsgang für die gesamte Ernte, bei Verwendung eines Anbau-Strohhäckslers ist das Feld sofort fertig für die nachfolgende Bodenbearbeitung;
- ▶ geringe Gefahr von Auswuchschäden.

Allerdings kann es bei starker Windbewegung durch das Zusammenschlagen der Schoten zu Körnerverlusten durch Aufplatzen kommen.

Der Mähtisch wird für den Direktdrusch nach vorne verlängert, damit ausfallende Körner sofort erfaßt und die Aufnahmeverluste verringert werden. Um den stehenden Bestand sauber abzutrennen, werden zum Teil anstelle der Torpedo-Abteiler Schneideeinrichtungen verwendet. Die Haspel darf nur soweit in Eingriff gebracht werden, daß ein einwandfreies Annehmen der Pflanzen gewährleistet, aber kein »Auskämmen« der Schoten verursacht wird. Man setzt sie deshalb möglichst hoch und etwas zurück. Ihre Umfangsgeschwindigkeit wird genau auf die Mähdrescher-Vorfahrt abgestimmt. Durch das Mähen mit hoher Stoppel wird verhindert, daß zu viel Stengelmasse und Unkraut in die Maschine kommt.

Schwaddrusch – Der Schwaddrusch erfordert zwei Arbeitsgänge. Im *ersten* Arbeitsgang erfolgt das Mähen und Ablegen in Schwaden; im *zweiten* Arbeitsgang das Aufnehmen und Dreschen.

Der Schwaddrusch wird bevorzugt, wenn folgende Ernteverhältnisse vorliegen:

- ▶ ungleichmäßig abreifende Rapsbestände,
- ▶ starker Unkrautbesatz,
- ▶ zu starker Zeitdruck und Zeitüberschneidung mit der Frühgetreideernte,
- ▶ bei besonders ausfallgefährdeten Sorten.

Für das Mähen und Schwadlegen werden besondere Schwadleger verwendet. Man unterscheidet:

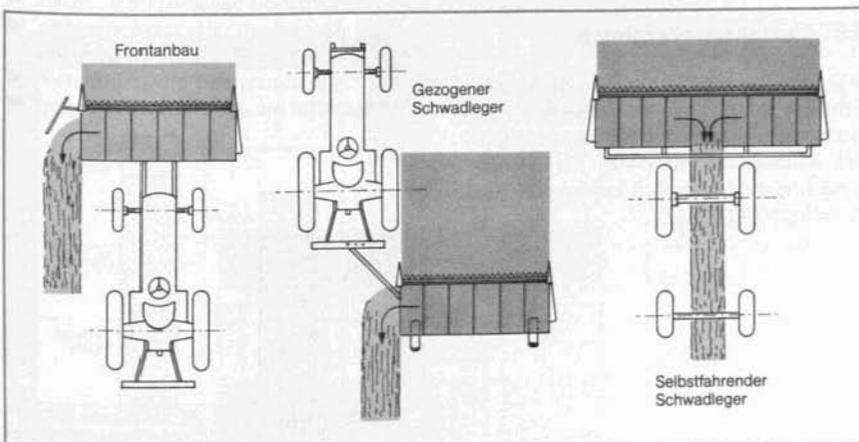


Abb. 179 Bauarten von Schwadlegern für die Rapserte

Aufbau und **Arbeitsweise** des Schwadlegers sind bei allen Bauarten weitgehend gleich: Die Rapspflanzen werden von einem Fingermähbalken *abgemäht* und mit Unterstützung durch eine Haspel auf ein endloses Förderband abgelegt. Dieses bewegt sich quer zur Fahrtrichtung und legt die Pflanzen bei der Frontanbau- und der gezogenen Maschine seitlich zu einem kompakten Längsschwad ab. Verstellbare Schwadbleche sorgen dafür, daß die Schwaden sauber geformt und voneinander getrennt werden. Beim selbstfahrenden Schwadleger sind die Transportbänder geteilt und bewegen sich gegenläufig zur Mitte zu. Der Schwad wird also in der Maschinenmitte abgelegt. Mit dieser Bauart ist daher Frontschnitt möglich. Der *Schwad* soll auf eine möglichst hohe Stoppel abgelegt werden, damit er gleichmäßig durch-trocknen und verlustarm vom Mähdrescher aufgenommen werden kann.



Abb. 180 Schwaddrusch mit dem Mähdrescher

Für das Aufnehmen der Schwaden wird der Mähdrescher mit einer speziellen *Aufnahmevorrichtung* (Federzinken-Pick-up-Vorrichtung oder Aufnehmer mit endlosen Fördertüchern) ausgerüstet. Diese werden auf das normale Getreideschneidwerk aufgebaut und von den vorhandenen Antriebsselementen betrieben. Die Umlaufgeschwindigkeit der Aufnahmevorrichtungen darf nur geringfügig höher als die Mähdrescher-Vorfahrt sein, damit keine Schoten ausgeschlagen und erhöhte Aufnahmeverluste verursacht werden. Große Selbstfahrer-Mähdrescher sind heute mit zwei Aufnahmevorrichtungen ausgerüstet und dreschen zwei Schwaden zugleich. Die Flächenleistung erhöht sich dadurch erheblich.

6.3 Verfahrensvergleich

Wie bereits geschildert, haben die beiden Ernteverfahren ihre ganz speziellen Einsatzbereiche. Unter den für die betreffenden Klimagebiete normalen Erntebedingungen ist mit folgenden Leistungswerten zu rechnen (Abb. 181):

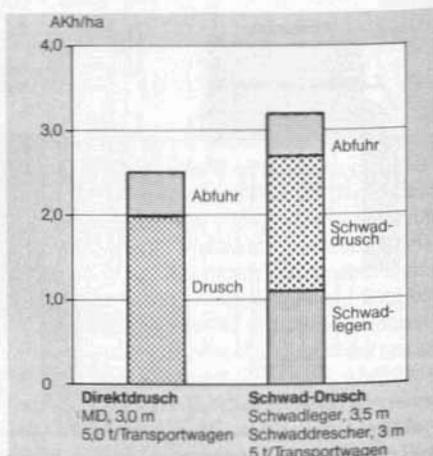


Abb. 181 Arbeitszeitaufwand bei Direkt- und Schwaddrusch

7 Zuckerrübenbau

Der Zuckerrübenanbau ist sehr arbeitsintensiv, bietet jedoch die Möglichkeit, sehr hohe Gelderträge zu erzielen. Durch eine sinnvolle Mechanisierung und Rationalisierung wird versucht, Einsparungen bei Arbeitsaufwand und Kosten zu erzielen.

Eine wirtschaftliche Mechanisierung wird dadurch erheblich erschwert, daß in der weitaus größten Zahl der Zuckerrübenanbaubetriebe die Anbaufläche weit unterhalb der Grenze liegt, die für eine wirtschaftliche Eigenmechanisierung erforderlich ist. Auf längere Sicht besteht daher die Notwendigkeit, in größerem Umfang als bisher eine Mechanisierung bestimmter Arbeitsgänge auf überbetrieblicher Basis durchzuführen.

Das **Gesamtverfahren** der Technik im Zuckerrübenbau setzt sich aus folgenden Teilbereichen zusammen:

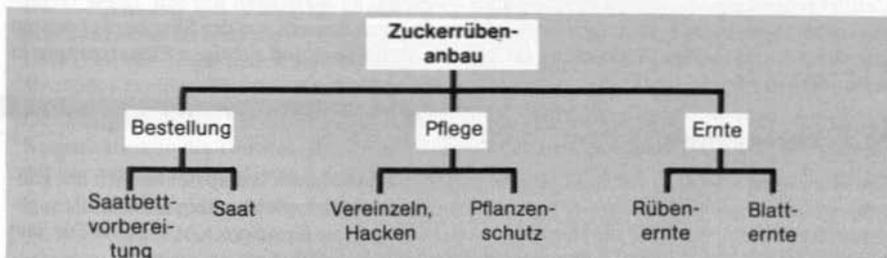


Abb. 182 Übersicht über die Gesamtverfahren der Technik im Zuckerrübenbau

7.1 Bestelltechnik

Die Bestelltechnik übt im Zuckerrübenbau einen sehr wesentlichen Einfluß auf einen hohen Feldaufgang und damit auf exakte Pflanzenbestandszahlen als Voraussetzung für hohe, sichere Ernteerträge aus.

7.1.1 Saatbettvorbereitung

Der relativ kleine Rübensamen besitzt nur geringe Reservestoffvorräte und reagiert deshalb auf ungünstige Auflaufbedingungen empfindlicher als z. B. das Getreide. Deshalb sind an die Saatbettvorbereitung bei der Rübensaat einige wichtige Forderungen zu stellen:

- ▶ flache, feinkrümelige Bodenvorbereitung (2–3 cm Lockerungstiefe),
- ▶ unbearbeiteter oder mechanisch rückverfestigter Wurzelraum mit funktionsfähigem Kapillarsystem für die Wassernachlieferung aus dem Unterboden,
- ▶ Vermeiden von Fahrspuren durch Gerätekombination,
- ▶ hohe Flächenleistung, um termingerechte Saat zu ermöglichen.

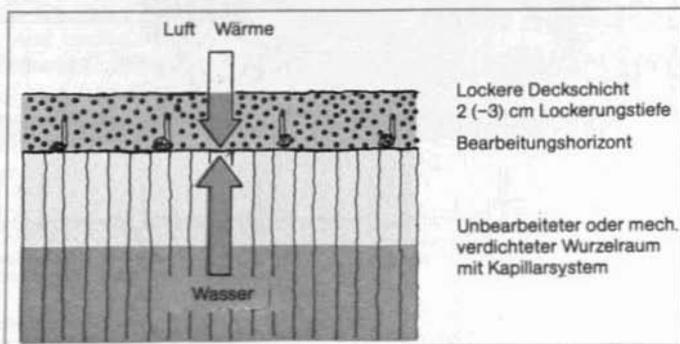


Abb. 183 So sollte das ideale Saatbett für Zuckerrüben angelegt werden

Das »ideale« Saatbett für Rüben soll beste Voraussetzungen für eine rasche und sichere Keimung des Saatgutes sowie ungehinderte und ausreichende Zufuhr von Luft, Wärme und Wasser gewährleisten (vgl. Abb. 183, S. 149).

Die **Voraussetzungen** für eine optimale Saatbettvorbereitung werden bereits bei der Herbstpflugfurche geschaffen. Eine schüttende Furche, Koppelung des Pfluges mit einem packenden Nachläufer oder grobe Nachbearbeitung der Pflugfurche bewirken ein gleichmäßiges Absetzen des Bodens und geringen Bearbeitungsaufwand bei der Saatbettvorbereitung.

Für die Saatbettbereitung im Frühjahr sollten von den im Abschnitt 1 »Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte« genannten Geräten und Gerätekombinationen vor allem diejenigen bevorzugt werden, die eine gleichmäßig flache Saatbettbereitung in möglichst einem einzigen Arbeitsgang gewährleisten. Tiefer lockernde Geräte haben sich nicht bewährt.

Der Schlepper sollte unbedingt mit Giterrädern ausgerüstet sein, damit tiefe Fahrspuren, Verdichtungshorizonte und ungleichmäßiger Feldaufgang vermieden werden. Diese Gefahren sollten auch beim Einsatz von Großflächen-Düngerstreuern vor der Saat berücksichtigt und durch zweckmäßige Ausstattung (z. B. breite Bereifung) und richtigen Einsatzzeitpunkt verhindert werden.

7.1.2 Einzelkornsaat

Die Rübensaat erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland heute fast ausschließlich mit Einzelkornsämaschinen. Dabei soll ein geringer Saatgutverbrauch, gleichmäßiges Auflaufen, geringer Arbeitszeitbedarf für die Pflege und eine störungsfreie Ernte erreicht werden. Die Saat mit herkömmlichen Drillmaschinen wird nur noch als Behelfslösung angewandt.

An die Einzelkornsämaschinen für Rüben sind folgende wesentliche *Forderungen* zu stellen:

- ▶ flache Ablage auf 2–3 cm Tiefe,
- ▶ exakte Einzelkornablage,
- ▶ gleichmäßiger und einstellbarer Kornabstand in der Reihe,
- ▶ wenig Pillen- oder Kornbruch,
- ▶ hohe Flächenleistung durch entsprechende Arbeitsgeschwindigkeit oder Arbeitsbreite,
- ▶ Kombination von Aussaat, Unkrautbekämpfung und Pflanzenschutzmaßnahmen.

Bevorzugt werden heute mechanische Spezial-Rüben-einzelkornsämaschinen verwendet. Einige pneumatische Säsysteme lassen sich für Rüben und Mais (Austausch von Säorgan, Sä-schar und Druckrolle erforderlich) einsetzen.

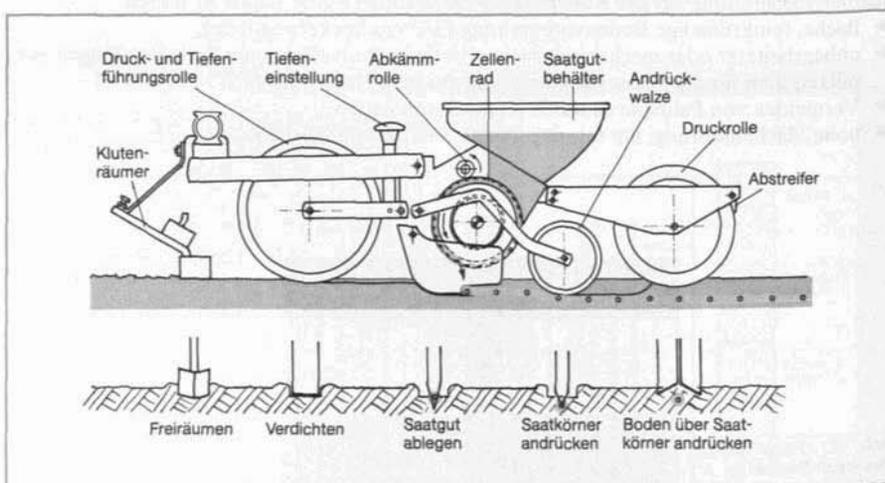


Abb. 184 Aufbau eines Einzelkornsägerätes für Zuckerrüben

Funktion und Aufbau – Beim Sävorgang erfaßt das Säorgan im Saatgutvorratsbehälter die Saatkörner, transportiert sie zum Säschar und legt sie in die Saatsfurche ab. Andrückwalzen, Zustreicher und Druckrolle sorgen für eine ordnungsgemäße Einbettung der Samen in den Boden. Die Sägeräte sind hinsichtlich Aufbau, Bauteile und deren Funktion weitgehend vereinheitlicht.

Folgende wesentliche **Bauteile** sind vorhanden:

- Anbauteile
- Saatsgutbehälter
- Sämechanismus
- Antrieb
- Klutenräumer
- Säschar
- Tiefenführung
- Andrückwalze
- Zustreicher
- Druckrolle
- Zusatzeinrichtungen (z. B. Bandspritze, Krümelwalze).

Die **Anlenkung** der Säaggregate am Gerätegrundrahmen erfolgt meist mit einfachen Schraubklemmverbindungen. Die Führungsteile dürfen kein seitliches Spiel haben (exaktes Einhalten des eingestellten Reihenabstandes) und sollen ein leichtes Verstellen des Reihenabstandes ermöglichen (im allgemeinen 45 oder 50 cm).

Der **Saatsgutbehälter** hat ein Fassungsvermögen von durchschnittlich 5–10 Liter, bei neueren Konstruktionen bis 18 Liter. Bei 7 Liter Inhalt, 7,0 cm Kornollabstand und pilliertem Saatgut kann mit einer Behälterfüllung eine Fahrstrecke von rund 8550 m zurückgelegt werden.

Der **Sämechanismus** stellt das wichtigste Bauteil der Einzelkornsämaschine dar. Das rotierende, meist senkrecht angeordnete Zellenrad ist mit einer oder zwei Reihen Lochbohrungen versehen. Für unterschiedliche Saatgutformen werden angepaßte Lochdurchmesser angeboten. Die sichere Befüllung der Säzellen hängt neben der verfügbaren Füllstrecke vor allem von der Umlaufgeschwindigkeit des Säorgans ab. Diese wird bestimmt vom Durchmesser des Zellenrades und der Fahrgeschwindigkeit. Besonders günstige Befüllverhältnisse ergeben sich bei großem Zellenraddurchmesser, langsamer Umlaufgeschwindigkeit und doppelreihiger Lochbohrung im Zellenrad.

Rotierende Abkämmlwalzen oder feststehende Abstreifer sollen Doppelbelegungen der Zellen verhindern. Ein Auswerfer sorgt für das zwangsläufige Entleeren der Zellen und die Übergabe des Saatkornes in die Saatsfurche. Bei senkrecht angeordneten Zellenrädern wird eine ausreichende Befüllstrecke und sehr geringe Fallhöhe (max. 9 cm) erreicht. Beim schräg angeordneten Säorgan mit Lochscheibe wird neuerdings ein synchron rotierendes Kammrad verwendet, um die Fallhöhe zu verringern.

Bei dem derzeit modernsten mechanischen Rübensäsystem sind Zellenrad (zur Kornaufnahme) und Kammrad (Körnertransport zur Saatsfurche, nur 3 cm Fallhöhe) getrennt. Durch diese Konstruktion wird auch bei hoher Fahrgeschwindigkeit eine sehr exakte Kornablage erreicht. Pneumatische Säsysteme für Rüben arbeiten nach dem Saugluftprinzip. Ihre Funktion wurde im Abschnitt 5.1.2 »Maissaat« (S. 121 f.) ausführlich beschrieben.

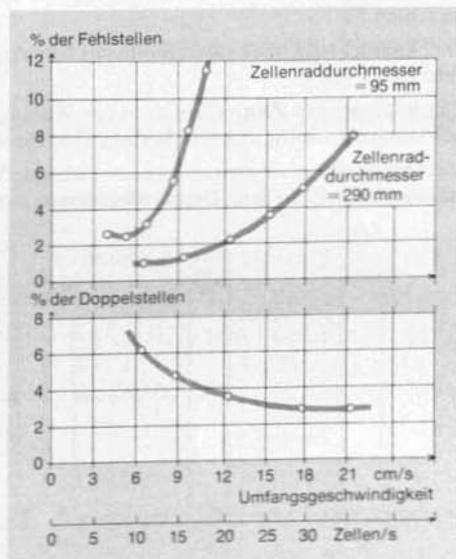


Abb. 185 Einfluß der Zellenrad-Umlaufgeschwindigkeit auf die Zellenfüllung

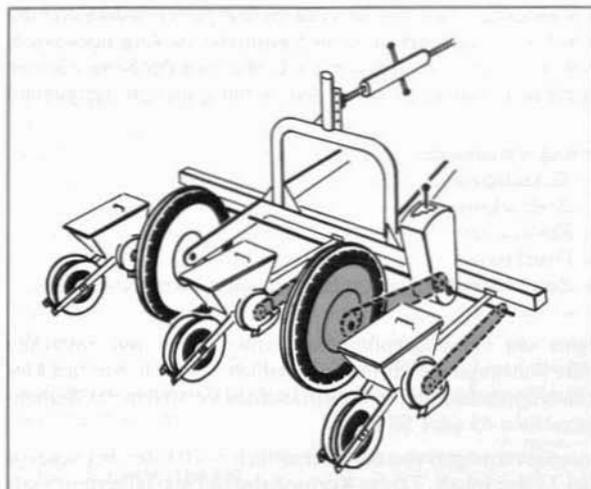


Abb. 186 Zentralantrieb der Säorgane

Für den **Antrieb** des Sämechanismus wird der Zentralantrieb bevorzugt. Alle Säaggregate werden gemeinsam von gummibereiften Laufrädern angetrieben. Mit einem Untersetzungsgetriebe lassen sich die Kornabstände in dem gewünschten Bereich von ca. 5–25 cm in engen Stufen für alle Geräte gemeinsam einstellen. Dieser Zentralantrieb gewährleistet auch bei rauherem Saatbett und höherer Fahrgeschwindigkeit geringeren Schlupf und eine gleichmäßig exakte Kornablage. Der Einzelradantrieb von der Druckrolle ist kaum mehr üblich.

Der höhenverstellbare **Klutenräumer** soll vor dem Sächar Kluten und lockeren Boden beiseiteräumen, damit das Saatgut sicher auf die wasserführende Zone abgelegt werden kann. Eine Vorlaufrolle mit Schlappgummibereifung soll den Saatstreifen verdichten, um die Wasserführung für die Keimung des Saatgutes zu verbessern.

Das nachfolgende **Sächar** zieht eine keilförmige, möglichst spitzwinkelige Saatrinne. In dieser werden die Körner beim Auftreffen sofort fest eingeklemmt, sie können nicht mehr seitlich wegspringen oder in Längsrichtung verrollen. Auf das Scharhalten des Säschares ist zu achten.

Die **Andrückrolle** (meist Metallrolle mit Gummiring) soll die Samenkörner fest in die Saatfurchen drücken.

Der nachfolgende **Zustreicher** ist in der Wirkung verstellbar und soll eine möglichst genau bestimmbare Schicht lockeren Bodens über die Saatfurchen füllen.

Die **Druckrolle** gewährleistet eine ausreichende Verdichtung des Bodens am Saatkorn. Derzeit werden verschiedene Druckrollenformen angeboten.

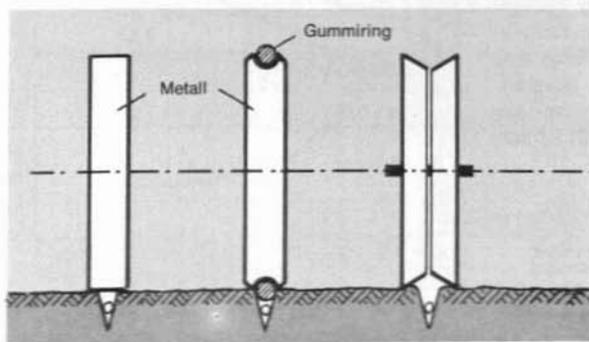


Abb. 187 Bevorzugte Druckrollenformen für die Rübensaat

Als **Zusatzeinrichtungen** werden angeboten:

- ▶ **Bandspritzeinrichtung:** Eine Flachstrahldüse benetzt einen ca. 20 cm breiten Streifen über der Saatreihe mit Herbiziden. Sie ist an einem Gestänge hinter der Druckrolle höhenverstellbar angeordnet, so daß die Breite des Spritzbandes variiert werden kann. Die Unkraut-Bandspritzung bildet die Voraussetzung für das Vereinzeln bzw. die mechanische Unkrautbekämpfung mit geringem Arbeitsaufwand.



Abb. 188 Schmale Krümelwalzen lockern zusätzlich den Saatstreifen und können einen Arbeitsgang bei der Saatbettbereitung ersparen

- ▶ **Streifenkrümmer:** Zum zusätzlichen Lockern oder Verdichten des Saatstreifens lassen sich frontseitig am Schlepper oder am Geräterahmen des Sägerätes schmale (ca. 25–30 cm breite) Streifenkrümmer anbringen. Auf schwereren Böden haben sich auch Drahtkrümelwalzen hinter der Druckrolle bewährt.
- ▶ **Granulatstreuer:** Insbesondere für die Bekämpfung von Bodenschädlingen hat sich das Einbringen von Mikrogranulaten in die Saatfurche bewährt. Dadurch soll ein direkter Schutz des Saatgutes gewährleistet werden. Die Granulatstreuer sind am Gerätegrundrahmen oder über der Druckrolle angeordnet und werden vom Zentrallauftrad oder von der Druckrolle angetrieben. Eine Schlauchleitung legt die Granulate in die Saatfurche ab.

Einsatz – Rüben-Einzelkornsämaschinen werden vorwiegend im Dreipunkt-Gestänge des Heckkrafthebers angebaut. Maschinen mit mehr als 3 Meter Arbeitsbreite besitzen Langfahrvorrichtungen für den Straßentransport. Der Zwischenachsenbau ist nur beim Geräteträger üblich, der Antrieb erfolgt hier über die Wegzapfwelle. Die Einzelkornsämaschinen müssen in der Lage sein, unterschiedliche Saatgutformen in bestimmten Abständen mit gleichbleibend hoher Ablagegenauigkeit auszusäen. Die Kornabstände richten sich nach der Saatgutform und -qualität, dem erforderlichen Feldaufgang sowie den vorgesehenen Vereinzlungsverfahren.

Tabelle 47: Zusammenhänge zwischen den Saatgutformen, den Anbauverfahren und den zu erwartenden häufigsten Rübenabständen

Saatgutform	Kornabstand cm	Mindest- Feldaufgang %	Arbeitsaufwand beim Vereinzeln AKh/ha	häufigster Rübenabstand cm
Präzisionsaatgut				
– kalibriert	6– 8	≥ 40	50–40	> 24
– pilliert	8–10	≥ 50	35–30	> 24
Monogerm- saatgut				
– pilliert	12–13	≥ 60	25–15	≥ 24
	15–20	≥ 65	–	≤ 18–20

Generell gilt, daß bei geringeren Kornabständen und nachfolgendem Handvereinzeln ein geringerer Feldaufgang toleriert werden kann. Dagegen muß bei Ablage der Körner auf

»Endabstand« ein hoher Feldaufgang gewährleistet sein, damit ausreichend gleichmäßige Rübenabstände und damit günstige Voraussetzungen für die Ernte vorliegen.

Eine Abdreprobe vor der Saat und die Nachkontrolle beim Feldeinsatz ist unerlässlich.

7.2 Rübenpflege

Die Pflegemaßnahmen im Rübenbau umfassen mehrere Arbeitsgänge:

- ▶ Vereinzeln (in der Regel von Hand, selten mechanisch),
- ▶ mechanische Unkrautbekämpfung (mit Hackmaschine, Unkrautstriegel, Hackegge usw.),
- ▶ chemische Unkraut- und Schädlingsbekämpfung (mit Pflanzenschutzspritze),
- ▶ Lockern und Durchlüften der Bodenoberfläche (mit Hackmaschine, Unkrautstriegel usw.).

Vereinzeln – Seitdem die Einzelkornsaat mit größeren Kornabständen in der Reihe, unter Verwendung von Saatgut mit hoher Einkeimigkeit und ein konsequenter Einsatz chemischer Unkrautbekämpfungsmittel, durchgeführt wird, können arbeitssparende Vereinzlungsverfahren eingesetzt werden.

Beim **Handvereinzeln** wird eine Kornablage auf 4–6 cm Abstand in der Reihe, unter sehr günstigen Aufwuchsbedingungen bis zu 8 cm in der Reihe eingehalten. Das Vereinzeln erfolgt mit der langen Hacke im Stehen; mit dem Vereinzeln wird gleichzeitig eine mechanische Unkrautbekämpfung durchgeführt.

Beim **vereinzlungslosen Anbau** bestimmt der bei der Aussaat gewählte Kornabstand und der Feldaufgang die endgültige Pflanzenverteilung. Folgende Kornabstände sind üblich:

- ▶ bei Reihenabständen von 42–45 cm: 15–18 cm Kornabstand,
- ▶ bei Reihenabständen von 50 cm: max. 15 cm Kornabstand.

Für diese Kornabstände ist ein Mindest-Feldaufgang von 55–60% erforderlich, um den gewünschten Pflanzenbestand von ca. 70 000–80 000 Pflanzen/ha zur Zeit der Ernte zu erreichen. Die engeren Reihenabstände verringern das Risiko dieses Verfahrens.

Generell sollten möglichst gleichmäßige Pflanzenabstände in der Reihe angestrebt werden, um günstige Voraussetzungen für die Ernte (vor allem für das Köpfen) zu schaffen.

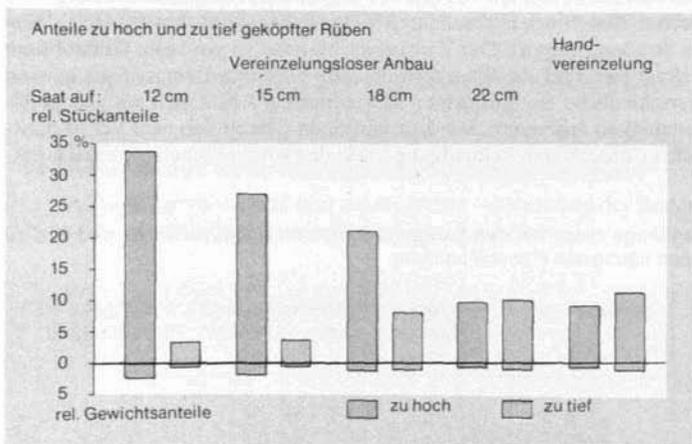


Abb. 189 Ein enger Rübenabstand in der Reihe wirkt sich ungünstig auf die Köpfqualität aus

Bis vor wenigen Jahren wurden **maschinelle Vereinzlungsverfahren** (blindmechanisch und gesteuert-mechanisch) eingesetzt. Sie haben jedoch infolge der verstärkten Anwendung des vereinzlungslosen Rübenanbaues kaum noch eine Bedeutung.

Mechanische Unkrautbekämpfung – Bevorzugtes Gerät ist hier die **Hackmaschine**, die sich bei entsprechender Werkzeugbestückung zur Unkrautbekämpfung und Bodenlockerung zwi-

Abb. 190 Hackrahmen für den Heckanbau zur Zuckerrübenpflege

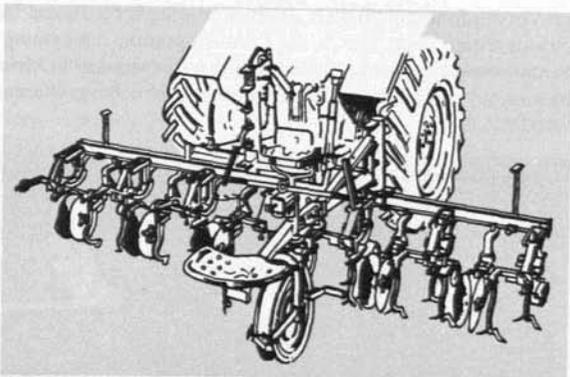
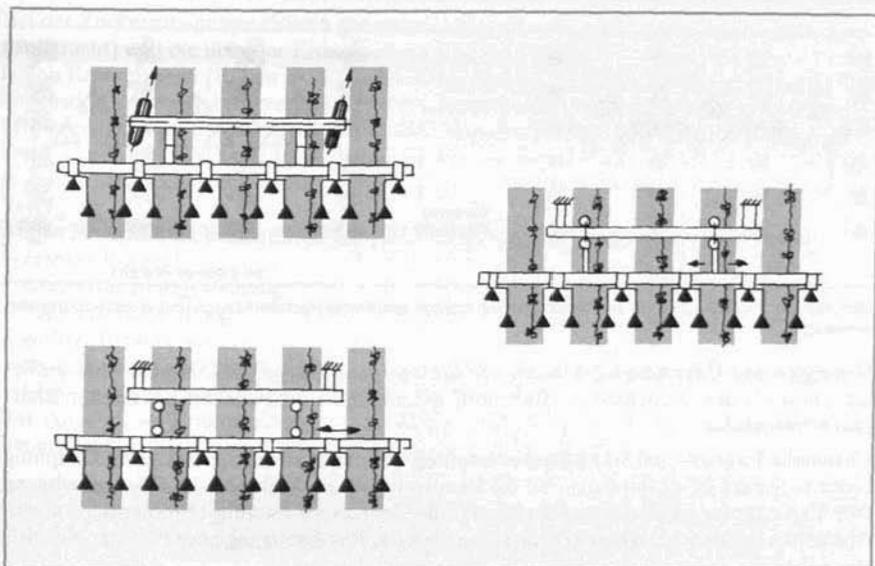


Abb. 191 Lenkungsarten bei Schlepper-Hackmaschinen:
 (links oben) Achsschenkelenkung
 (links unten) Am Lenker hängend
 (rechts) Schiebelenkung mit Rollführung



schon den Rübenreihen bereits vor dem Auflaufen der Rüben (Blindhacke) bis kurz vor dem Schließen der Rübenbestände einsetzen läßt.

Beim Heckanbau der Geräte ist zumindest beim Hacken der Rüben im frühen Wuchsstadium ein zweiter Mann für die Feinsteuerung erforderlich. Bei Systemschlepper und Frontschlepper ist durch den Frontanbau, beim Geräteträger durch den Zwischenanbau, eine gute Sichtmöglichkeit auf die Hackgeräte und echte Ein-Mann-Arbeit gewährleistet. Die von einem zweiten Mann gesteuerten Heckgeräte arbeiten jedoch besonders genau, ihre tägliche Arbeitsleistung kann erheblich höher sein.

Um einen geringen Arbeitskräfteaufwand und gleichzeitig exakte Hackarbeit zu erreichen, wurde eine sog. »Piloteinrichtung« entwickelt. Bei der Einzelkornsäat wird von einem Schwert, welches an der Sämaschine angelenkt ist, eine Führungsrinne in den Boden gezogen. An der Hackmaschine ist ein Gegenstück angebracht, welches in die Führungsrinne eingeführt wird und eine exakte Steuerung der Hackgeräte entlang der Pflanzenreihe gewährleistet.

Am Geräterahmen der Hackmaschine (oder des Vielfachgerätes) sind Parallelogrammhalter mit den Hackwerkzeugen angebracht. Die Werkzeuge werden gestaffelt hintereinander angelenkt, dadurch ergibt sich eine saubere Bearbeitung des ganzen Hackstreifens und eine gerin-

ge Verstopfungsanfälligkeit. Radtaster oder Schleifbügel führen die Hackwerkzeuge in der gewünschten Tiefe. Durch die Parallelogramm-Anlenkung wird ein stets gleichbleibender Schnittwinkel erreicht. Als Hackwerkzeuge werden in kleineren Rübenbeständen Winkelmesser in Verbindung mit Hohlschutzscheiben, bei größeren Pflanzen Gänsefuß-Schare verwendet.

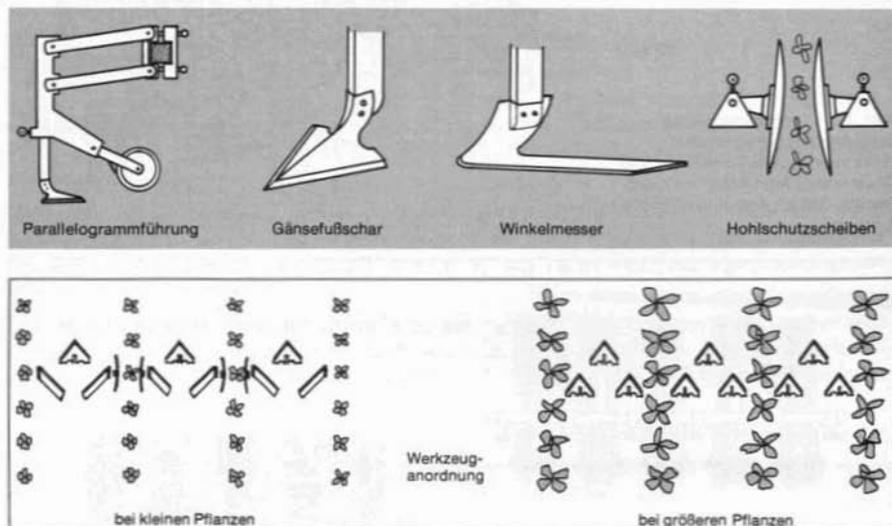


Abb. 192 Je nach Wuchshöhe der Rübenpflanzen werden bestimmte Hackwerkzeuge und Werkzeuggruppen verwendet

Netzegen und **Unkrautriegel** lassen sich für eine ganzflächige, mechanische Unkrautbekämpfung vor dem Auflaufen der Rübenpflänzchen und nach Erscheinen des zweiten Blatt-paares verwenden.

Chemische Unkraut- und Schädlingsbekämpfung – Für eine chemische Unkrautbekämpfung bietet sich die Flächenspritzung und die Bandspritzung an. Während die **Flächenspritzung** eine Verringerung des Gesamtaufwandes für die Unkrautbekämpfung (Einsparung von mechanischen Bearbeitungsgängen) bietet, kann bei der **Bandspritzung** etwa 60% der Normal-

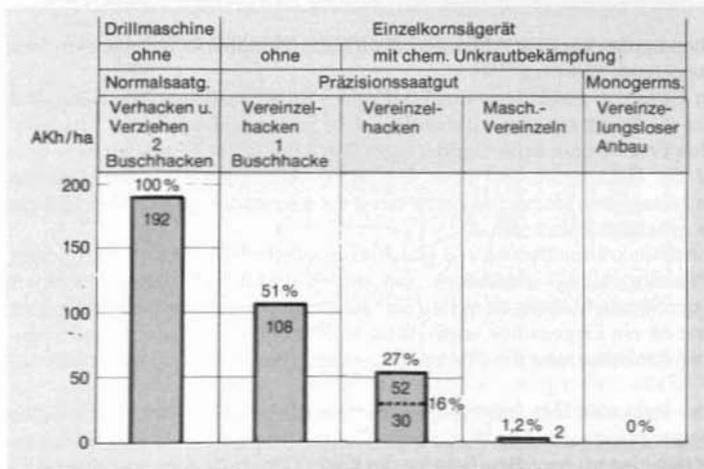


Abb. 193 Arbeitszeitaufwand für das Vereinzeln

menge an Spritzmitteln eingespart werden. Für die chemische *Schädlings*bekämpfung eignet sich nur die Flächenspritzung.

Die Pflanzenschutzspritzungen müssen die bereits geschilderten Anforderungen erfüllen und den Wirkstoff gezielt und gleichmäßig auf den Boden bzw. die Pflanzen verteilen. Die Gebrauchsanweisungen für die Bekämpfungsmittel sind streng zu beachten, da die Rüben gegen jegliche Überdosierung empfindlicher reagieren als z. B. die Gräser.

Lockern der Bodenoberfläche – Es wird meist zugleich mit der mechanischen Unkrautbekämpfung, d. h. mit Hackmaschine, Unkrauttriegel oder Hackegge durchgeführt. Dabei sollen vor allem das Brechen von Krusten und eine bessere Durchlüftung des Bodens erreicht werden.

7.3 Erntetechnik

7.3.1 Allgemeine Anforderungen

Bei der Zuckerrübenenernte müssen gleichzeitig die unter der Erde wachsenden Rüben (Verkaufsfrucht) und die über der Erde wachsenden Blätter (Futtermittel) geerntet werden. Die hohen Erntemengen (Rüben ca. 500–600 dt/ha, Blatt ca. 400–500 dt/ha) sowie die oftmals ungünstige Erntewitterung verursachen einen relativ hohen Arbeitsaufwand für das Gesamtverfahren. Da nach der Ernte meist noch eine Grundbodenbearbeitung und Wintergetreidebestellung durchgeführt werden soll, stellt die Zuckerrübenenernte eine erhebliche Arbeitsspitze dar. Je nach Klimagebiet stehen für die Zuckerrübenenernte etwa 20–50 Feldarbeitstage zur Verfügung.

An die Erntetechnik bei Zuckerrüben sind deshalb folgende **Anforderungen** zu stellen:

- exaktes Köpfen,
- schonende Blattgewinnung,
- hohe Flächenleistung,
- geringe Ernteverluste,
- hohe Funktionssicherheit, auch bei ungünstigen Boden- und Witterungsbedingungen,
- Eignung für den mehrbetrieblichen Einsatz.

Das Angebot an Erntemaschinen und -verfahren ist derzeit sehr vielseitig und zahlreich. Generell läßt sich die Erntetechnik folgendermaßen einordnen:

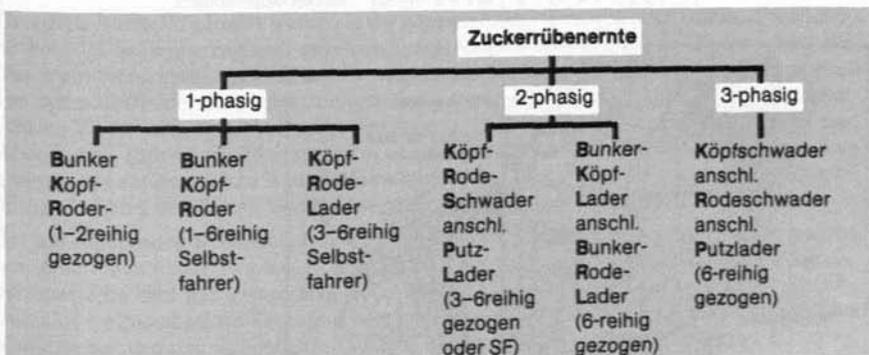
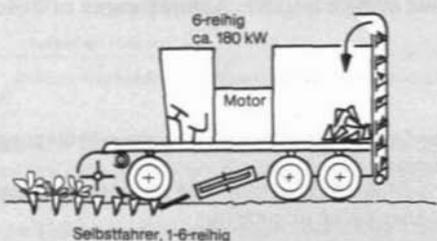
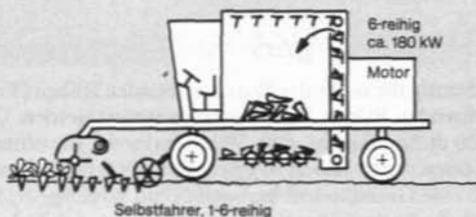
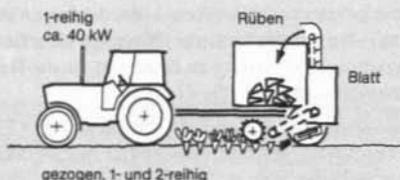


Abb. 194 Übersicht über die Verfahren der Zuckerrübenenernte

Die früher üblichen, sehr handarbeitsaufwendigen Ernteverfahren (z. B. Blatternte mit Köpfschippe oder Köpfschlitten, Rübenenernte mit Rodepflug, Schleuderrad- oder Vorratsroder) können die heutigen Anforderungen hinsichtlich hoher Schlagkraft, geringem Arbeitszeitbedarf und entsprechender Qualität bei Rüben und Blatt nicht mehr erfüllen.

Bunker-Köpf-Roder



7.3.2 Einphasiges Rübenernteverfahren

Beim einphasigen Verfahren erfolgt das Köpfen, Roden und Sammeln in einem Arbeitsgang und vor den Schlepper- bzw. Selbstfahrer-Trieb-rädern. Dadurch bleibt die Wirkung der Schattengare erhalten; man spricht deshalb vom »Roden aus der Gare«.

Die wesentlichen Bauformen sind nebenstehend schematisch dargestellt.

Verfahrensarten – Der **einreihige, gezogene Bunkerköpfroder** stellt nach wie vor das bevorzugte Ernteverfahren dar. Neue technische Bedienungshilfen machen eine echte Ein-Mann-Arbeit bei weitgehender Arbeiterleichterung für die Bedienungsperson möglich.

Abb. 195 Schematischer Aufbau von Bunker-Köpf-Rodern

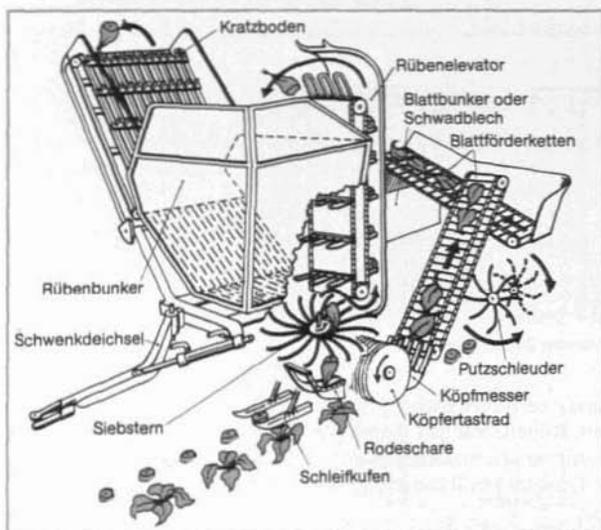


Abb. 196 Anordnung der Köpf- und Rodewerkzeuge

Die *Arbeitsweise* ist folgende: Das mit dem Köpfmesser gekoppelte Tastrad läuft in Längsrichtung auf der Rübenreihe entlang. Dabei werden die Rüben in einer stufenlos einstellbaren Höhe geköpft. Das Blatt gelangt über gesonderte Förderorgane in einen Blattbunker oder wird auf das Feld abgelegt. Die Rübenköpfe werden von einem Rübenputzer nachgereinigt, anschließend von einem Rodeschar aus dem Boden gehoben, auf einer Siebvorrichtung gereinigt und dann in einem Bunker gesammelt.

Gezogene Bunkerköpfröder werden in zwei grundsätzlichen Ausführungen angeboten:

- ▶ Köpf- und Rodewerkzeuge arbeiten in einer Reihe hintereinander (kein Vorköpfen der ersten und Nachroden der letzten Reihe erforderlich),
- ▶ die Werkzeuge arbeiten nebeneinander um ein oder zwei Reihen versetzt (gute Sicht auf Köpfe und Roder, einstellbar auf unterschiedliche Reihenweiten, jedoch Vorköpfen und Nachroden erforderlich).

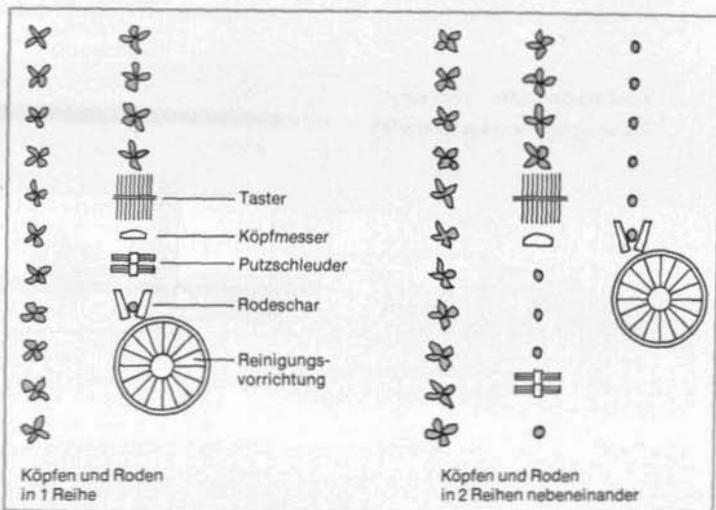


Abb. 197
Bei den Bunker-Köpf-Rodern arbeiten die Köpf- und Rodewerkzeuge in einer Reihe hintereinander oder in zwei Reihen nebeneinander

Gezogene Bunkerköpfröder werden in der gegen seitliche Bewegungen fixierten Ackerschne oder im Schlepperzugmaul angehängt, der Antrieb erfolgt über die Motor-Zapfwelle. Durch ein Steuergerät mit flexiblen Leitungen zum Roder lassen sich vom Schleppersitz aus voll hydraulisch oder durch elektromagnetische Betätigung der Hydraulikanlage die wesentlichsten Verstelllemente des Roders betätigen (z. B. Einsetzen und Ausheben der Köpf- und Rodeorgane, Kippen des Rübenbunkers, Hangverstellung usw.). Außerdem sind einige Baugruppen mit automatischen Steuerhilfen ausgestattet (z. B. Tiefenführung des Rodeschares, mittige Führung der Taster- und Rodewerkzeuge über der Rübenreihe).

Bei **selbstfahrenden Bunkerköpfrödern** ist ein ähnlicher Arbeitsablauf gegeben wie bei den gezogenen Maschinen. Köpfen, Roden und Sammeln erfolgen hintereinander in einem Arbeitsgang. Sie sind mit leistungsfähigen Aufbaumotoren, feinstufigem Schaltgetriebe oder stufenlos-hydrostatischem Fahrtrieb ausgestattet. Der Fahrerstand befindet sich über der Vorderachse, dadurch ist eine gute Sicht auf die Köpfvorrichtung gewährleistet.

Selbstfahrende Bunkerköpfröder werden in ein- bis sechsstufiger Arbeitsweise angeboten. Problematisch ist die Abstützung der hohen Gewichte über die Laufräder, da z. B. der sechsstufige Bunkerköpfröder bei gefülltem Rübenbunker ein Gesamtgewicht von ca. 25 t besitzt. Deshalb werden neben zweiachsigen Maschinen auch dreiachsige Bunkerköpfröder mit entsprechend dimensionierter Bereifung angeboten. Bunkerköpfröder können die Rüben (teilweise auch das Blatt) bis zum Feldende mitnehmen und dort auf bereitstehende Transportfahrzeuge oder eine Miete übergeben. Bei Maschinen mit Rollbodenbunker ist auch die Übergabe während des Rodevorganges auf parallel nebenherfahrende Wagen möglich.

Beim **Köpf-Rode-Lader** erfolgt das Köpfen und Roden wie bei den übrigen, einphasigen Ernteverfahren. Es fehlt jedoch der Bunker, die Rüben werden kontinuierlich über ein Querförderband auf parallel nebenher fahrende Wagen übergeladen.

Die Bauelemente lassen sich an normale Allradschlepper (mit Fronthydraulik und Frontzapfwelle), System- oder Zweiwegschlepper sowie selbstfahrende Basismaschinen anlenken (vgl. Abb. 198). Die Antriebsaggregate werden mit schmaler Bereifung (z. T. Doppelbereifung) ausgestattet, um Schäden an den Rübenkörpern zu vermeiden. Vorteilhaft ist, wenn das Köpfen und Roden bereits vor den Laufrädern erfolgt.

Bauteile und ihre Zuordnung – Die bei einphasigen Ernteverfahren benutzten Bauteile und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Erntemaschinen sind in der Tabelle 48 aufgeführt.

Radtaster bestehen aus mehreren, gezahnten Scheiben, die von einem Bodenrad mit etwas »Vorlauf« angetrieben werden und in Längsrichtung auf der Rübenreihe laufen. Sie tasten die Höhe der Rübenköpfe ab und steuern das daran gekoppelte, im Abstand stufenlos verstellba-

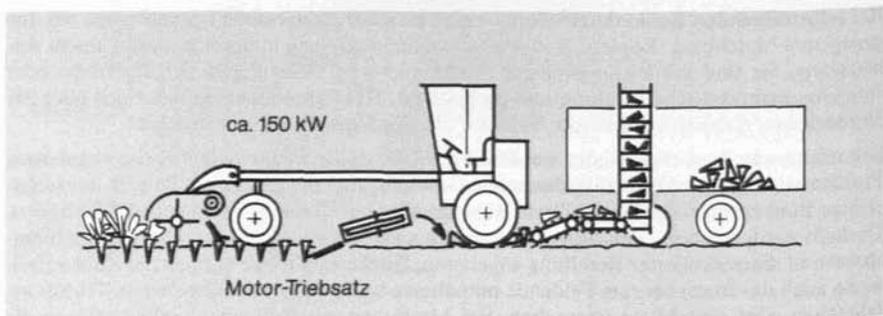
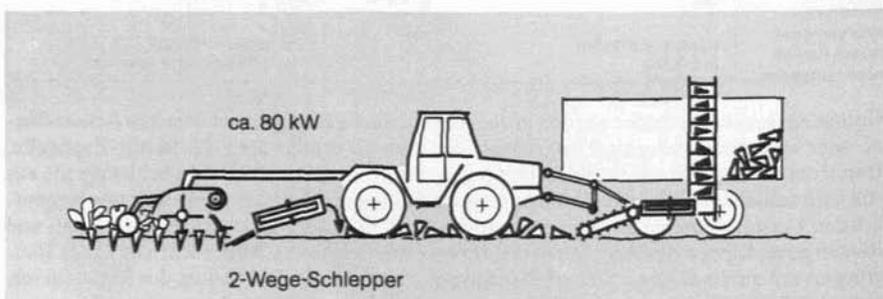
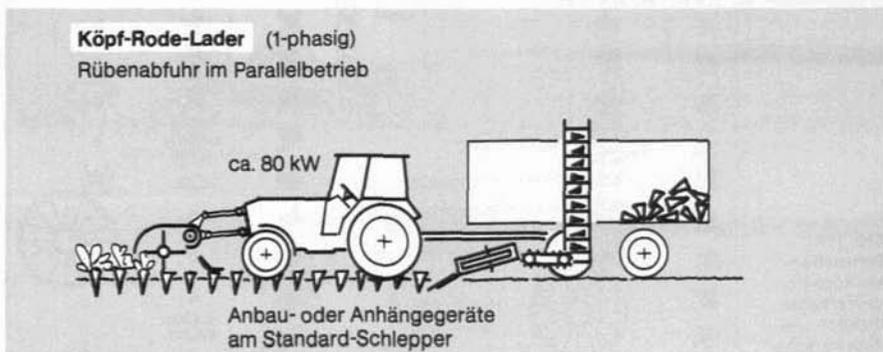
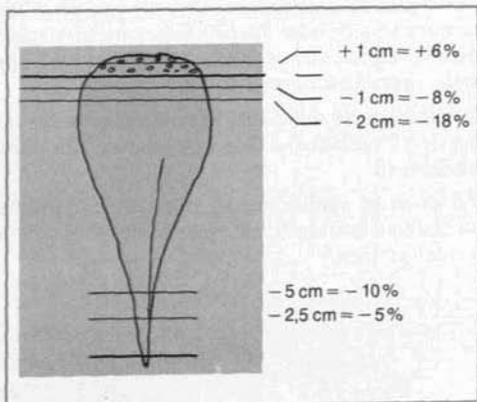


Abb. 198 Schematischer Aufbau von Köpf-Rode-Ladern

Tabelle 48: Einphasige Ernteverfahren

Bauteil	1–2reihiger ge- zogener Bunker-Köpf- Roder	1–3reihiger selbstfahrender Bunker- Köpf-Roder	6reihiger selbstfahrender Bunker- Köpf-Roder	3–6reihiger selbstfahrender Köpf-Ro- de-Lader
Taster	Rad-taster	Rad-taster	–	–
Köpfer	Köpfmesser	Köpfmesser	Schlegelköpfer mit Nachköpfer	Schlegelköpfer mit Nachköpfer
Blatt- Transport	Förderkette	Förderkette	Querförder- schnecke	Querförder- schnecke
Blattablage	Blattbunker, Längsschwad, Querschwad	Längsschwad, Querschwad, Überladen auf Parallelwagen, Breitverteilen zum Ein- pflügen	Längsschwad, Überladen auf Parallelwagen, Breitverteilen zum Ein- pflügen	Längsschwad, Überladen auf Parallelwagen, Breitverteilen zum Ein- pflügen
Rübenputzer	rotierende Putzschleuder	rotierende Putzschleuder	–	–
Rodeorgan	Polderschar, Doppelzinken- schar	Polderschar, rotierendes Rodeschar	Polderschar, rotierendes Rodeschar, Scheibenschar	Polderschar, rotierendes Rodeschar, Scheibenschar
Reinigung	rotierender Siebsterne	rotierender Siebsterne	rotierender Siebsterne, Rei- nigungswalzen	rotierender Siebsterne, Rei- nigungsketten
Rüben sammeln	Kippbunker, Rollboden- bunker	Rollboden- bunker	Rollboden- bunker	Querförder- band zum Pa- rallelwagen

Abb. 199 Einfluß der Köpfhöhe und des Wurzelbruches auf den Massenertrag



re **Köpfmesser**. Die Köpfhöhe läßt sich also genau einstellen (Exaktköpfer). Dies ist wichtig, da zu tiefes Köpfen erhebliche Verluste an Rübengewicht, zu hohes Köpfen Schmutzabzüge bedeutet.

Da die Wuchshöhe der Rüben unterschiedlich und ihr Abstand in der Reihe z. B. beim vereinzelungslosen Anbau ungleichmäßig ist, muß sich der Köpf-

mechanismus in Sekundenbruchteilen diesen Höhenunterschieden anpassen können. Gleichmäßige Rübenabstände in der Reihe (mindestens 15 cm), eine entsprechende Arbeitsgeschwindigkeit und die zweckmäßige Konstruktion des Köpfmechanismus (geringe Massen, Rückholfelder, Trennung von Köpfororgan und Blattförderer) begünstigen die einwandfreie Köpfarbeit.

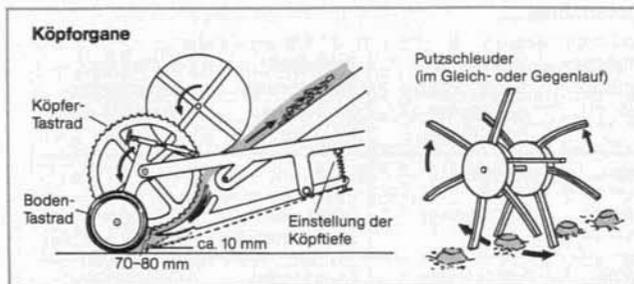


Abb. 200 Aufbau eines Köpfororgans

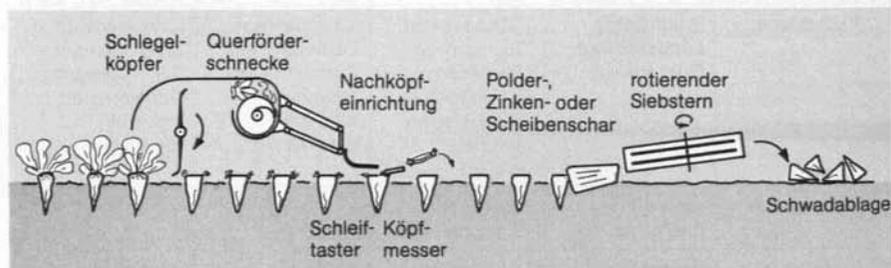


Abb. 201 Darstellung eines Köpf- und Rodevorganges bei der Zuckerrüben-ernte

Schlegelköpfer sind mit gegenläufig rotierenden Schlegelwerkzeugen ausgestattet. Sie bewirken ein grobes, in der Höhe nicht exakt einstellbares Köpfen der Rüben. Deshalb sind dahinter Nachköpfer (Schleifbügel, gekoppelt mit Köpfmesser) angeordnet. Die Köpfqualität ist nicht so exakt wie beim Exaktköpfer. Die Schlegelvorrichtung bewirkt ein grobes Zerschlagen des Rübenblattes.

Das Rübenblatt gelangt über **Förderketten** oder Querförderschnecken zur Sammel- oder Ablagestelle. Die verschiedenen Blattverarbeitungsverfahren werden im Abschnitt 7.4, S. 167 f. gesondert erläutert.

Rotierende **Putzschleudern** sollen die geköpften Rüben von Blattresten befreien. Sie bestehen aus einfach oder doppelt hintereinander angeordneten, sternförmigen Gummiflügeln, deren Drehzahl meist stufenlos verstellbar ist. Doppelte Putzschleudern haben meist gegenläufig rotierende Sterne.

Das **Rodeorgan** soll die Rüben möglichst verlustfrei (ohne Abbrechen der Rübenwurzeln) aus dem Boden heben. Die wesentlichen Ausführungen sind in der Abbildung 202 zusammengestellt.

Polderschare werden eindeutig bevorzugt, da sie bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen einzusetzen sind sowie mit einer »Selbstführung« und einer Rüttelvorrichtung ausgestattet werden können.

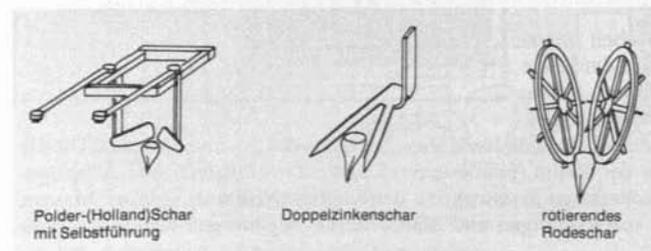


Abb. 202 Bauarten von Rodeorganen

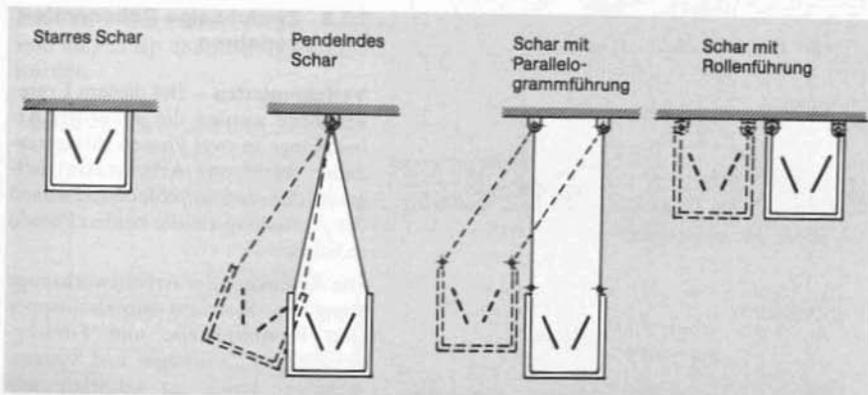
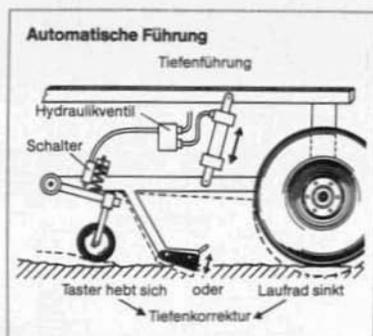


Abb. 203 Möglichkeiten zur Selbstführung der Rodeschare

Abb. 204 Automatische Führung eines Rodeorgans



Tiefenführungskufen führen das Schar in einer gleichmäßigen Arbeitstiefe. Die Führungsteile sind mit Schaltfühlern ausgestattet, die bei zu starken seitlichen Abweichungen der Rüben bzw. bei wechselnder Arbeitstiefe automatisch die Maschineneinstellung korrigieren.

Doppelzinken- und Scheibenschare werden auf stark verhärteten Böden bevorzugt. Sie dringen leichter in den Boden ein, es ist jedoch keine Selbstführung möglich. Rotierende Rodeschare heben die Rüben sehr schonend aus dem Boden und haben einen geringen Zugkraftbedarf. Auch sie haben keine Selbstführung.

Als **Reinigungsvorrichtung** werden ein- oder mehrfach übereinanderliegende, schräg angeordnete und rotierende Siebsterne bevorzugt. Um eine einwandfreie Reinigung der Rüben zu erreichen, läßt sich die Drehzahl der Siebsterne verstellen, die Drehrichtung umkehren oder Rückhaltevorrichtungen einbauen. Reinigungswalzen erreichen die gleiche Siebwirkung, verursachen jedoch einen geringeren Bauaufwand. Reinigungsketten wirken als Reinigungs- und Transportorgan und werden bei Erntemaschinen bevorzugt, bei welchen die Rüben kontinuierlich auf Parallelwagen übergeladen werden.

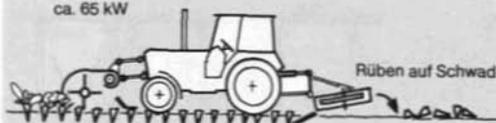
Als **Eigenbunker** (auf der Rübenerntemaschine angeordnet) hat sich der Rollbodenbunker eindeutig durchgesetzt. Er hat ein großes Fassungsvermögen und ermöglicht ein schonendes Überladen der Rüben auf Mieten und ebenso auf hochwandige Transportfahrzeuge. Die Überladehöhe ist hydraulisch stufenlos in einem Bereich von ca. 1,5–3,5 m verstellbar. Der früher überwiegend verwendete Hochkippbunker ist trotz technischer Weiterentwicklungen (hydraulische Kippung usw.) heute nur noch selten anzutreffen.

Fremdbunker werden meist als Hochkippbunker auf der Hilfsladefläche, z. B. beim Frontsitzschlepper, angeboten. Sie belasten mit zunehmender Bunkerfüllung die Antriebsräder.

Bei Erntemaschinen mit **Querförderband** zum Parallelwagen läßt sich die Übergabehöhe stufenlos verstellen. Das Förderband kann beim Wagenwechsel kurzzeitig angehalten werden.

Köpf-Rode-Schwader (2-phasig)

ca. 65 kW



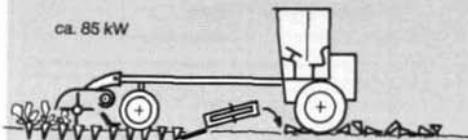
Anbau- oder Anhängengeräte

ca. 90 kW



2-Wege-Schlepper

ca. 85 kW

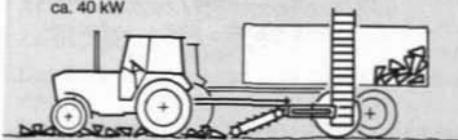


Motor-Triebsatz

anschließend

Putzlander

ca. 40 kW

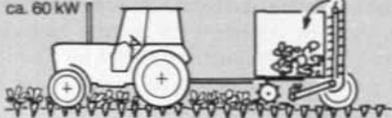


Anbau- oder Anhängengerät

Bunker-Köpf-Lader

3-reihig

ca. 60 kW

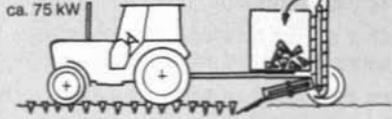


anschließend

Bunker-Rode-Lader

3-reihig

ca. 75 kW



7.3.3 Zweiphasige Rübenernteverfahren

Verfahrensarten – Bei diesem Ernteverfahren werden die einzelnen Arbeitsgänge in zwei Phasen (hintereinander ablaufende Arbeitstakte) aufgeteilt. Es sind verschiedene Formen der Aufteilung auf die beiden Phasen möglich.

Die Anlenkung der Arbeitswerkzeuge kann an Standard-Allradschlepper (mit Frontzapfwelle und Fronthydraulik), an Zweibege- und System-schlepper sowie an selbstfahrende Motortriebsätze erfolgen. Auch hier ist durch die Wahl der richtigen Bereifung (gegebenenfalls Doppelbereifung) dafür zu sorgen, daß die Laufräder keine Schäden an den Rüben verursachen können. Besonders vorteilhaft ist die Bauform, bei welcher das Roden bereits vor den Laufrädern erfolgt.

Abb. 205 Schematischer Aufbau von Köpf-Rode-Schwadern

Abb. 206 Schematischer Aufbau von Bunker-Köpf-Lader und Bunker-Rode-Lader

Bauteile – Die vorzugsweise verwendeten Bauteile sind nachfolgend zusammengestellt. Es sind im Prinzip ähnliche Aggregate, wie sie bereits beim einphasigen Verfahren geschildert wurden.

Tabelle 49: Zwei- und dreiphasige Ernteverfahren

Bauteil	Bunker-Köpf-Lader, anschließend Bunker-Rode-Lader	zweiphasig		dreiphasig
		Köpf-Rode-Schwader, anschließend Putz-Lader	Köpf-Schwader, anschließend Rode-Putz-Lader	Köpfschwader, anschließend Rodeschwader, anschließend Putzlader
Taster	Radtaster	–	Radtaster	–
Köpfer	Köpfmesser	Schlegelköpfer mit Nachköpfer	Schlegelköpfer mit Nachköpfer oder Exaktköpfer	Schlegelköpfer mit Nachköpfer
Blatt-Transport	Förderkette	Querförder-schnecke	Querförder-schnecke	Querförder-schnecke
Blattablage	Blattbunker, Querschwad	Längsschwad, Überladen auf Parallelwagen, Breitverteilen zum Ein-pflügen	Längsschwad, Überladen auf Parallelwagen, Breitverteilen zum Ein-pflügen	Längsschwad, Überladen auf Parallelwagen, Breitverteilen zum Ein-pflügen
Rodeorgane	Polderschar	Polderschar, Scheibenschar, Doppelzinkenschar	Polderschar, Scheibenschar, Doppelzinkenschar	Polderschar, Scheibenschar, Doppelzinkenschar
Rübenputzer	rotierende Putzschleuder	–	–	–
Reinigung	rotierender Siebsterne	rotierende Siebsterne, Reinigungsband, Siebtrommel	rotierende Siebsterne, Reinigungsband	rotierende Siebsterne, Reinigungsband
Rüben sammeln	Rollbodenbunker	Querförderband zum Parallelwagen	Querförderband zum Parallelwagen	Querförderband zum Parallelwagen

Konstruktive Unterschiede bestehen jedoch z. B. beim **Rodeschar**. Vorzugsweise wird zwar auch hier das Polderschar benutzt, infolge des geringen Raumangebotes jedoch nicht selbstführend, sondern starr angeordnet. Auch Scheibenschar und Doppelzinkenschar werden bei den mehrphasigen Verfahren teilweise verwendet.

Die **Reinigungsvorrichtung** besteht überwiegend aus zwei gegenläufig rotierenden Zinken-Reinigungssternen, deren Absieb Wirkung verstellbar ist. Diese legen die Rüben auf einen Schwad ab, der nachfolgend sauber aufgenommen werden kann. Reinigungstrommeln sind nur selten anzutreffen. Der nachfolgende Putz-Lader besitzt eine schräg ansteigende, in der Siebwirkung verstellbare Siebkette. Hier wird eine zusätzliche Reinigungswirkung erreicht. Die Mechanisierungslösung »Köpf-Schwader mit anschließendem Rode-Putz-Lader« ist unter Verwendung von zweireihigen Schlegelhäckslern und zweireihigen Rodeladern als das »dänische Verfahren« bekannt geworden.

Um bei den nachfolgenden Blattladegeräten eine möglichst hohe Ladeleistung zu erzielen wird angestrebt, das Blatt von jeweils zwei Fahrten auf einen Längsschwad abzulegen. Bei sechsreihig arbeitenden Maschinen liegt dann das Blatt von jeweils 12 Reihen auf einem Schwad. Dadurch kann auch die Verschmutzung beim Ladevorgang gering gehalten werden.

7.3.4 Dreiphasiges Rübenernteverfahren

Bei diesem Verfahren, welches unter der Bezeichnung »französisches Rübenernteverfahren« bekannt geworden ist und in Frankreich lange Zeit weitgehend die Rübenerte beherrschte, sind die Einzelarbeitsgänge auf drei Arbeitstakte (Phasen) verteilt.

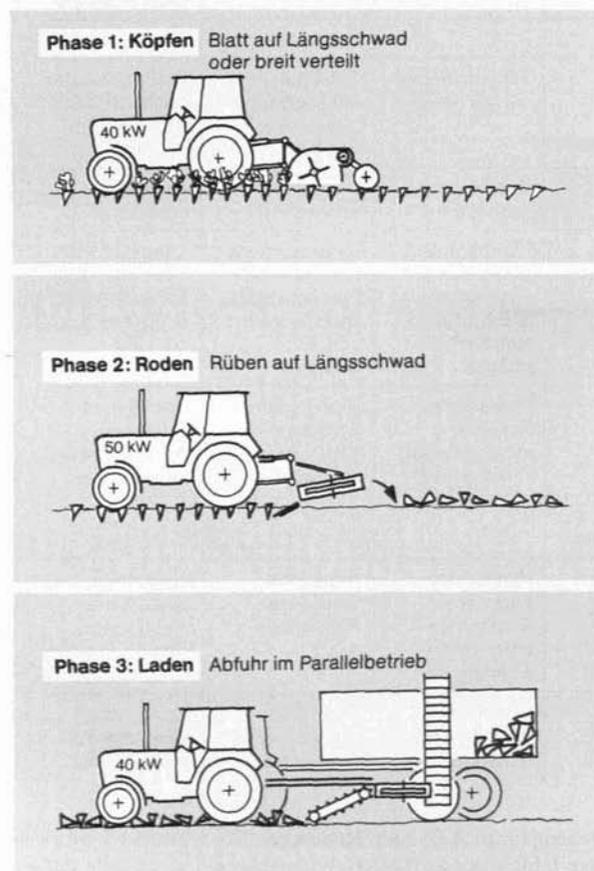


Abb. 207 Arbeitsgänge beim dreiphasigen Rübenernteverfahren

Das Verfahren besteht zwar durch einen geringen Anschaffungspreis der Maschinen und eine hohe Schlagkraft, nachteilig wirkt sich jedoch der hohe Bedarf an gleichzeitig erforderlichen Arbeitskräften, Schleppern und Transportfahrzeugen sowie der Zwang zu einer reibungslosen Organisation des Gesamtverfahrens aus. Der Trend geht deshalb derzeit vom dreiphasigen zu den verschiedenen zweiphasigen Ernteverfahren. Für sämtliche mehrphasige Verfahren gilt, daß die mögliche, hohe Verfahrenleistung nur dann zu erreichen ist, wenn die erforderliche Anzahl von Arbeitskräften, Schleppern und Transportfahrzeugen vorhanden und eine reibungslose Organisation der Rüben- und Blattabfuhr gewährleistet ist.

Rübenbergung – Bei der Rübenbergung sind im wesentlichen drei Verfahren üblich:

- ▶ Transport bis zum Feldende und Anlegen einer Feldrandmiete,
- ▶ Transport bis zum Feldende, Übergabe auf Transportwagen, welche die Rüben zu einem Zwischenlagerplatz, zum Verladebahnhof oder direkt zur Zuckerfabrik transportieren,
- ▶ Transport zum Feldende, Überladen auf Lkw und anschließende Abfuhr.

Zum Teil ergeben sich gewisse Überschneidungen.

Für den **Transport der Rüben zum Feldende** bestehen folgende Möglichkeiten, die vor allem von der auf der Erntemaschine installierten Rübensammelvorrichtung bestimmt werden:

Bunkerroder transportieren in der Regel die Rüben bis zum Feldende und übergeben sie dort auf Transportfahrzeuge oder legen sie auf eine Feldrandmiete ab. Das Behälter-Fassungsvermögen reicht bei modernen Erntemaschinen für ca. 1000 m Rübenreihe aus (bei ca. 600 dt Rüben/ha). Dies bedeutet, daß bei Rundumfahrt und Feldlängen bis 500 m lediglich an einem Feldende die Transportfahrzeuge stehen oder Feldrandmieten angelegt werden müssen. Die Erntemaschine muß mit großvolumiger Bereifung ausgestattet sein, damit auch bei gefülltem Bunker keine zu tiefen Fahrspuren entstehen. In Betrieben ohne Blattbergung ist das Feld sofort frei für die nachfolgende Bodenbearbeitung.

Die früher bevorzugte *Querschwadablage* wird heute kaum mehr angewandt. Derartige Erntemaschinen besitzen lediglich einen kleinen Bunker mit Klappboden, welcher in bestimmten Abständen von Hand, bei moderneren Maschinenkonstruktionen auch automatisch, ausgeklint wird und den Behälterinhalt auf einen Querschwad ablegt. Dieser wird nachfolgend vom Frontlader bzw. anderen hydraulischen und mechanischen Ladevorrichtungen auf die Transportfahrzeuge aufgeladen. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen ist mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen (erschwerte Abfuhr aus dem Feld, tiefe Fahrspuren, Schäden am Boden).

Bei den meisten mehrphasigen Verfahren und beim Köpf-Rode-Lader wird das *Parallelverfahren* bevorzugt. Ladegerät und Schlepper mit Transportwagen (oder Lkw) fahren nebeneinander. Das Ladegerät ist mit einem quer zur Fahrtrichtung angeordneten Überladeband versehen, welches die Rüben kontinuierlich auf das nebenher fahrende Transportfahrzeug übergibt. Ein volles Ausnutzen der hohen Leistung bei den Ladegeräten ist nur möglich, wenn die Rübenabfuhr gut organisiert ist. Als Transportfahrzeuge haben sich, vor allem in den Großbetrieben, in zunehmendem Maße auch in mittleren landwirtschaftlichen Betrieben, Einachs- und Tandemachskipper (Rückwärtskipper) in Ganzstahlausführung eingeführt. Bei Anhängung im untenliegenden Zughaken des Schleppers (Hitch) kann ein Teil der Anhängerlast auf die Schlepperhinterachse übertragen werden. Dadurch erhöht sich die Schlepperzugleistung, was vor allem bei ungünstigen Bodenverhältnissen vorteilhaft ist. Die technische Ausstattung dieser Transportfahrzeuge ist im Band »Grundlagen der Landtechnik«, Kap. 3, Abschn. 4 »Transporttechnik« (S. 79) geschildert.

Die Verwendung von Lastkraftwagen mit Kippvorrichtung stellt eine interessante Lösung dar, ist jedoch bislang meist aus Kostengründen ungünstiger als der Einsatz betriebseigener, vielseitig verwendbarer Transportfahrzeuge.

Für das Aufladen der Rüben aus der Feldrandmiete (oder aus dem Querschwad) eignen sich vor allem Frontlader, Frontgreifer, Radlader, mechanische und hydraulische Hecklader sowie Bagger. Hydraulische Hecklader und Bagger haben einen wesentlich geringeren Platzbedarf als die übrigen Ladegeräte.

7.4 Rübenblattverarbeitung

Welche Form der Blattverarbeitung im Einzelfall gewählt wird, hängt vor allem von der Betriebsorganisation sowie von ackerbaulichen Überlegungen ab. Im wesentlichen sind zwei große Verfahren üblich:

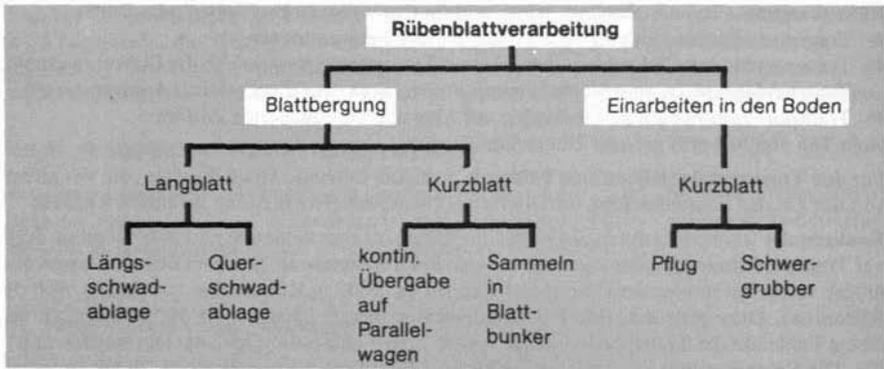


Abb. 208 Verfahren der Rübenblattverarbeitung

Der größte Teil des Rübenblattes wird geerntet und frisch verfüttert bzw. einsiliert.

Beim **Langblattverfahren** wird das unzerkleinerte Rübenblatt von der Erntemaschine auf Quer- oder Längsschwaden im Feld abgelegt. Für die *Querschwadablage* ist die Erntemaschine mit einem Klappbodenbehälter ausgestattet. Dieser wird in regelmäßigen Abständen von Hand oder automatisch von einer Tastvorrichtung entleert. Quer zur Fahrtrichtung entstehen dann starke Blattschwaden mit ca. 120 kg Blattgewicht je laufenden Meter. Für das Aufnehmen dieser Schwaden werden vor allem mobile Ladegeräte verwendet (z. B. Frontlader, Frontgreifer, mechanische oder hydraulische Hecklader, Heckschiebesammler bei kurzen Feldentfernungen).

Der Verschmutzungsgrad ist abhängig von der Witterung und dem verwendeten Ladegerät, kann aber im allgemeinen verhältnismäßig niedrig gehalten werden.

Die *Längsschwadablage* wird überall dort bevorzugt, wo geeignete Ladegeräte bereits auf dem Betrieb vorhanden sind (z. B. Ladewagen, Feldhäcksler). Die Erntemaschine ist für die Längsschwadablage mit einer Blattrutsche ausgerüstet. Diese kann vom Schleppersitz aus verstellt werden und legt das Blatt von 4–6 Rübenreihen auf einen Schwad ab. Da das Schwadgewicht nur ca. 10 kg Blatt/laufenden Meter beträgt, ergibt sich im Vergleich zum Querschwad eine 6–10mal größere Bodenberührung und entsprechend hohe Verschmutzungsgefahr. Die Aufnahmeorgane der Ladegeräte müssen deshalb entsprechend vorsichtig arbeiten. Bei Kurzschnitt-Ladewagen und beim Feldhäcksler ist darauf zu achten, daß keine zu starke Vermusung des Blattes entsteht.

Für das **Kurzblattverfahren** ist der Bunkerköpfröder mit einem Schneidgebläse ausgestattet. Der Zerkleinerungsgrad ist verstellbar, das zerkleinerte Blatt wird in einem Blattbunker gesammelt und sofort auf einen nebenher fahrenden Wagen übergeladen. Bei Erntemaschinen mit Schlegelköpfer wird bereits beim Köpfvorgang eine ausreichende Zerkleinerung des Blattes bewirkt. Hier ist in der Regel kein gesonderter Blattbunker vorhanden, das zerschlagene Blatt wird kontinuierlich über Querförderschnecken oder Förderbänder auf einen parallel nebenherfahrenden Wagen übergeben.

Eine Ablage des Kurzblattes auf Längs- oder Querschwaden hat sich nicht bewährt, da erhöhte Verschmutzungsgefahr besteht.

Das Raumgewicht von Kurzblatt ist mit 300–450 kg/m³ zwei- bis dreimal so groß wie bei Langblatt. Dadurch läßt sich eine bessere Ausnutzung des Transportraumes und eine gute Dichtlagerung im Silo erreichen.

Das **Einarbeiten in den Boden** wird vor allem in viehlosen Betrieben angewandt, die das Rübenblatt nicht ernten oder verkaufen wollen, sondern unterpflügen. Hier wird das Blatt sofort beim Roden lang, von einem Blatthäcksler oder dem Schlegelköpfer zerschlagen, breitwürfig auf das Feld verteilt. Bei hohem Blattanfall kann eine schmierige Bodenoberfläche entstehen, die beim Pflügeschlepper erhöhten Radschlupf verursachen kann. Für das

Einarbeiten in den Boden eignen sich alle Grundbodenbearbeitungsgeräte, vor allem Pflug und Schwergrubber.

7.5 Verfahrensvergleich

Ein Vergleich der verschiedenen Ernteverfahren hat neben den arbeitswirtschaftlichen auch ökonomische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Hinzu kommen spezielle Standortbedingungen wie z. B. Anzahl rodefähiger Tage, Möglichkeiten zur Nutzung des mehrbetrieblichen Maschineneinsatzes sowie die einzelbetriebliche Ausstattung mit Arbeitskräften, Schleppern und Transportfahrzeugen.

Verfahren		BKR 1	BKR 2	BKR 2	BKR 6	KRL+T 6	KR+L+T 6
Reihenzahl		1	2	2	6	6	6
Antriebsart		gez.	gez.	SF	SF	SF	gez.
Arbeitsgänge		1	1	1	1	1	2
Arbeitskräftebedarf		1	1	1	1	3	4
Schlepperbedarf		1	1	-	-	2	4
Arbeitszeitbedarf	AKh/ha	6,4	3,5	2,9	1,25	3,9	5,4
Tagesleistung (8 h)	ha	1,25	2,3	2,7	6,4	6,2	5,9
Kampagneleistung (30 d)	ha	38	70	81	192	186	178
Anschaffungspreise:							
incl. MWSt.	DM	35 000	60 000	140 000	300 000	170 000*)	70 000*)
je ha Kampagneleistung	DM	921	857	1 728	1 563	914	393
je Reihe	DM	35 000	30 000	70 000	50 000	28 300	11 600

*) mit 2 Einachskippern

Abb. 209 Vergleich einiger Verfahren der Zuckerrübenerte ohne Blattbergung (nach BRINKMANN)

Ernte- verfahren Reihen	Flächen- leistung ha		Schmutz- rübent dt	
	8 h	12 h	1 h	12 h
1 BKR gez.	1,3	1,9	82	984
2 BKR gez.	2,3	3,4	147	1764
2 BKR SF	2,7	4,1	176	2112
3 BKR SF	3,1	4,7	204	2448
6 BKR SF	6,4	9,6	418	5021
6 KR+L+T gez.	5,9	8,9	386	4629
6 KRL (SF)+T	6,2	9,3	405	4864

Ertrag: 523 dt/ha Schmutzrüben (Schmutzanteil 15%)

Abb. 210 Leistungen 1- bis 6reihiger Zuckerrübenerntemaschinen (nach BRINKMANN)

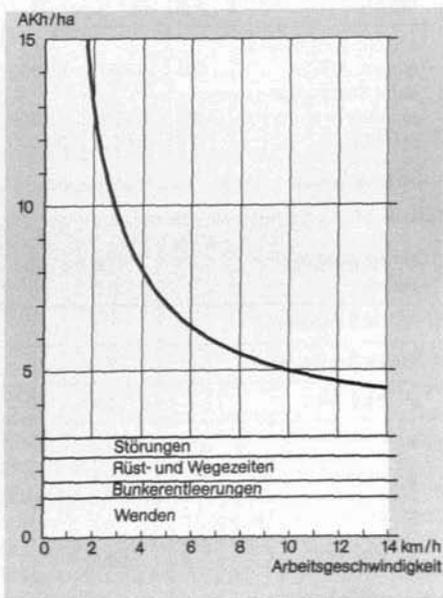


Abb. 211 Arbeitszeitbedarf für die Rübenerte in Abhängigkeit von der Rodegeschwindigkeit

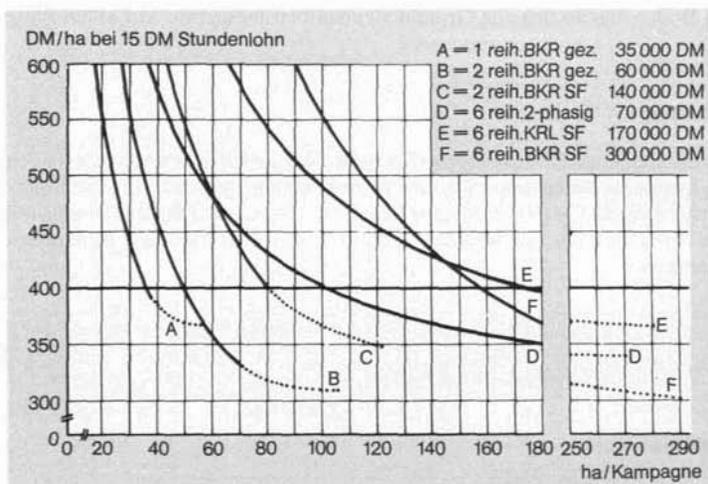


Abb. 212
Kosten verschiedener Zuckerrüben-Ernteverfahren (ohne Blattbergung) (nach BRINKMANN)

Tabelle 50: Vergleich einiger Verfahren der Zuckerrübenenernte ohne Blattbergung (nach BRINKMANN)

Verfahren ²⁾ : Reihenanzahl: Antriebsart:	BKR 1 gezogen	BKR 2 gezogen	BKR 2 SF	BKR 6 SF	KRL + T 6 SF	KR + L + T 6 gezogen
Arbeitsgänge (Zahl):	1	1	1	1	1	2
Arbeitskräftebedarf (AK):	1	1	1	1	3	4
Schlepperbedarf (Zahl):	1	1	-	-	2	6
Arbeitszeitbedarf (AKh/ha)	6,4	3,5	2,9	1,25	3,9	5,4
Tagesleistung (8 h) (ha)	1,25	2,3	2,7	6,4	6,2	5,9
Kampagneleistung (30 d) (ha)	38	70	81	192	186	178
Anschaffungspreise einschl. MWSt. je ha Kampagne- leistung	DM 35 000	DM 60 000	DM 140 000	DM 300 000	DM 170 000 ¹⁾	DM 70 000 ¹⁾
je Reihe	DM 921	DM 857	DM 1 728	DM 1 563	DM 914	DM 393
	DM 35 000	DM 30 000	DM 70 000	DM 50 000	DM 28 300	DM 11 600

¹⁾ mit 2 Einachskippern ²⁾ BKR = Bunkerköpffroder, KRL = Köpfl-Rode-Lader, L = Lader, T = Transport

Tabelle 51: Leistungen ein- bis sechsreihiger Zuckerrüben-Erntemaschinen (nach BRINKMANN)

Ernteverfahren Reihen	Flächenleistung ha		Zuckerrüben dt ¹⁾	
	8 h	12 h	1 h	12 h
1 BKR gezogen	1,3	1,9	82	984
2 BKR gezogen	2,3	3,4	147	1 764
2 BKR SF	2,7	4,1	176	2 112
3 BKR SF	3,1	4,7	204	2 448
6 BKR SF	6,4	9,6	418	5 021
6 KR + L + T gezogen	5,9	8,9	386	4 629
6 KRL (SF) + T	6,2	9,3	405	4 864

¹⁾ Ertrag: 523 dt/ha Zuckerrüben (Schmutzanteil 15%)

8 Futterrübenbau

Der Anbau von Futterrüben ist in den letzten Jahren stetig rückläufig. Die Hauptursache dafür ist im hohen arbeitswirtschaftlichen Aufwand zu sehen. Dennoch besitzt der Futterrübenanbau bei uns eine gewisse Bedeutung, denn auch auf ungünstigeren Standorten bringt die Futterrübe eine hohe Flächenproduktivität und sichere Erträge. Außerdem konnten Anbau und Pflege weitgehend mechanisiert werden. Die Hauptbelastung fällt derzeit noch bei Ernte, Abtransport, Einlagerung und Verfütterung an.

8.1 Bestell- und Pflorgetechnik

Bei Saat und Pflege bestehen ähnliche Anforderungen an die Technik wie im Zuckerrübenbau, auch die angewandten Mechanisierungslösungen und Arbeitsverfahren sind weitgehend die gleichen.

Die **Einzelkornsaat** von pilliertem Normal- oder Monogerm Saatgut wird zunehmend bevorzugt. Je nach Vereinzlungsverfahren erfolgt die Ablage auf ca. 6–8 cm Kornabstand in der Reihe (beim Vereinzeln mit der langen Hacke), bzw. auf ca. 15 cm (im vereinzlungslosen Anbau). Ein exakter Einzelpflanzenbestand erleichtert die Pflege und vor allem die mechanische Ernte.

Für die **Pflegemaßnahmen** werden die gleichen Geräte und Arbeitsverfahren wie bei Zuckerrüben angewandt.

8.2 Erntetechnik

Neben der Futterrübenenernte von Hand hat in den letzten Jahren der Einsatz von einreihigen Futterrüben-Vollerntern zugenommen. Halbmechanische Verfahren, z. B. mit Köpfschippe und Frontladerernte, sowie das »dänische Rübenenernteverfahren« (Schlegelfeldhäcksler und Rodelader) werden in der Praxis nur noch vereinzelt angewendet.

Anforderungen an die Erntetechnik – An die Futterrüben-Vollernter sind folgende wesentliche Forderungen zu stellen:

- ▶ Aufnahme sämtlicher Rüben, auch bei weniger standfesten Sorten,
- ▶ geringer Schmutz- und Blattanteil im Erntegut,
- ▶ keine Beschädigungen am Rübenkörper,
- ▶ hohe Flächenleistungen.

Derzeit werden zwei typische Bauformen von Futterrüben-Vollerntern angeboten:

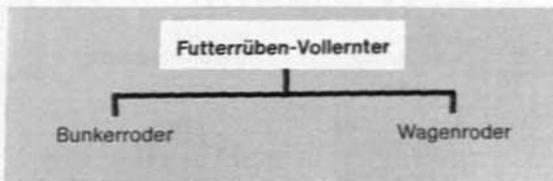


Abb. 213 Bauformen von Futterrüben-Vollerntern

Arbeitsweise – Die Arbeitsweise ist bei allen Vollerntern einheitlich: Die *Rüben* werden zuerst von einem Rodeschar gelockert, anschließend von Gummibändern, die über ein schräg stehendes Laufrad laufen, am Blatt erfaßt und aus dem Boden gezogen. Zwischen den Gummibändern eingeklemmt, werden die Rüben einer Köpfvorrichtung zugeführt, die das Blatt mit feststehenden oder rotierenden Messern abschneidet. Das *Blatt* kann im Längs- oder Querschwad abgelegt bzw. zum Unterpflügen breitwürfig verteilt werden. Die Rüben werden in einem Sternrad gereinigt und anschließend beim Bunkerroder von einem Hubrad oder Elevator in den Kipp- oder Kratzbodenbunker gefördert. Dieser hat ein Fassungsvermögen von ca. 15–25 dt, das ist bei einem Ertrag von 1000 dt/ha und 50 cm Reihenweite ausreichend für eine Fahrstrecke von ca. 300–500 m.



Abb. 214 Einreihiger Bunkenköpffroder für Futterrüben

Bei Wagenrodern ist eine seitlich ausschwenkbare Fördervorrichtung vorhanden, über welche die Rüben stetig auf einen nebenherfahrenden Wagen übergeladen werden.

Der Antrieb der Maschine erfolgt über die Schlepperzapfwelle, bei neueren Konstruktionen auch hydraulisch. Die wichtigsten Steuerfunktionen wie z. B. Feinststeuerung, Ablassen und Ausheben des Rodeschares und Betätigen des Rübenbunkers werden hydraulisch durchgeführt. Hierfür läßt sich neben dem Schlepperfahrer ein kleines Steuerpult mit flexiblen Schlauchleitungen zum Roder anbringen.

Einsatz – Die Zeitspanne für die Futterrübenenernte erstreckt sich etwa über 4–6 Wochen. Da die Anbaufläche je Einzelbetrieb meist unter 1 ha liegt und die Maschinen in der Anschaffung verhältnismäßig teuer sind (ca. 12 000–22 000 DM), werden die Futterrüben-Vollernter fast ausschließlich mehrbetrieblich eingesetzt. Die günstigste Fahrgeschwindigkeit liegt bei ca. 3–4 km/h, sie muß auf die Umlaufgeschwindigkeit der Gummiband-Ziehorgane abgestimmt sein.

Bei dem hohen Rübenenertrag ist eine reibungslose Organisation der Abfuhr mit ausschlaggebend für die gesamte Verfahrensleistung. Unterstellt man einen Ertrag von 1000 dt/ha, 250 m Schlaglänge, 1 km Feldentfernung und 30 dt Rüben/Transportwagen, so sind beim *Bunkerroder* mit Standwagen insgesamt 4 Arbeitskräfte, 3 Schlepper und 4 Wagen erforderlich. Beim *Wagenroder*-Verfahren benötigt man 5 Arbeitskräfte, 4 Schlepper und 3 Wagen.

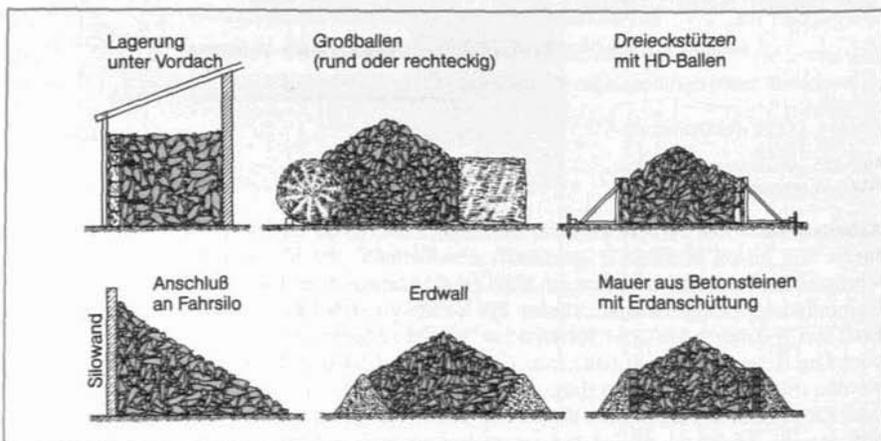


Abb. 215 Möglichkeiten zum Bau von Hofmieten zur Einlagerung von Futterrüben

8.3 Rübenlagerung

Die Möglichkeiten zur Mechanisierung der Einlagerung und Entnahme der Futterrüben werden weitgehend von der Bauform und der Anordnung der Lagerbehälter bestimmt. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Feldrandmiete und Lagerung am Hof.

Feldrandmieten werden durch direktes Entleeren des Rübenbunkers, bei Wagenroder durch Abkippen des Transportwagens, angelegt. Die Schlagkraft ist hoch, es können jedoch nur geringe Schütthöhen eingehalten werden. Dies verursacht einen hohen Flächenbedarf und eine große Oberfläche der Rübenmiete. Bei Vorbereiten und Zudecken der Miete entsteht ein hoher Handarbeitsaufwand. Auch die Entnahme ist kaum mechanisierbar.

Für die **Rübenlagerung am Hof** bieten sich verschiedene Möglichkeiten an: *Unterirdische Keller* werden bei Neubauten nur noch selten eingerichtet (hoher Kapitalaufwand, mechanisches Ein- und Auslagern erschwert). Wesentlich günstiger sind *ebenerdige, befahrbare Keller*. Daneben gibt es eine Reihe bewährter, kostengünstiger Lagermöglichkeiten, die größtenteils im Eigenbau hergestellt werden können.

Die Schütthöhe sollte 2–3 m nicht überschreiten. Da die optimale Lagerungstemperatur ca. 4° C beträgt, dürfen die Mieten nicht sofort nach dem Befüllen, sondern erst nach entsprechender Abkühlung zugedeckt werden. Das Abdecken erfolgt zweckmäßigerweise mit Folien in Verbindung mit Stroh.

Für das Einlagern der Futterrüben in Hofmieten eignen sich Frontlader (bis zu Lagerhöhen von ca. 2 m), bei größeren Schütthöhen werden Förderbänder oder Kratzkettenförderer bevorzugt. Für das Nachreinigen von stark mit Erde oder Blattresten verschmutzten Rüben gibt es zapfwellenbetriebene Reinigungsvorrichtungen.

Für die verschiedenen Einlagerungsverfahren entsteht folgender Arbeitszeitbedarf:

Tabelle 52: Arbeitszeitbedarf verschiedener Verfahren im Futterrübenanbau

Arbeitsgänge	Verfahren		
	1 AKh/ha	2 AKh/ha	3 AKh/ha
Saatbettvorbereitung			
Saatbettkombination, 3,0 m (2×)	3	3	3
Aussaat und Vereinzeln (Einzelkornsaat)			
Präz.-Saatgut, kalibriert, 6 cm	60	–	–
Präz.-Saatgut, pilliert, 10 cm	–	25	–
Monogermsaatgut, pilliert, 15 cm	–	–	15
Ernte und Abfuhr			
Handernte, 3 t/Wagen	91	–	–
Vollernter (1,5-t-Bunker), 4 t/Wagen	–	29	–
Vollernter (2,5-t-Bunker), 4 t/Wagen	–	–	27
Abladen und Einlagen			
von Hand	29	–	–
mech. Abladegerät	–	14	–
Abkippen auf Miete mit Zudecken	–	–	13
Arbeitszeitbedarf insgesamt	183	71	58

9 Kartoffelbau

Die Kartoffel gehört zu den bedeutendsten Nahrungsmitteln der Welt. Früher mußten für den Kartoffelanbau schwere körperliche Arbeit und viele Arbeitsstunden aufgewendet werden. Heute ist ein wirtschaftlicher Kartoffelanbau ohne den konsequenten Einsatz technischer Hilfsmittel nicht mehr denkbar. Der Zwang zur Mechanisierung hat zu einer deutlichen Konzentration des Anbaues auf spezialisierte Betriebe geführt. Angepaßt an die geänderte Verwertung der Kartoffeln liegt heute der Anbauswerpunkt bei Speise- und Industriekar-

toffeln (insgesamt ca. 6,2 Mio. t/Jahr). Der Anteil von Futterkartoffeln ist dagegen stark gesunken.

Die Mechanisierung im Kartoffelbau erfaßt heute alle Arbeitsgänge von der Bodenvorbereitung bis zur Vermarktung der Kartoffeln, größtenteils in Ein-Mann-Arbeit. Dadurch sollen eine ordnungsgemäße und termingerechte Arbeitserledigung in allen Verfahrens-Teilbereichen, tragbarer Arbeitszeitbedarf, geringe Ernte- und Lagerungsverluste sowie ein qualitativ hochwertiges Ernte- bzw. Verkaufsgut erzielt werden.

9.1 Bestell- und Pflorgetechnik

Ein optimales Wachstum der Kartoffeln und eine sichere Funktion der Maschinensysteme ist nur dann zu erwarten, wenn bereits bei Bodenbearbeitung, Legen und Pflege die Ansprüche der Kartoffeln als Kulturpflanze sowie die Anforderungen der Maschinenteknik bei Anbau, Pflege und Ernte berücksichtigt und sorgfältig aufeinander abgestimmt werden.

9.1.1 Pflanzbettvorbereitung

Die Kartoffel benötigt für ein gutes Pflanzenwachstum einen tief gelockerten Boden mit guter Luft-, Wärme- und Wasserführung. Spezielle Forderungen an die Pflanzbettbereitung kommen aber auch von der Lege- und Erntetechnik. Für den Einsatz moderner Legemaschinen wird ein gleichmäßig und gut gekrümeltes, ebenes und möglichst spurenfreies Pflanzbett ohne störende Pflanzen- oder Stalldungreste verlangt. Der Boden soll ausreichend tragfähig sein, damit Schlepper und Legemaschinen nicht zu tief einsinken. Die Erntemaschinen benötigen einen leicht absiebbarer, klutenfreien Boden, dadurch verringert sich die Belastung der Sieb- und Trennvorrichtungen sowie der Auslesepersonen.

Die **technischen Lösungen** für die Pflanzbettvorbereitung richten sich u. a. nach der vorhandenen Bodenart:

- ▶ Auf den *leichten bis mittleren Böden*, die im Frühjahr noch rechtzeitig vor dem Kartoffellegetermin gepflügt werden können, läßt sich mit einer Koppelung von Pflug und Packerkombination (Krumenpacker und Wälzgege) in einem Arbeitsgang ein günstiges Pflanzbett vorbereiten. Wird der Boden im Herbst gepflügt (möglichst bei trockener Witterung), läßt sich im Frühjahr mit Feingrubber-Wälzgegen-Kombinationen meist in einem Arbeitsgang ein günstiges Pflanzbett erzielen.
- ▶ Auf den *schwereren Böden*, die auch heute noch für bestimmte Verwertungsrichtungen der Kartoffel interessant sind (Speisekartoffeln, Veredelungsindustrie), ist vor allem auf Klutenfreiheit und gute Bodenkrümelung zu achten. Deshalb wird hier meist die Herbstpflugfurche bevorzugt. Auf den schwereren Böden ist der Einsatz von Feingrubber-Krümler-Kombinationen oft unbefriedigend. Deshalb werden hier in zunehmendem Maße Zapfwelleneggen mit Packerwalzen (z. B. Rüttelegge, Kreiselegge, Taumelegge, Rotoregge), bei sehr schwierigen Bedingungen auch Bodenfräsen bevorzugt. Diese Geräte sind im Abschnitt 1.4 ausführlich beschrieben.

Die Ausrüstung der Schlepper mit Giterrädern oder Zwillingbereifung trägt dazu bei, unerwünschte Radsuren zu vermeiden, die sich nachteilig auf die Legetiefe und die Spurführung der Legemaschinen auswirken.

Auf schwer siebfähigen Böden werden seit mehreren Jahren Versuche mit dem Anlegen von Herbstdämmen durchgeführt. In diese werden im Frühjahr ohne weitere Vorarbeit die Kartoffeln abgelegt. Mit diesem Verfahren soll eine raschere Abtrocknung und Erwärmung des Bodens im Frühjahr, genaue Spurführung für Schlepper und Legemaschine sowie gute Siebbarkeit der Dämme erreicht werden.

9.1.2 Legemaschinen

Der Einsatz von Vielfachgeräten für den Gespann- und Schlepperzug leitete die Mechanisierung des Kartoffelbaues ein. Mit abrollenden Lochsternen wurden die Pflanzlöcher markiert und von Hand die Kartoffeln eingelegt. Das Zudecken erfolgt wieder mit dem umgebauten Vielfachgerät.

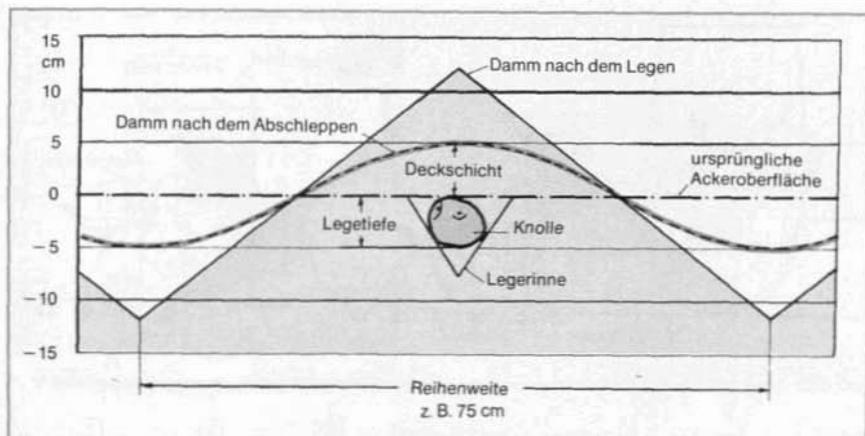


Abb. 216 Lage der Pflanzknolle im Kartoffeldamm

Heute werden fast ausschließlich Kartoffellegemaschinen verwendet. Ihr Einsatz wird von pflanzenbaulichen Forderungen und den Ansprüchen der bei Pflege und Ernte eingesetzten Maschinen und Geräte beeinflusst. Im einzelnen sind dies vor allem

- ▶ gleichmäßig flache Legetiefe,
- ▶ exakte Einzelknollenablage, auch bei unterschiedlicher Knollenform und -größe,
- ▶ exakter Knollenabstand in der Reihe,
- ▶ gleichmäßige Reihenabstände und Anschlußspuren,
- ▶ gleichmäßige Bodenbedeckung.

Bei den Kartoffellegemaschinen ist zwischen verschiedenen Bauarten zu unterscheiden:

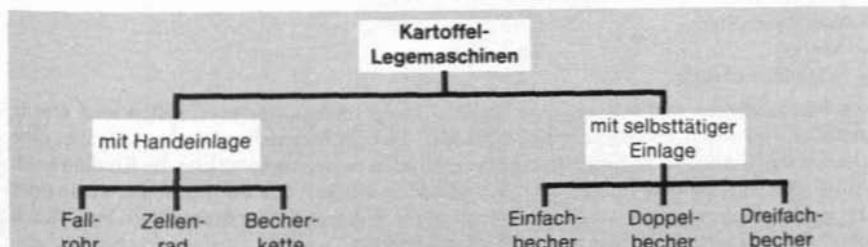


Abb. 217 Bauarten von Kartoffellegemaschinen

Legemaschinen mit Handeinlage – Sie werden bei kleineren Anbauflächen sowie zum Legen vorgekeimter Kartoffeln bevorzugt. Sie sind meist zweireihig und häufig Bestandteil einer Gerätereihe. An einem Grundrahmen lassen sich die Bauteile der Legemaschine und später die Pflegegeräte einfach und rasch anbringen. Je Legereihe ist eine Bedienungsperson erforderlich, die ihre Arbeit sitzend verrichtet. Sie entnimmt die Pflanzknollen dem Vorratsbehälter und läßt sie bei *Fallrohrmaschinen* nach einem akustischen Taktzeichen in das Legerohr fallen. Bei dieser Bauart ist keine Vorratsarbeit möglich, die Aufmerksamkeit der Bedienungspersonen wird erheblich beansprucht. Dies hat dazu geführt, daß bei Legemaschinen mit Handeinlage heute das waagerechte *Zellenrad* und die *Becherkette* am weitesten verbreitet sind. Hier kann »auf Vorrat« gearbeitet werden, d. h. jeweils mehrere Zellen oder Becher sind befüllbar. Dies erleichtert die Arbeit der Bedienungspersonen und steigert die Legeleistung auf ca. 130 Knollen/min (bei Fallrohr nur ca. 100 Knollen/min). Das Ziehen der Legerinnen übernimmt ein feststehendes Schar. Zudeckscheiben oder Häufelkörper bedecken die Pflanzknollen mit lockerem Boden.

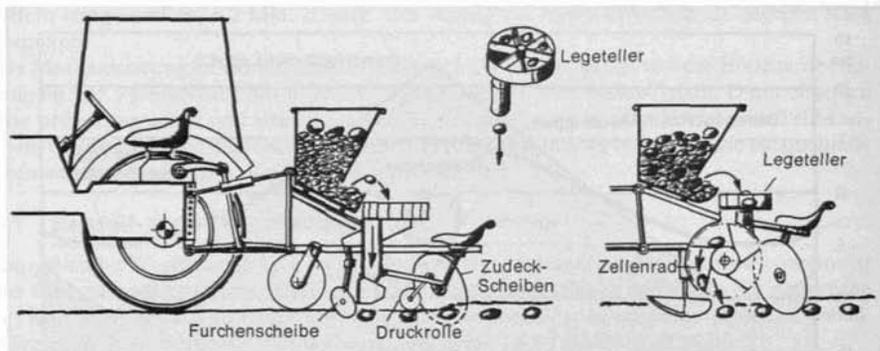


Abb. 218 Legemaschinen mit Handeinlage sind mit unterschiedlichen Legevorrichtungen ausgestattet

Alle Legemaschinen mit Handeinlage können für das Legen von Vorkeimkartoffeln anstelle des üblichen Vorratsbehälters mit einem Transportrahmen für Vorkeimkisten ausgerüstet werden.

Legemaschinen mit selbsttätiger Einlage – Sie werden heute in spezialisierten Kartoffelbau-betrieben eindeutig bevorzugt. Es gibt sie als 2-, 4-, 6- und 8reihige Maschinen.

Ihre **Funktion** ist folgende: Eine endlose Schöpfkette durchläuft den Vorratsbehälter, dabei füllen sich die Löffel oder Becher mit einer oder mehreren Pflanzknollen. Durch Rüttelbewegungen oder auf einer waagerechten »Vereinzelungsstrecke« fallen die überzähligen Knollen ab, nur jeweils eine Kartoffel pro Becher wird in die Legerinne abgelegt. Anschließend erfolgt das Zudecken der Knollen mit lockerem Boden.

Eine Legemaschine mit selbsttätiger Einlage besitzt folgende **Baugruppen**:

- Furchenzieher
- Vorratsbehälter
- Antrieb
- Schöpfeinrichtung
- Vereinzelungsorgan
- Zudeckvorrichtung
- Spurschar

Als **Furchenzieher** wird vorzugsweise ein keilförmiges Schar, nur noch selten eine schräg gestellte, rotierende Furchenscheibe verwendet. Der Furchenzieher hat die Aufgabe, eine gleichmäßig flache und spitze Legerinne in den Boden zu ziehen, in welche die Knollen beim Auftreffen eingeklemmt und am Verrollen gehindert werden. Der Furchenzieher allein oder das gesamte Legeaggregat werden von gesonderten Führungs- oder Stützrädern bzw. durch die Zudeckscheiben in einer einstellbaren Tiefe geführt.

Da die Pflanzknolle nur so tief liegen soll, wie sie dick ist, muß eine flache Legerinne gezogen werden (vgl. Abb. 216). Die Legetiefe hat einen entscheidenden Einfluß auf die spätere Rode-tiefe. Bei 5 cm Legetiefe ist eine Rode-tiefe von ca. 12 cm möglich, bei 10 cm Legetiefe muß ca. 15 cm tief gerodet werden. Dadurch erhöht sich die abzusiebende Erdmenge von ca. 1000 t/ha auf 1400 t/ha, auch die Beimengungen (Steine, Kluten) nehmen entsprechend zu.

Als **Vorratsbehälter** gibt es Einzelbehälter pro Reihe (ca. 100 kg Knollenvorrat), Doppel-behälter für jeweils 2 Legereihen (ca. 130 kg je Reihe) sowie kippbare oder mit Rollboden ausgestattete Bunker-Vorratsbehälter für jeweils 4 Legereihen (Inhalt ca. 250 bis 400 kg/Reihe).

Zwei- und vierreihige Legemaschinen mit Einzel- oder Doppelbehälter werden meist als Dreipunkt-Maschinen, beim Geräteträger auch als Zwischenachsmaschinen verwendet. Vier- und mehrreihige Bunkermaschinen sind überwiegend Anhängemaschinen und werden im Zugmaul oder an der Ackerschiene des Schleppers angehängt.

Der Vorratsbehälter ist bei modernen Maschinen so niedrig gehalten, daß die Befüllung bequem aus Säcken, oder auch als loses Schüttgut direkt aus Anhängern mit Entladehilfe (Rückwärtskipper, Heckhubvorrichtung) erfolgen kann.

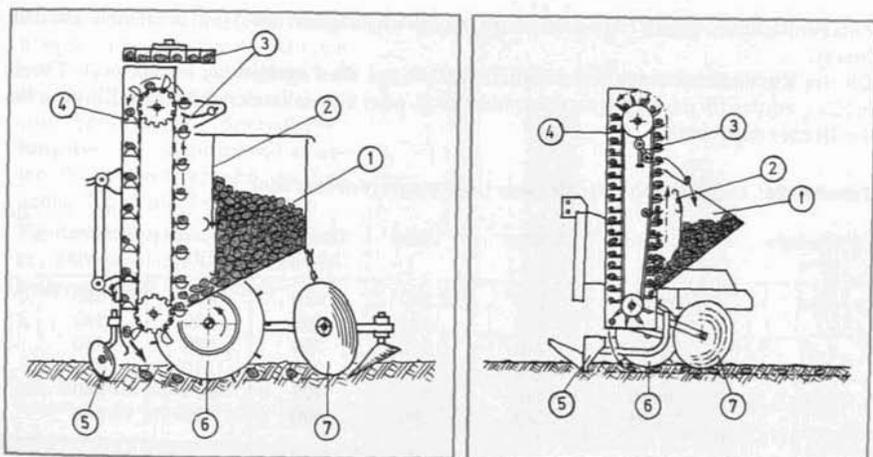


Abb. 219 (links oben) Lege-
maschine mit selbsttätiger
Einlage und Fehlstellenaus-
gleich

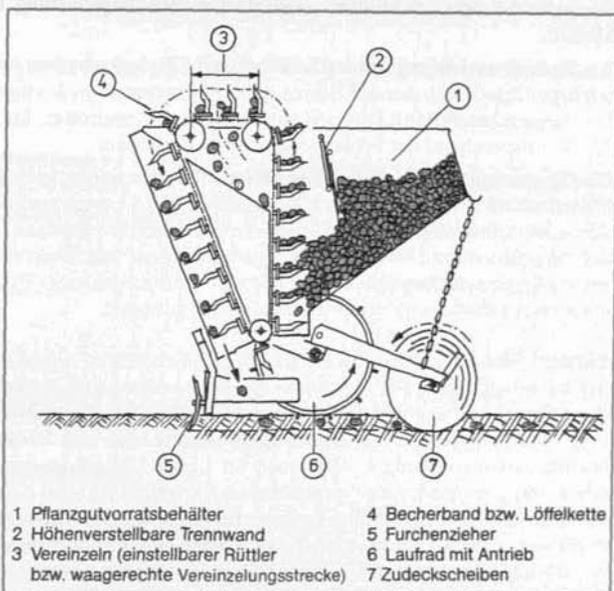


Abb. 220 (rechts oben und
unten) Aufbau und Funktion
moderner Kartoffel-Lege-
maschinen

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 Pflanzgutvorratsbehälter | 4 Becherband bzw. Löffelkette |
| 2 Höhenverstellbare Trennwand | 5 Furchenzieher |
| 3 Vereinzeln (einstellbarer Rüttler
bzw. waagerechte Vereinzlungsstrecke) | 6 Laufrad mit Antrieb |
| | 7 Zudeckscheiben |

Zum **Antrieb** werden die Stützräder der Maschine benutzt. Der Zentralantrieb mit Wechselkettenrädern oder Zahnradgetriebe setzt sich immer mehr durch. Damit läßt sich für alle Legeorgane gemeinsam der je nach Knollengröße und vorgesehener Verwertung des Erntegutes gewünschte Knollenabstand in der Reihe einstellen. Die bevorzugten Abstufungen sind ca. 24–36 cm (in Abstufungen von jeweils 3 cm).

Als **Schöpfleinrichtung** dienen Gummigewebebänder, auf denen eine, in zunehmendem Maße jedoch zwei oder drei Reihen Schöpfbecher oder Schöpfelöffel nebeneinander angebracht sind. Mehrfach-Bechergurte gewährleisten eine sichere Belegung und höhere Fahrgeschwindigkeit. Metall-Becherketten sind bei modernen Maschinen seltener anzutreffen.

Um eine sichere Belegung zu erreichen, schöpfen die Schöpfbecher oder -löffel mehrere Knollen aus dem Vorratsbehälter. Anschließend erfolgt das Vereinzeln durch Abwerfen der überzähligen Knollen. Hierfür sind Rüttleinrichtungen (in der Wirkung verstellbar) oder horizontale Vereinzlungsstrecken vorhanden. Die früher weitverbreiteten Vorrichtungen

zum Fehlstellenausgleich (Ausgleichskorb, Ausgleichsmagazin usw.) sind nicht mehr auf dem Markt.

Da die Knollenform einen wesentlichen Einfluß auf die Legeleistung ausübt (vgl. Tabelle 52a), werden für das Legen von besonders groß- oder kleinfallendem Pflanzgut Einsätze für die Becher angeboten.

Tabelle 52a: Legeleistung verschiedener Legeorgane (Knollen/min)

Knollenform	Sortierung mm	Becher	Löffel	Doppelbecher	Doppel-löffel	Dreifachbecher
rund	35/45	220	280	480	480	580
	35/55	210	270	460	460	540
oval	35/45	210	250	360	380	450
	35/55	190	230	300	310	380
lang	35/45	130	140	220	230	240
	35/55	40	80	100	120	140

Doppelte Schöpfeinrichtungen ermöglichen eine Legeleistung bis zu ca. 500 Knollen je Minute.

Als **Zudeckvorrichtung** werden federbelastete Zudeckscheiben weitgehend bevorzugt. Häufelkörper lassen sich nur auf Böden ohne Pflanzenreste u. ä. einsetzen.

Der Legereihenabstand läßt sich stufenlos oder in mehreren Stufen zwischen ca. 62,5 und 75 cm entsprechend der Schlepperspurweite einstellen.

Das **Legen von vorgekeimten Kartoffeln** ist ein spezielles, vor allem im Frühkartoffel- und Pflanzkartoffelbau angewandtes Verfahren. Neben Legemaschinen mit Handeinlage lassen sich auch selbsttätige Kartoffellegemaschinen hierfür einsetzen. Besonders bewährt haben sich Maschinen mit Dreifach-Bechergurten. Spezialmaschinen für das Legen von Vorkeimkartoffeln sind mit beweglichem Förderrost, Förderband oder Rollboden zur gleichmäßigen, schonenden Zuführung der Pflanzknollen ausgestattet.

Einsatz – Beim Einsatz der Kartoffel-Legemaschinen ist neben der einwandfreien Funktion der Einzelaggregate, der Abstimmung von Knollen- und Bechergröße sowie der richtigen Einstellung von Legetiefe und Knollenabstand auch die Organisation von Pflanzgutaufbereitung und Transport zu berücksichtigen. Beim Legen von Vorkeimkartoffeln entsteht der höchste Arbeitszeitbedarf. Aber auch für Laden, Transport und Beschickung der Legemaschine mit gesackten, nicht vorgekeimten Kartoffeln ist noch ein erheblich höherer Arbeitszeitbedarf als bei losem Pflanzgut zu veranschlagen. Die Verwendung von Pflanzgut in loser Form setzt jedoch Legemaschinen mit Vorratsbunker und Transportfahrzeuge mit Entladevorrichtung zum direkten Überladen ohne Handarbeit voraus.

Der Zeitaufwand für das Befüllen wird u. a. auch vom Fassungsvermögen des Legemaschinen-Vorratsbehälters beeinflusst. Mit folgenden Legestrecken je Füllung ist zu rechnen:

Behälterinhalt je Reihe in kg	Legestrecke in m
100	350– 700
200	700–1400
300	1000–2000
400	1400–2800

Das genaue Einhalten der Reihenabstände an den Anschlußspuren ist vor allem dann wichtig, wenn die Arbeitsbreite der Pflegegeräte größer ist als die der Legemaschine. Als maximale Abweichung sind 2–3 cm zulässig. Deshalb sind die Legemaschinen mit keilförmigen Spurrainern oder mit Spurscharen ausgestattet, die eine flache Rinne in den Boden ziehen. In dieser Spurrinne wird der Schlepper bei der Anschlußfahrt geführt. In Hanglagen ist der Einsatz von Anbau-Legemaschinen bis ca. 18% Seitenhang-Neigung auch bei 4reihigen Maschinen ohne

Zusatzrüstung möglich. Angehängte Legemaschinen können nur bis zu einer Hangneigung von ca. 10–12%, auch bei Verwendung von Spurkränzen, Spezialbereitung usw. zufriedenstellend arbeiten. Besonders hangstabil sind Legemaschinen mit Tandemachse.

Für verschiedene Kartoffellegeverfahren ist mit folgendem **Arbeitszeitbedarf** zu rechnen:

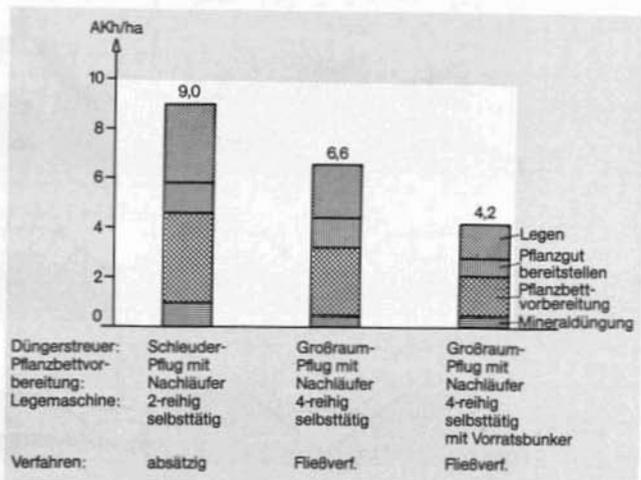


Abb. 221 Arbeitszeitbedarf bei verschiedenen Kartoffel-legeverfahren

9.2 Kartoffelpflege

Durch gezielte Anwendung mechanischer und chemischer Pflegemaßnahmen sollen günstige Wachstums- und Rodebedingungen geschaffen sowie ein hoher Ertrag und hohe Qualität des Erntegutes gesichert werden. Im einzelnen werden folgende Maßnahmen angewandt:

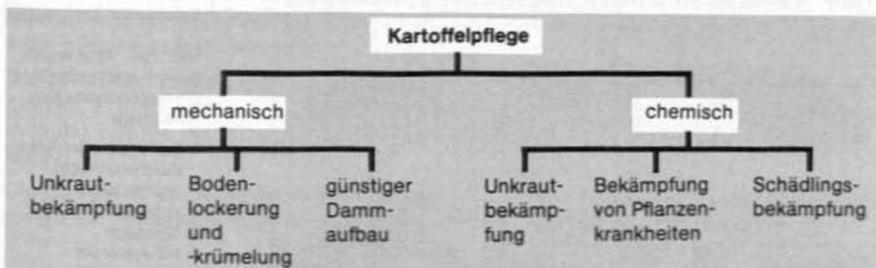


Abb. 222 Überblick über die verschiedenen Pflegemaßnahmen bei Kartoffeln

9.2.1 Mechanische Kartoffelpflege

Die Geräte für die mechanische Kartoffelpflege werden im Front- oder Heckanbau (teilweise auch kombiniert), beim Geräteträger auch im Zwischenachsenanbau am Schlepper angebracht. Bei Front- und Zwischenachsenanbau ist besonders gute Sichtmöglichkeit auf die Werkzeuge gegeben. Dammanstand, Schlepperspurweite und Reifenbreite müssen genau aufeinander abgestimmt sein, damit eine genaue Werkzeugführung, Ein-Mann-Arbeit und hohe Fahrgeschwindigkeit erzielt werden können.

Folgende **Arbeitsgänge** und **-werkzeuge** werden bei der mechanischen Kartoffelpflege bevorzugt:



Abb. 223 Geräte für die mechanische Kartoffelpflege

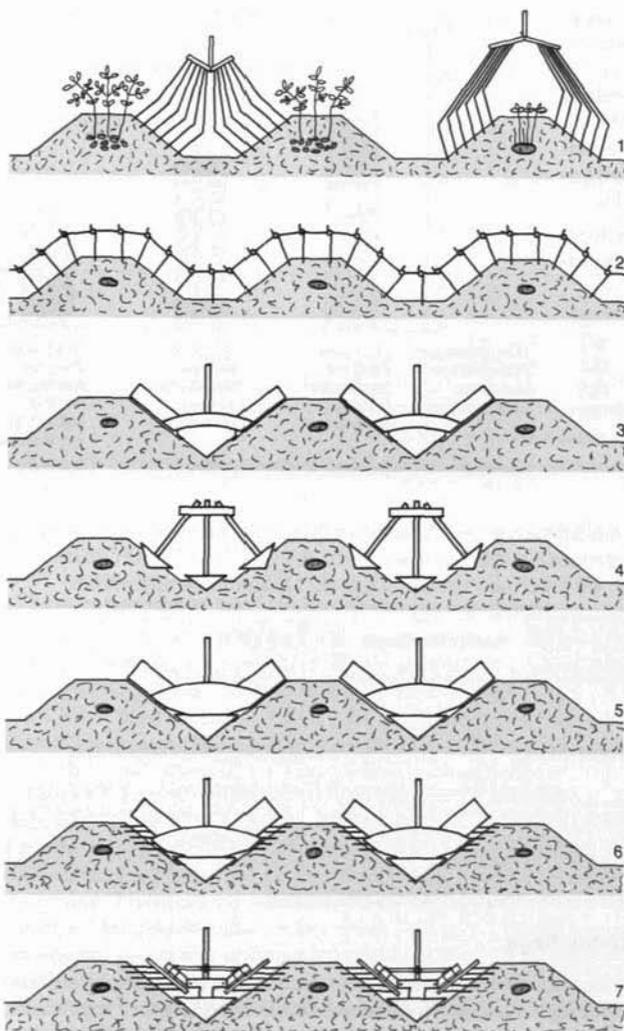


Abb. 224 Arbeitsgänge und -werkzeuge für die mechanische Kartoffelpflege

- 1 Reihenstriegel (links Furchenstriegel, rechts Dammstriegel)
- 2 Netzege
- 3 Häufelkörper
- 4 Hackwerkzeuge
- 5 Häufelstriegel, Ausrüstung »Häufeln«
- 6 Häufelstriegel, Ausrüstung »Häufeln + Striegeln«
- 7 Häufelstriegel, Ausrüstung »Striegeln«

Hackwerkzeuge (Winkel- und Gänsefußschare) werden einzeln oder in Gruppen an Hebeln oder Parallelogrammen angebracht. Schleifkufen oder Tasträder übernehmen die Tiefführung. Hackwerkzeuge sollen nur flach in den Boden eindringen, sie sind vor allem für die Bekämpfung von Wurzelunkräutern geeignet.

Auf schweren, zur Klutenbildung neigenden Böden haben sich **Reihenfräsen** bewährt. Sie sind mit hakenartigen Zinken ausgestattet, die den Boden in den Dammfurchen lockern und krümeln. Mit Hilfe von angebauten Häufelkörpern oder Leitblechen lassen sich im gleichen Arbeitsgang die Dämme in der gewünschten Form und Höhe aufbauen. Mit Reihenfräsen können auch auf schweren Böden weitgehend klutenfreie Dämme geschaffen werden, die günstige Voraussetzungen für eine maschinelle Ernte bieten.

Der **Häufler** besitzt ein keilförmiges Schar und verstellbare Flügel. Diese haben einen flachen Anstellwinkel, damit auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten (ca. 7 km/h) flach gearbeitet und der Boden gut gekrümelt werden kann. Durch das Verstellen der Flügel läßt sich die Dammform bestimmen.

Der **Häufelstriegel** besitzt ebenfalls verstellbare Flügel, die jedoch für unterschiedliche Einsatzbedingungen durch rechenartige Striegeelflügel ergänzt oder ersetzt werden können. Die vielfachen Verstellmöglichkeiten erlauben auch bei 75 cm Dammapstand das Anpassen an den jeweiligen Wachstumsstand der Kartoffelpflanzen. Der Häufelstriegel ermöglicht eine flache Bearbeitung, intensive Unkrautbekämpfung und gute Bodenkrümelung, wenn er mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit (ca. 8–10 km/h) gefahren wird.

Reihenstriegel werden meist in Kombination mit Häufelkörpern verwendet. Vor dem Aufgang lassen sich damit Dammkrone und Dammlanken bearbeiten, nach dem Aufgang nur noch die Dammlanken.

Die **Netzege** kann als alleiniges Gerät zur ganzflächigen Bearbeitung oder in Kombination mit anderen Werkzeugen (vor allem Häufel) verwendet werden. Durch die gelenkige Bauweise paßt sie sich gut der Dammmform an und bearbeitet ihn an der gesamten Oberfläche. Für mittlere und schwere Böden werden Netzege mit ca. 6 mm Zinkendurchmesser und etwa 170 g Zinkengewicht bevorzugt. Auf leichten und trockenen Böden haben sich 5 mm-Zinken mit ca. 115 g Zinkengewicht bewährt.

9.2.2 Chemische Kartoffelpflege

Für die chemische **Unkrautbekämpfung** werden Herbizide und Kalkstickstoff, oft in Kombination mit mechanischen Unkrautbekämpfungsmethoden, verwendet. Die Anwendung der Herbizide erfolgt hauptsächlich im Voraufverfahren auf den ausreichend feuchten Boden. An die Spritztechnik und die exakte Dosierung des Spritzmittels sind hohe Anforderungen zu stellen. Nach einer chemischen Unkrautbekämpfung sollten mechanische Pflegemaßnahmen sehr vorsichtig durchgeführt werden, damit der Herbizidbelag nicht zerstört und seine Wirkung aufgehoben wird.

Die chemische Bekämpfung von **Pflanzenkrankheiten** beginnt bereits bei der Beizung der Knollen, z. B. gegen Auflaufschäden. Andere Pflanzenkrankheiten (z. B. Kraut- und Knollenfäule) werden durch Spritzung der Kartoffelbestände zum geeigneten Zeitpunkt bekämpft.

Gleiches gilt für die **Schädlingsbekämpfung**. Virusinfektionen können auch durch Ablage von geeigneten Granulaten zusammen mit den Pflanzknollen in die Legerinne bekämpft werden.

9.3 Erntetechnik

Der Einsatz der Erntetechnik hat neben einer rationellen Arbeitserledigung auch die gestiegenen Qualitätsansprüche bei Speise- und Veredelungskartoffeln zu berücksichtigen. Infolge des hohen Wassergehaltes ist die Kartoffel besonders empfindlich gegen mechanische Beschädigungen. Daher stellt das Vermeiden von Knollenbeschädigungen derzeit ein vorrangiges Problem dar. Die Pflanzenzüchtung unterstützt die Bemühungen der Technik durch die Bereitstellung vollernteverträglicher Kartoffelsorten.

9.3.1 Anforderungen an die Erntetechnik

Allgemein werden folgende Anforderungen an die Erntetechnik gestellt:

- ▶ hohe Flächenleistung,
- ▶ hohe Qualität des Erntegutes, vor allem geringe Knollenbeschädigungen,
- ▶ geringer Aufwand an Arbeitszeit und gleichzeitig erforderlichen Arbeitskräften,
- ▶ Abtrennen von Beimengungen (Kluten, Steine),
- ▶ Eignung für unterschiedliche Bodenarten.

Bei der Kartoffelernte werden die unterirdisch gewachsenen Knollen mit der umgebenden Erde aufgenommen. Der gesamte Dammaushub bei der Ernte besteht nur zu maximal 10% aus Kartoffelknollen. Bereits beim Legen und den Pflegemaßnahmen (vor allem letzter Häufelgang) muß deshalb darauf geachtet werden, daß der Knollenstock möglichst flach im Damm liegt. Bei einer Arbeitstiefe von 12–15 cm müssen die Erntemaschinen eine Boden-

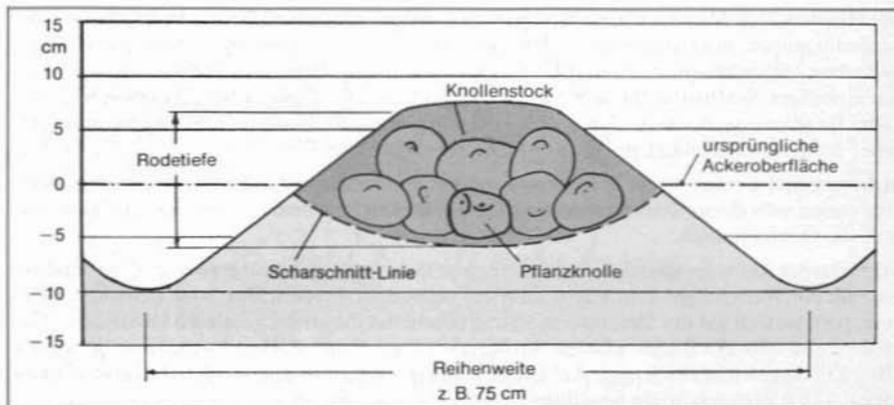


Abb. 225 Lage des Kartoffelstockes im Kartoffeldamm bei der Ernte

menge je ha von ca. 1000–1400 t verarbeiten. Je tiefer gerodet werden muß, desto höher steigt die zu verarbeitende Menge an Boden und ggf. Kluten und Steinen an.

Zur *Erleichterung der Ernte* wird zuvor das Kraut chemisch abgetötet. Hierdurch wird eine mehrfache Wirkung erreicht: U. a. gleichmäßigere Abreife, Verhinderung von Spätverkrautung, Lösen der Kartoffeln von den Stolonen, bessere Schalenfestigkeit, Verwenden einfacher und knollenschonender Krauttrennvorrichtungen auf der Erntemaschine; z. T. werden auch chemische Krautabtötung und mechanische Krautminderung (mittels Krautschläger oder Reihenfräse) kombiniert angewandt.

9.3.2 Kartoffelerntemaschinen

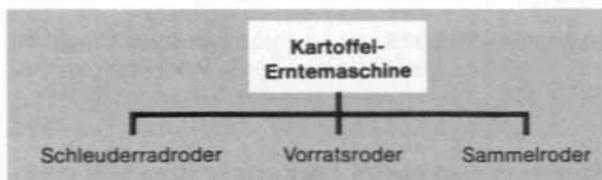


Abb. 226 Überblick über die Verfahren der Kartoffelernte

Bei den früher üblichen Kartoffelernteverfahren wurden die Knollen von Schleuderrad- oder Vorratsrodern gerodet, mußten aber anschließend von Hand aufgelesen werden.

Schleuderradroder – Er nimmt mit einem gewölbten Schar den Damm auf und wirft ihn mit dem Schleuderrad (Zinkenrad) zur Seite. Dabei werden Kartoffeln und Erde grob voneinander getrennt. Der Antrieb des Schleuderrades erfolgt über Bodenradantrieb oder durch die Schlepperzapfwelle. Damit die Kartoffeln nicht zu weit zur Seite geschleudert werden, läßt sich seitlich neben dem Schleuderrad ein Siebrost oder ein auf dem Boden abrollender Siebkorb anbringen.

Um Zudeckverluste zu vermeiden, muß jede gerodete Reihe erst aufgelesen werden, bevor der nächste Damm gerodet wird. Im Fließverfahren sind dann 12–14 Arbeitskräfte zum Auflesen erforderlich. Durch Freirechen des Rodestreifens kann auch mit dem Schleuderradroder eine Vorratsarbeit erreicht werden.

Vorratsroder – Er nimmt ebenfalls den Damm mit einem gewölbten, bei zweireihigen Maschinen geteilten Schar auf. Auf der anschließenden Siebvorrichtung (Siebsterne, Schwingsieb, Siebrost, Siebkette) wird die Erde abgesiebt und die Kartoffeln mit dem Kraut in Längsrichtung hinter dem Roder oder seitwärts in Reihen abgelegt. Dadurch ist ein Roden »auf Vorrat« und die zeitliche Trennung zwischen Roden und Auflesen möglich. Vorratsroder werden 1-

und Zreihig gebaut, der Antrieb erfolgt meist über die Schlepperzapfwelle. Bei den vorwiegend verwendeten Siebketten-Vorratsrodern läßt sich die Absiebwirkung durch Rüttelräder oder Auflegematten vergrößern.

Der erforderliche hohe Arbeitskräftebedarf sowie die beschwerliche Auflesearbeit haben dazu geführt, daß sich der Einsatz von Schleuderrad- und Vorratsrodern nur noch auf kleine Anbauflächen und auf Felder beschränkt, die für den Sammelrodereinsatz ungeeignet sind.

Kartoffelsammelroder – Sie haben sich heute weitgehend durchgesetzt. Sie sollen

- ▶ den Kartoffeldamm aufnehmen, dabei soll das Schar möglichst wenig Erde, aber alle Kartoffeln unbeschädigt in die Maschine bringen,
- ▶ die Erde absieben, auch wenn sie feucht ist, sowie Kluten zerdrücken,
- ▶ das Kraut von den Kartoffeln trennen,
- ▶ Beimengungen (Kluten, Steine) mechanisch von den Kartoffeln trennen und ausscheiden,
- ▶ durch geeignete Vorrichtungen die Handverlesung erleichtern,
- ▶ bei Bedarf das Erntegut vorsortieren,
- ▶ die Kartoffeln in einem Bunker sammeln und am Feldende bzw. während des Rodevorganges auf einen Wagen überladen.

In der allgemein üblichen Bauweise hat der Sammelroder folgende **Baugruppen**:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| – Dammwalze | – Trennvorrichtung |
| – Rodeschar | – Verleseband |
| – Siebvorrichtung | – Sammelbehälter |
| – Krauttrenneinrichtung | – Steuervorrichtungen |
| – Hubrad | – Bedienungseinrichtungen |

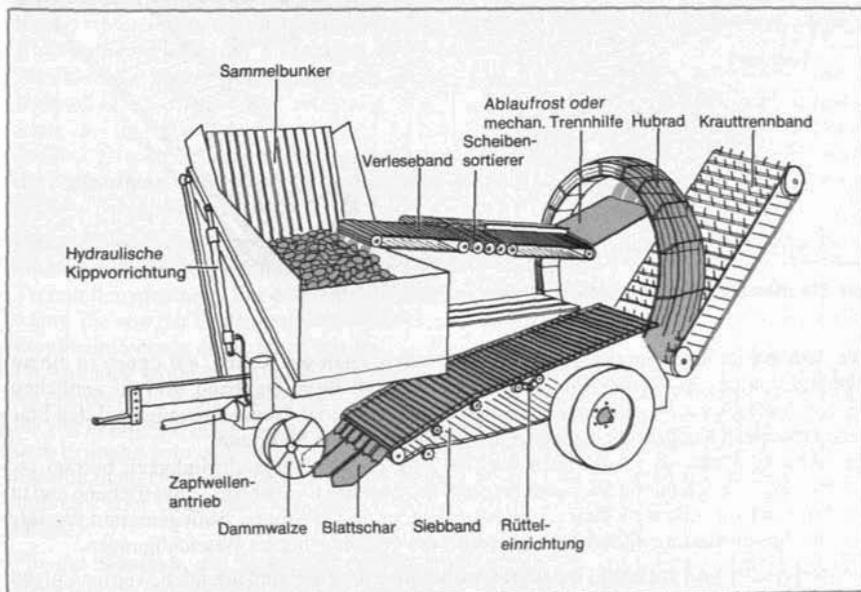


Abb. 227 Grundsätzlicher Aufbau der Kartoffel-Sammelroder

Die **Dammwalze** zerdrückt oben auf dem Damm liegende Kluten und führt gleichzeitig das Rodeschar in einer einstellbaren Tiefe. Das **Rodeschar** nimmt den Damm auf und fördert Erde, Kartoffeln, Kraut und Beimengungen auf das Sieborgan. Als Rodeschare werden verwendet:

- ▶ **Blattschar** (seitliche Begrenzung durch rotierende Scheibenseche, Maulweite ca. 50–52 cm, 2–teilig, keilförmige Anordnung, Universalschar),

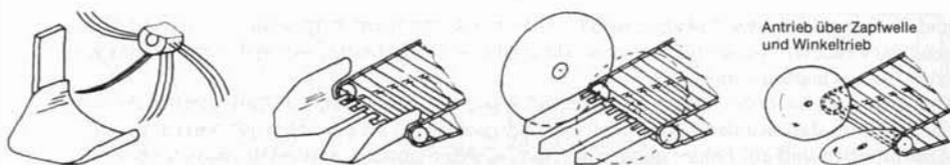


Abb. 228 Bauformen von Rodescharen für Kartoffel-Sammelroder

- ▶ *Muldenschar* (ungeteilt oder zweiteilig, vor allem für schwerere Böden geeignet),
- ▶ horizontal rotierende und angetriebene *Scheibenschar* (eine oder zwei Scheiben je Reihe, wenig anfällig gegen Verstopfungen).

Durch eine flache, keil- oder kurvenförmige Scharschnittlinie (vgl. Abbildung 225) soll erreicht werden, daß der Knollenstock vollständig, jedoch mit einer möglichst geringen Menge an Erde und Beimengungen aus dem Boden herausgelöst wird.

Als **Siebvorrichtung** hat die Siebkette die größte Bedeutung erlangt. Auf stark zur Klutenbildung neigenden Böden wird auch der Siebrost mit umlaufender, weitmaschiger Trennkette verwendet. Siebtrommel und Schwingsieb sind bei modernen Kartoffelsammelroder nicht mehr üblich.

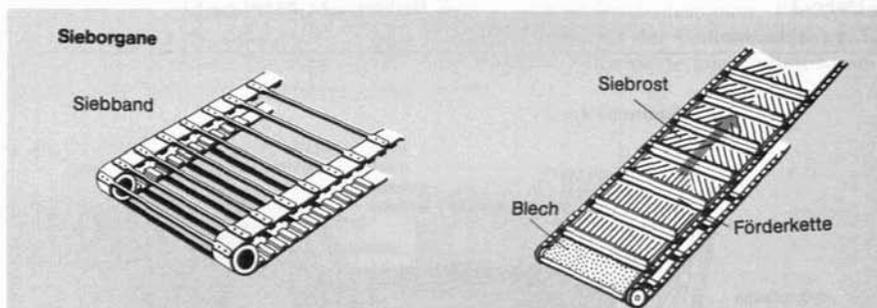


Abb. 229 Sieborgane für Kartoffel-Sammelroder

Die *Siebkette* besteht aus zwei seitlich umlaufenden, endlosen Ketten, auf denen in einem Abstand von ca. 20–30 mm Querstäbe befestigt sind. Beim Siebband sind die seitlichen Ketten durch Gummigewebebänder ersetzt. Kunststoff- oder Gummiüberzüge auf den Stäben vermindern Knollenbeschädigungen und verringern die Siebweite.

Der Anstiegswinkel ist relativ flach (ca. 18–20°), die Umlaufgeschwindigkeit beträgt ca. 1,5 m/s. Sie läßt sich häufig über zwei bis drei Getriebestufen verstellen. Angetriebene und in der Wirkung verstellbare Klopfer, ovale Rüttelräder und elastische Auflegematten verstärken die Absiebwirkung. Dabei besteht jedoch die Gefahr erhöhter Beschädigungen.

Der *Siebrost* besteht aus einem feststehenden Stabrost mit einer umlaufenden, weitmaschigen Trennkette. Der Stabrost vibriert, dadurch wird die Absiebwirkung der Kette unterstützt. Diese Siebvorrichtung ist besonders für stark zur Klutenbildung neigende Böden geeignet.

In der anschließenden **Krauttrennvorrichtung** wird das Kartoffelkraut aus dem Erntegutstrom ausgesondert. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Zupfwalzen, weitmaschigen und engmaschigen Krautketten.

In der einfachsten Form sind 1–2 *Zupfwalzen* vorhanden, die jedoch nur bei mäßigem Kraut- und Unkrautanfall sowie bei gleichmäßiger Beschickung einen befriedigenden Trenneffekt besitzen.

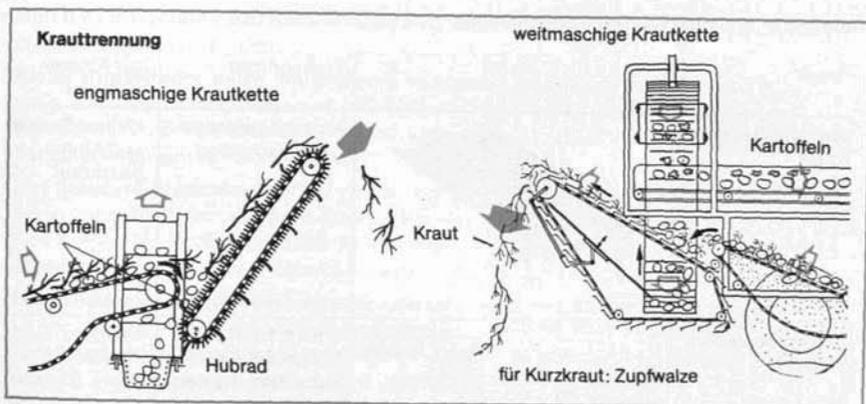


Abb. 230 Krauttrennung bei Kartoffel-Sammelrodern

Krauttrennketten besitzen umlaufende, seitliche Bänder mit Querstäben, auf denen Mitnehmerfinger angebracht sind. Je nach Stababstand unterscheidet man zwischen weitmaschigen und engmaschigen Ketten. Bei der *weitmaschigen* Krautkette fallen die Knollen durch die Stabzwischenräume. Dadurch wird eine gute Trennung bei grobem Kartoffelkraut und eine geringe Knollenbeschädigung verursacht. *Engmaschige* Krautketten bieten die intensivste Krautabtrennung. Da die Knollen auf der Kette herunterrollen, ist jedoch die Beschädigungsgefahr groß. Deshalb sind Querstäbe und Krautfinger mit polsterndem Material überzogen. Krautketten sind in der Neigung verstellbar. Abstreifer oder in der Wirkung verstellbare Klopfer unterstützen die Abtrennung des Kartoffelkrautes.

Anschließend gelangt das Erntegut in ein längs oder quer zur Fahrtrichtung angeordnetes **Hubrad**. Dieses fördert das Erntegut nach oben auf das Verleseband. Zwischen der Abgabestelle am Hubrad und dem Verleseband ist oftmals eine mechanische **Trenneinrichtung** angeordnet. Diese ist bei einem hohen Anteil von Kluten und Steinen im Erntegut zur Entlastung der Verlesepersonen zweckmäßig. Derzeit werden die in der Tabelle 53, S. 186 zusammengestellten Trennprinzipie benutzt.

Der jeweilige Leitgütegrad (Anteil richtig geleiteter Steine, Kluten bzw. Kartoffeln) ist vor allem von der richtigen Umlaufgeschwindigkeit bzw. Neigungseinstellung der mechanischen Trennhilfen abhängig. Für den Antrieb haben sich stufenlos verstellbare Hydromotoren bewährt, die von der Schlepperhydraulik bzw. einer auf der Erntemaschine angeordneten Hydraulikeinrichtung angetrieben werden.

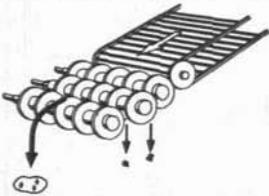
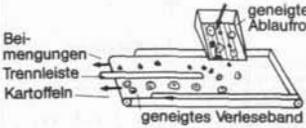
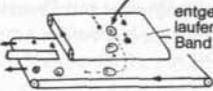
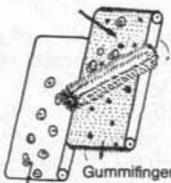
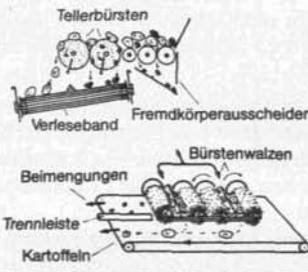
Im Anschluß an die mechanische Trennung ist im allgemeinen noch ein Verlesen des Erntegutes erforderlich. Am **Verleseband** finden meist nur ein bis zwei Verlesepersonen (seltener drei bis vier) Platz. Sie lesen die restlichen Beimengungen (Steine, Kluten, faule Kartoffeln) aus dem Erntegut heraus. Vorwiegend wird das zweiteilige Verleseband verwendet. Die Verleseleistung richtet sich nach dem Anteil an Beimengungen, Bandgeschwindigkeit (ebenfalls oft stufenlos über Ölmotoren verstellbar), Zahl der Verlesepersonen und Funktion der Trennhilfen.

Für das **Sammeln des Erntegutes** hat sich der hydraulisch kippbare oder mit Rollboden ausgestattete Bunker eindeutig durchgesetzt. Das Abfüllen in Säcke ist nur noch vereinzelt im Frühkartoffelbau üblich.

Der **Kippbunker** (ca. 0,8–1,5 t Fassungsvermögen) kann nur bei völligem Stillstand des Sammelrodgers entleert werden. Zum Überladen muß der Roder dicht an den Transportwagen herangefahren werden.

Der **Rollbodenbunker** (bis ca. 3 t Fassungsvermögen) kann dagegen das Erntegut auch während der Rodearbeit auf Parallelwagen übergeben. Die Übergabehöhe läßt sich von ca. 1,5–3,5 m verstellen, dies trägt zur Verringerung von Beschädigungen beim Überladen bei.

Tabelle 53: Bauarten von Trenneinrichtungen

Bauart		Trennprinzip	zur Abtrennung von
Gummischeidenwalze		Abstand zwischen Gummischeiden	kleinen Steinen und Kluten, Kurzkraut
geneigtes Verleseband		unterschiedliches Rollvermögen von Kartoffeln, Steinen und Kluten	Steinen, Kluten
geneigtes, gegenläufiges Band (glatt oder Gummistiftenband)		unterschiedliches Rollvermögen	Kluten, Kurzkraut
waagrecht Gummistiftenband mit rotierender Bürstenwalze oder -band		unterschiedliches spezifisches Gewicht von Steinen und Kartoffeln	Steinen
Bürstenwalzen, Tellerbürsten		unterschiedliches spezifisches Gewicht	Steinen
Röntgenstrahlen		unterschiedliches Absorptionsvermögen	Steinen, Kluten

Die **Bedienung** des Sammelroders ist relativ einfach. Die wichtigsten Bedienungshebel sind so angeordnet, daß sie vom Schleppersitz aus zu erreichen sind. Bei modernen Sammelroddern werden sämtliche Bedienungs- und Steuerfunktionen hydraulisch durchgeführt. Bei Benutzung der Schlepperhydraulik wird das mit flexiblen Schlauchleitungen ausgestattete Steuergerät neben dem Schlepperrfahrer angeordnet. Größere Sammelroder besitzen eigene, von der Schlepperzapfwelle angetriebene Hydraulikanlagen.

Einsatz – Die Einsatzbedingungen, Größe der Anbaufläche je Einzelbetrieb, Anforderungen an die Erntegutqualität sowie die Nutzung der Erntemaschinen sind sehr unterschiedlich.

Dies hat dazu geführt, daß Kartoffelsammelroder in verschiedenen Bautypen und Leistungsgruppen angeboten werden.

Klein-Sammelroder sollen mit geringem technischem Aufwand die Kartoffelernte ermöglichen. Ihr Einsatz beschränkt sich auf kleine Einsatzflächen, die Tagesleistung beträgt ca. 0,5–1,5 ha. Trennvorrichtungen sind nicht oder nur in einfacher Ausführung vorhanden. Das Fassungsvermögen des Sammelbunkers beträgt 0,7–0,9 t.

Der **Standard-Sammelroder** stellt den bevorzugten Sammelrodertyp dar. Die Standardbauweise kann durch verschiedene Trenn-, Verlese- und Zusatzeinrichtungen ergänzt werden. Der Kipp- oder Rollbodenbunker hat ein Fassungsvermögen von ca. 1,0–1,5 t, je nach Einsatzbedingungen können Flächenleistungen von 0,8–1,5 ha/Tag erzielt werden.

Hochleistungs-Sammelroder unterscheiden sich von den Standardrodern vor allem durch die Größe der Sieb- und Krauttrenneinrichtungen. Das Fassungsvermögen des überwiegend verwendeten Rollbodenbunkers beträgt ca. 1,5–2 t. Bei günstigen Einsatzbedingungen lassen sich Tagesleistungen von 1,5–2 ha erreichen.

Zweireihige Sammelroder haben ihren bevorzugten Einsatzbereich auf kluten- und steinfreien Böden. Sie sind meist mit engmaschiger Krautkette, Zupfwalzen und z. T. mit mechanischen Trennhilfen (z. B. gegenläufigem Gummifingerband, Spezial-Steintrennvorrichtung) ausgestattet. Handverlesebänder sind in der Regel nicht vorhanden.

Bei den zweireihigen Maschinen erfolgt die Ablage der Kartoffeln überwiegend durch ein Querförderband auf dem nebenherfahrenden Wagen. Kleinvolumige Zwischenbehälter ermöglichen den Wagenwechsel ohne Anhalten der Erntemaschine. Neuerdings werden zweireihige Roder auch mit Sammelbunkern (Fassungsvermögen 3–4 t) ausgerüstet.

Einen ähnlichen Aufbau besitzen **selbstfahrende Kartoffelroder**. Da die Rodeaggregate vor den Laufrädern angeordnet sind, erfolgt keine zusätzliche Klutenbildung. Deshalb können relativ einfache Sieb- und Trenneinrichtungen verwendet werden. Der Selbstfahrer ist sehr wendig und damit in der Lage, auch kleinere Flächen schnell zu roden. Die Kartoffel-Abfuhr muß jedoch gut organisiert sein, damit die Rodeleistung voll ausgeschöpft werden kann.

Am Querhang liegt die Einsatzgrenze für Sammelroder ohne Lenkeinrichtung zwischen 8% und 18%, mit Radlenkung zwischen 15% und 20%.

Beim Einsatz der Sammelroder ist vor allem auf das Vermeiden von **Knollenbeschädigungen** zu achten. Als wichtigste Maßnahmen hierfür sind anzusehen:

- ▶ flaches Roden,
- ▶ ausreichendes Erdpolster auf der Siebvorrichtung,
- ▶ vorsichtiges Absieben und Krautabtrennen,
- ▶ polsternde Überzüge auf Siebvorrichtung und Krautketten,
- ▶ keine hohen Fallstufen,
- ▶ schonendes Abtrennen von Beimengungen,
- ▶ niedrige Überladehöhe,
- ▶ Anbau beschädigungsunempfindlicher Sorten,
- ▶ Roden bei günstigen Temperaturen (möglichst über 15° C).

Für die verschiedenen Kartoffelernteverfahren ist mit folgendem Arbeitszeitbedarf zu rechnen (vgl. Abb. 231 und Abb. 232, S. 188):

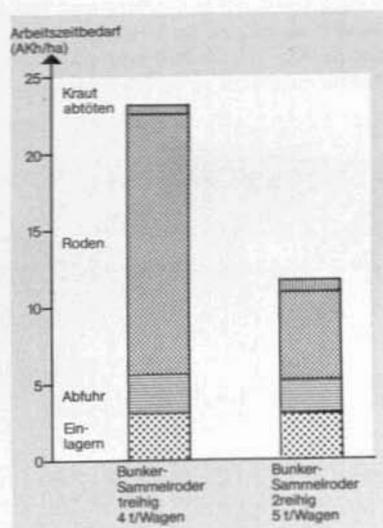


Abb. 231 Arbeitszeitbedarf bei verschiedenen Kartoffelernteverfahren

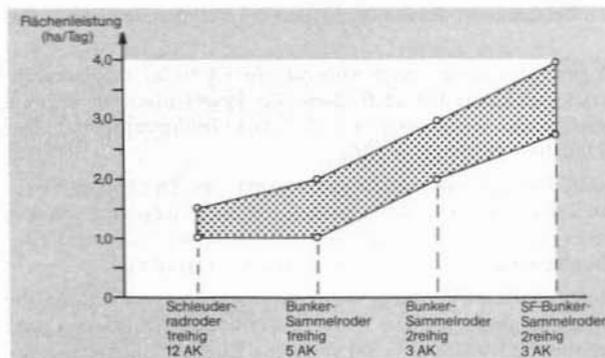


Abb. 232
Flächenleistung bei der Kartoffelernte mit unterschiedlichen Verfahren

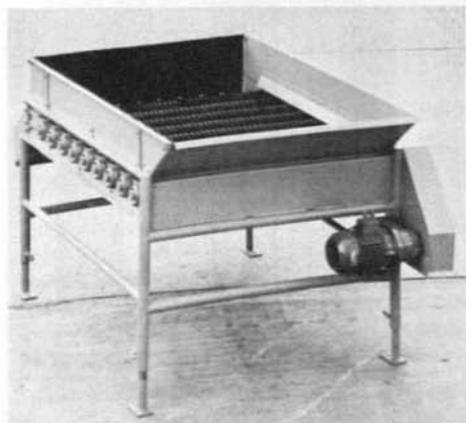
9.4 Transport, Lagerung und Sortierung

Die Kartoffeln müssen für die unterschiedlichen Verwertungsrichtungen (Rohware für Veredelungsprodukte, Industrie- oder Futterzwecke, Pflanz- und Speiseware) in einer hohen Qualität bereitgestellt werden. Diese Forderung läßt sich nur durch eine zweckmäßige Einlagerung unmittelbar nach der Ernte erfüllen. In modernen, technisch und baulich zweckmäßig gestalteten Lagerhäusern läßt sich die Lagerung, Aufbereitung und Verpackung mit geringem Arbeitszeitaufwand und verlustarm durchführen.

9.4.1 Transport, Einlagerung und Entnahme

Für den losen Transport der Kartoffeln vom Feld zum Lagerraum werden im allgemeinen die im landwirtschaftlichen Betrieb üblichen Transportwagen benutzt. Sie sind mit Abladehilfen, vor allem Kippvorrichtungen ausgestattet, um geringe Standzeiten beim Abladen zu erreichen. Für die Annahme der Kartoffeln am Lagerhaus gibt es fahrbare (mobile) und fest eingebaute (stationäre) Annahmeverrichtungen.

Das derzeit bevorzugte Transportfahrzeug ist der *Zweiachswagen mit seitlicher Abkipfung*. Um bei größeren Feldentfernungen das Fassungsvermögen der Wagen zu steigern, lassen sich auf den Bordwänden Aufstellbretter anbringen. Für die Annahme der Kartoffeln am Lager werden bei derartigen Fahrzeugen waagerechte Förderbänder mit trichterförmigen Seitenwänden verwendet. Ihr Fassungsvermögen beträgt bei 5 m Länge ca. 1 t Kartoffeln, es kann also nur ein Teil der Ladung aufgenommen werden. Diese Standzeit ist bei der Planung des Abfuhrverfahrens zu berücksichtigen.



Einachs- oder Tandemachswagen als Heckkipper finden in letzter Zeit zunehmendes Interesse, da sie ein großes Ladevolumen mit guter Rangierbarkeit und Zugsicherheit verbinden. Sie werden mit fahrbaren Annahmebehältern kombiniert, welche die gesamte Wagenladung aufnehmen können. Die Entleerungszeit beträgt dann weniger als 2 Minuten.

Abb. 233 Scheibenenteder sortieren vor dem Einlagern der Kartoffeln die restliche Erde aus dem Erntegut ab

Auch bei der Kartoffelannahme am Lager ist auf möglichst schonende Behandlung der Kartoffeln besonderer Wert zu legen. Deshalb sind hohe Fallstufen und mechanische Beschädigungen zu vermeiden.

Bevor die Kartoffeln ins Lager weitergefördert werden, müssen lose Erde, Kluten und Steine absortiert werden, da sie Schwierigkeiten bei der Lagerhaltung (vor allem bei der Belüftung) bewirken können. Für die Erdabsonderung haben sich Gummiseibenenteder besonders bewährt. Neuerdings werden auch Siebkettenenteder (Stabkettenenteder) angeboten, die eine schonende Enterdung und gleichzeitige Weiterförderung der Knollen bewirken. Mit diesen Vorrichtungen lassen sich auch kleine Steine aus dem Erntegut abtrennen. Bei hohem Steinbesatz kann eine gezielte Absonderung der Steine nur mit stationären Steintrennvorrichtungen (z. B. elektronischen Anlagen) vorgenommen werden.

Den **Weitertransport** der losen Kartoffeln **in das Lager** übernehmen flache oder muldenförmige Förderbänder mit Wellgummi-, Holz- oder Metallseilenteilen. Sie können das Erntegut waagrecht, senkrecht, schräg ansteigend oder schräg abwärts fördern. Je nach Steigungswinkel sind sie glatt, mit geraden Stollen oder gebogenen Schöpfstollen ausgerüstet. Die günstigste Bandgeschwindigkeit liegt bei maximal 0,6–0,8 m/s. Hohe Förderleistungen lassen sich deshalb nicht durch Steigerung der Bandgeschwindigkeit, sondern nur durch größere Bandbreite, höhere Stollenzahl pro laufenden Meter und größere Stollenhöhe erreichen. Mit zunehmendem Steigungswinkel sinkt die Förderleistung.

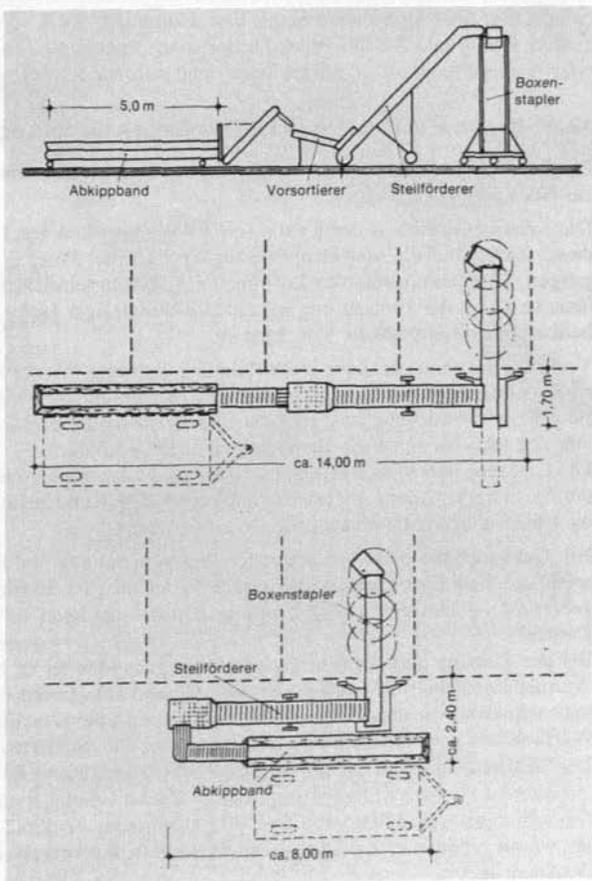


Abb. 234 Funktion des Boxenstaplers bei der Einlagerung von Kartoffeln

Auch für die **Einlagerung** werden mobile bzw. stationäre Fördereinrichtungen verwendet. Fahrbare Anlagen besitzen spezielle Beschickungsbänder, die in der Höhe verstellbar sind, selbsttätig schwenken und ein ausfahrbares Endband besitzen. Durch das seitliche Schwenken des Beschickungsbandes wird eine Schüttkegelbildung in der Lagerboxe weitgehend verhindert. Fahrbare Beschickungsgeräte besitzen nur eine beschränkte Reichweite. Deshalb sind beim Einsatz im Boxenlager Reichweite, Boxentiefe und Boxenbreite sorgfältig aufeinander abzustimmen. In Kartoffellagern mit fest eingebauten Fördereinrichtungen ist ein System von festen (für die Zuführung) sowie verschiebbaren Förderbändern (zur Verteilung der Kartoffeln in den Boxen) vorhanden. Für den waagerechten Transport über den Lagerboxen haben sich glatte Muldenbänder bewährt. Durch verschiebbare, schräg angestellte Abstreifer oder durch Verschieben des gesamten Bandes können die Kartoffeln an jede Stelle der Boxe gefördert werden.

Bei allen Fördervorgängen ist auf das Vermeiden von Beschädigungen zu achten. Deshalb werden beim Einlagern der Kartoffeln in die Boxen Leitsegel und -trichter, jetzt auch höhenverstellbare, schwenkbare Förderbänder verwendet, um große Fallhöhen zu vermeiden. Während die Beschickung der Lagerhäuser weitgehend mechanisiert, in größeren Anlagen auch vollautomatisiert werden kann, ist dies bei der **Entnahme** aus Boxen nur bei Schrägbodenbehältern in Verbindung mit einem Boxenentnahmegerat möglich. Dagegen ist bei Flachbodenboxen mit Unter- oder Überflurentnahme noch Handarbeit erforderlich. Für die Entnahme aus dem ebenerdigen Flachlager (Haufenlager) kommen fahrbare Entnahmevorrichtungen zum Einsatz. Diese sind zur Aufnahme der Kartoffeln mit einem keilförmigen Aufnahmeschar oder rotierenden Stahl- bzw. Gummischeiben, zur Weiterförderung mit einem kurzen, schräg aufwärts führenden Förderband ausgerüstet. Den Weitertransport zur Sortier- oder Aufbereitungsanlage übernehmen dann normale Förderbänder.

9.4.2 Bauliche und technische Einrichtungen für die Lagerung

Ziel der Kartoffellagerung ist es, bei *geringen Verlusten eine hohe Qualität* des Erntegutes bis zur Auslagerung zu erhalten.

Die Lebensvorgänge in der Knolle sowie das Einwirken von Fäulnisserregern beeinflussen dieses Ziel, wobei ein sehr kompliziertes Wechselspiel dieser Einflüsse mit Lagerungsbedingungen, Temperatur, relativer Luftfeuchte, Lagerungseinrichtungen, Stapelhöhe und Knollenzustand bei der Einlagerung besteht. Im Winterlager laufen in der Kartoffelknolle viele bedeutsame physiologische Vorgänge ab.

Verluste entstehen vor allem durch Keimung, Atmung, Wasserverdunstung, Fäulnis, Druckstellen und Frosteinwirkung. Das Ziel muß es sein, durch *richtige Lagerung und Klimatisierung* diese Verluste möglichst gering zu halten. Ein natürlicher Schwund von 0,8–1% je Monat läßt sich auch bei günstigen Bedingungen nicht verhindern.

Die Lagerung unter Dach erfolgt in stationären Lagerräumen oder in mobilen Lagereinheiten. Sie bietet vor allem arbeitswirtschaftliche Vorteile und bessere *Kontrollmöglichkeiten* als die früher übliche Mietenlagerung.

Die **Gebäudehülle** dient vor allem der Wärmedämmung und dem Frostschutz. Außerdem sollen optimale Einsatzmöglichkeiten für die technischen Einrichtungen geschaffen, die Lagerverluste gemindert und günstige Arbeitsbedingungen für die Arbeitskräfte erreicht werden.

Bei der Planung und Ausführung von Lagergebäuden ist zu berücksichtigen, in welchem Wärmedämmgebiet die Anlage errichtet werden soll. In der Bundesrepublik Deutschland unterscheidet man drei Wärmegebiete, in denen unterschiedliche Anforderungen an den Wärmeschutz gestellt werden müssen (vgl. Abb. 235, S. 191).

Die Außenwandungen werden in Holz- oder Massivbauweise erstellt. Beim Dach treten, insbesondere bei der Konstruktion Dach = Decke, erheblich stärkere Beanspruchungen auf. Deshalb müssen Zuschläge von 50–100% angebracht werden. Dem *Kaltdach* mit abgehängter, wärmedämmter Zwischendecke ist deshalb der Vorzug vor der Konstruktion Dach = Decke zu geben.



Abb. 235 Übersicht über die verschiedenen Wärmedämmgebiete in der Bundesrepublik Deutschland

Tabelle 54: Klimatische Anforderungen an Kartoffellagergebäude

Wärmedämmgebiet	Lufttemperatur (°C)	Wärmedurchgangszahl (K)	Außenwände entsprechend ... cm Vollziegelmauerwerk
I	- 12	0,65	90
II	- 15	0,55	110
III	- 18	0,48	130

Für die Lagerung der Kartoffeln werden verschiedene Systeme mit unterschiedlichen baulichen und technischen Einrichtungen angewandt:

- ▶ **Haufenlager** ohne oder mit Begrenzung (besonders für große Partien von Industriekartoffeln geeignet. Ein- und Auslagerung mit beweglichen technischen Einrichtungen).
- ▶ **Kistenlager** für Groß- und Kleinkisten (bevorzugt dort verwendet, wo viele kleine Partien getrennt gelagert werden müssen. Mechanisierte Ein- und Auslagerung mit Gabelstapler o. ä. möglich).
- ▶ **Boxenlager, ebenerdig**, oben offen (in landwirtschaftlichen Betrieben stark verbreitet. Belüftung über bewegliche Oberflur- oder eingebaute Unterflurkanäle. Vordere Abschlußwand möglichst herausnehmbar).
- ▶ **Boxenlager mit Sockel**, oben offen (Sockelhöhe entspricht der Höhe der Belüftungskanäle. Diese werden für Unterflurentnahme benutzt).
- ▶ **Boxenlager mit Schrägboden** (Entleerung ohne Handarbeit möglich. Für Endlagerung oder als Durchlaufboxe für kurzzeitige Lagerung verwendet).
- ▶ **Boxenlager geschlossen** (Einzelboxen, die eine getrennte Klimatisierung ermöglichen).

Eine richtige **Klimatisierung** des Lagerhauses trägt wesentlich dazu bei, Verluste zu verhindern und eine hohe Qualität des Erntegutes zu sichern. Die geringsten Lagerverluste (durch Atmung, Keimung und Verdunstung) sind zu erwarten, wenn die Temperatur ca. $+ 3-5^{\circ}\text{C}$ und die relative Feuchte der Stapelluft ca. 92–95% beträgt. Eine vom Außenklima unabhängige Temperatur und Luftfeuchte ist nur in weitgehend luftdicht verschließbaren, gut isolierten Lagerräumen zu erreichen.

Zur Herstellung des erforderlichen Klimas wird ein genau aufeinander abgestimmtes System von Ventilatoren und Luftführungskanälen, ggf. auch Kühl- und Heizaggregaten benötigt.

Während der Lagerung unterscheidet man fünf **Belüftungsabschnitte**:

- ▶ **Abtrocknen**: sofort nach der Einlagerung werden die Kartoffeln mit Außenluft (möglichst Nachtluft) belüftet.
- ▶ **Wundheilung**: etwa 14 Tage lang nach der Einlagerung dürfen die Kartoffeln nicht unter $+ 10^{\circ}\text{C}$ abgekühlt werden, um die Wundheilung nicht zu behindern.
- ▶ **Abkühlen**: anschließend wird jede Zeit mit geeignet kühler Außenluft zum Abkühlen verwendet. Etwa 4–6 Wochen nach der Einlagerung soll eine Stapeltemperatur von $+ 3-5^{\circ}\text{C}$ erreicht sein.
- ▶ **Haltezeit**: während der Hauptlagerungszeit sollte wiederholt belüftet werden, um die Temperatur einzuhalten und Schwitzschichten zu vermeiden.
- ▶ **Erwärmen**: eine Anwärmung der Kartoffeln etwa 14 Tage vor dem Auslagern auf ca.

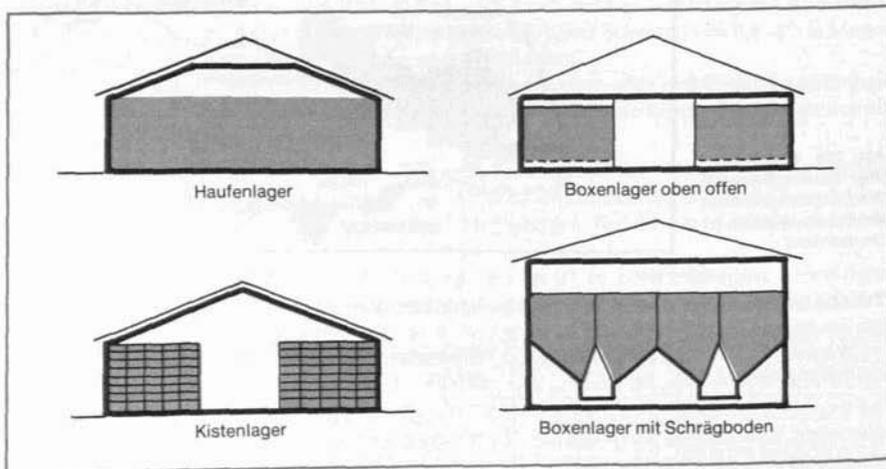


Abb. 236 Lagerungssysteme für Kartoffeln

+ 10° C bewirkt eine geringere Beschädigungsempfindlichkeit der Knollen. Bei Pflanzkartoffeln erhöht die Wärmebehandlung die Keimstimmung.

Als Gebläse werden vorwiegend *Axialgebläse* verwendet, die eine hohe Luftmenge bei geringem Druck liefern. Auf Geräuschdämmung ist zu achten. Unter durchschnittlichen Verhältnissen wird eine Luftmenge von ca. 100–150 m³ Luft je Tonne Kartoffeln und Stunde gegen 25 mm WS benötigt.

Eine zweckmäßige *Anordnung der Kanäle und Klappensysteme* ermöglicht es, Frischluft, Misch- und Lagerraumluft (*Umluft*) für die Belüftung zu verwenden. Temperatur und Luftfeuchte müssen ständig durch Meßpunkte in den Boxen überwacht werden. Die Klimatisierung kann von Hand gesteuert werden, vorteilhafter ist eine automatische Steuerung.

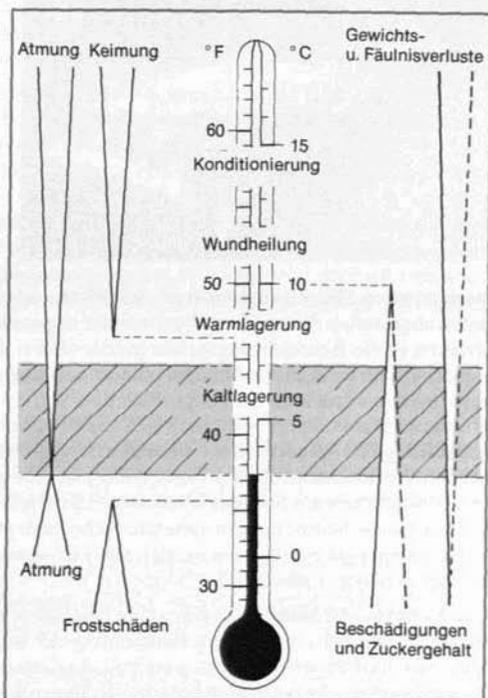
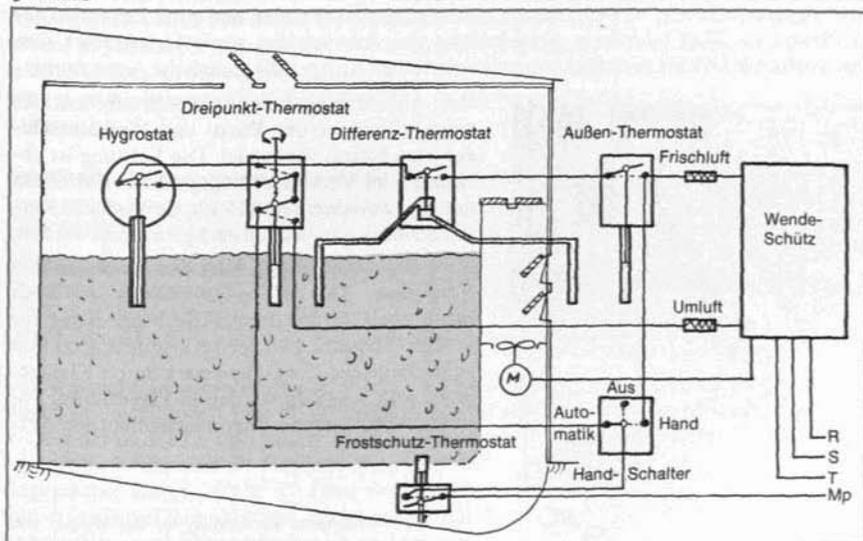


Abb. 237 Bei der Kartoffellagerung müssen bestimmte Temperaturbereiche eingehalten werden

Abb. 238 Schematischer Aufbau einer Anlage zur automatischen Steuerung des Lagerklimas



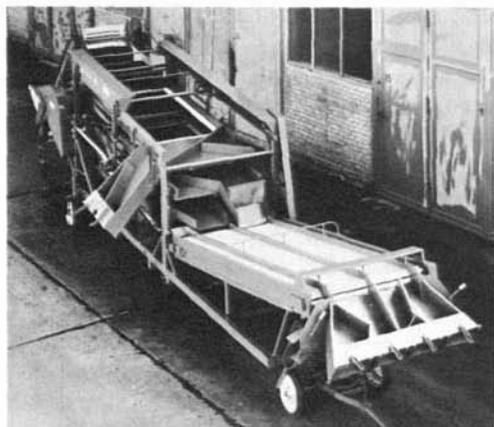


Abb. 239 Sortiermaschine mit mechanischem Siebteil (Flachsieb-sortierung) und Handverleseband

9.4.3 Sortieren und Verpacken

Für den Speisekartoffelabsatz, aber auch bei Pflanzkartoffelerzeugung ist eine marktgerechte Sortierung und Verpackung erforderlich. Für die Größensortierung nach Quadratmaß werden vorwiegend Flachsieb-sortiermaschinen mit Leistungen bis 30 t/h eingesetzt. Sie bestehen aus einem mechanischen Siebteil und einem Sortierband für die Handverlesung. Im

mechanischen Siebteil sind mehrere Siebkästen schwingend mit bis zu sechs von oben nach unten abgestuften Siebgrößen übereinander angeordnet. Bei Sieben mit doppelt gekrümmten Drähten ist die Beschädigungsgefahr größer als bei geschweißten Sieben. Flachsieb-sortierer eignen sich für trockene und feuchte, runde und längliche Kartoffeln. In Pflanzkartoffelerzeugerbetrieben werden oft Gummiprofilwalzen-Sortierer bevorzugt. Sie bestehen aus einzelnen Walzen-sektionen, deren Abstände sich stufenlos verändern lassen. Dadurch werden unterschiedlich große, quadratische Öffnungen freigegeben. Es können bis zu vier Größen sortiert werden. Entscheidend für den Sortiererfolg ist eine gleichmäßige Beschickung. Je nach Maschinenbreite können Sortierleistungen bis 18 t/h erreicht werden. Siebbandsortierer (umlaufende, in kurze Schwingungen versetzte Siebbänder) werden fast ausschließlich in Speisekartoffelerzeugungsbetrieben verwendet, die nur wenige Siebgrößen benötigen. Die Leistung beträgt zwischen 5 und 20 t/h.

Das **Verlesen von Hand** stellt eine echte Qualitätssortierung dar. Als technisches Hilfsmittel stehen Verlesebänder mit Wendeeinrichtung zur Verfügung, damit möglichst jede Knollen-seite den Verlesepersonen zugewandt wird (Latten-Verlesebänder mit Wendestufen oder Wendekämmen, bessere Wendung bei Rollenverlesebändern). Die Verlesebänder dürfen nicht zu stark beschickt werden, damit ein ausreichendes Wenden und gutes Erkennen gewährleistet ist. Eine blendfreie Ausleuchtung des Arbeitsfeldes sowie Heizstrahler zum Warmhalten der Hände vervollständigen bei modernen Anlagen die technische Ausstattung.



Den Anforderungen des Speisekartoffelmarktes entsprechend werden **Bürst-** und **Waschmaschinen** zunehmend verwendet. Die Leistung ist abhängig vom Verschmutzungsgrad der Kartoffeln und liegt zwischen 3 und 15 t/h. Gewaschene Kartoffeln müssen unbedingt nachgetrocknet werden.

Nach der Aufbereitung folgt das **Abwiegen** und **Verpacken**. Der 50 kg-Gewebesack ist auch heute noch die handelsübliche Verpackung für größere Mengen. Für Speisekartoffeln setzt sich zunehmend der 25 kg-Papiersack durch. Kleingebinde von 2,5–5 kg werden in Papiertüten, Folienbeuteln, Folien- oder Netzschläuchen ver-

Abb. 240 Kombinierte Vorrichtung für das Wiegen und Verpacken von Speisekartoffeln

packt. In spezialisierten Anlagen ist das Abfüllen, Wiegen, Tarieren und Verschließen weitgehend mechanisiert, bei Kleingebinden bereits vollautomatisiert.

10 Feldberegnung

Die Ziele der Feldberegnung sind

- ▶ Steigerung und Sicherung des Pflanzenwachstums sowie
- ▶ Minderung langjähriger Ertragsschwankungen.

Deren Aufgabe ist daher die Sicherstellung ausreichender Bodenfeuchte. Vor jeder Entscheidung für eine Beregnung steht somit die Prüfung der **Beregnungsbedürftigkeit** eines Pflanzenbestandes. Diese ist abhängig von der Wasserspeicherefähigkeit des Bodens, den Niederschlägen und dem Wasserverbrauch des Bestandes. Sie ist offensichtlich, wenn die Pflanzen welken, d. h. der Boden zu trocken ist.

Sofern eine Beregnungsbedürftigkeit festgestellt worden ist, steht noch die Prüfung der **Beregnungswürdigkeit** aus, d. h. inwieweit der Mehrerlös durch Mehrertrag oder höhere Qualität die Beregnungskosten deckt. Dieser Entscheidung sind die Kennwerte der örtlichen landwirtschaftlichen Beratung zugrunde zu legen. Als Faustregel gilt: je höherwertiger die Kultur, desto beregnungswürdiger ist sie.

10.1 Wasserhaushalt des Bodens

Jeder Boden kann nur einen Teil der Niederschläge speichern, der Rest versickert oder wird gar nicht erst aufgenommen und geht als Oberflächenwasser verloren. Die Niederschlagsmenge wird in mm, das gespeicherte Wasser im Boden in mm oder in Volumenprozenten angegeben. Die in Gewichtsprozenten gemessene Bodenfeuchte ist daher in Volumenprozenten umzurechnen.

$$1 \text{ mm Niederschlag (Regen)} = 1 \text{ l Wasser/m}^2 = 10 \text{ m}^3 \text{ Wasser/ha};$$

$$\text{Bodenfeuchte (Vol.-%)} = 1,5 \times \text{Bodenfeuchte (Gew.-%)} = \text{Wassermenge (mm) einer Bodenschicht von 10 cm}$$

Die nutzbare Speicherefähigkeit eines Bodens wird durch die Speicherfeuchte (darüber versickert das Wasser) und die Welkefeuchte (darunter welken die Pflanzen) begrenzt und wird in Abhängigkeit von der Bodenart als **nutzbare Feldkapazität** angegeben. Als Faustzahlen gelten die in Tabelle 55 angegebenen Werte. Neben der Bodenart ist die Mächtigkeit der Wurzelzone wichtig, so daß die angegebenen nutzbaren Feldkapazitäten mit der Tiefe der Wurzelzone zu multiplizieren sind. Die durchwurzelte Bodenschicht beträgt im Mittel 30–80 cm (vgl. a. Band 1 A, S. 30).

Tabelle 55: Nutzbare Feldkapazität (nFK) für verschiedene Bodenarten

Bodenart:	Sand	lehmiger Sand	sandiger Lehm	Lehm	Ton
nutzbare Feldkapazität (nFK) für eine Bodenschicht von 10 cm Tiefe	8 mm	12 mm	18 mm	24 mm	30 mm

Das **Wasseraufnahmevermögen** eines Bodens bestimmt die zulässige Regendichte, d. h. mm Regen in einer Stunde (mm/h). Es verhält sich umgekehrt wie die nutzbare Kapazität: je leichter der Boden ist, um so mehr Wasser kann er in einer bestimmten Zeit aufnehmen. Auf bedecktem Boden darf die Regendichte größer sein. Am Hang vermindert sich die zulässige Regendichte um ca. 20% je 5% Hangneigung. Bei der Beregnung eines Pflanzenbestandes sind in der Regel Regendichten von über 20 mm/h zulässig und, um einen Beregnungsturnus zu erreichen, auch notwendig.

Tabelle 56: Wasseraufnahmevermögen verschiedener Bodenarten

Bodenart (unbedeckter Boden):	Sand	lehmiger Sand	sandiger Lehm	Lehm	Ton
Wasseraufnahme in mm/h	20	15	12	10	8

10.2 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch eines Pflanzenbestandes und damit dessen Wasserbedarf kann über eine Bodenfeuchtebestimmung, über die Messung der Wasserbindungskraft (»Saugspannung«) oder über die klimatische Wasserbilanz ermittelt werden. Letzteres setzt die Kenntnis der Verdunstungskurven und einen Regenmesser voraus; aus der Differenz ergibt sich die verfügbare Wassermenge. Der optimale Versorgungsgrad des Bodens, d. h. wieviel % der nutzbaren Feldkapazität verfügbar sein sollen, ist kulturabhängig.

$$\text{Versorgungsgrad (\% der nFK)} = \frac{\text{Bodenfeuchte (Vol.-%)} - \text{Welkefeuchte (Vol.-%)}}{\text{nutzbare Feldkapazität je 10 cm Bodenschicht}} \times 100$$

Für ein optimales Pflanzenwachstum soll der Versorgungsgrad 50–80% betragen. Unter unseren klimatischen Voraussetzungen sind nach DIN 19655 die in Tabelle 56 angegebenen **Zusatzregengaben** bei Einzelgaben von 30 mm auf leichten, und von 20 mm auf schweren Böden erforderlich.

Tabelle 56: Zusatzregen nach DIN 19 655

Kulturpflanze	Regengabe (mm)/Jahr	
	leichter Boden	schwerer Boden
Getreide	30– 60	20– 40
Kartoffeln	40– 80	30– 60
Zuckerrüben	80–150	60–120
Grünland	100–200	80–150
Feldgemüse	150–200	80–150

10.3 Beregnungsanlagen

Eine Beregnungsanlage umfaßt die Gerätetechnik für die *Wasserbereitstellung* und die *Wasser-
verteilung*. In Abb. 241 ist der Aufbau einer Beregnungsanlage schematisch dargestellt.

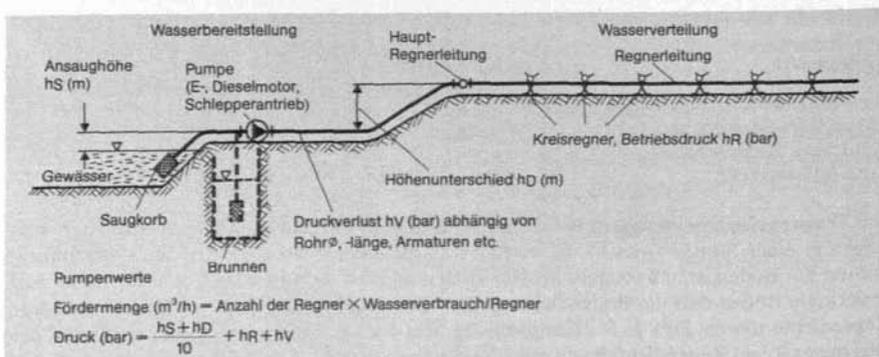


Abb. 241 Aufbau einer Beregnungsanlage

10.3.1 Wasserbereitstellung

Voraussetzung jeder Beregnung ist die Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und Qualität. Jegliche Wasserentnahme aus öffentlichen Gewässern oder dem Grundwasser ist *genehmigungs- bzw. bewilligungspflichtig*. Der Antrag ist an die unterste Wasserbehörde zu stellen und soll enthalten:

- ▶ Angaben über die vorgesehene Gewässerbenutzung:
 - Entnahme aus Oberflächengewässer (z. B. Fluß),
 - Entnahme aus dem Grundwasser (z. B. Brunnen);
- ▶ Beschreibung der Beregnungsanlage:
 - Art und Leistung,
 - Beregnungsflächen,
 - maximaler Wasserbedarf pro Stunde, Tag und Jahr;
- ▶ Lageplan der
 - Gewässerbenutzung, Übersichtskarte M 1 : 25 000 und Aufbau (z. B. Brunnenschnittzeichnung),
 - Beregnungsflächen, Katasterplan M 1 : 5000.

Zur **Wasserförderung** werden hauptsächlich Kreiselpumpen verwendet. Sie erreichen einstufig Fördermengen bis $120 \text{ m}^3/\text{h}$ bei Drücken (»Förderhöhe«) bis 12 bar und sind selbstansaugend bis 7 m. Bei der Pumpenauswahl ist auf eine geringe Druckabhängigkeit von der Fördermenge (»flache Kennlinie«) zu achten, damit auch bei unterschiedlicher Beregnungsfläche und damit Fördermenge der Betriebsdruck etwa konstant bleibt. Kreiselpumpen können zur Erhöhung des Druckes hintereinander und zur Erhöhung der Fördermenge parallel geschaltet werden. Eine gebräuchliche Pumpenausführung für die Feldberegnung ist in Abb. 242 schematisch dargestellt. Die Pumpe kann auch am Brunnen fest montiert sein. Bei Elektroantrieb ist die Pumpe in der Regel an den Elektromotor (ASM) angeflanscht.

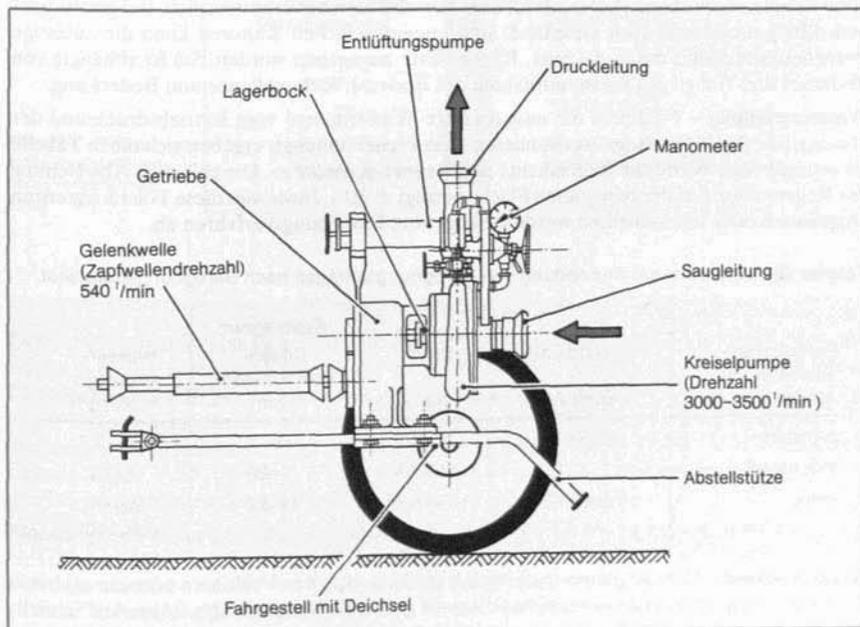


Abb. 242 Aufbau einer zapfwellengetriebenen Pumpe für Beregnungsanlagen

10.3.2 Wasserverteilung

Die Unterscheidung in verschiedene Beregnungsverfahren erfolgt im wesentlichen nur nach der Art der Wasserverteilung (Abb. 246) und zwar nach deren

- **Beweglichkeit:** beweglich, teilortsfest und ortsfest;
- **Beregnungsintensität:** Schwach-, Mittelstark- und Starkberegnung;
- **Wasserverteilung:** Verbandsregner (Reihen-) und Einzelregner

Beweglichkeit – Für die *bewegliche Anlage* ist deren oberirdische, nicht feste Verlegung kennzeichnend. Sie wird in der Regel nur bei zeitweiser Beregnung verwendet. Bei *teilortsfesten Anlagen* wird die Wasserversorgung fest installiert, allgemein unterirdisch, die Wasserverteilung ist beweglich. *Ortsfeste Anlagen* bestehen aus flächengebundenen Anlageteilen.

Tabelle 57: Vergleich und Anwendung von Beregnungsanlagen nach der Beweglichkeit

Beweglichkeit der Anlage	Vorteile	Nachteile	Verwendung
beweglich	geringer Investitionsaufwand, variabel	hohe AKh/ha	zeitweise Beregnung zur Risikominderung
teilortsfest	schnell einsatzbereit, geringe AKh/ha	teure Wasserbereitstellung	Feldberegnung
ortsfest	geringste AKh/ha, vielseitig nutzbar, automatisierbar	sehr hoher Investitionsaufwand	Obstbau Weinbau Gartenbau

Beregnungsintensität – Die Beregnungsintensität wird in der Praxis oft der Regendichte oder Beregnungsdichte (mm/h) gleichgesetzt. Sie hängt jedoch auch von der Tropfengröße ab, diese ist auf unbedecktem Boden oft für eine Verschlammung verantwortlich. Bei geschlossenem Pflanzenbestand (auch Grünland) und unempfindlichen Kulturen kann die zulässige Beregnungsintensität durch die max. Regendichte angegeben werden. Sie ist abhängig von Bodenart und Hanglage (Wasseraufnahme des Bodens), Kulturpflanze und Bedeckung.

Wasserverteilung – Nachdem die ausgebrachte Wassermenge vom Betriebsdruck und der Düsengröße der in der Regel verwendeten Kreisregner abhängt, ergeben sich die in Tabelle 58 angegebenen Werte für Regendichte und Regner-Kenndaten. Die zulässige Abweichung der Regenmenge auf der berechneten Fläche beträgt $\pm 30\%$. Inwieweit diese Toleranzgrenzen eingehalten oder unterschritten werden, hängt vom Beregnungsverfahren ab.

Tabelle 58: Vergleich und Anwendung von Beregnungsanlagen nach Beregnungsintensität

Beregnungsintensität der Anlage	Regendichte (mm/h)	Druck (bar)	Kreisregner Düsen-Durchmesser (mm)	Wasser-verbrauch (m^3/h)
schwach	(2) 4– 7	2,5–4,5	4– 7	1– 3,5
mittelstark	8–17	3 –5,5	7–20	5–25
stark	über 17	4,5–6,5	16–32	20–85 (bis 110)

Regnerverband – Vom Regnerverband (auch als Reihenregner-Verfahren bezeichnet) hat in der Feldberegnung nur die bewegliche Rohrberegnung Bedeutung (Abb. 246). Auf Schnellkupplungsrohren (in der Regel feuerverzinkte Stahlrohre) von 70, 89 oder 108 mm Nennwerte und 6 m Länge sind Kreisregner (Abb. 243 und 244) montiert. Die Rohrkupplungen

Abb. 243 Aufbau eines Einstrahlregners (Einzelregners)

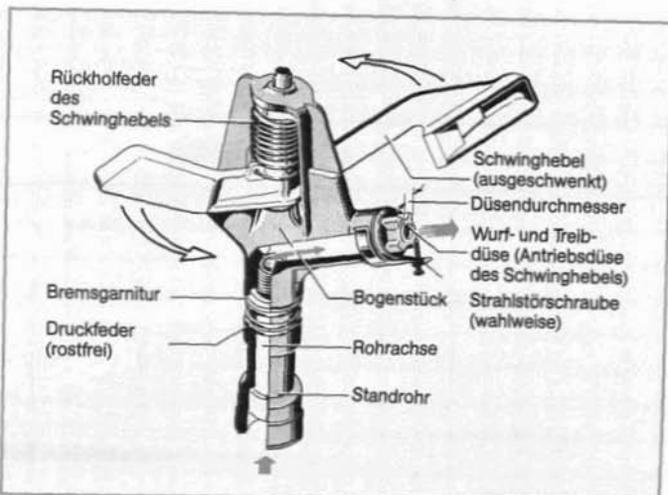
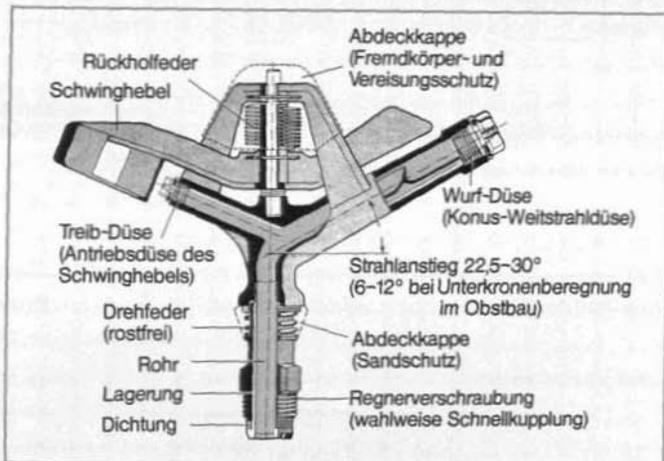


Abb. 244 Aufbau eines Zweistrahlnregners (Verbandsregners)



(Abb. 245) erlauben eine dem Feld angepaßte Verlegung. Das Versetzen der Regnerstränge erfolgt nach einem Verbandsschema im Viereck (\square)- oder Dreieck (Δ)-Verband, das durch Überdeckung der Regnerwurfweiten die geforderte Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung von $\pm 30\%$ sicherstellt. Hierbei wird die Rohrlänge und damit die Anzahl der Regner durch die max. Abweichung des Regner-Wasserverbrauches im Verband von $\pm 10\%$ begrenzt. Gebräuchliche Verbands- bzw. Versetzungsabstände sind 12, 18, 24, 30 oder 36 m, die aus den Leistungstabellen der verwendeten Regner zu entnehmen sind.

Einzelregner – Beim Einzelregner-Verfahren, einem Ein-Mann-Verfahren, hat sich die *Beregnungsmaschine mit Einzelregnern* durchgesetzt (Abb. 248). Von den selbstfahrenden Beregnungsmaschinen haben nur die Typen mit Mittelstarkregnern auf Auslegerarmen eine größere Verbreitung gefunden (Abb. 249). Gemäß der schematischen Darstellung wird bei den Beregnungsmaschinen mit Regnerinzug ein Starkregner auf einem Schlitten oder Fahrgestell montiert, der bei der Beregnung durch Auftrommeln des Regnerrohres (aus PE-Son-

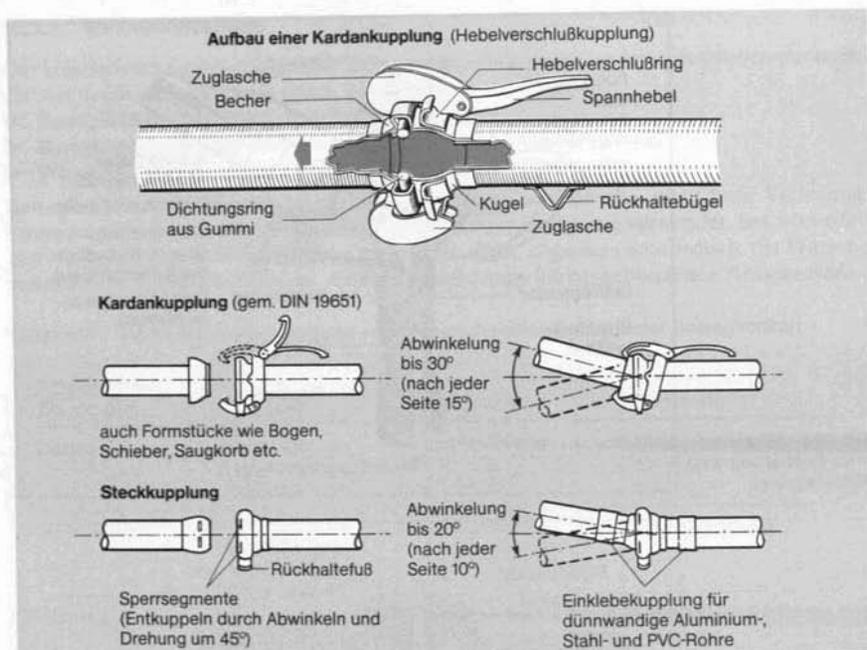


Abb. 245 Aufbau verschiedener Kupplungen für Regnerohre

Kennzeichen	Beregnungsverfahren				
	Regnerverband (Reihenregner)			Einzelregner	
Wasserverteilung	Schwach-, Mittelstark-B.			Stark-B. (Mittelstark-B.)	
Beregnungsintensität					
Beweglichkeit	ortsfest		beweglich		
Bezeichnung	Rohrbe- regnung	Rohr- Schlauch- Beregnung	Schlauch- Schlauch- Beregnung	Selbst- fahrende Beregnungs- maschinen	Beregnungs- maschinen mit Regner- einzug

Abb. 246 Kennzeichen verschiedener Beregnungsverfahren

derqualität) eingezogen wird. Die Einzugs geschwindigkeit, die Beregnungsbreite und der Wasserverbrauch des Regners bestimmen die Regendichte und Regengabe. Bei geringem Wind liegt die Wasserverteilung innerhalb der o. g. Toleranzgrenze, bereits bei Windgeschwindigkeiten von 3–5 m/s beträgt die Abweichung bis 50%. Die Abweichung der Einzugs geschwindigkeit liegt bei 10–25%. Infolge der großen Regnerwurfweiten der Starkregner sind effektive Beregnungsbreiten von 50–70 m möglich, die sich bei seitlichem Wind von ca. 5 m/s um 10% vermindern. Mit einer Regneraufstellung können in der Regel 2 ha beregnet werden. Der verbreitetste Maschinentyp hat einen Rohraußendurchmesser von 90 mm und eine Rohrlänge von 300 m, mit Tendenz zu 110 mm \varnothing und 400 m Länge. Bei Regner einzugs geschwindigkeiten von 30 m/h ist damit eine bedienungsfreie Nachtberegnung möglich.

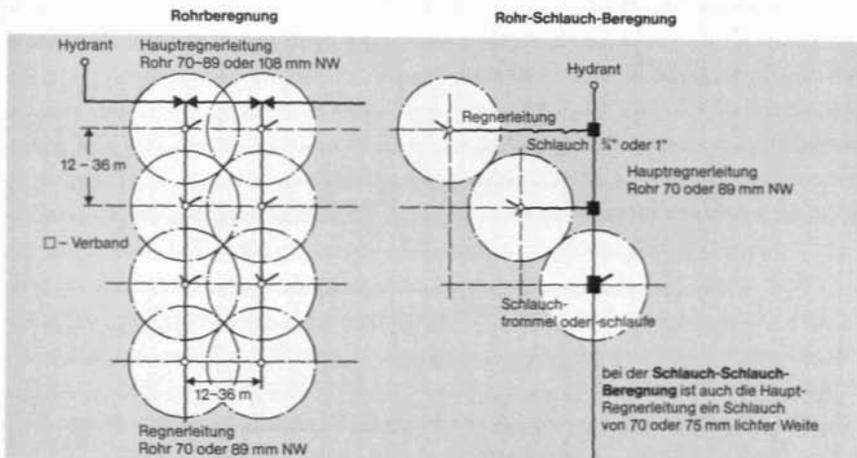


Abb. 247 Durchführung der Rohrberegnung und der Rohr-Schlauch-Beregnung

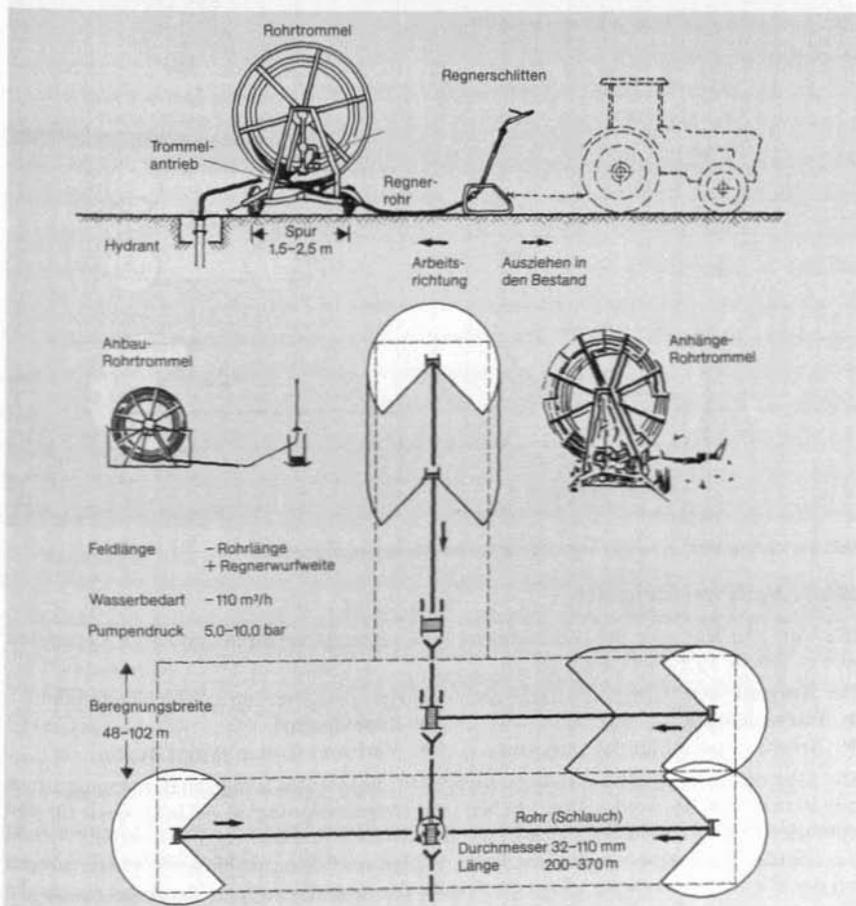


Abb. 248 Schematische Darstellung von Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug

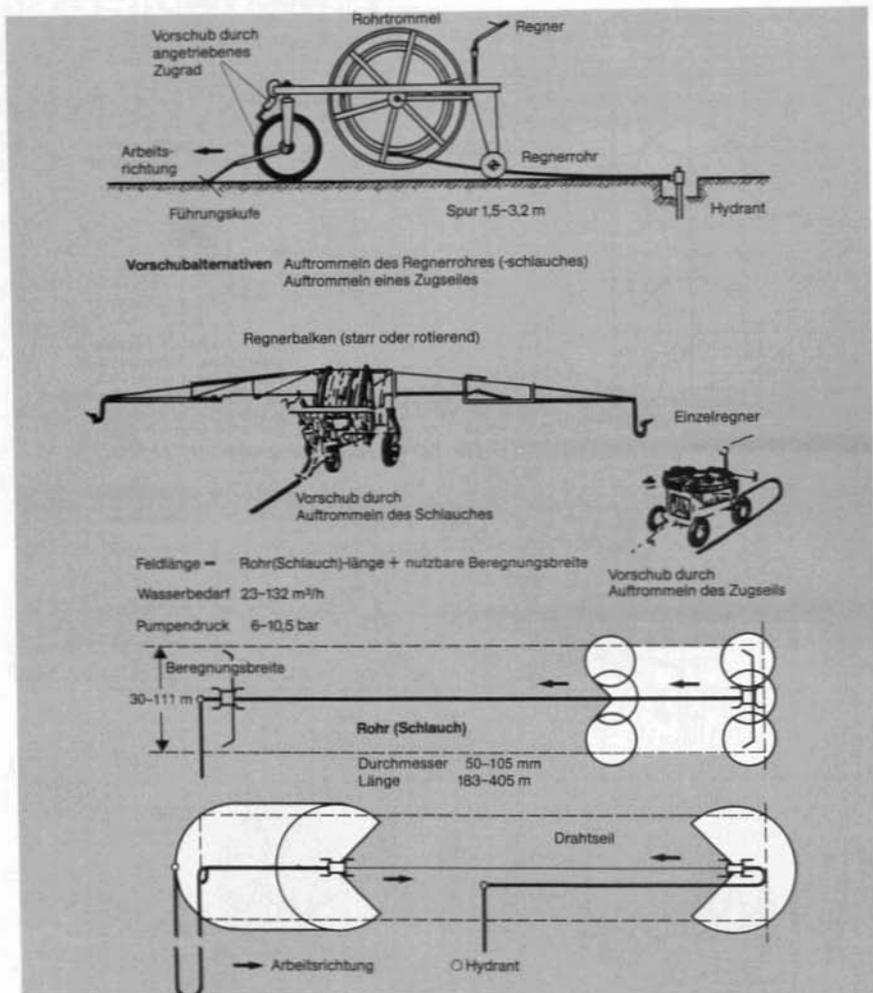


Abb. 249 Schematischer Aufbau von selbstfahrenden Beregnungsmaschinen

10.3.3 Verfahrensvergleich

Die Vor- und Nachteile der gebräuchlichsten Beregnungsverfahren und deren Kenndaten sind in Tabelle 59 zusammengefasst.

Der **Auswahl** einer Beregnungsanlage nach dem Beregnungsverfahren liegen zugrunde:

- ▶ Flächenleistung,
- ▶ Kapitalbedarf,
- ▶ Arbeitszeitbedarf für das Umsetzen,
- ▶ Verfahrenskosten je mm Regen.

Die *Flächenleistung* wird für die Fläche angegeben, die in einem 10tägigen Beregnungsturnus mit 30 mm beregnet werden kann. Neben dem *Arbeitszeitbedarf* in AKh/ha spielt für den optimalen Einsatz einer Beregnungsanlage auch deren leichte Bedienbarkeit und die Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte eine Rolle. Infolge der unterschiedlichen Voraussetzungen bei der Wasserbereitstellung erfolgt die Angabe des *Kapitalbedarfes* in der Regel nur für die Wasserverteilung. Der Kapitalbedarf für die Wasserbereitstellung macht in Abhängigkeit vom Verfahren und der Wasserentnahme 40–60% des gesamten Investitionsbedarfes aus.

Tabelle 59: Vergleich gebräuchlicher Verfahren der Feldberegnung

Beregnungsverfahren	Vorteile	Nachteile
Rohrberegnung, beweglich	variabel, geringer Kapitalbedarf, Schwach-, Mittelstark-Beregnung, gute Flächenleistung, gleichmäßige Wasserverteilung	hoher Arbeitszeitbedarf für das Umsetzen (bis 2 AKh/ha), schwere körperliche Arbeit, mindestens 2,3 AK nötig, für hohe Kulturen ungeeignet
Rohr-Schlauch- und Schlauch-Schlauch-Beregnung	verminderter Arbeitszeitbedarf für das Umsetzen (1,2–1,5 AKh/ha), Arbeits erleichterung	geringe Flächenleistung (10–20 ha/10 Tage), bis doppelter Kapitalbedarf wie vorher
selbstfahrende Beregnungsmaschinen	geringer Arbeitszeitbedarf (bis 0,25 AKh/ha), hohe Flächenleistung (bis 75 ha/10 Tage), leichte Bedienung, Mittelstarkberegnung möglich	sehr hoher Kapitalbedarf, u. U. hohes Gewicht, schlechte Wasserverteilung, windanfällig
Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug	geringer Arbeitszeitbedarf (0,3–0,5 AKh/ha), hohe Flächenleistung einfache und leichte Bedienung, variabel	hoher Kapitalbedarf, schlechte Wasserverteilung, windanfällig, evtl. hohe Beregnungskosten

Für die verbreitetsten Beregnungsanlagen mit Regnerverband und mit Einzelregnern sind in Tabelle 60 deren Verfahrenskennwerte gegenübergestellt. Danach stellen die *Verfahrenskosten* nicht das wichtigste Entscheidungskriterium dar, sofern die Flächenleistung voll genutzt wird. Für Flächenleistungen von 10 ha betragen die Kosten bis 7,50 DM/mm.

Die **düngende Beregnung** wird heute kaum mehr angewandt. Eine **Frostschuttberegnung** ist nur mittels Schwachregner (≤ 2 mm/h) möglich.

Tabelle 60: Verfahrenskennwerte gebräuchlicher Beregnungsanlagen

Kennwerte	Rohrberegnung	Beregnungsmaschine mit Regnereinzug
	Rohr 89 mm NW	Rohr 90 mm Außen-Durchmesser
Beregnungsdichte	bis 17 mm/h	20–60 mm/h
Pumpendruck	5 bar	bis 10 bar
Beregnungsbreite	24–30 m	54 m (bis 72 m)
Flächenleistung (30 mm in 10 Tagen)	35 ha (16 h/d)	29 (–50) ha (20 h/d)
Preis	8000 DM	23 500–36 800 DM
Umsetzen (300 m Feldlänge; 3 ha)	1,7–2 AKh/ha (2 AK)	0,4–0,5 AKh/ha (1 AK)
Verfahrenskosten (4 x 30 mm/Jahr)	4,50 DM/mm	4,75 DM/mm

Die Rinderhaltung – in geringerem Umfang auch die Zuchtsauen- und Schafhaltung – sind auf große Mengen wirtschaftseigenen Futters angewiesen. In der Bundesrepublik Deutschland werden jährlich 5 Mio. ha Futterfläche mehrmals abgeerntet und 75 Mio. t Futtermassen mit erheblichem Wetterisiko geborgen, zum Hof transportiert und eingelagert. Je nach Futterart, Futterkonservierung und betrieblichen Gegebenheiten sind dafür unterschiedliche Mechanisierungsverfahren erforderlich (vgl. auch Band 1 C, Dauergrünland).

1 Grünfütterung

Während der Vegetationsperiode empfiehlt sich für die meisten Betriebe die Fütterung von Grünfutter, da

- ▶ keine Lagerbehälter erforderlich sind,
- ▶ keine Konservierungsverluste auftreten,
- ▶ die Tiere mehr wirtschaftseigenes Futter (TS) aufnehmen.

Nachteilig sind der ungleichmäßige Futteraufwuchs während des Sommers und die damit bedingten Schwankungen in Futterqualität und Futtermenge.

Für die Grünfütterung stehen die in Abbildung 250 gezeigten Verfahren zur Verfügung:

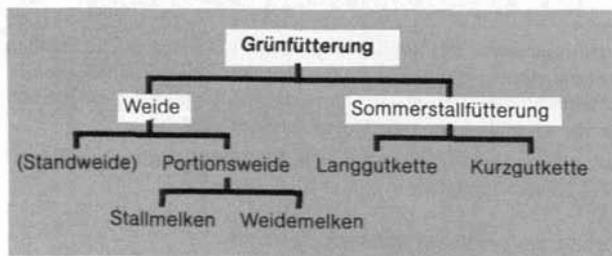


Abb. 250 Überblick über die Verfahren der Grünfütterung

1.1 Weidegang

Mit geringem Mechanisierungsaufwand lassen sich die Tiere auf der Weide versorgen. Allerdings sind dazu folgende Voraussetzungen erforderlich:

- ▶ guter Futteraufwuchs im Sommer (Niederschläge),
- ▶ arrondierte Lage,
- ▶ trittfester Boden.

1.1.1 Formen der Weidehaltung

Standweiden mit mangelndem Futteraufwuchs sind intensiv betriebenen Umtriebs- und Portionsweiden gewichen, die höchste Futtererträge liefern, aber auch eine intensive Pflege erfordern.

Bei *Portionsweiden* wird die gesamte Weidefläche in 8–10 Koppeln unterteilt (je Tier 3–4 a je Koppel). Zur leichteren Durchführung der Pflegearbeiten sollten die Koppeln möglichst

rechteckig sein. Zudem sollte jede einzelne Koppel von einem Triebweg aus erreichbar sein, damit die Tiere nicht über nachwachsende Pflanzen getrieben werden müssen (vgl. Abb. 251). Die Futterflächen werden innerhalb der Koppel täglich frisch zuteilt (je Tier etwa 0,4–0,7 a).

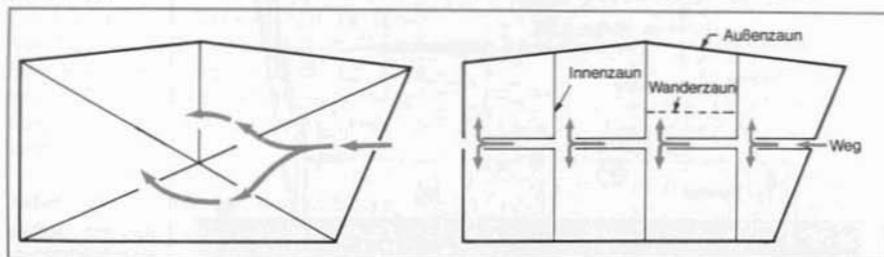


Abb. 251 (links) Falsche und (rechts) richtige Koppelseinteilung

Für diese intensive Weidehaltung werden benötigt:

- **Außenzäune** zur Einfriedung der gesamten Weidefläche: Diese sollen vor allem neben Bahnstrecken und verkehrsreichen Straßen ausbruchsicher gebaut sein (Massivzäune).
- **Innenzäune** zur Koppelunterteilung: Diese können einfacher ausgeführt werden, sind aber meist als feste »Winterzäune« angelegt.
- **Wanderzäune** zur täglichen Futterzuteilung.

Außen- und Innenzäune können sowohl als Massiv- oder als Elektrozaun ausgeführt sein. Für Wanderzäune eignen sich dagegen nur Elektrozäune.

Massivzäune: Die Hütewirkung beruht auf *mechanischem Widerstand*, so daß stabile Konstruktionen erforderlich sind. Zum Bespannen eignen sich Knotengitter und Stacheldraht. Knotengitterzäune müssen besonders gut gespannt werden. Dazu sind stabile Eckkonstruktionen (Eichenholz) erforderlich. Im Winter muß ein solcher Zaun gelockert werden, damit er nicht reißt. Weniger Pflege erfordert der Stacheldrahtzaun. Er kann aber bei den weidenden Tieren Haut- und Euterschäden verursachen und ist für Pferde und Schweine weniger geeignet (vgl. Abb. 252).

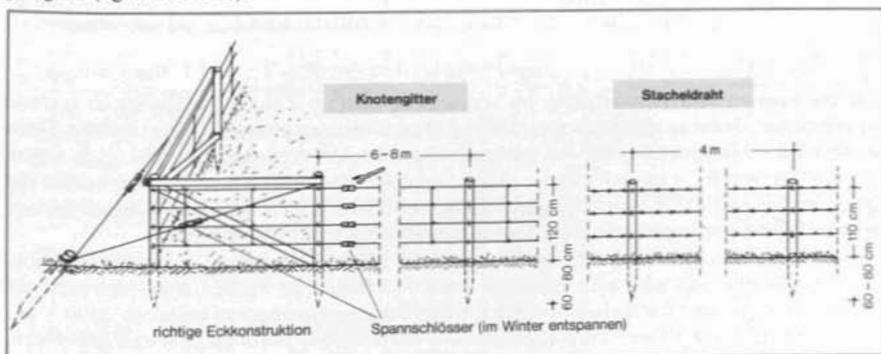


Abb. 252 Verschiedene Ausführungen von Massivzäunen

Elektrozäune: Die Hütewirkung des Elektrozaunes beruht auf der Schreckwirkung eines kurzen elektrischen Schlags. So braucht der Elektrozaun keine besondere mechanische Widerstandsfähigkeit aufzuweisen und kann sehr einfach und leicht gehalten werden. Im Vergleich zu Massivzäunen genügen $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{3}$ des Materialaufwandes, und der Zaun kann mit wesentlich geringerem Arbeitsaufwand erreicht werden. Der Elektrozaun ist deshalb vor allem für Innen- und Wanderzäune zu empfehlen, bei wenig gefährdeten Weiden auch als Außenzaun (vgl. Abb. 253).

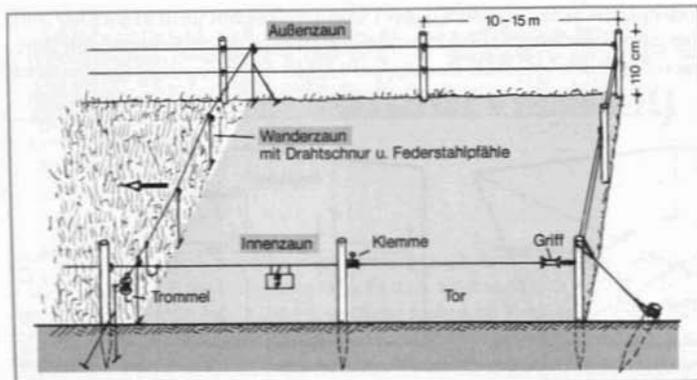


Abb. 253 Aufbau einer Elektrozaunanlage

Elektrozaungeräte erzeugen einen Stromimpuls (bis 10 000 V, 0,3 A), der zwischen Zaun und Erde eine Spannung aufbaut. Beim Berühren des Drahtes bildet der Tierkörper eine leitende Brücke, so daß der Strom durch das Tier hindurch zur Erde fließt.

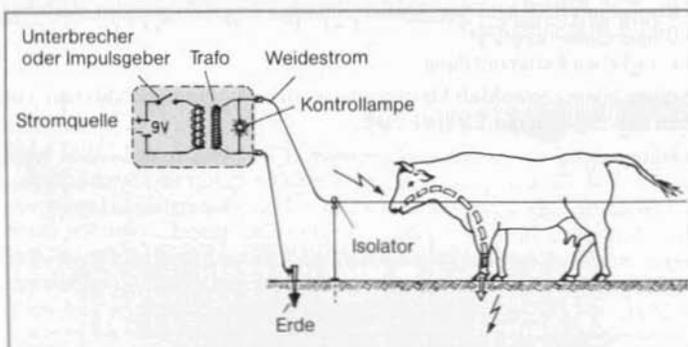


Abb. 254 Funktion einer Elektrozaunanlage

Um bei Mensch und Tier Schäden zu vermeiden, wird im Zaungerät der Strom laufend unterbrochen, damit es zu keinen gefährlichen Muskelverkrampfungen (Herz) kommt. Dazu werden bei einfachen Geräten *mechanische Unterbrecher* verwendet, welche nach einem Stromschlag von 0,1 s etwa 1 s Pause haben. Ein anschließender *Transformator* erhöht die Spannung bis zu 5000 V. Aufwendigere Geräte besitzen einen *elektronischen Impulsformer*, der einen kürzeren Impuls mit einer Stromspannung bis 10 000 V verbindet.

Die Gerätespannung kann durch überlange Zäune, Pflanzenberührung, schlechte Isolation, gerissene Drähte und schwache Batterien stark beeinträchtigt werden. Eine ausreichende Hütewirkung ist aber nur bei einer tatsächlichen Stromspannung von mehr als 2000 V gewährleistet. Geringere Zaunspannungen müssen durch eine Kontrolllampe festzustellen sein.

Zwei **Bauarten** sind üblich:

Batteriegeräte sind unabhängig vom Elektronetz. Sie besitzen heute ausschließlich Trockenbatterien, die bei entsprechender Zaunpflege für eine Weideperiode ausreichen. Sie sind für kürzere, schnell zu errichtende Umzäunungen bis zu max. 3 km Drahtlänge geeignet. Die Schlagstärke sollte je nach Zaunlänge und Batterieladung verstellbar sein.

Netzgeräte werden mit 220 V Wechselstrom betrieben und sind wegen ihrer sicheren Weidewirkung bei erschwerten Bedingungen (Verkehrswege usw.) und großen Elektrozaunanlagen zu empfehlen. Ihr Stromverbrauch ist mit 1 kWh je Monat sehr gering. Größere Netzgeräte haben mehrere Ausgänge, so daß verschiedene Weideköpfe unabhängig voneinander unter

Strom gesetzt werden können. Störungen bei einer Koppel führen dann nicht zwangsläufig zum Ausfall der gesamten Elektrozaunanlage.

Die Wirkung des Elektrozaunes ist nur bei sorgfältig installierten Weidezäunen gegeben. Von besonderer Bedeutung sind dabei zweckmäßige Isolatoren. Diese müssen auch bei Regenwetter (Wasser leitet Strom) Spannungsverluste durch eine größere Trockenzone (vgl. Abb. 255) verhindern.

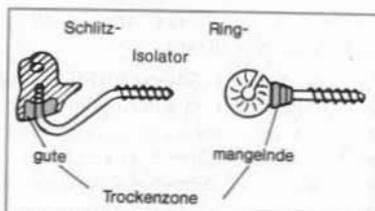


Abb. 255 Zweckmäßige Ausführung von Weidezäun-Isolatoren

Tabelle 61: Technische Daten für Elektrozäune

Viehart	Anzahl der Drähte	Höhe cm	Pfostenabstand m
Rinder	außen: 2	60 + 100	10–15
	innen: 1	80	15–20
Pferde	2	80 + 100	15–20
Schweine	2	25 + 50	5–10
Schafe	1	50	10–15

1.1.2 Wasserversorgung und Weidepflege

Von besonderer Bedeutung für einen erfolgreichen Weidebetrieb ist eine ausreichende Wasserversorgung. Im Durchschnitt werden je GV täglich 50 l Wasser benötigt. Wassermangel führt bei Kühen zu einem erheblichen Rückgang der Milchleistung. Als Wasserquelle abzuweiden sind stehende Wassertümpel. Lediglich gut befestigte Tränkestellen an sauberen Bächen sind geeignet. Wo diese nicht möglich sind, müssen Tränkestellen durch Pumpen oder Wasserfässer geschaffen werden.

Weidepumpen werden durch das Maul des Tieres betrieben und sind als Kolben- oder Membranpumpe konstruiert. Eine Pumpe reicht für 20 Kühe aus.

Tabelle 62: Kapital- und Arbeitszeitbedarf der Weidehaltung (nach KTBL)

Kapitalbedarf	DM/lfd. m	Arbeitszeitbedarf	AKh/ha			
4drähtiges Knotengitter	1,0–1,2	Neueinzäunung (massiv)	25			
3drähtiger Stacheldraht	0,9–1,5	Neueinzäunung (Elektrozaun)	10			
2drähtiger Elektrozaun	0,3–0,4	Instandhaltung	5			
1drähtiger Elektrozaun	0,2–0,3	Weidepflege	14			
	DM	tägliche Arbeiten	Kühe			
Batteriegerät	300–400	(AKmin/Tier und Tag):	10	20	40	80
Trockenbatterie	50	1 x ein- und austreiben (500 m)	3,2	1,6	0,8	0,8
Netzgerät	300–350	an- und abbinden im Stall	0,4	0,4	0,4	–
Weidepumpe	350	Tränkwasserversorgung mit Faß	2,0	1,2	1,0	1,0
Nutzung nach Zeit (a)	8	Elektrozaun versetzen	0,4	0,25	0,15	0,1
Reparaturkosten (% vom Anschaffungswert)	5	zusätzliche Arbeiten beim Weidemelken (ohne Melken)	3,6	1,8	1,0	0,7

1.2 Sommerstallfütterung

Bei der Sommerstallfütterung müssen zwar täglich nur kleinere Futtermengen (50–80 kg/Tier) eingebracht werden, im Laufe eines Jahres ist dies aber eine beträchtliche

Futtermasse (bei 40 GV 5000 dt/Jahr), die gemäht, geladen, transportiert und an die Tiere verteilt werden müssen.

Die **Verfahren der Sommerstallfütterung** müssen folgenden Anforderungen genügen:

- ▶ schonende Grüngutbehandlung,
- ▶ Ein-Mann-Arbeit mit kurzen Rüstzeiten,
- ▶ Einsatz vielseitiger Ladegeräte,
- ▶ weitgehende Witterungsunabhängigkeit,
- ▶ durchgehende Mechanisierung vom Feld bis in den Stall (vgl. Abb. 256).

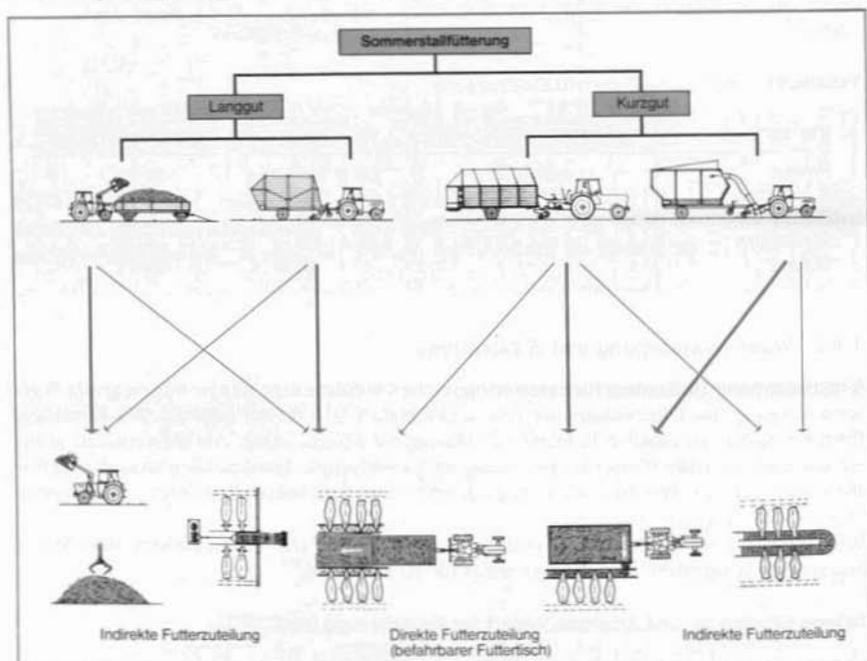


Abb. 256 Verfahren der Sommerstallfütterung

Bei den Mechanisierungsketten wird zwischen Lang- bzw. Kurzgutketten beim Laden und direkter bzw. indirekter Futterzuteilung im Stall je nach Durchfahrmöglichkeiten unterschieden.

Für die Sommerstallfütterung hat sich in kleineren Beständen das *Langgut* durchgesetzt, da es sich über 24 Stunden auf dem Futtertisch ausgebreitet lagern läßt. *Kurzgut* erhitzt sich schnell und kann nicht von einer Futterzeit zur anderen gelagert werden. Es muß deshalb zweimal täglich Futter geholt werden, wobei sich eine direkte mechanische Zuteilung in den Futtertrog anbietet. Dies ist nur in Beständen ab 50 GV aufwärts sinnvoll.

Futternvorlage – Besonders wichtig für eine durchgehende Mechanisierung der Sommerstallfütterung ist eine arbeitssparende Futternvorlage. Je nach den Gebäudeverhältnissen unterscheidet man zwischen einer indirekten und einer direkten Futterzuteilung (Abb. 257).

Bei engen Gebäudeverhältnissen ist man gezwungen, das Futter vor dem Stall abzuladen und in einem weiteren Arbeitsgang in den Stall zu fördern (*indirekte* Futterzuteilung). Mit dem Schubkarren ist dafür ein hoher Arbeitszeitbedarf erforderlich, der je nach Futtertischbreite bei Langgut durch Schienengreifer, Futterband oder Frontlader wesentlich gesenkt werden kann. Eine volle Mechanisierung ist durch Fütterungseinrichtungen (Ringkreisförderer oder Schubstange) auch bei engen Gebäudeverhältnissen möglich, allerdings nur für Häckselgut.

Wesentlich einfacher und arbeitssparender lässt sich die Grünfütterung durch eine *direkte* Futterzuteilung vom Wagen mechanisieren. Dazu ist aber ein überfahrbarer Futtertisch mit einer Mindestbreite von 2,5 m erforderlich. Hier kann bei Langgut das Futter für zwei Mahlzeiten rückwärts vom Transportwagen vor die Tiere abgeladen werden.

Eine direkte Zuteilung des Futters in den Trog ist bei Schneid- oder Kurzgut mit einem Verteilband möglich. Da Kurzgut auf dem Wagen nicht gelagert werden kann, ist zweimal tägliches Futterholen notwendig.

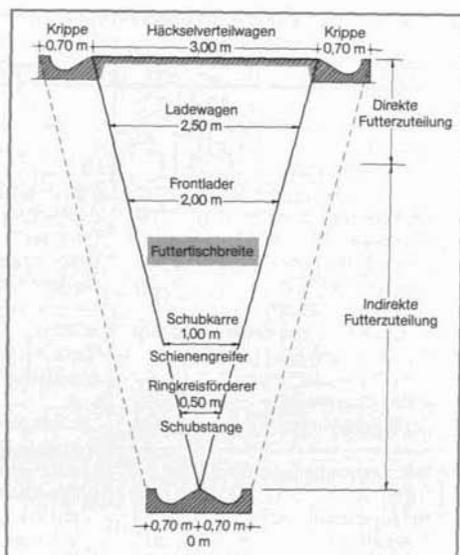


Abb. 257 Erforderliche Futtertischbreite für verschiedene Mechanisierungsverfahren der Futterzuteilung

Tabelle 63: Ladegeräte für die Sommerstallfütterung

Geräte	Vorteile	Nachteile	Zuordnung
Heckschiebesammler mit 1,3 m langen Zinken; nach dem Mähen wird das Futter rückwärts zusammengesoben	billig in der Anschaffung; handtauglich	geringe Transportleistung (3 dt/Gabel)	bei kleinen Beständen und sehr kurzer Feldentfernung
Frontlader: Gabel mit Federstahlzinken, nach dem ersten Schwad kann gleichzeitig gemäht, zusammengesoben und geladen werden; 30–50 m Schwadlänge für eine Gabel	vielseitig einsetzbar und deshalb billig	hohe Rüstzeit; auf nassem und unebenem Boden starke Verschmutzung	nur bei gelegentlicher Stallfütterung
Ladewagen: besonders geeignet sind Recketten- oder Schubstangenförderer, welche das Gut von oben locker in den Wagen fördern	geringe Rüstzeiten; hohe Ladeleistung; schonende Futterbehandlung	keine direkte Zuteilung in den Futtertrog der Tiere möglich	allgemein übliches Verfahren
Schneidladewagen: 12–24 Messer erzeugen ein kurzgutähnliches Material; dadurch mechanische Zuteilung im Futtertrog möglich	wie Ladewagen, aber vollmechanische Zuteilung	hoher Kraft- und Kapitalbedarf; begrenzte Lagerung des Futters	für größere Herden bei zweimaligem Futterholen
Schlegelfeldhäcksler: Mähen und Laden in einem Arbeitsgang	gleichzeitiges Mähen und Laden	höhere Rüstzeit; Gut nur sehr kurz lagerfähig; Verschmutzen des Futters	größere Bestände bei zweimaliger Futterzuteilung

Tabelle 64: Arbeits- und Kapitalbedarf bei der Sommerstallfütterung

Kapitalbedarf	DM	Arbeitszeitbedarf			
		AKmin/GV und Arbeitsgang			
		GV:			
		10	20	40	80
Heckschiebesammler Frontlader mit Grünfuttergabel Ladewagen (20 m ³) Ladewagen (25 m ³) mit Schwenkdeichsel	900	<i>Mähen und Laden:</i>			
	3 300	1,30	0,75	-	-
	9 600	1,60	1,00	0,95	-
	13 000	0,65	0,40	0,35	0,30
Schneidladewagen (30m ³) mit Zuteileinrichtung	19 000	<i>Füttern:</i>			
	25 000	2,10	2,45	-	-
Häckselladewagen Schlegelfeldhäcksler	5 400	1,45	1,35	-	-
		Ladewagen, direkte Zuteilung auf Futtertisch			
Nutzungsdauer nach Zeit (a)	8	1,10	0,85	0,75	0,75
Nutzungsdauer nach Arbeit (h)	640	Schneidladewagen, direkte Zuteilung in Krippe			
		0,90	0,65	0,50	0,50
Reparaturkosten % v. Anschaffungswert je 100 ha	ca. 5	Feldfahrt und Rüstzeit		Feldentfernung (m)	
		min/Fuhre		500	1000
		30	35		

Vergleich der Verfahren – Bei der Auswahl eines günstigen Arbeitsverfahrens zur Sommerstallfütterung müssen Futteranfall, Futterqualität und Gebäudeverhältnisse berücksichtigt werden. Von besonderer Bedeutung aber sind Arbeitszeit- und Kapitalbedarf.

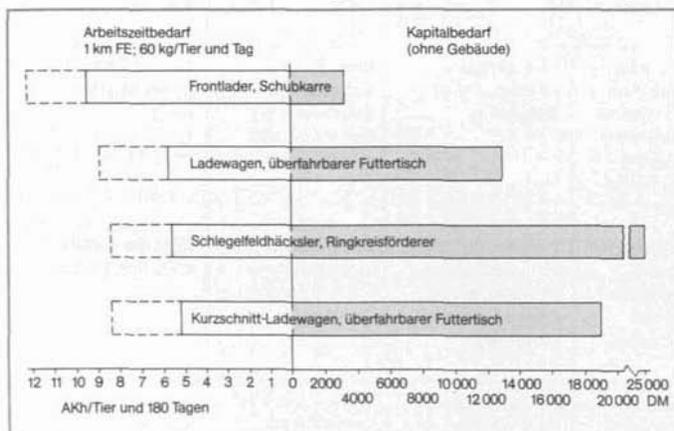


Abb. 258
Arbeitszeit- und
Kapitalbedarf
verschiedener
Verfahren der
Sommerstall-
fütterung
(40 Kühe;
gestrichelte
Säulen = 20 Kühe;
FE = Feld-
entfernung)

Die Auswahl der entsprechenden Mechanisierungsketten kann aber nicht nur allein nach der Grünfütterung erfolgen, sondern die Ladegeräte werden in großem Umfang gleichzeitig auch bei der Winterfutterbergung eingesetzt.

1.3 Vergleich zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung

Die Entscheidung zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig.

Vorteile der Weidehaltung	Vorteile der Sommerstallhaltung
<ul style="list-style-type: none"> ▶ natürlicher Auslauf für die Rinder ▶ keine zusätzlichen Maschinenkosten ▶ geringere Sonn- und Feiertagsarbeit ▶ höhere Futtermittelaufnahme (ca. 1,5 kg TS/Tier und Tag) ▶ Nutzung von Steilhängen möglich ▶ günstige Weidenarben-Zusammensetzung ▶ arbeitswirtschaftlich günstiger bei: <ul style="list-style-type: none"> - Weidemelken gegenüber Anbindeställen - bei Stallmelken und Hofweiden unter 500 m Entfernung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ geringere Futterverluste: <ul style="list-style-type: none"> - Sommerstallhaltung 5–10% - Standweide 30–45% - Portionsweide 15% ▶ keine Probleme mit Straßenverkehr und langen Treibwegen ▶ besserer Temperatur- und Witterungsschutz im Stall ▶ Nutzung moderner Melktechnik ▶ Ausgleich von Trockenperioden möglich ▶ keine Zaunarbeit und keine Zaunkosten ▶ höherer TS-Ertrag möglich ▶ arbeitswirtschaftlich günstiger: <ul style="list-style-type: none"> - bei Laufställen gegenüber Weidemelken - bei über 700 m Weideentfernung und Stallmelken

Durch zunehmend intensivere Bewirtschaftung steigt der Arbeitszeitbedarf bei der Weidehaltung an. Im Gegensatz dazu konnte bei der Sommerstallfütterung durch neue Ladegeräte (Ladewagen), moderne Aufstellungsverfahren (überfahrbarer Futtertisch) und verbesserte Melkverfahren (Melkstand) der Zeitbedarf wesentlich gesenkt werden. Das tägliche Futterholen gewinnt deshalb vor allem an Bedeutung:

- ▶ bei Ackerfutterbau,
- ▶ bei Sommertrockenheit, die einen gleichmäßigen Futteraufwuchs einschränkt,
- ▶ bei zersplitterter Flurlage, weiten Entfernungen zur Weide und verkehrsreichen Triebwegen,
- ▶ bei günstigen Stallverhältnissen mit mechanischer Entmistung, überfahrbarem Futtertisch und Melkstand (Laufstall).

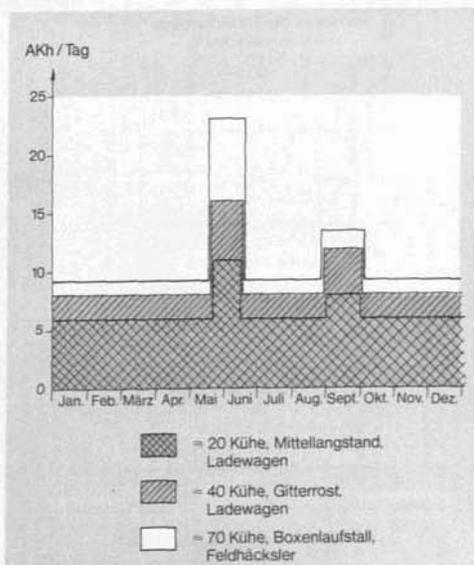


Abb. 259 Arbeitsverteilung bei einem Grünlandbetrieb mit unterschiedlichem Milchkuhbestand

2 Winterfutterbergung

Für die Winterfütterung muß in nur wenigen Tagen das gesamte Grundfutter für 150–200 Tage verlustarm geerntet und eingelagert werden. Dabei sind zu fordern:

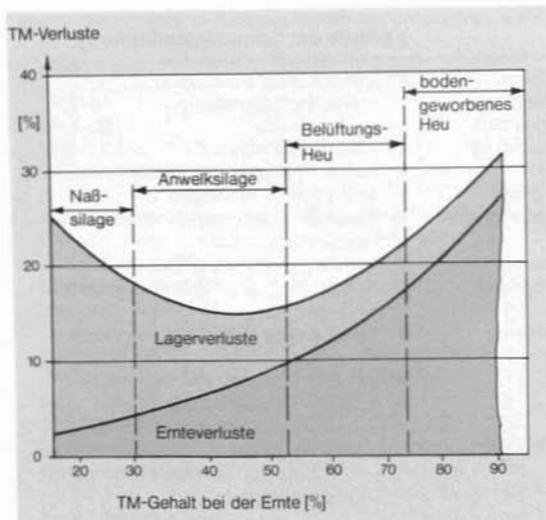


Abb. 260 Trockenmasseverluste bei verschiedenen Futterernte- und Konservierungsverfahren (nach ZIMMER)



- **Schlagkräftige Verfahren**, um vor allem in spezialisierten Grünlandbetrieben die Arbeitsspitze »Futterbergung« abzubauen. Dieser Arbeitsengpaß verschärft sich bei wachsenden Tierbeständen und kann eine weitere Herdenaufstockung begrenzen (Abb. 259), wenn kein überbetrieblicher Maschineneinsatz möglich ist. Weiterhin erlauben schlagkräftige Verfahren die Futterernte bei optimalem Aufwuchs.

- **Geringe Ernte- und Konservierungsverluste:** Die Futterkosten beanspruchen einen steigenden Anteil an den Produktionskosten. Geringe Konservierungsverluste und hohe Milch- und Fleischleistung aus dem Grundfutter sind deshalb Voraussetzung für eine rentable Rinderhaltung. Die einzelnen Futterernte- und Konservierungsverfahren unterscheiden sich dabei wesentlich (Abb. 260).

- **Geringes Wetterrisiko**, da bei den meisten Futterernteverfahren nicht die einzelnen Schönwettertage, sondern die Schönwetterperioden maßgebend sind. Je mehr Tage ein Futterernteverfahren beansprucht, um so größer ist das Wetterrisiko und um so weniger Zeit steht für die Ernte zur Verfügung.

Für die Futterbergung und Konservierung gibt es eine Vielzahl von Verfahren. Die wichtigsten sind in folgender Abbildung 261 dargestellt.

Abb. 261 Verfahrensübersicht der Futterbergung und -konservierung

2.1 Mähen

Die Mähverfahren sollen folgende **Anforderungen** erfüllen:

- ▶ Universeller Einsatz,
- ▶ saubere Mahd mit glattem, nicht zerrissemem oder zerfasertem Schnitt,
- ▶ geringe Futtermerschmutzung,
- ▶ geringe Störanfälligkeit,
- ▶ hohe Arbeitsgeschwindigkeit,
- ▶ geringe Rüstzeiten für An- und Abbau,
- ▶ niedriger Pflegeaufwand.

Bei den Mähwerken wird grundsätzlich zwischen *Scherenschnitt* (Mähbalken) und *freiem Schnitt* (rotierende Mähwerke) unterschieden. Finger- und Doppelmessermäherwerke arbeiten wie eine Schere mit Schneide und Gegenschneide (2–3 m/s), während Kreisel- und Schlegelmäher ohne exakte Gegenschneide das Gut im freien Schnitt mit 60–80 m/s abschlagen.

Abb. 262
Überblick über
die verschiedenen
Mähverfahren

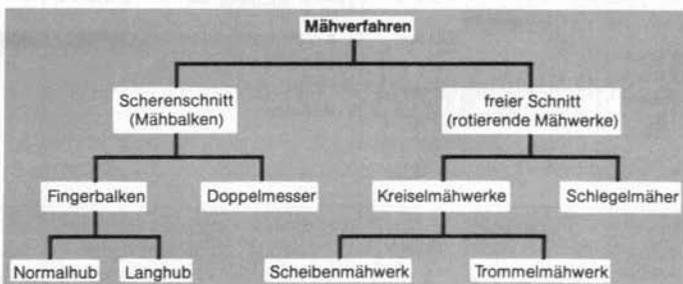
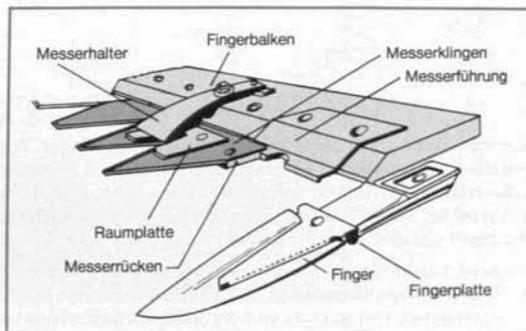


Abb. 263 Aufbau eines Fingermäherwerkes (nach SEGLER)



2.1.1 Fingermäherwerke

Als Schneide dienen hin und her bewegte Messer (Normalhub 76,2 mm), als Gegenschneide feststehende Finger (Abb. 263 und 264). Die Messer biegen die Halme zur Gegenschneide (Finger) und schneiden sie erst dort ab. Je nach Fingerabstand entstehen dabei unterschiedlich lange Stoppeln.

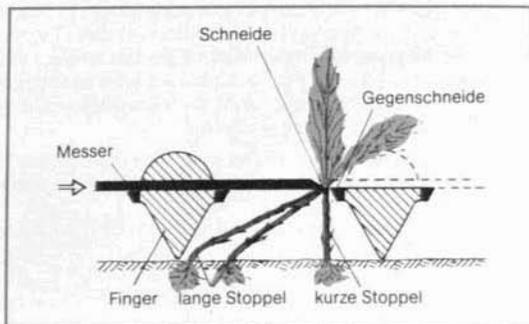


Abb. 264 Schneidvorgang beim Fingermäherwerk

Bauarten – Je nach Fingerabstand und dem Verhältnis von Finger- und Messerzahl unterscheidet man verschiedene Bauarten:

Tabelle 65: Bauarten von Fingermähwerken

Stellung beim Totpunkt	Bauarten	Kennzeichen	Beurteilung	Einsatz
2 Finger 1 Messer	<p>Hochschnitt 38,1 mm</p>	1 Hub = 2 Finger- abstände 2 Finger = 1 Messer	sehr kurze Stoppeln, aber erhöhte Verstopfungsgefahr	nur für dünne und feine Grasbestände
3 Finger 2 Messer Totpunkt	<p>Mittelschnitt 50,8 mm</p>	1 Hub = 1½ Finger- abstände 3 Finger = 2 Messer		Universalbalken für alle Grasarten
1 Finger 1 Messer	<p>Tiefschnitt 76,2 mm</p>	1 Hub = 1 Finger- abstand 1 Finger = 1 Messer	längere Stoppeln, aber geringere Verstopfungsgefahr	bisher für Getreide; bei Langhub und schlanken Fingern für hohe Mähleistungen bei Gras

Antrieb – Der Antrieb erfolgt meist über eine Kurbelstange. Zum Mähen von Böschungen bis 45° ist ein zusätzlicher Schwinghebel am Innenschuh erforderlich. Zunehmend werden bei stärkeren Schleppern die Mähwerke mit Ölmotoren angetrieben. Dann kann sogar in jeder Lage gearbeitet werden (z. B. auch senkrecht bei Hecken). Allerdings ist diese Art von Antrieb über Ölmotoren teurer und erfordert eine Hydraulikpumpleistung von 30 l/min.

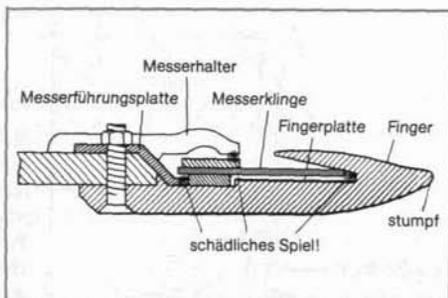
Voraussetzungen für einen **sauberen Schnitt** sind:

- ▶ Eine **Messergeschwindigkeit** von 2–3 m/s. Dies setzt bei Normalhub 800–1200 1/min beim Mähwerksantrieb voraus. Dazu muß der Schlepper unabhängig vom Gang mit der Normdrehzahl gefahren werden. Beim »Totpunkt« des Hubes muß die Messerklinge möglichst in der Fingermitte (Hochschnitt jede Klinge, Mittelschnitt jede dritte Klinge, Tiefschnitt jede zweite Klinge) in der Fingermitte verharren, damit Verstopfungen vermieden werden (Tabelle 65).
- ▶ Die **Vorfahrtsgeschwindigkeit** muß so gewählt werden, daß je gefahrener Meter 10 Messerhübe erfolgen (etwa 6 km/h). Der Vorschub darf dabei nicht länger sein als die Schneidefläche der Klinge. Bei höherer Geschwindigkeit wird die Schnittfläche nicht mehr voll von den Messern überstrichen und es kommt zum unsauberen Schnitt.

Pflege – Fingerbalken erfordern eine sorgfältige und laufende Pflege:

- ▶ Der **Mähbalken** darf nicht verbogen sein und muß die richtige Voreilung haben (je 1 m Balkenlänge ca. 3 cm).
- ▶ Die **Finger** müssen genau ausgerichtet sein. Die Fingerplatten sind in größeren Zeitabständen in einem Winkel von 75° nachzuschleifen. Abgenutzte Fingerplatten (bündig mit Finger) sind auszuwechseln.
- ▶ Die **Messerführung** darf kein Spiel haben, da sonst kein einwandfreier Scherenschnitt möglich ist. Messerhalter und Messerführung können mittels Distanzscheiben nachgestellt werden (Abb. 265).

Abb. 265 Mögliche Fehler am Schneidwerk



- Die Messerklingen sind täglich in einem Winkel von 24° nachzuschleifen. Dabei dürfen die Klingen nicht »verglühen«.

Neuere **Fingerbalkenmäherwerke mit Langhub** haben einen etwa doppelt so langen

Hubweg. Bei gleicher Kurbeldrehzahl erreichen sie gegenüber normalen Fingermäherwerken die doppelte Messergeschwindigkeit. Dadurch ist eine schnellere Vorfahrt möglich. Schlanke Finger aus stark vergütetem Stahl und größerer Fingerabstand (Hochschnitt) vermindern zudem die Verstopfungsgefahr.

2.1.2 Doppelmessermäherwerke

Doppelmessermäherwerke haben als Gegenschneide keine feststehenden Finger, sondern – ähnlich einer Schere – ein zweites bewegliches Messer. Dadurch werden »tote Punkte« weitgehend vermieden, so daß die Verstopfungsgefahr bei diesen Mäherwerken gering ist. Allerdings ist die Balkenlänge beschränkt, da sonst durch Materialverwindung Ober- und Untermesser nicht mehr exakt arbeiten.

Doppelmessermäherwerke arbeiten mit höherer Kurbeldrehzahl von 1500–1750 1/min und verkürztem Hub (38 mm). Wichtig ist beim Doppelmesser, daß der Messersatz auf richtiger Höhe steht (Abb. 266), Ober- und Untermesser nicht vor- oder zurücksetzen und in der Totpunktlage die Messerspitzen fest aufeinanderliegen (Schwinghebel verstellen) und daß die Klingen rechtzeitig nachgeschliffen werden und zwar unter einem Winkel von 40° . Hierzu gibt es spezielle Schleifapparate (ca. 800 DM), deren Anschaffung zu empfehlen ist.

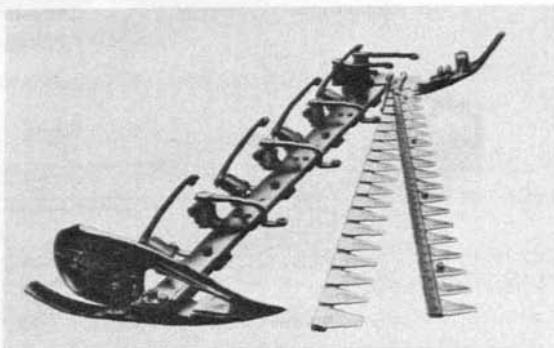
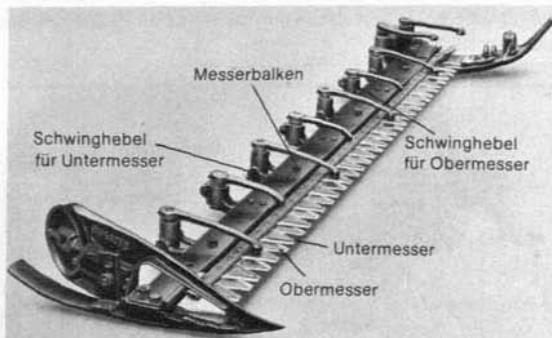


Abb. 266 Aufbau eines Doppelmessermäherwerkes

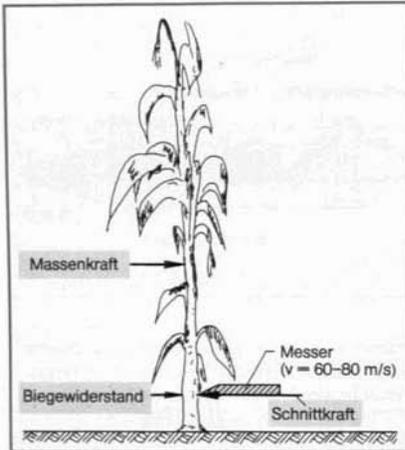


Abb. 267 Prinzip des freien Schnittes

2.1.3 Kreiselmäherwerke

Kreiselmäherwerke besitzen keine Gegenschneide, sondern mähen das Futter im freien Schnitt. Als Gegenschneide wirkt hier die Massenträgheit und der Biege- und Widerstand der Pflanze. Je geringer die Masse (z. B. blattreiches Futter) und je größer der Biege- und Widerstand (z. B. junges Gras), um so größer muß die Schnittkraft sein (vgl. Abb. 267). Es sind deshalb Messergeschwindigkeiten von 60–80 m/s erforderlich (im Scherenschnitt nur 2–3 m/s!). **Unfallgefahr!**

Als Mäherwerkzeuge dienen Kreisel, welche an der Außenseite mit auswechselbaren, nicht zu schleifenden Messerklingen bestückt sind. Diese Kreisel sind paarweise angeordnet und gegenläufig. Jedes Kreiselpaar formt einen Schwad. Für eine gute Mäharbeit müssen Scheibengröße, Umfangsgeschwindigkeit und Vorfahrt im richtigen Verhältnis stehen, damit die Messerklingen die gesamte Mähfläche überschneiden.

Ein mehrfaches Überschneiden einzelner Stellen ist nicht auszuschließen; geeignete Scheibenkonstruktionen werfen aber das Gras nach hinten, so daß das Gut nicht mehrfach geschnitten wird.

Da sich die Schnittbereiche der Messerklingen meist überlappen, dürfen die Mähklingen nicht zusammentreffen. Deshalb wird heute ein Zwangsantrieb mittels Kettengetriebe oder Kegeldgetriebe bevorzugt. Bei Keilriemenantrieb ist das Zusammentreffen wegen des Schlupfes nicht auszuschließen.

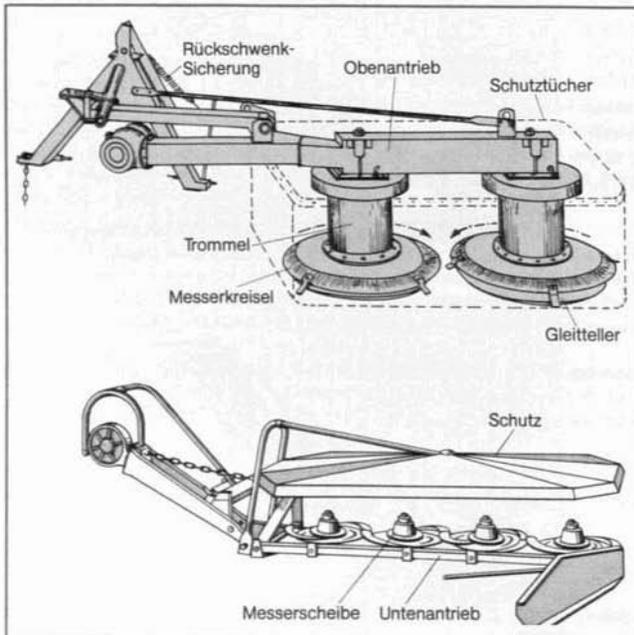


Abb. 268 (oben) Aufbau eines Trommeljäherers mit Oberantrieb (unten) Aufbau eines Scheibenmäherwerks mit Untenantrieb

Scheibemähwerke werden in zwei Bauarten angeboten (Abb. 268):

- **Trommelmäherwerke** mit Obenantrieb: Über den Messerkreisen sind mitlaufende Trommeln, welche einen hohen schmalen Schwad formen. Das Mähwerk stützt sich auf freidrehenden Gleitellern ab. Trommelmäher sind nur für den Heck- und Frontantrieb geeignet.
- **Scheibemähwerke** mit Untenantrieb ermöglichen eine flache und leichte Bauweise. Auf dem Getriebekasten sitzen flache Mähscheiben mit kleinerem Durchmesser, welche nur schwach ausgeprägte Schwaden ablegen.

Da Kreiselmähwerke – wie oben schon erwähnt – keine Gegenschneide besitzen, können sie nicht verstopfen und mit einer Geschwindigkeit bis zu 12 km/h gefahren werden. Außerdem lassen sie sich einfach warten. So genügt es, nach einer Arbeitsfläche von 50 ha die Messerklingen auszutauschen. Nachteilig ist der hohe Leistungsbedarf von 22 kW je Meter Arbeitsbreite, die größere Unfallgefahr durch Steinschlag (Schutzvorrichtung) und die erhöhte Verschmutzung des Futters (Moorwiesen). Weiterhin sind sie teuer und der übliche Heckanbau beschränkt die Einsatzmöglichkeiten (Sommerstallfütterung, Geräteanbau).

2.1.4 Schlegelmähwerke

Schlegelmähwerke schlagen das Gut ebenfalls im freien Schnitt mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 25–30 m/s (beim Schlegelfeldhäcksler ist die Geschwindigkeit wesentlich höher). Das Gut wird durch die Haube in Fahrtrichtung gedrückt und durch frei bewegliche Schlegel möglichst kurz abgeschlagen. Bei Geschwindigkeiten über 8 km/h entstehen lange Stoppeln, unter 6 km/h hohe Bröckelverluste.

Vorteilhaft wirkt sich bei diesen Mähwerken die geringe Störanfälligkeit aus, vor allem bei Vorhandensein von Steinen. Weiterhin wird das Gut geknickt, wodurch Trockenzeit verkürzt wird.

Nachteilig sind die ungleichen Stoppelhöhen, die zu Verlusten bis zu 10% führen können. Bei Klee und Luzerne kommt es zudem zu erheblichen Bröckelverlusten. Schlegelmähwerke werden deshalb vorrangig als Mulchgeräte eingesetzt.

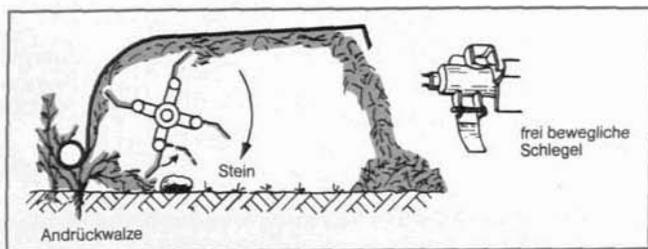


Abb. 269 Aufbau eines Schlegelmähwerkes

2.1.5 Vergleich der verschiedenen Mähwerke

Für die Auswahl geeigneter Mähwerke sind die in der Tabelle 66, S. 218 genannten Gesichtspunkte zu beachten.

Die Mähwerke sind nach ihrem *Anbau an den Schlepper* zu unterscheiden:

Seitenmäherwerk: gute Übersicht, ständig einsatzbereit beim täglichen Mähen. Kombinierbar mit Zetter oder Ladegeräten; *aber:* technisch aufwendiger durch Mähantrieb und Aushebung; Arbeitsbreite beschränkt.

Heckmäherwerk: für mehrere Schlepper einzusetzen; größere Arbeitsbreiten möglich; *aber:* häufiger An- und Abbau; Zugmaul und Kraftheber für Werbe- und Ladegeräte blockiert.

Frontanbau: wie Heckmäher, aber freier Heckanbaureaum und leeres Zugmaul; dadurch ist die Kombination mit Zettgeräten bzw. von Front- und Heckmäher für besonders große

Tabelle 66: Auswahlkriterien für Mähwerke

Auswahlkriterium	Fingerbalken		Doppel-messer-balken	Kreiselmäherwerke	
	Normal-hub	Lang-hub		Trommel-mäherwerk	Scheiben-mäherwerk
Arbeitsbreite (m)	1,5–3,0	1,5–2,1	1,5–1,9	1,35–2,7	1,6–2,4
Leistungsbedarf (kW/m)	11	11	11	22	22
Arbeitsgeschwindigkeit (km/h)	5–8	8–12	8–12	8–15	8–15
ldw. Leistung (ha/h)	0,5–1,0	1,0–1,5	1,0–1,6	1,0–2,2	1,0–2,0
Störanfälligkeit	–	+	+	++	++
Anbaumöglichkeit	seitlich (Heck/Front)	seitlich (Heck/Front)	seitlich (Heck/Front)	Heck (Front)	Heck (Front)
Kapitalbedarf DM	2000–3000	3000–3500	2300–4000	4000–12 000	4500–8000
Nutzungsdauer nach Zeit (a)	12	12	12	10	10
Nutzungsdauer nach Arbeit (ha)	300	300	300	350	350
Reparatur % ¹⁾ je 100 ha	25	25	30	15	18
Vorteile:	technisch einfach, vielseitig einsetzbar und gute Übersicht (Seitenanbau) niedriger Kapital- und Kraftbedarf;			große Flächenleistung; geringe Störanfälligkeit; kein Messerschleifen	
Nachteile:	erhöhter Pflegeaufwand; geringere Flächenleistung; bei Fingermäherwerken höhere Stoppgefahr			hoher Kapitalbedarf; Schwadbildung; Neigung zur Futtermittelverschmutzung; erhöhte Unfallgefahr; höherer Kraftbedarf; kein Seitenanbau möglich	

¹⁾ vom Anschaffungswert

Mähbreiten möglich; kein Überfahren des stehenden Bestandes; *aber*: mangelnde Übersicht; Frontkraftheber und Frontzapfwelle sind erforderlich.

Betriebliche Zuordnung – Fingermäherwerke sind universell einzusetzen (z. B. beim täglichen Grünfütterholen), erreichen aber nicht immer die Leistung von Kreiselmäherwerken. Diese sind Spezialgeräte für die Futterernte und müssen in vielen Betrieben durch ein Seitenmäherwerk ergänzt werden. Schlegelmäherwerke haben bei uns nur geringe Bedeutung, da bei den vorherrschenden Wachstumsbedingungen kaum ein Vorwelkeffekt auftritt, andererseits aber mit Bröckelverlusten und Verschmutzung gerechnet werden muß.

2.2 Werben und Aufbereiten

Für alle Futterkonservierungsverfahren ist ein schnelles und verlustloses Anwelken des Grüngutes – möglichst an einem Tag – anzustreben. Dies kann durch mechanisches Lockern und Wenden des gemähten Gutes, aber auch durch mechanische, thermische und chemische Aufbereitung erfolgen.

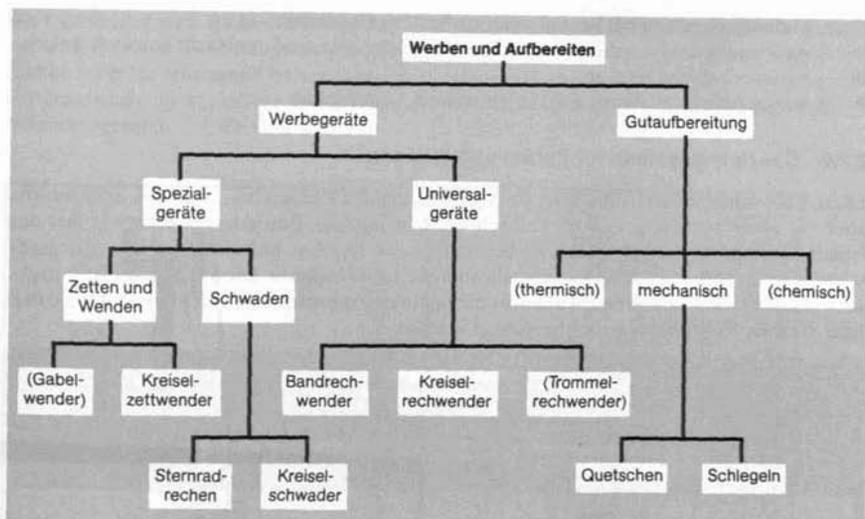
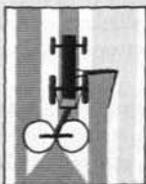
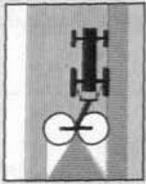
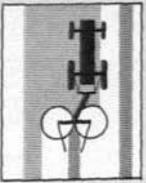


Abb. 270 Überblick über Geräte zum Werben und Aufbereiten des Futters

2.2.1 Arbeitsgänge der Futterwerbung

In der Praxis überwiegt die **Futterwerbung**, die folgende Arbeitsgänge erfordert:

Tabelle 67: Arbeitsgänge bei der Futterwerbung

Arbeitsgang	Aufgaben	Anforderungen
Zetten 	Ausbreiten des Mähenschwades, meist in einem Arbeitsgang mit dem Mähen	Das noch schwere Futter verlangt stabile, starre Zinken, die das Futter ohne Verschmutzung gut durchwirbeln
Wenden 	Auflockern und Umwenden des breitgestreuten Gutes, um ein gleichmäßiges und schnelles Abtrocknen zu gewährleisten	Diese Maschinen müssen einerseits das Gut gleichmäßig wenden, andererseits stark angewelltes Futter schonend behandeln (Bröckelverluste); hohe Arbeitsleistung
Schwaden 	Zum Beschleunigen des Ladens wird das Gut in 60–150 cm breite Schwaden zusammengebracht	Sauberes Rechen; unverzopfter Schwad, welcher die nachfolgenden Arbeitsgänge nicht behindert; geringe Verschmutzung; Steine und Fremdkörper dürfen nicht eingewickelt werden; hohe Arbeitsleistung

Beim **Bodentrocknen von Heu** sind noch zusätzlich erforderlich:

- ▶ *Lohschwadenziehen*, um das Anfeuchten des Gutes während der Nacht einzuschränken,
- ▶ *Schwadstreuen* am Morgen,
- ▶ *Schwadwenden* und *Schwadlüften* bei nassem Untergrund.

2.2.2 Spezialmaschinen für Zetten und Wenden

Diese Maschinen müssen einerseits das Gut gleichmäßig streuen bzw. wenden, andererseits aber vor allem stark angewelktes Gut schonend behandeln. Besonders günstig war hier der früher verwendete **Gabelwender** zu beurteilen, der das Gut mit niedriger Bewegungsgeschwindigkeit aufnahm, mit hoher Geschwindigkeit aber lockerte. Die nur geringe Arbeitsgeschwindigkeit von 4 km/h reicht aber für die heutigen Anforderungen nicht mehr aus, so daß jetzt vielfach **Kreiselzettwender** bevorzugt werden.

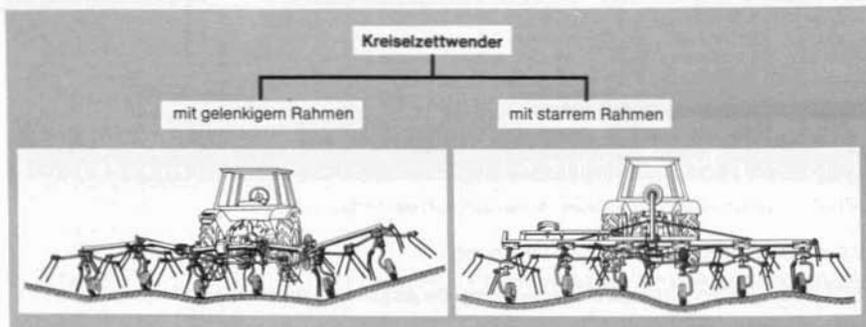


Abb. 271 Bauarten von Kreiselzettwendern

Kreiselzettwender (Abb. 271) verwenden als Arbeitswerkzeuge zapfwellengetriebene *Zinkenkreisel*, welche paarweise gegenläufig arbeiten. Die einzelnen Kreisel sind nach vorne geneigt, so daß das Gut nur kurz am Boden streift und anschließend nach hinten geworfen wird. Der Neigungswinkel läßt sich verstellen, wobei beim Zetten ein flacher, beim Wenden ein größerer Winkel eingestellt wird (Abb. 272).

Die hohe Umfangsgeschwindigkeit von 14 m/s muß bei fortschreitendem Abtrocknen reduziert werden, um Bröckelverluste zu vermeiden, wozu ein Umschalt-Getriebe zu empfehlen ist. Bei verminderter Drehzahl können auch »Lohreihen« gezogen werden. Wie bei allen Heuwerkzeugen sollten auch bei Kreiselzettwendern Fremdkörpersicherungen Zinkenverluste verhindern. Kreiselzettwender ermöglichen hohe Arbeitsgeschwindigkeiten und große Arbeitsbreiten bei guter Bodenanpassung. Dadurch sind hohe Flächenleistungen möglich.

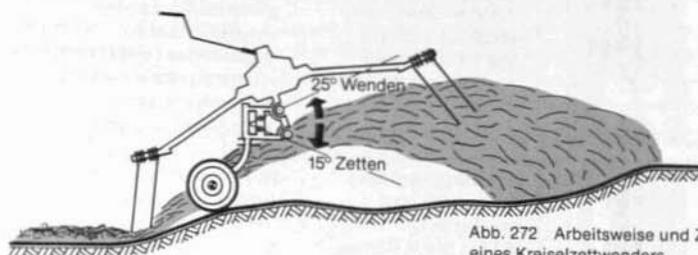


Abb. 272 Arbeitsweise und Zinkenkreiselstellung eines Kreiselzettwenders

2.2.3 Spezialmaschinen für das Schwaden

Schwadgeräte sollen mit hoher Schlagkraft auch stark abgetrocknetes Futter schonend in einem sauberen, lockeren Schwad je nach Ladegerät in einer Breite von 80–140 cm zusammenrechen.

Weit verbreitet sind **Radrehwender**, die aus schräg angeordneten Zinkenrädern bestehen und lediglich am Boden angetrieben werden. Die geringe Bewegungsgeschwindigkeit der Zinken sorgt für schonende Behandlung des Gutes, reicht aber für das Wenden bei stärkerem Futteraufwuchs nicht aus. Sie werden deshalb überwiegend als Spezialgerät zum Schwadenziehen eingesetzt.

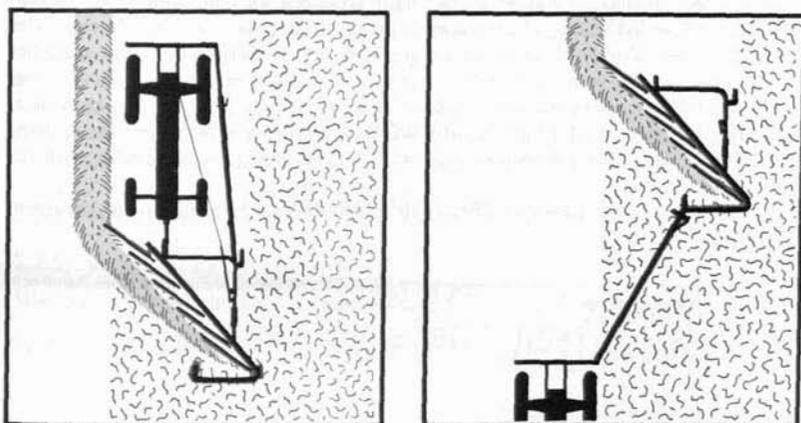


Abb. 273 Arbeitsweisen des Radrehwenders: (links) Arbeitsstellung für Frontschwaden; (rechts) Radrehwender als Anhängegerät

Radrehwender können am Schlepper angehängt, an die Hydraulik angebaut und auch als Seiten- und Frontmaschine eingesetzt werden. Bei Frontanbau braucht das Gut nicht überfahren zu werden und das Schwaden kann gleichzeitig mit dem Laden erfolgen. Diese Geräte ermöglichen ein schnelles und sauberes Schwaden. Nachteilig ist die Gefahr des Verschmutzens (Steine bei Feldhäckslern) und die Zopfbildung bei Anwelkgut.

Kreiselschwader vermeiden diese Nachteile, da sie einen lockeren, nicht verzapften Schwad mit geringen Fremdanteilen ziehen. Das Gerät besteht aus einem zapfwellengetriebenen Horizontalkreisels mit mehreren Rechenarmen. Durch eine Kurvensteuerung werden die Rechenzinken zuerst senkrecht über den Boden geführt, wobei sie das Gut portionsweise zum Schwadblech rechen. Hier schwenken die Zinken um und lassen das Futter liegen. Durch Verstellen des Schwadbleches kann die Schwadform geändert werden. Bei Frontanbau braucht das Futter nicht überfahren zu werden, wodurch Bröckelverluste verhindert werden.

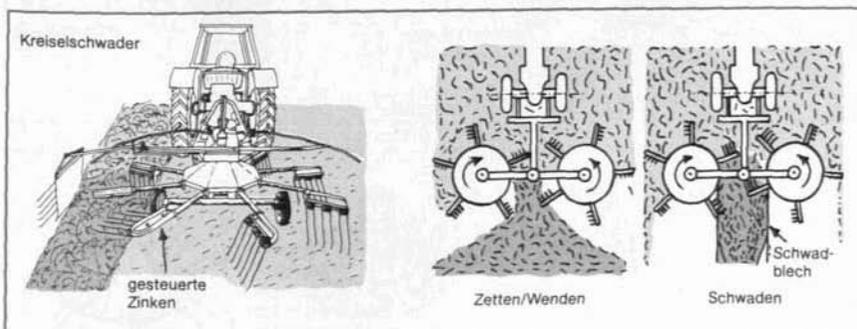


Abb. 274 Aufbau und Arbeitsweise eines Kreiselschwaders

2.2.4 Universalmaschinen

Universalmaschinen sind für alle Arbeitsgänge der Futterwerbung geeignet. Dazu zählen Bandrechwender und Kreiselrechwender.

Bandrechwender haben zwei quer zur Fahrtrichtung laufende Gummi- oder Kunststoffriemen. Diese tragen gesteuerte Zinken, die schnell ins Futter eingreifen, senkrecht über den Boden streifen und am Ende langsam wieder herausgezogen werden, damit ein Wickeln vermieden wird. Beim Wenden und Schwaden wird mit Stützrädern der Bandrechwender so eingestellt, daß die Zinken waagrecht knapp über den Boden rechen. Ein seitliches Schwadblech fängt das Gut auf und bildet so einen lockeren, gut geformten Schwad. Zum Zetten und Breitstreuen greifen die hinteren Zinken tiefer als die vorderen. Bröckelverluste, die durch direktes Überfahren des Futters entstehen würden, können durch seitliche Anhängung vermieden werden. Kurzer Anbau und leichte Bauweise machen diese Werbegeräte für Hanglagen gut geeignet.

Besondere Bedeutung haben Bandrechwender als selbstfahrende Motorgeräte in hängigem Gelände bis zu 80% Neigung.

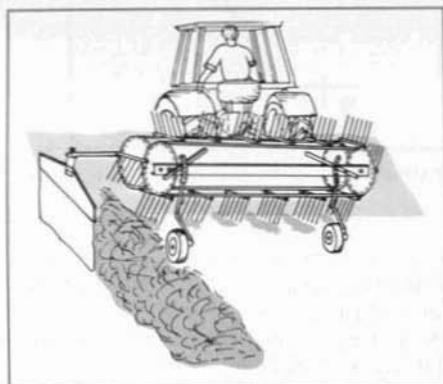
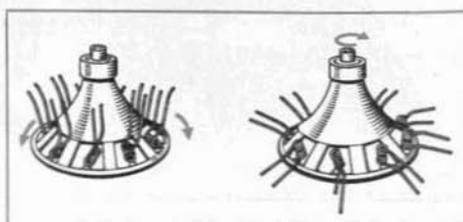
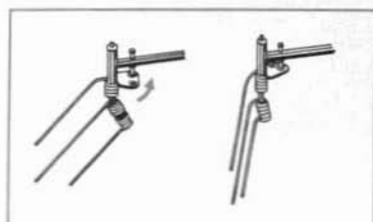
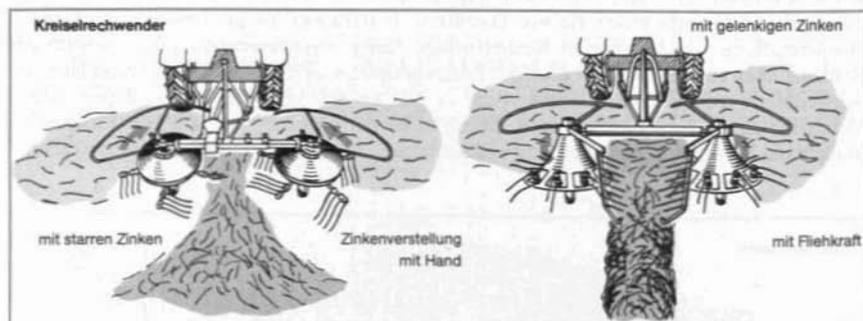


Abb. 275 Aufbau und Funktion eines Bandrechwenders

Abb. 276 Aufbau und Funktion von Kreiselrechwendern:
(Mitte links) mit starren Zinken
(Mitte rechts) mit gelenkigen Zinken

Abb. 277 (links unten) Möglichkeiten der Zinkenverstellung beim Kreiselrechwender

Abb. 278 (rechts unten) Fliehkraftverstellung beim Kreiselrechwender



Der **Kreiselrechwender** arbeitet nach dem Kreiselprinzip. Er besteht aus zwei zapfwellenge- triebenen gegenläufigen *Horizontalkreiseln*, welche das Halmgut mit ihren Zinken aufnehmen und nach hinten werfen. Je nach Arbeitsgang werden die Fangkörbe unterschiedlich eingestellt: Bei weitgeöffneten Körben wird das Gut breitgestreut und gewendet, zum Schwaden werden sie nach innen geschwenkt (Abb. 276). Je nach Ausbildung der Horizontalkreisel unterscheidet man:

- ▶ **Kreiselrechwender mit starren Zinken:** je nach Arbeitsgang wird entweder die Zinken- stellung verändert oder es werden die Zinken – ähnlich wie beim Kreiselschwader – verschieden gesteuert.
- ▶ **Kreiselrechwender mit gelenkigen Zinken:** Hier schwenken die gelenkig am Kreisel ange- ordneten Zinken bei entsprechender Drehzahl durch die Fliehkraft selbständig aus und passen sich dadurch auch den unterschiedlichen Bodenverhältnissen an. Beim Stillstand schwenken sie selbständig in die Transportstellung. Für schweres Gut ist ein Verriegeln der Zinken möglich. Kegelförmige Verkleidung der Kreisel verhindert ein Wickeln des Gutes.

2.2.5 Vergleich der Werbegeräte

Wichtige **Auswahlkriterien** für den Kauf und den Einsatz von Futterwerbegeräten sind:

Arbeitsqualität – Arbeitsleistung – Kaufpreis – Einsatzbereich

Tabelle 68: Vergleich verschiedener Futter-Werbegeräte

Merkmal	Spezialgeräte			Universalgeräte	
	Kreiselzett- wender	Sternrad- rechen	Kreisel- schwader	Bandrech- wender	Kreiselrech- wender
Arbeitsbreite (m)	2,5–6,7	2,3–3,4	1,7–3,7	1,9–2,4	2,6–4,5
Fahrgeschwindig- keit (km/h)	5–10	bis 16	5–9	bis 8	6–10
landw. Leistung (ha/h)	1–6,0	bis 5,0	1,3–3,5	bis 1,8	1,8–4,5
Kapitalbedarf (DM)	3000–7300	2000–4000	3000–5000	3000	4000–5300
Nutzungsdauer n.					
– Zeit (a)	14	14	14	14	14
– Arbeit (ha)	1400	1400	1400	1400	1400
Reparatur (%/a)	2,5	2,5	2,5	3,0	2,5
Arbeitsqualität					
– Zetten	++	–	–	+	+
– Wenden	++	(+)	–	+	++
– Schwaden	–	+	++	++	++
Vorteile:	hohe Flä- chenlei- stung; gute Bodenangepas- sung, einfache Handha- bung	hohe Flä- chenlei- stung; einfa- che Bauwei- se; wenig Störungen	lockerer, nicht verzopfter Schwad; kann von Zäunen weg- rechen; ge- ringe Futter- verschmut- zung	gute Arbeits- qualität in dichtem Be- stand; nur ein Gerät; hang- tauglich	nur ein Gerät; als Universal- gerät gute Ar- beitsqualität und hohe Ar- beitsleistung
Nachteile:	aufwendige Bauweise; Gefahr von Bröckelverfu- sten	Zopfbildung und Futter- verschmut- zung; Zin- kenbruchge- fahr	aufwendige Bauweise; geringe Leistung	geringe Ar- beitsleistung; aufwendige Bauweise	aufwendige- re Bauweise

Folgende **Zuordnung** der Futterwerbegeräte ist zweckmäßig:

- ▶ **Universalgeräte** sind bei kleineren Futterflächen, bei zersplitterter Feldflur und bei großen Feldentfernungen zu empfehlen, da mit *einem* Gerät alle Arbeitsgänge zu erledigen sind. Bandrechwender haben in Hanglagen besondere Bedeutung.
- ▶ **Spezialgeräte** sind bei hohen Anforderungen an die Schlagkraft, bei günstiger Feldflur und bei mehreren Arbeitskräften den Universalgeräten überlegen. Sternradrechen sind wegen der Fremdkörpergefahr bei nachfolgendem Häckseln kritisch zu beurteilen.

2.2.6 Gutaufbereitung

Ziel der Gutaufbereitung ist ein beschleunigtes Abwelken, so daß an einem Tag gemäht und Anwelksilage bzw. Heu für die Warmlufttrocknung eingefahren werden kann, möglichst ohne weitere Bearbeitung. Dies kann durch mechanische, chemische oder thermische Aufbereitung des Gutes erreicht werden.

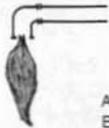
Anwelkverfahren	gegenüber herkömmlichen Verfahren		
	Verminderung der Anwelkzeit bis 33% TM um	Änderung d. Aufwand. AKh/ha	DM/ha
mechanisch  Quetschen, Knicken	0-1 Stunden	1-2 weniger	20 weniger
chemisch  Organische Säuren auf stehenden Bestand	0-1 Stunden	1-3 weniger	250 mehr
thermisch  Abflammen oder Bedampfen	0,1 Stunden	1-3 weniger	800 mehr

Abb. 279 Möglichkeiten und Erfolge von Anwelkverfahren gegenüber gebräuchlicher Anwelkung (nach SCHURIG und PIRKELMANN)

Bei der *thermischen Behandlung* wird während des Mähens das Futter mit hohen Temperaturen (1000° C) abgeflammt. Dadurch platzen die Zellen auf und geben die Feuchtigkeit beschleunigt ab. Beim *chemischen Verfahren* werden organische Säuren auf den stehenden Pflanzenbestand gesprüht, um die Wachsschicht (Cuticula) der Zellwände aufzulösen und so für das Zellwasser durchgängiger zu machen. Chemische und thermische Aufbereitungsverfahren sind mit sehr hohen Kosten verbunden.

Mechanische Aufbereitungsverfahren überwiegen deshalb. Bei der mechanischen Gutaufbereitung sind folgende Systeme üblich:

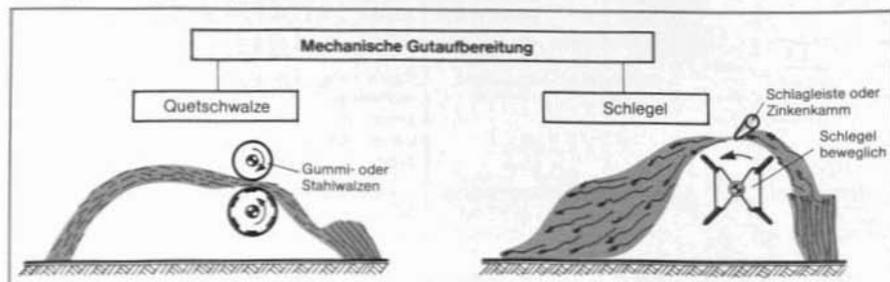


Abb. 280 Verfahren der mechanischen Gutaufbereitung

Der **Bearbeitungseffekt** wird bestimmt

- ▶ von der *Schichthöhe* des Gutes: Je dünner und gleichmäßiger das Gut zugeführt wird, um so besser ist der Bearbeitungseffekt;
- ▶ vom *Druck der Quetschwalzen*, wobei jedoch ein zu hoher Druck bei blattreichem Gut zu Verlusten führt;
- ▶ von der *Umdrehungszahl* und der *Schlagleisteneinstellung* bei Rotorschleglern.

Die Aufbereitungswerkzeuge sind meist mit Mähwerken zu **Mähaufbereitern** kombiniert.

Das Gut wird in *voller Breite* von einem Fingermähwerk dünn und gleichmäßig mittels einer Haspel den Quetschwalzen zugeführt. Ein dünner Schwad ermöglicht einen guten Quetscheffekt. Nachteilig ist das störanfällige Fingermähwerk und der hohe technische Aufwand.

Das Trommelmähwerk führt das Gut in einem *größeren Schwad* den schmälere Quetschwalzen zu. Der Bearbeitungseffekt leidet darunter. Vorteilhaft ist die hohe Arbeitsleistung und die einfache Konstruktion.

Mähschlagzetter sind meist mit Scheibenmähwerken ausgerüstet. Als Bearbeitungswerkzeug dient ein Schlegelrotor, welcher das Gut aufnimmt und gegen einen verstellbaren Zinkenkamm oder eine Schlagleiste schleudert. Einer guten Knickwirkung steht die Gefahr von Blattverlusten gegenüber.

Tabelle 69: Vergleich verschiedener Mähaufbereiter

Merkmal	Mähquetschzetter mit		Mähschlagzetter mit
	Fingermähwerk	Trommelmähwerk	Scheibenmähwerk
Arbeitsbreite (m)	2,20–2,80	1,65–2,70	1,65–2,4
landw. Leistung (ha/h)	bis 1,7	bis 2,5	bis 2,0
Kraftbedarf (kW/m)	20	30	30
Kapitalbedarf (DM)	15 000–20 000 (Selbstfahrer 45 000)	7000–19 000	9000–14 000

Der Bearbeitungseffekt von Mähaufbereitern wird von der Gutsform und der Witterung bestimmt. Bei stengeligem Gut und bei günstiger Witterung ist gegenüber der bisher üblichen Bearbeitung ein schnelleres Anwelken möglich (Abb. 281). So wird der gewünschte Anwelkeffekt bei bearbeitetem Gut bereits am frühen Nachmittag erreicht und erlaubt noch am gleichen Tag die Futterbergung. Andererseits führen aber Tau und Regen zu einer schnelleren Wiederbefeuchtung.

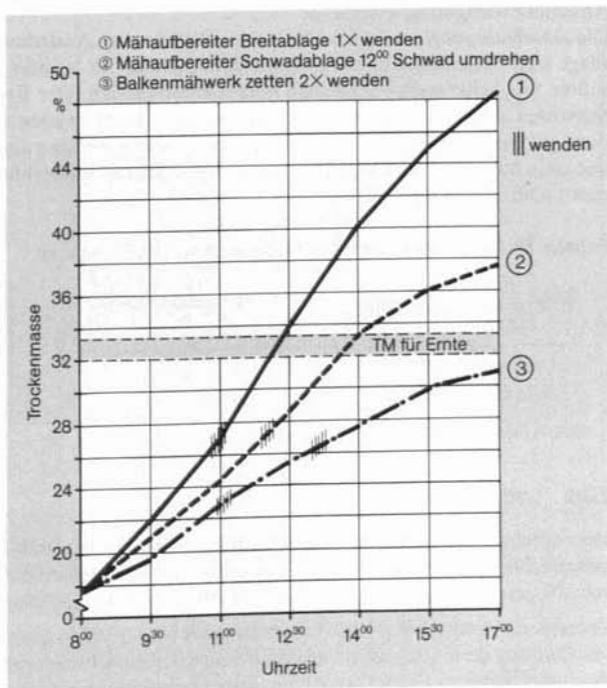


Abb. 281 Bearbeitungseffekt bei verschiedenen Verfahren der Gutaufbereitung

2.3 Langgutkette

Bei der Langgutkette wird das Futter in seinem ursprünglichen Zustand weitgehend belassen. Verschiedene Ladegeräte stehen dazu zur Verfügung.

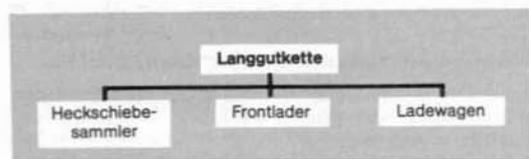


Abb. 282 Verfahren der Langgutkette

2.3.1 Heckschiebesammler und Frontlader

Heckschiebesammler – Ein sehr einfaches und kostengünstiges Gerät ist der Heckschiebesammler (Silo- oder Heuschwanz), der an die Dreipunkt-Hydraulik des Schleppers angebaut wird. Durch schnelles Rückwärtsfahren (8–12 km/h) wird ein möglichst starker Schwaden aufgenommen. Dabei gleiten die Zinkenspitzen am Boden (Einstellung am Oberlenker). Der Heuschwanz faßt etwa 3,5 dt. Er besteht aus 2,3 m langen Zinken und ist zusätzlich mit Klappgreifern und Seitenzangen ausgerüstet. Für Grüngut genügt eine kleinere Gabel mit 1,3 m Zinkenlänge.

Mit dem Heckschiebesammler kann auch noch bei Hanglagen bis 25% Neigung gearbeitet werden. Trotz seiner einfachen und kostengünstigen Konstruktion ist sein Einsatz durch die geringe Transportleistung beschränkt und nur bei kurzen Feldentfernungen (bis maximal 1000 m), guten Wegen und geringen Futtermengen sinnvoll.

Frontlader – Bei größeren Entfernungen ist das Beladen eines Wagens vorzuziehen. Ein einfaches Ladegerät dafür ist der vielseitig einzusetzende Frontlader. Für die Futterernte werden entweder Futter- oder Heugabel (letztere mit Klappzangen) oder Vielzweckgabel mit Abschiebevorrichtung eingesetzt.

Die *Abschiebegabel* ermöglicht eine wesentlich bessere Ausladung des Wagens. Für Anweilensilage sind Federstahlzinken zu empfehlen, die das Gut leichter aufnehmen. Für das Laden sollten möglichst starke Schwaden hergerichtet werden. Der Erntewagen wird quer zu den Schwaden abgestellt, von beiden Seiten werden die Schwaden zum Wagen geschoben und dann geladen. Der Einsatz des Frontladers setzt aber ebenen und tragfähigen Boden voraus und stellt hohe Anforderungen an den Schlepperfahrer. Weiterhin ist eine zweite Arbeitskraft zum Laden des Wagens erforderlich.

Tabelle 70: Vergleich von Heckschiebesammler und Frontlader

Gerät	Bergeleistung t/h ¹⁾		Kapitalbedarf DM
	Anweilensilage	Heu	
Heckschiebesammler	11	7	1000
Frontladergabel	34	15	4000

¹⁾ 1000 m Feldentfernung; ohne Einlagerung

2.3.2 Ladewagen

Heute steht bei der Futterernte der Ladewagen im Vordergrund. Er entstand aus der Kombination früherer Futterlader mit Kratzbodenwagen, so daß eine Arbeitskraft zum Laden auf dem Wagen eingespart und echte Ein-Mann-Arbeit möglich wurde.

Unter der Vorderdeichsel des Einachswagens ist eine Pick-up-Vorrichtung angeordnet, die das Gut aus dem Schwaden aufnimmt und über ein Förderorgan in den Laderaum stopft. Zusätzlich kann im Förderkanal eine Schneidvorrichtung eingebaut sein. Das in den Ladewa-

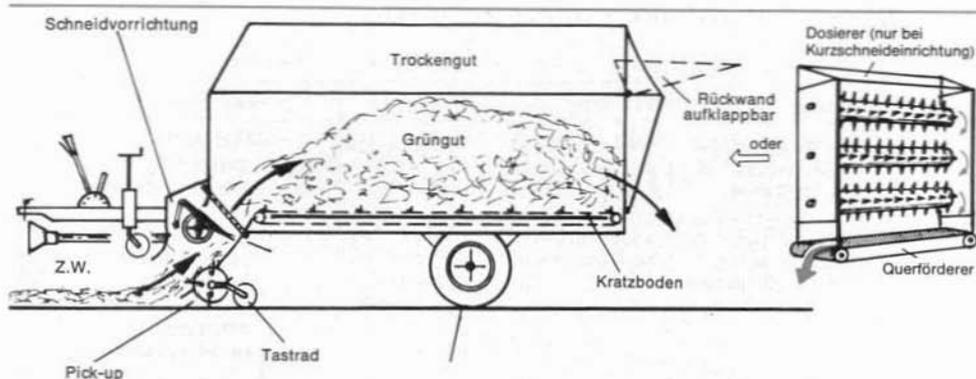


Abb. 283 Aufbau eines Ladewagens

gen geförderte Gut türmt sich zunächst in einem Haufen über dem Förderkanal auf. Bei der gewünschten Höhe wird dieser Haufen durch Einschalten des Kratzbodens nach hinten gedrückt. Gleichzeitig schiebt das Förderorgan von vorne ständig neues Erntegut nach. Bei richtig eingestelltem Kratzbodenvorschub kann die anfänglich erreichte Ladehöhe beibehalten werden, bis der Wagen nach hinten ausgeladen ist. Dabei wird das Ladegut mehr oder weniger stark gepreßt.

Zur Wagenentleerung wird die Rückwand geöffnet und mit verstellbarer Geschwindigkeit (1–5 min/Wagen) durch den Kratzboden entleert (Schnellentleerung). Ladewagen mit Schneideinrichtung (Schneidladewagen) können zusätzlich mit einer Futterverteilwand, einem Dosierer und einem Querförderer mit seitlichem Auswurf versehen werden.

Die Vielzahl der verschiedenen **Ladewagentypen** läßt sich in Hoch- und Tieflader einteilen (Abb. 284).

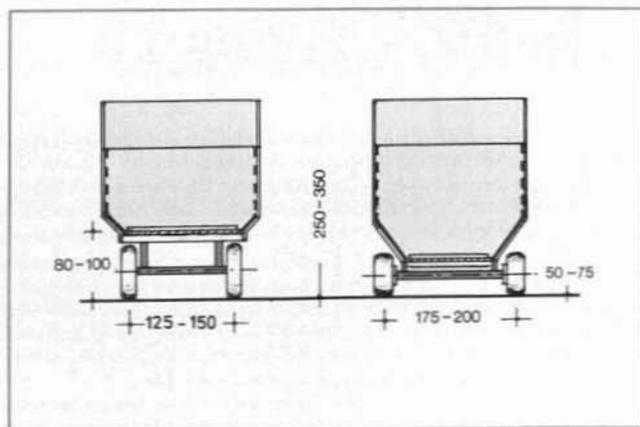


Abb. 284 Ladewagentypen:
(links) Hochlader
(rechts) Tieflader

Beim *Hochlader* ist bei einer Normalspurbreite von 120–150 cm die Wagenplattform über den Rädern, beim *Tieflader* dagegen zwischen den Rädern, so daß größere Spurweiten von 175–200 cm notwendig sind. Die Vor- und Nachteile beider Bauarten sind in der Tabelle 71, S. 228 einander gegenübergestellt.

Ladewagen werden als Einachsanhänger gebaut, wobei die Achse etwa in der Mitte des Aufbaues angeordnet ist. Für große Nutzlasten sind Tandemachsen oder Zwillingsbereifungen üblich.

Tabelle 71: Vor- und Nachteile von Hoch- und Tieflader

Hochlader		Tieflader	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Spurweite stimmt mit Schlepper überein; hohe Plattform ermöglicht direkte Entleerung in Annahmetrog von Standhäckslern	Hohe Aufbauten (bei Stallbauten beachten); hoher Schwerpunkt; deswegen Kippgefahr am Hang; höherer Preis	Wegen tiefen Schwerpunktes und breiter Spur hangtauglich; niedrigere Aufbauten; billiger in Anschaffung	Rad läuft bei gleichzeitigem Mähen und Laden im Gras; schmaler Kratzboden behindert Entladen; Entleeren in Annahmetrog von Häckslern schwierig

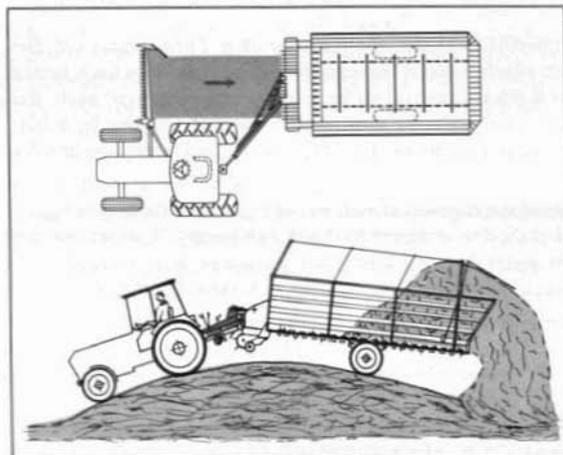


Abb. 285 (oben) Ladewagen mit Schwenkdeichsel
(unten) Ladewagen mit Knickdeichsel

Die einzelnen Ladewagen-Bauarten unterscheiden sich aber auch in der unterschiedlichen **Konstruktion ihrer Organe:**

Durch die *Deichsel* wird der Ladewagen im Zugmaul des Schleppers aufgesattelt. Die Zugöse ist höhenverstellbar, damit der Kratzboden entsprechend der Schlepperhöhe waagrecht eingestellt werden kann. Normalerweise ist die Deichsel starr ausgeführt. Beim Grünfütterholen vermeidet die *Schwenkdeichsel* ein Überfahren des Futters und ermöglicht gleichzeitiges Mähen und Laden.

In Hanglagen erhöhen Schwenkdeichseln die Kippgefahr. Mit einer *Knickdeichsel* kann die Pick-up-Trommel angehoben und so die Bodenfreiheit beim Überfahren des Fahrsilos erhöht werden (Abb. 285). Bei der Auswahl der Ladewagengröße muß besonders auf eine ausreichende Belastbarkeit der Schlepperhinterachse geachtet werden (Angaben im Kraftfahrzeugbrief beachten!).

Die *Pick-up-Trommel* dient zur Schwadaufnahme. Sie ist mit Federstahlzinken ausgestattet, die sich besonders gut den Bodenunebenheiten anpassen. Tasträder stützen die Pick-up-Trommel in einstellbarer Höhe vom Boden ab. Verglichen mit seitlich angebrachten Stützrädern verstopfen Zwillingräder in der Mitte hinter der Pick-up wenig. Das Ausheben der Trommel erfolgt mechanisch oder hydraulisch. Für das Überfahren des Fahrsilos ist eine große Bodenfreiheit der Trommel wichtig.

Pick-up-Trommeln können gezogen oder geschoben werden:

- ▶ Geschobene Pick-up-Trommeln nehmen kurzes Gut sauber auf und können vom Schlepperfahrer gut beobachtet werden. Durch Bodenunebenheiten wird der Einzugsbereich verengt und die Gutförderung behindert.
- ▶ Gezogene Annahmetrommeln arbeiten auch bei unebenem Gelände und wechselnder Schwadgröße einwandfrei.

An die Pick-up-Trommel schließen sich *Förderorgane* an, die das Gut durch den Förderkanal in den Laderaum schieben und dabei mehr oder weniger je nach Bauart verdichten. *Rechenkette* und *Schubstange* schieben das Gut ohne wesentliche Pressung durch den Förderkanal und werfen das Futter in mittlerer Höhe ab. Dadurch wird das Futter schonend behandelt, was vor allem für die Sommerstallfütterung vorteilhaft ist. Die Ladeleistung dieser Fördersysteme ist sehr hoch, die Konstruktion aber verhältnismäßig aufwendig.

Abb. 286 Gezogene und geschobene Pick-up

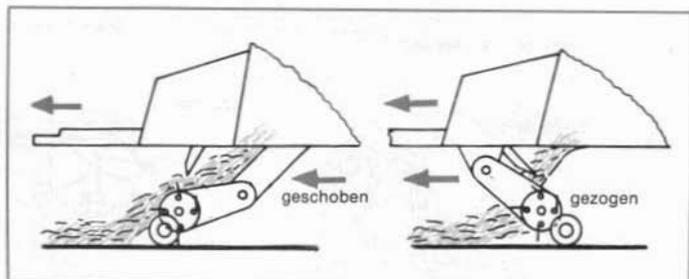
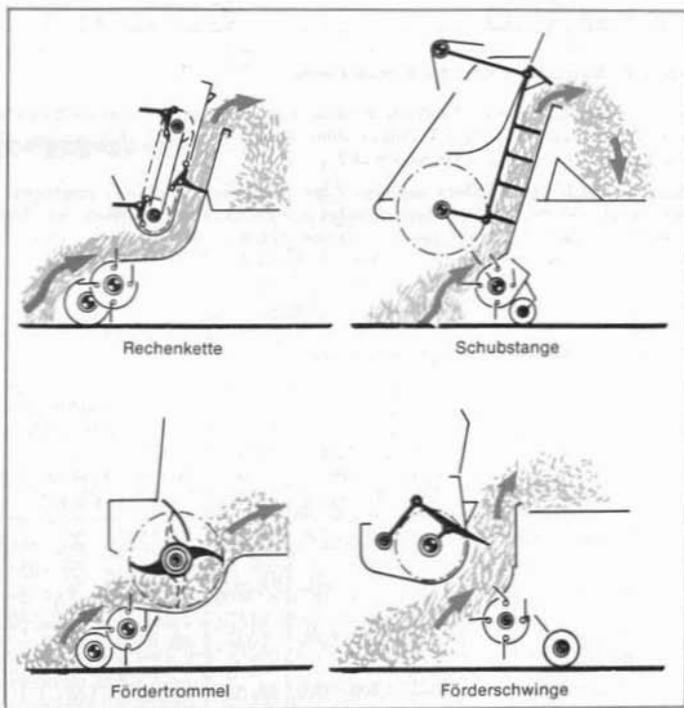


Abb. 287 Förderorgane des Ladewagens



Fördertrommel und *Förderschwinde* sind – vor allem bei einfacher Ausführung – wesentlich robuster. Sie stopfen das Gut durch einen kurzen Förderkanal von unten her in den Laderaum. Dadurch wird das Gut stärker verdichtet. Ungesteuerte Fördertrommeln und einfache Förderschwingen sind (im Gegensatz zur gesteuerten Fördertrommel und doppelten Förderschwinde) zum Laden von Rübenblatt weniger geeignet.

Im Förderkanal können zusätzliche *Schneidvorrichtungen* eingebaut sein. Normalschneidwerke zerschneiden das Gut in 10–20 cm breite Streifen, Kurzschnitteinrichtungen in solche von 5 cm. Geschnittenes Ladewagentgut erleichtert das Abladen und die Weiterbeförderung auf dem Hof. Kurzschnittgut kann nämlich ähnlich wie Häckselgut mechanisch dosiert und mit Fräsen entnommen werden (vgl. Abb. 288).

Folgende Bauweisen von Schneidvorrichtungen im Ladewagen sind üblich:

- ▶ *Feststehende Messer* sollten schräg – am besten zweireihig versetzt – im Förderkanal angeordnet sein. Das Gut wird durch doppelte Mitnehmerfinger an den Messern vorbeigeführt. Bei Steinen klappen die Messer nach hinten weg.
- ▶ *Bewegte Messer* sitzen über dem Förderkanal zusammen mit Förderschwingen. Die gesamte Konstruktion ist aufwendiger als bei feststehenden Messern.

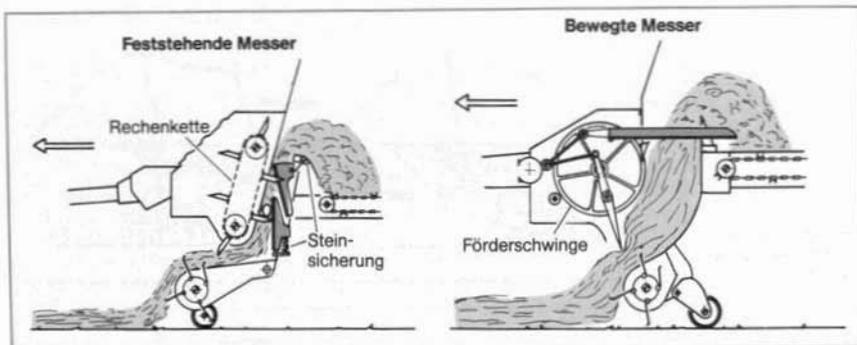


Abb. 288 Schneideeinrichtungen beim Ladewagen

Schneidwerke erhöhen den Kraftbedarf um ca. 10 kW, wobei dieser bei stumpfen Messern noch wesentlich darüber liegt. Alle 50–100 Fuhren sollte deshalb nachgeschliffen werden, wozu die Messer ohne Werkzeug leicht ein- und auszubauen sind.

Kurzschnittladewagen können mit einer *Futterverteilwand* (Dosierer) ausgerüstet werden, die aus drei horizontalen Verteilwalzen besteht. Zusätzlich ist ein Querförderer (Band oder Schnecke) anzubringen. Dosierer an Ladewagen schränken den Laderaum etwas ein, erleichtern aber folgende Arbeiten:

- ▶ Verteilen des Gutes beim Überfahren des Fahrils (ohne Querförderer),
- ▶ direkte Beschickung von Fördergeräten,
- ▶ direktes Zuteilen des Grünfutters in die Krippe.

Tabelle 72: Vergleich der Ladewagentypen

Ladewagen	Fassung m ³	Stützlast kg	Nutzlast t	Kraftbedarf kW	Lade- und Transportleistung dt/h		Kapitalbedarf DM
					Anweilsilage	Heu	
Klein-Ladewagen	<20	300–700	<2,5	ca. 15	60	30	8000–10 000
Normal-Ladewagen	20–30	400–800	2,5–3,0	ca. 25	78	38	10 000–12 000
Großraum-Ladewagen	>30	800–1000	>3,0	ca. 30	86	40	14 000–16 000
Kurzschnitt-Ladewagen mit Dosierer	20–30	400–1000	ca. 3,0	ca. 40	75	36	18 000–25 000

Nutzungsdauer nach Zeit (a): 8 Jahre

nach Arbeit (ha): 90 ha

Reparaturen: 5%/a vom Anschaffungswert

Entladeleistung: 5–15 min/Fuhre

Schnellentleerung: 3–5 min/Fuhre

Ladewagen werden auch als *selbstfahrende Futtervollernter* gebaut. So werden kleinere Selbstfahrer bis zu 5 t Nutzlast speziell für Bergbauernbetriebe angeboten, die Steigungen bis zu 50° überwinden (Kapitalbedarf ca. 30 000 DM).

2.3.3 Einlagerung auf dem Hof

Große arbeitswirtschaftliche Schwierigkeiten bereitet bei der Langgutkette weniger das Laden auf dem Feld als vielmehr die Einlagerung auf dem Hof. Für diese Arbeiten sind zwei Verfahren üblich (Abb. 289):

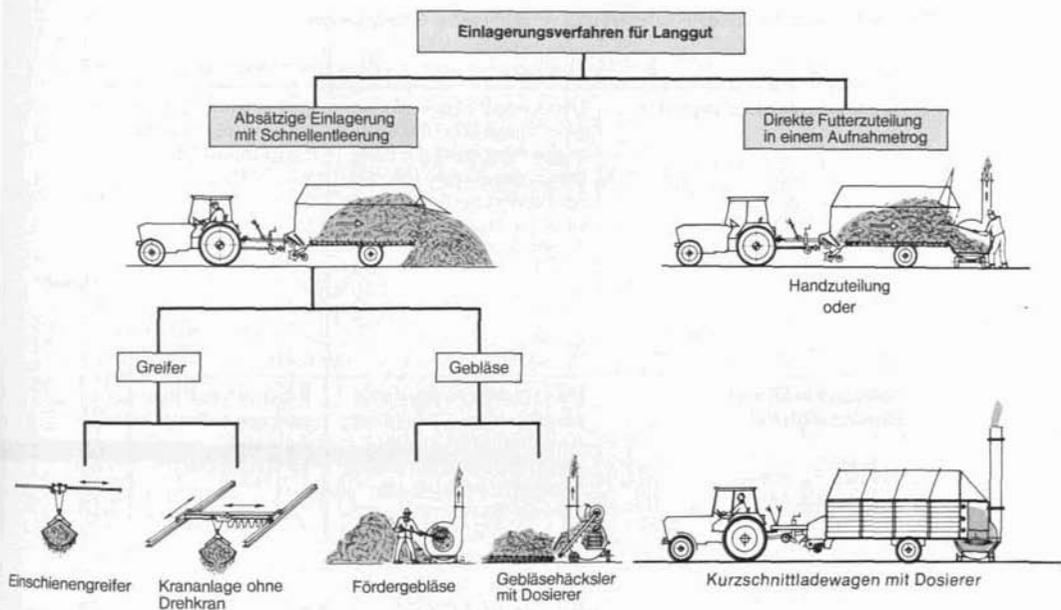


Abb. 289 Verfahrensübersicht der Einlagerung von Langgut

- ▶ **Direkte Zuteilung** des Futters vom Ladewagen in ein Fördergebläse: Normales Langgut wird dabei von Hand in den Trog von Gebläsehäckslern zuteilt. Dosierer an Kurzschnittladewagen erleichtern die Arbeit und führen das Gut gleichmäßig direkt in Fördergebläse. Bei der direkten Zuteilung kann die gesamte Futterernte von einer Arbeitskraft durchgeführt werden. Nachteilig ist die Bindung des Ladewagens an die gesamte Einlagerungszeit (je Fuhre 5–15 min), wodurch die Ladeleistung vermindert wird.
- ▶ **Absätziges Einlagerung** mit Schnellentleerung auf dem Hof (3–5 min/Fuhre). Der Ladewagen wird dadurch nicht an den Abladevorgang gebunden und kann sofort wieder Futter bergen. Eine zweite Arbeitskraft übernimmt in der Zwischenzeit die weitere Beförderung des Gutes in den Behälter. Für dieses Verfahren eignen sich Greifer und Gebläseförderer.

Greifer – Greifer entnehmen das Gut *ohne* Zudosierung direkt aus dem abgeladenen Futterstapel. Wesentliche Bauteile sind:

- ▶ die Greiferzange, betrieben durch eine Seilwinde,
- ▶ die Laufkatze, angetrieben durch stationäre Zugseilwinde oder aufgebautem Elektromotor,
- ▶ die Laufschiene, wobei zwischen Einschiengreifer und Krananlagen mit mehreren Schienen unterschieden wird.

Je nach arbeitswirtschaftlichen Anforderungen und Einsatzbereich sind verschiedene **Greiferzangen** üblich (vgl. Tabelle 73, Seite 232):

Die Greiferbauarten werden wie folgt unterteilt:

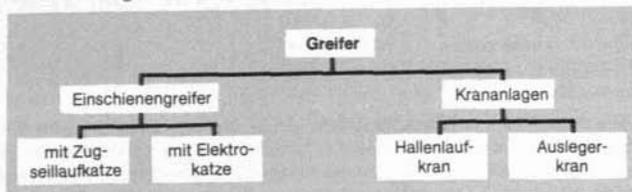
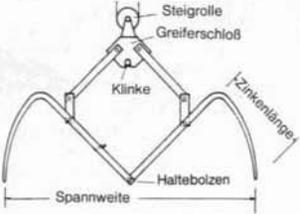
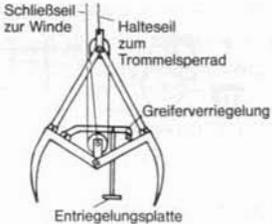
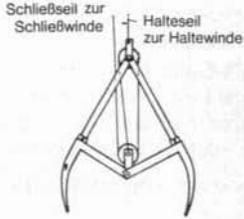
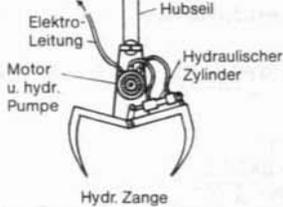


Abb. 290 Übersicht über Greiferarten

Tabelle 73: Funktion und Einsatzbereiche verschiedener Greiferzangen

	Funktion	Einsatzbereich
<p>Handbedienter Einseilgreifer</p> 	<p>Die Greiferzange wird von ein bis zwei Arbeitskräften in den Futterberg gedrückt. Durch das Zugseil wird anschließend der Greifer nach oben gezogen und im Laufwagen verriegelt</p>	<p>einfache und billige Lösung, für Rohfutter; Handarbeit</p>
<p>Selbstschließender Einwindengreifer</p> 	<p>Diese Greiferanlagen sind zusätzlich zum Zugseil mit einem Halteseil ausgerüstet. Dieses wird durch eine Seilsperre an der Winde ständig gestrafft. Beim Aufsetzen auf dem Futterstapel entriegelt sich der Greifer. Beim Aufziehen wird durch das Zugseil zuerst die Zange geschlossen und dann erst die Greiferzange angehoben</p>	<p>Arbeitserleichterung; geringer technischer Aufwand; für Rohfutter</p>
<p>Selbstschließender Zweiseilgreifer</p> 	<p>Zweiseilgreifer setzen eine Seilwinde für das Schließseil und eine für das Halteseil voraus. Das Halteseil setzt die geöffnete Zange am Futterstock auf. Das Schließseil drückt die Zangen in das Futter, anschließend wird die Greiferzange angehoben. Bei dieser Zange kann in jeder Stellung das Gut abgeworfen werden</p>	<p>Arbeitserleichterung; hoher technischer Aufwand; für Rohfutter und Anwelkgut</p>
<p>Hydraulische Greiferzangen</p> 	<p>Das Schließen der Zange erfolgt durch Hydraulikzylinder. Diese werden elektrisch durch eine Ölpumpe an der Greiferzange versorgt. Die Stromzuführung erfolgt über Kabel</p>	<p>hoher technischer Aufwand, aber sicheres Schließen bei allen Gutarten</p>

Einschiengreifer mit Zugseilaufkatze: Er zeichnet sich durch technisch einfache und funktionssichere Bauweise aus und besteht aus einer Laufschiene im First des Gebäudes, an der ein Laufwagen (Laufkatze) durch eine Seilwinde bewegt und durch ein Gegengewicht zurückgezogen wird. Am Laufwagen hängt die Greiferzange, die an mehreren Stellen das Gut abwirft (Hemmschuh, Abwurfbock).

Die Greiferzangen werden entweder von Hand oder durch ein gesondertes Seil geschlossen.

Vorteile: einfache und billige Bauweise; funktionssicher

Nachteile: Gutaufnahme und Gutabwurf nur längs der Laufschiene möglich. Die Laufschiene kann keine Steigungen überwinden.

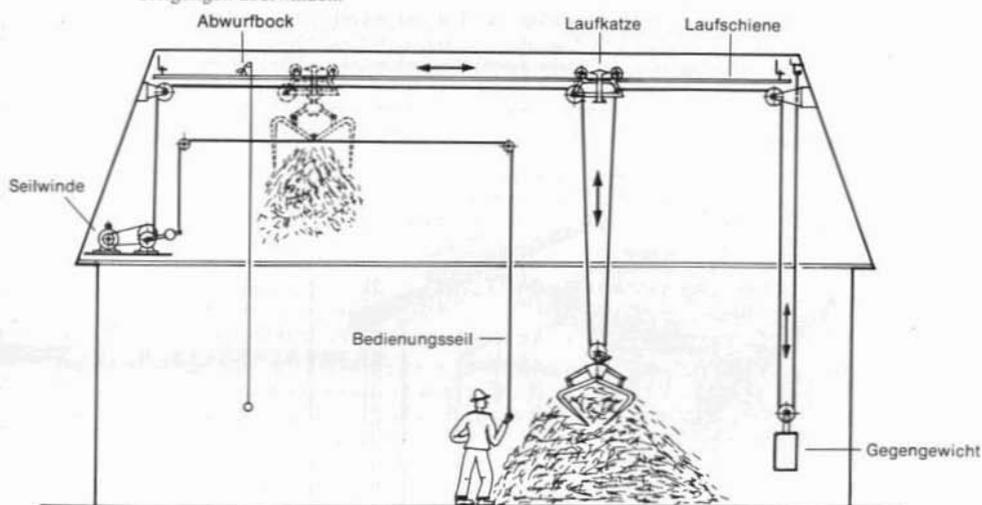


Abb. 291 Einschienengreifer mit Zugseillaufkatze

Einschienengreifer mit elektrobetriebener Laufkatze: Der Laufwagen (Laufkatze) wird nicht durch ein Seil, sondern mittels aufgebauter Elektromotoren bewegt (Streifenleitung mit 24 Volt oder Kabelzuleitung mit 220 Volt), die auch die Seiltrommel in der Laufkatze antreiben. Diese selbstfahrende Laufkatze, angetrieben durch Reibräder, kann größere Steigungen bis 40° und Kurven mit 1 m Radius überwinden. Außerdem kann der Greifer an jedem Punkt der Laufschiene füllen und entleeren.

Vorteile: Vielseitig einzusetzen, vor allem zur Tiefsiloentnahme; Greifereinfahrt in Ställe möglich.

Nachteile: Höherer Kapitalbedarf; kann ebenfalls wie Zugseilgreifer nur in einer Linie das Gut aufnehmen, abwerfen und entnehmen.

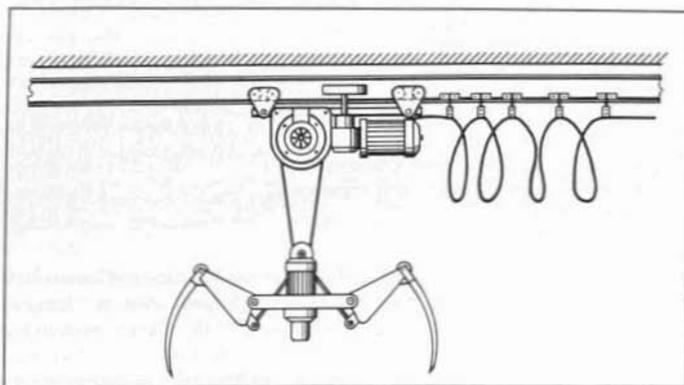


Abb. 292
Laufkatzenanlage

Schienengreifer sind an eine starre Achse gebunden; seitlich davon können sie weder Futter aufnehmen noch abwerfen. Dadurch sind zusätzliche Verteilarbeiten im Futterstock notwendig und eine vollmechanische Gutaufnahme ist nicht möglich. Diese Nachteile treten bei Krananlagen nicht auf.

Hallenlaufkrananlagen – Bei dieser Greiferbauart fährt zwischen zwei Laufschiene eine Kranbrücke mit Laufkatze und Greiferzange. Brücke und Laufkatze können unabhängig voneinander hin- und hergehen.

ren werden, so daß jeder Punkt innerhalb der seitlichen Laufschienen zum Futterabwurf und zur Aufnahme bestrichen werden kann. Hallenkrananlagen sind mit selbstgreifenden Zangen ausgerüstet, die in jeder Stellung geschlossen und geöffnet werden können. Es sind spezielle, stützenfreie Gebäude erforderlich.

Hallenkrananlagen erlauben die Mechanisierung der Ein- und Auslagerung aller Halmgüter.

Vorteile: Vollmechanisches Ein- und Auslagern aller Halmgüter; hohe Schlagkraft.

Nachteile: Stützenfreie, tragfähige Hallen notwendig; hoher Kapital- und Bauaufwand.

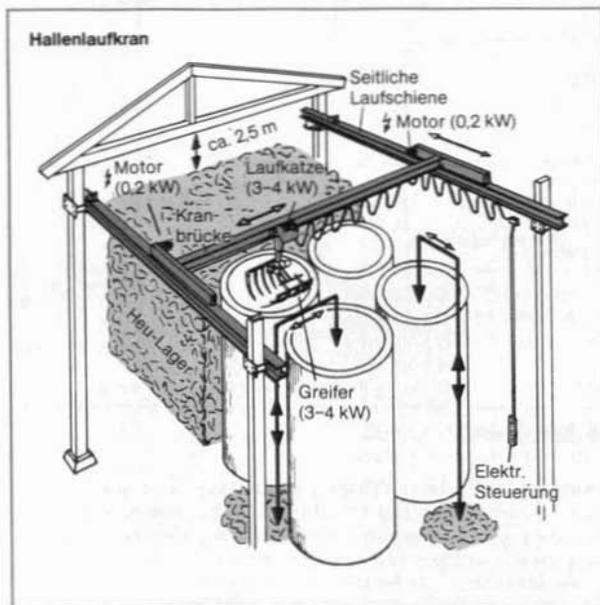


Abb. 293 Hallenlaufkrananlage

Auslegerkrananlagen – Diese sind speziell für Altbauwerke entwickelt. An zwei parallel montierten Schienen in Firstrichtung läuft ein Kran mit Ausleger. Dadurch kann auch seitlich von den Laufschienen der Futterstapel bestrichen werden.

Kennzahlen für Krananlagen:

Zangenfüllung:

bei Anwelkgut (33% TM)

bei Silomais (30% TM)

Zangengeschwindigkeit (Heben/Senken)

Krangeschwindigkeit (waagerechte Förderung)

Leistungsbedarf

150–200 kg

100–150 kg

30–40 m/min

40–60 m/min

7–10 kW

Gebläseförderer – Diese Geräte sind nicht ortsgebunden und lassen sich den unterschiedlichen Gebäudeverhältnissen, vor allem auch bei Altbauwerken, gut anpassen. Allerdings erfordern sie höhere Antriebsleistungen, da nicht nur das Futter, sondern auch der Luftstrom »befördert« werden muß.

Bei allen Gebläsen muß das Gut zudosiert werden. Die Zuteilung aus dem Futterstapel von Hand ist sehr arbeitsaufwendig und nur bei Heu ohne mechanische Hilfen zu bewältigen (Abb. 294, S. 235).

Schleusengebläse: Sie haben ein Radialgebläse mit 7,5–15 kW Antriebsleistung. Dieses erzeugt die Förderluft, welche durch eine Verengung (Düse) beschleunigt wird. Hinter der Düse wird das Fördergut (Langgut, aber auch Ballen und Bunde) eingeschleust und vom Luftstrom mitgerissen. Die Förderrohre haben einen Durchmesser von 50–60 cm. Bei einer Verstopfung der Rohrleitung staut sich die Luft und

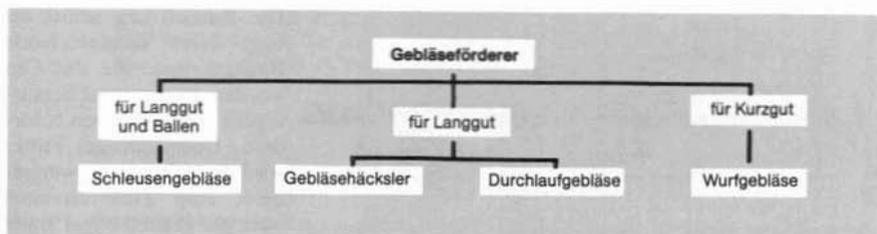


Abb. 294 Verfahrensübersicht der Einlagerung von Kurzgut

verschließt die Rückschlagklappe in der Schleuse. Die Luft kann nicht entweichen und der steigende Druck beseitigt die Störung.

Vorteile: Für alle Güter geeignet (Langgut, Ballen, Bunde); Fördergut kommt mit Gebläseschaufel nicht in Berührung, so daß Blattheu ohne Verluste gefördert werden kann. Schräg- und Horizontalförderung möglich.

Nachteile: Hoher Bauaufwand; schwieriges Handhaben der großen Rohre.

Durchlaufengebläse: Hier wird das Fördergut durch die Ansaugöffnung des Gebläses hindurch angesaugt. Dann wird es durch die Schaufelräder zusammen mit der Luft beschleunigt und in die Rohrleitungen gedrückt. Die Gebläse werden von Hand über einen nach unten geöffneten Ansaugstutzen beschickt. Förderengebläse können zusätzlich mit Schneidvorrichtungen (Messerkranz, Messerflügel) ausgerüstet werden, die das Futter grob zerreißt.

Vorteile: Einfache, funktionssichere Bauweise; billig; Schräg- und Horizontalförderung im bestimmten Umfang möglich.

Nachteile: Fördergut kommt mit Gebläseschaufel in Berührung; Bröckelverluste möglich; nicht für Ballen und Bunde geeignet.

Gebläsehäcksler: Sie bereiten aus eingebrachtem Langgut kurz gehäckseltetes Schüttgut, welches vor allem bei der Silagebereitung viele Vorteile bietet (gebrochene Langgutkette). Diese Standhäcksler arbeiten wie Scheibenradfeldhäcksler mit Schneide, Gegenschneide und Wurfschaukeln. Für größere Förderhöhen über 10 m und zur Dürrgutförderung sind Zusatzengebläse vorgesehen. Da Gebläsehäcksler das Gut »werfen«, wird das Gut nicht angesaugt und muß deshalb durch einen Annahmetrog mit Kratzboden zugebracht werden. Gebläsehäcksler erfordern eine exakte Zudosierung des Futters. Diese kann direkt vom Ladewagen mit der Hand in den Annahmetrog erfolgen, wobei vorgeschchnittenes Gut die Zuteilung erleichtert. Bei schlagkräftigen Zwei-Mann-Verfahren erfolgt die Zuteilung aus dem Futterstapel, wofür vor allem bei Silogut Dosiergeräte erforderlich sind.

Vorteile: Langgut wird zu Schüttgut (gebrochene Langgutkette).

Nachteile: Hoher technischer Aufwand, stör anfällig (Fremdkörper); Zudosierung erforderlich; keine Schrägförderung möglich.

Dosiergeräte – Sie dienen der vollmechanischen Zuteilung in Gebläse- oder Bandförderer aus einem schnellentleerten Stapel. Dabei wird entweder eine volle Ladewagenfüllung auf einen Kratzbodenzubringer abgospult oder der Dosierer frißt sich radial in den Futterstock hinein (Abb. 296).

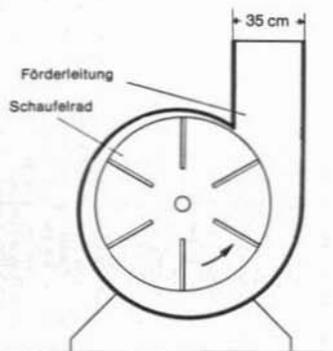


Abb. 295 Prinzip eines Förderengebläses

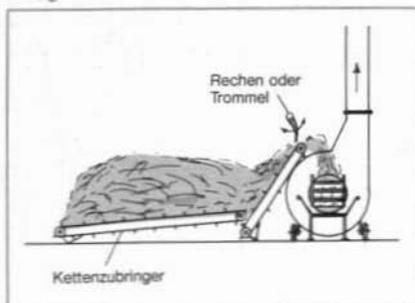


Abb. 296 Prinzip eines Dosiergerätes mit Einlagerungstisch

Tabelle 74: Vergleich der Einlagerungsgeräte für die Langgutkette

	Greifer				Fördergebläse			Dosiergeräte
	Einschiennengreifer		Krananlagen		Schleusen- gebläse	Durchlauf- gebläse	Gebläse- häcksler	
	Einschiennengreifer mit Zugseil	Einschiennengreifer mit E-Laufkatze	Hallenlaufkran	Auslegerkran				
Leistung (dt/h) bei Einlagerung von								
– Heu	20–50	30–40	40–70	40–70	25–30	50–80	50–80	50–80
– Anweilsilage	–	–	75–100	75–100	–	100–200	100–200	100–200
Leistungsbedarf [kW]	3	5	6–10	6–10	10–20	–	10–40	2–5
Kapitalbedarf DM (10 m Föhrlänge)	7 000	10 000	15 000–30 000 (ohne Halle)	20 000	5 000–7 000 (100 DM/m)	50–70 (DM/m)	6 000–8 000 (50–70 DM/m)	10 000–14 000
Nutzungsdauer – nach Zeit (a)	17	12	12	12	14	14	14	12
– nach Arbeit (h)	2500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Reparaturen (% je 100 h)	1	2	2	2	2	2	8	5

Die Zudosierung selbst erfolgt durch schräglauende Rechenkettens, die das Gut aus dem Futterstapel heraus-rufen und nach oben befördern. Überschüssiges Futter wird durch einen Schwingrechen, eine Zinkentrommel oder ein gegenläufiges Band zurückgeworfen.

Verteileinrichtungen – Gebläseförderer können zusätzlich mit mechanischen Verteileinrichtungen ausgestattet werden. Sie sind vor allem für die gleichmäßige Beschickung von Unterdachtröcknungsanlagen wichtig.

Der Verteilmotor schwenkt den Ausblasbogen und bewegt die Teleskoprohre nach vorne und hinten (ca. 7000 DM Kapitalbedarf) (Abb. 297). Für die Silobeschickung genügen einfachere, hin- und herschwenkende Ausblasbögen für ca. 1500 DM.

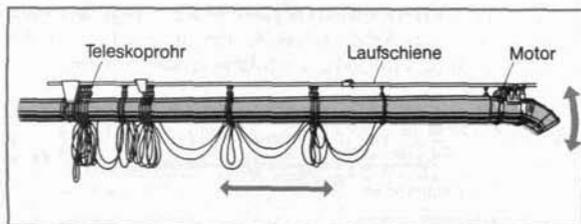


Abb. 297 Verteileinrichtung

2.4 Kurzgutkette

Bei der Kurzgutkette wird bereits auf dem Feld ein »schüttfähiges Gut« erzeugt, welches günstigere Voraussetzungen für eine Vollmechanisierung bei der Einlagerung, Entnahme und Fütterung bietet (Abb. 298) und durch dichte Lagerung eine sichere Vergärung bei der Silagebereitung bewirkt. Bei einer Fräsentnahme wirken sich Überlängen störend aus.

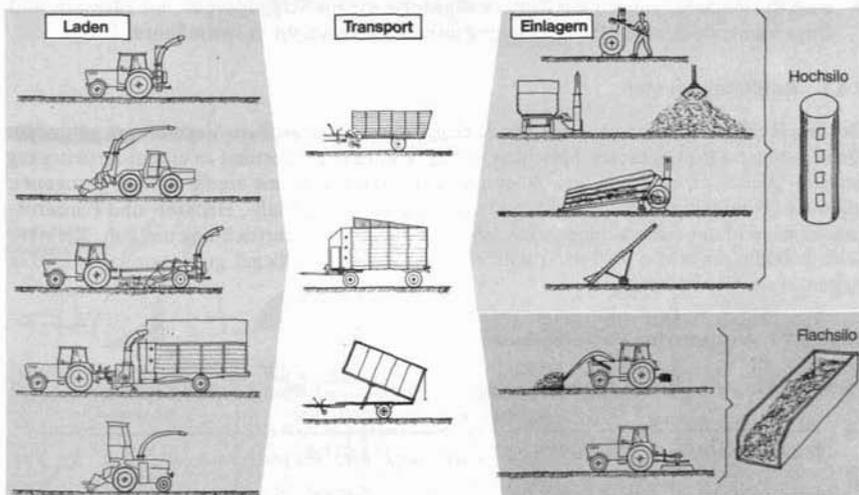


Abb. 298 Verfahrenselemente bei der Häckselkette

Tabelle 75: Günstige Schnittlängen bei der Kurzgutkette

Gutart	theoretische Häcksellänge mm	mittlere Häcksellänge mm	Überlängenanteil mm
Welkheu	12-20	50-70	-
Anwekksilage	6-9	50	> 50 weniger als 20%
Silomais	4-6	5-20	keine > 40
Maiskolben- bzw. Kornspindelgemisch	6-9 und Nachzerkleinerung	-	-

Die Vorteile der Häckselkette gegenüber der Langgutkette müssen mit höherem technischem Aufwand, größerer Störanfälligkeit und hohem Leistungsbedarf erkauft werden. Je nach Gutzerkleinerung wird zwischen Reißfeldhäckslern und Exaktfeldhäckslern unterschieden:

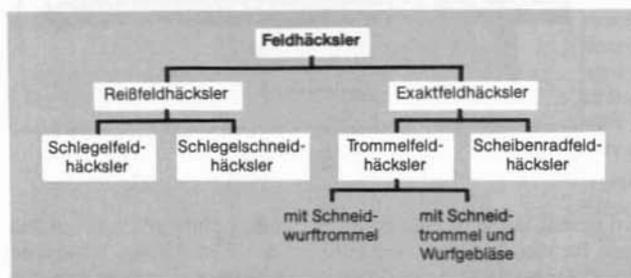


Abb. 299
Übersicht über
Feldhäckslers-
Bauarten

- ▶ **Reißfeldhäckslers** zerkleinern das Futter im freien Schnitt ohne genaue Häcksellängen einzuhalten. Vorteilhaft ist die einfache und robuste Konstruktion solcher Maschinen.
- ▶ **Exaktfeldhäckslers** führen das Gut zwangsweise einem Schneidorgan mit Messern und Gegenschneide zu und erzeugen so einheitliches Häckselgut in einstellbarer Länge.

2.4.1 Reißfeldhäckslers

Bei den Reißfeldhäckslern hat nur der *Schlegelfeldhäckslers* größere Verbreitung gefunden. Das Erntegut wird bei dieser Maschine aus dem stehenden Bestand in einem Arbeitsgang gemäht, gehäckselt und auf den Wagen geladen, oder aber aus einem vorher gezogenen Mähschwad aufgenommen. Das Schneidwerk ist gleichzeitig Mäh-, Häcksel- und Förderorgan. Es besteht aus einer Schlegelwelle, die gegenläufig zur Fahrtrichtung umläuft. Kleinere Schlegelfeldhäckslers von 1,10 m Arbeitsbreite haben 16–22 Schlegel, große von 1,30–1,50 m Arbeitsbreite 26–30 Schlegel.

Tabelle 76: Vergleich der Reißfeldhäckslers

Merkmal	Anbauschlegel-feldhäckslers	Anhängeschlegel-feldhäckslers	Schlegelschneid-häckslers
Arbeitsbreite (m)	1,1–1,3	1,3–1,5	1,8
Leistungsbedarf (kW)	ab 30	ab 40	ab 45
Ladeleistung (dt/h) ¹⁾	100–120	120–150	120
Kapitalbedarf (DM)	5000	8000	13 000
Nutzungsdauer			
– nach Jahren (a)	8	8	8
– nach Arbeit (ha)	500	500	500
Reparaturkosten (% je 100 ha) ²⁾	20	20	20
Vorteile	einfache Konstruktion, geringer Wartungsaufwand; gleichzeitiges Mähen und Laden; zum Mulchen und zum Mähen von Geilstellen geeignet		
Nachteile	stärker verschmutztes Futter (=Staubsaugerwirkung ¹⁾); nicht für Mais geeignet; Bröckelverluste bei angewelktem Futter; schlechter Futternachwuchs wegen des =Reißschnittes ²⁾ ; keine Vollmechanisierung bei Befüllen und Entnahme		

¹⁾ Anwelksilage ²⁾ vom Anschaffungswert

Die Schlegel müssen je nach Bodenart alle 15–40 ha geschliffen und nach 60–120 ha Arbeitsfläche erneuert werden. Einzelne ersetzte Schlegel müssen auf die Länge der anderen nachgeschliffen werden, damit ein ungleichmäßiges Laufen der Welle vermieden wird. Die Häcksellänge kann von 5–25 cm durch Änderung der Umdrehungszahl von 1000–1800 1/min (Wechseln der Keilriemenscheiben), durch Änderung der Vorfahrt und durch Verstellen der Gegenschneide grob variiert werden.

Als Sonderbauart gilt der *Schlegelschneidhäcksler (Chopper)*. Bei ihm ist das Schlegelorgan mit einem Schneidwurfgebläse kombiniert, welches das geschlegelte Gut nachzerkleinert.

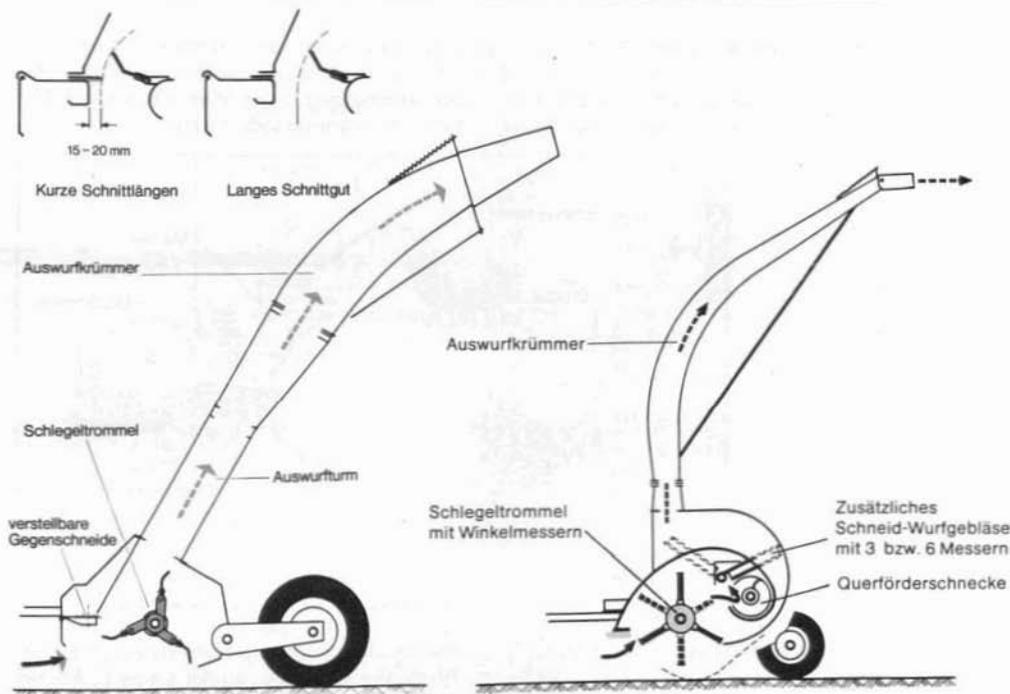


Abb. 300 Aufbau von Reißfeldhäckslern: (links) Schlegelfeldhäcksler, (rechts) Schlegelschneidhäcksler

2.4.2 Exaktfeldhäcksler

Exaktfeldhäcksler nehmen das gemähte Futter durch eine Pick-up-Trommel auf. Einzugschnecke und Förderkette leiten das Gut einer Preßwalze zu, die es als verdichteten Materialstrom zwangsweise dem Schneidorgan mit Messer und Gegenschneide zuführt.

Schneide und Gegenschneide erfordern sorgfältige Wartung, da zwischen Messer und Gegenschneide nicht weniger als 0,5 mm und nicht mehr als 1 mm Zwischenraum sein darf. So erhöht sich z. B. bei einem Abstand von 1,5 mm der Kraftbedarf um 100%. Die Messer müssen deshalb alle 4–8 Stunden geschliffen werden. In größeren Abständen muß die Gegenschneide nachgeschliffen, eingestellt und gegebenenfalls umgedreht werden.

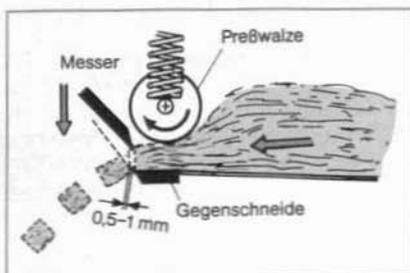


Abb. 301 Schnittvorgang beim Exaktfeldhäcksler

Die theoretische Häcksellänge kann beim Exaktfeldhäcksler von 0,4–20 cm verstellt werden, durch

- ▶ Veränderung der Anzahl der Messer,
- ▶ verschiedene Schnittfrequenzen (Drehzahl des Häckselorgans),
- ▶ verschiedene Einzugsgeschwindigkeiten.

Dagegen ist die Häcksellänge von der Vorfahrt unabhängig. Je nach Anordnung der Messer wird bei Exaktfeldhäckslern zwischen Scheibenrad- und Trommelfeldhäcksler unterschieden.

Scheibenradfeldhäcksler – Sie besitzen eine Scheibe mit etwa 1 m Durchmesser, an der 1–8 Messer aufgeschraubt werden können. Zusätzlich sind am Scheibenrad Wurfschaufeln befestigt, welche das gehäckselte Gut über den Auswurfkrümmer in den Wagen befördern. Die Drehzahl der Messerscheibe kann zwischen 500–700 1/min verändert werden.

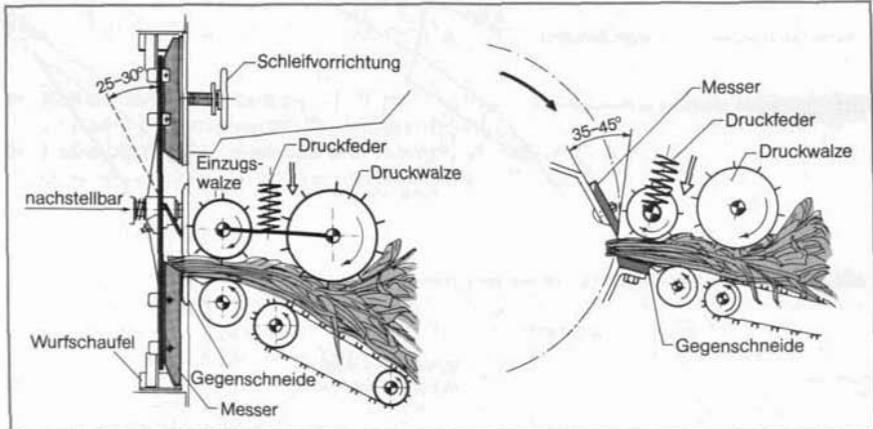


Abb. 302 Schnittvorgang, links: beim Scheibenradfeldhäcksler; rechts: beim Trommelfeldhäcksler

Trommelfeldhäcksler – Schneidorgan ist eine horizontal eingebaute Messertrommel mit einem Durchmesser von 50–60 cm und einer Breite von 40–60 cm, an der bis zu 12 Messer angeordnet sind. Die Messertrommel läuft mit 1000–1500 1/min und ermöglicht so eine hohe Schnittfrequenz.

Beispiel:

Scheibenradfeldhäcksler:	6 Messer und 700 1/min =	4200 Schnitte/min
Trommelfeldhäcksler:	9 Messer und 1000 1/min =	9000 Schnitte/min

Beim Trommelfeldhäcksler kann deshalb bei gleichem Durchsatz kürzer gehäckselte oder bei gleicher Häcksellänge eine höhere Durchsatzleistung gegenüber dem Scheibenradfeldhäcksler erzielt werden. Deshalb können auch Trommelfeldhäcksler bis zu 30% leichter gebaut werden. Einfache Schleifvorrichtungen erleichtern das Messerschleifen ohne Ausbau der Messer. Nachteilig bei einfachen Trommelfeldhäckslern sind die geringe Wurf- und Förderleistung der Messertrommel. Je nach geforderter Wurfleistung sind deshalb zwei Bauarten üblich:

- ▶ **Schneidwurftrummel**, welche gleichzeitig als Schneid- und Wurforgan dient. Dazu sind die Messer speziell geformt. Diese Schneidwurftrummel genügt bei kleineren Feldhäckslern, insbesondere beim Einsatz zur Silomaisenernte.
- ▶ **Schneidtrummel mit zusätzlichem Wurfgebläse:** Hier ist der Schneidtrummel ein Wurfgebläse nachgeordnet. Diese aufwendige Bauweise ist vor allem für größere Feldhäcksler und für die Ernte von Anwelksilage gebräuchlich.

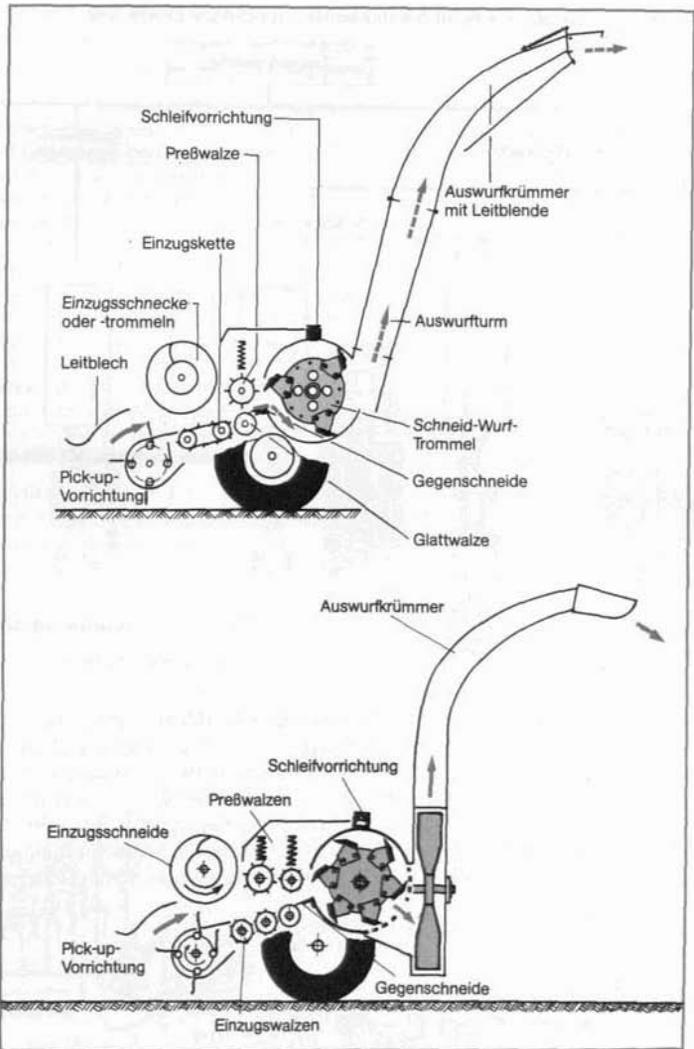


Abb. 303 Aufbau eines Trommelfeldhäckslers; (oben) mit Schneid-Wurftrommel (unten) mit Schneidtrommel und zusätzlichem Wurfgebläse

Tabelle 77: Vergleich der Exakthäckslerbauarten

Scheibenradfeldhäckslers	Trommelfeldhäckslers	
	mit Schneidwurftrommel	mit Schneidwurftrommel und Wurfgebläse
bis 8 Messer; 700 1/min; große Schwungmasse, daher weniger Leistungsreserve erforderlich; höhere Wurfleistung und damit sicheres Ausladen des Wagens bei Anweilsilage und Heu	bis 12 Messer; 1000 1/min; kompakte, leichtere Bauweise; hohe Schnittfrequenz gestattet »Mikroschnitt«; leichtes Messerschleifen	bis 8 Messer; 1000 1/min; Schnittleistung kombiniert mit hoher Wurfleistung; aufwendige Konstruktion

Nach dem **Einsatz** der Feldhäcksler wird unterschieden zwischen

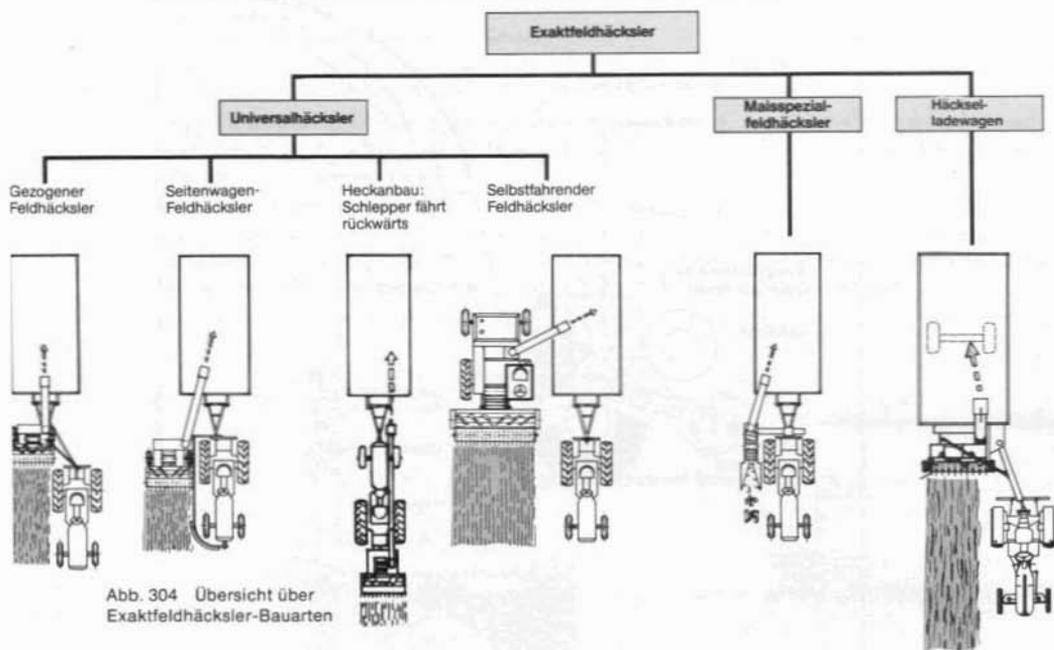


Abb. 304 Übersicht über Exaktfeldhäcksler-Bauarten

Universalhäcksler können mit unterschiedlichen Aufnahmeorganen und Zusatzausrüstungen versehen werden. *Mähvorsätze* erlauben bei Exaktfeldhäckslern die Futterbergung aus einem stehenden Bestand. Die *Pick-up-Trommel* für gemähtes Gut kann für die Silomaisernnte durch ein 1–3reihiges *Maisgebiß* ausgetauscht werden. Von zwei umlaufenden Bändern, Ketten mit Mitnehmerfingern oder senkrechten Einzugstrommeln wird der Maisstengel eingezogen, von einem Messer oder einer Messerscheibe abgeschnitten und mit dem unteren Ende voran den Preßwalzen zugeführt. Zur Gewinnung von Maiskolbensilage ist ein *Pflück-*

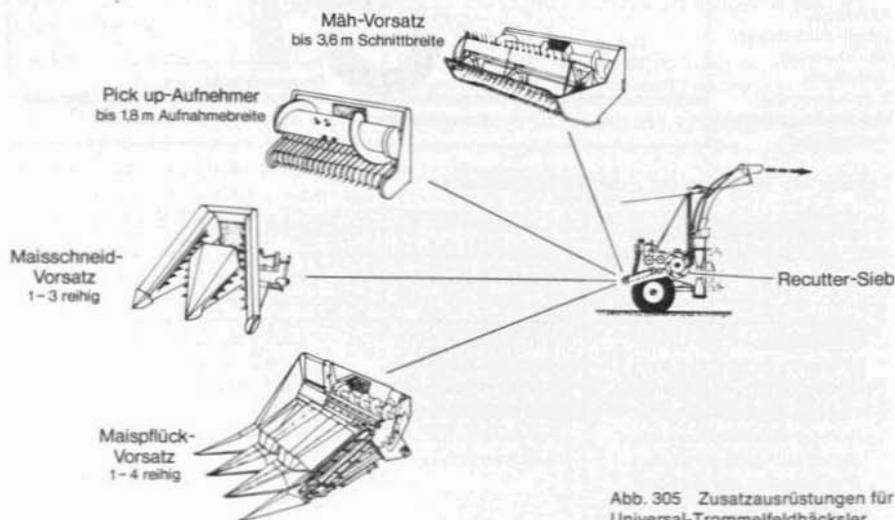


Abb. 305 Zusatzausrüstungen für Universal-Trommelfeldhäcksler

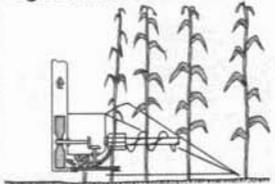
vorsatz notwendig, der lediglich die Kolben erntet. Reibboden oder Nachschneidesieb (Re-cutter) an der Innenwand des Trommelgehäuses sorgen für eine zusätzliche Zerkleinerung jedes einzelnen Maiskornes, so daß ein weiteres Schroten entfällt.

Universalhäcksler werden in verschiedenen **Bauformen** angeboten:

- ▶ **Gezogene Feldhäcksler** werden seitlich versetzt (Schwenkdeichsel) im Zugmaul des Schleppers angehängt, so daß der Wagen an den Feldhäcksler angekoppelt wird. Nachteilig ist der »versetzte Zug«, die geringe Wendigkeit und die Gespannlänge.
- ▶ **Seitenwagenfeldhäcksler** arbeiten neben dem Schlepper, so daß der Wagen direkt am Schlepper angekoppelt werden kann. Dieser kürzere Zug ist wendiger und auch an Hängen bis 25° Neigung einzusetzen.
- ▶ **Heckanbau-Feldhäcksler** sind in der Dreipunkt-Hydraulik des Schleppers eingehängt. Dazu muß der Schlepper mit einer Rückfahreinrichtung ausgestattet werden. Bei Systemschleppern ist ein Anbau im Frontgestänge möglich. Heckanbaufeldhäcksler sind wie selbstfahrende Feldhäcksler wendig und können direkt in den stehenden Bestand fahren. Wegen der hohen Wurfleistung und der kurzen Bauart werden meist Scheibenradfeldhäcksler bevorzugt.
- ▶ **Selbstfahrende Feldhäcksler** sind als Großmaschinen ab 150 kW Antriebsleistung vor allem für den überbetrieblichen Maschineneinsatz geeignet. Ihre hohe Feldleistung erfordert 3–4 Schlepperge-spanne zum Abtransport des Erntegutes. Selbstfahrer sind mit hydrostatischem Antrieb und gleicher Steuerung, klimatisierter Fahrerkabine und zum Teil mit Lenkautomatik ausgerüstet.

Spezial-Maisfeldhäcksler – Sie sind als einreihige Anbaufeldhäcksler in die Dreipunkt-Hydraulik des Schleppers eingehängt. Wegen ihrer kurzen und schmalen Bauweise können sie auch bei Straßenfahrten angebaut bleiben und erlauben das gleichzeitige Anhängen des Wagens im freien Zugmaul des Schleppers. Das Maisgebiß ist meist fest mit dem Häcksler verbunden. Einige Fabrikate ermöglichen auch den Anbau einer kleinen Pick-up-Aufnahme-einrichtung. Folgende Konstruktionen sind üblich:

Tabelle 78: Bauarten von Spezial-Maisfeldhäckslern

Bauart	Techn. Daten	Einsatzkennzeichen
Scheibenradhäcksler mit senkrechter Einzugsstrommel 	6 (8) Messer, 700 1/min, 4000–5000 Schnitte/min	Relativ große Schwungmasse kann Spitzenbelastung abbauen; gute Wurfleistung; einfaches Einzugsorgan; Kurzhäcksel nur bei geringem Gutedurchsatz
Trommelfeldhäcksler mit Einzugsketten 	6–12 Messer; 1000 1/min; 6000–12 000 Schnitte/min	hohe Schnittfrequenz; einfaches Messerschleifen; geringere Wurfleistung
Leichter Feldhäcksler mit Einzugsstrommel oder -schnecken 	8 (12) Messer; >5000 Schnitte/min	leichte und einfache Bauweise; nur für geringere Leistungsansprüche; als Mäh- und Häckselorgan dient eine horizontale Messerscheibe oder ein Scheibenrad

Häckselladewagen – Hier sind Häcksler und Transportfahrzeug zu einem wendigen Einachs-fahrzeug vereint, welches sich durch geringe Rüstzeiten auszeichnet und Ein-Mann-Arbeit ermöglicht. Genau wie beim Ladewagen ist das gesamte Aggregat an die Zeiten für die Transport- und Einlagerungsarbeiten gebunden, so daß im Mehr-Mann-Betrieb die mögliche Ernteleistung des Häckslers nicht voll genutzt werden kann. Häckselladewagen können mit einer Pick-up-Aufnahme und mit einem Maisgebiß ausgestattet werden. Bei Maisanbau sind sie deshalb dem billigeren und einfacheren Kurzschnittladewagen überlegen.

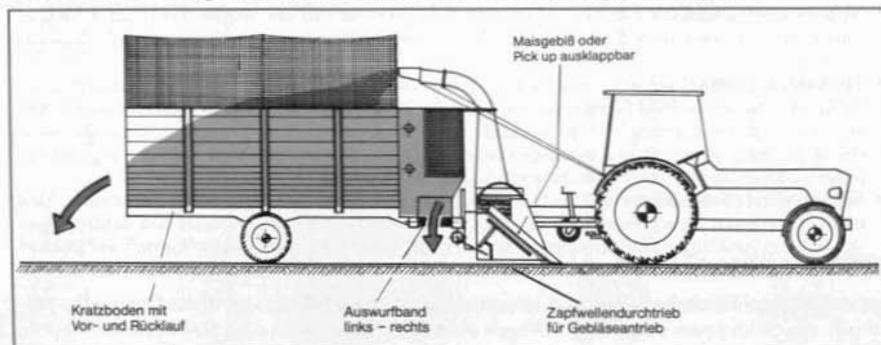


Abb. 306 Aufbau eines Häckselladewagens

Die *Gutaufnahme* erfolgt durch ein

- ▶ ausklappbares Aufnahmeorgan; dabei ist der Häckselladewagen im direkten Zug angehängt;
- ▶ direkt am Häcksler angebautes Aufnahmeorgan, welche durch eine Schwenkdeichsel in Arbeitsstellung gebracht wird.

Vergleich der Feldhäcksler – Die Ladeleistung der Feldhäcksler wird bestimmt von:

- ▶ den Einzugsorganen,
- ▶ der Gutart,
- ▶ und vor allem von der Antriebsleistung (vgl. Abb. 307).

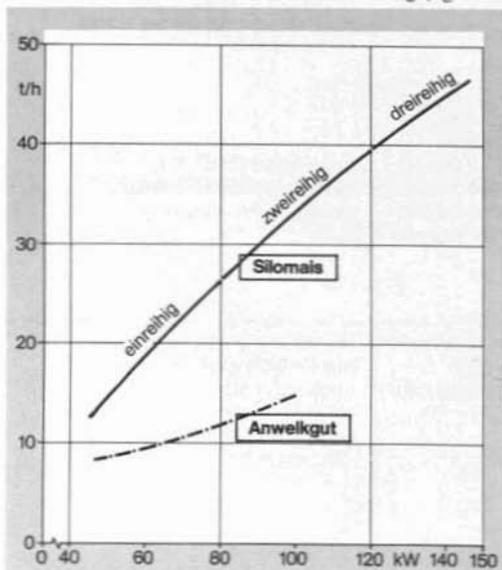


Abb. 307 Ladeleistung von Feldhäckslern in Abhängigkeit von der Schlepperleistung

Tabelle 79: Vergleich der Exaktfeldhäcksler

Merkmal	Universalfeldhäcksler			Spezial-Maishäcksler		Häcksel-lade-wagen
	Anhänge-feld-häcksler	Heckanbau-feld-häcksler	Selbstfah-render Feld-häcksler	Leichte Maisfeld-häcksler	Schwere Maisfeld-häcksler	
Leistungs-bedarf (kW)	50	90	150	35	50	55
Ladeleistung (dt/h)						
– Anweilsilage	80	130	280	–	–	90
– Silomais	130	280	430	100	130	140
Kapitalbedarf (DM)	22 000	20 000	110 000	5500	9000	25–31 000
Nutzungsdauer						
– nach Zeit (a)	10	10	10	8	8	8
– nach Arbeit (h)	750	800	1200	450	600	500
Reparaturkosten (% vom Anschaf-fungswert)	14	11	4	24	19	11

2.4.3 Transport- und Einlagerungsgeräte für Kurzgut

Bei Anbau- und Anhängelfeldhäckslern ist im Gegensatz zum Ladewagen das Laden auf dem Feld von den Transportarbeiten getrennt. Bei mehreren Gespannen kann so eine Arbeitskraft ohne Unterbrechung häckseln, während weitere Arbeitskräfte das Futter zum Hof transportieren und einlagern. Bei Flachsilos erfolgt dies durch Schnellentleerung oder Überfahren des Futterstockes. Das Kurzgut erleichtert dabei das Verteilen erheblich (vgl. Tabelle 80, S. 246).

Bei *Hochbehältern* muß das Gut einem Fördergerät zugeteilt werden, wozu entsprechende *Dosiereinrichtungen* am Transportwagen oder stationär am Silo erforderlich sind.

Für die *Beschickung* von Hochbehältern mit Kurzgut sind Schrägförderer (Förderbänder), Wurfgebläse und vereinzelt auch Greifer (vgl. Abschn. 2.3.3, S. 230 f.).

Schrägförderer ermöglichen hohe Förderleistungen bei geringem Kapitalbedarf. Diese hohen Einlagerungsleistungen sind aber nur bis zu einem Winkel von 45° möglich, wodurch der Einsatz von Förderbändern auf etwa 10 m Abwurfhöhe beschränkt bleibt. Weiterhin sind Förderbänder nur schwer umzustellen und benötigen bei größerem Silodurchmesser ein zusätzliches Verteilband.

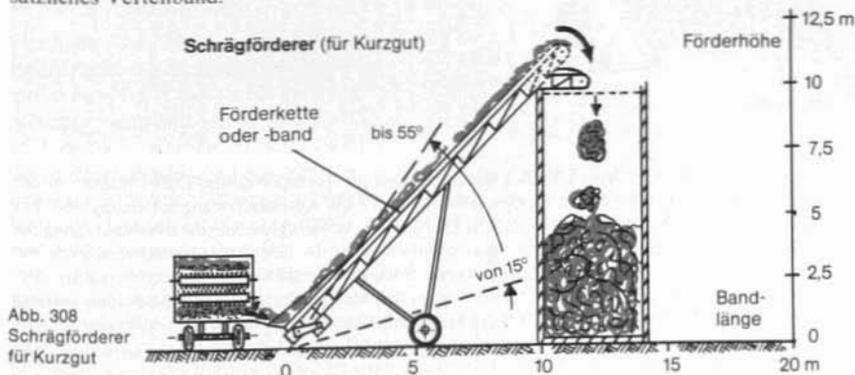
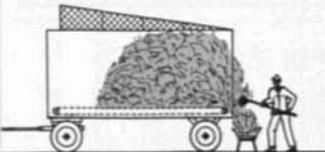
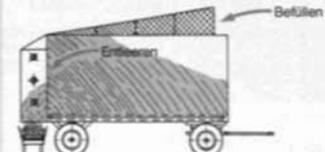
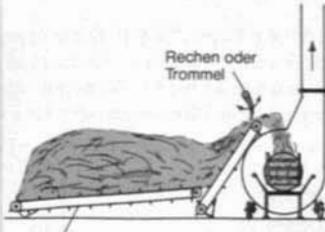


Abb. 308
Schrägförderer
für Kurzgut

Gebälseförderer sind flexibel einzusetzen und werden trotz wesentlich höheren Kraftbedarfes bevorzugt, wobei für Kurzgut Durchlauf- und Wurfgebläse üblich sind.

Tabelle 80: Dosiereinrichtungen für Häckselgut

Dosiergerät	Bemerkungen	Kapitalbedarf (DM)
<p>Kratzkettenwagen mit Handzuteilung</p> 	<p>befriedigt wegen hoher Arbeitsbelastung und ungleicher Zuteilung nicht; 20–30% höhere Antriebsleistung bei Gebläse erforderlich</p>	<p>meist als Universalwagen genutzt</p>
<p>Universalwagen mit Kratzboden und angebauter Häckselverteilwand</p> 	<p>automatische Gutleitung; rückwärtige Entleerung kann wegen des verdichteten Futterstapels anfangs zu ungleicher Zuteilung führen</p>	<p>12 000</p>
<p>Spezialfeldhäckselverteilwagen</p> 	<p>automatische und gleichmäßige Entleerung; Auswurf im Sichtfeld des Schleppers</p>	<p>15 000</p>
<p>Stationäre Dosiereinrichtung</p> 	<p>Schnellentleerung möglich (Kipper, Kratzboden), dadurch hohe Einlagerungsleistungen; senkt erforderliche Antriebsleistung um 10–20%</p>	<p>10–14 000</p>

Bei *Durchlaufgebläsen* dient ausschließlich der Luftstrom als Transportmittel. Dabei müssen in der Stunde bis zu 2500 m³ Luft gefördert werden, wofür bis zu 15 kW Antriebsleistung notwendig sind. Für Kurzgut, vor allem für Silomais, werden deshalb *Wurfgebläse* bevorzugt, wobei die Beschleunigung des Gutes durch Wurf-schaufeln für die Förderung mitentscheidend ist. Die Anfangsgeschwindigkeit des Fördergutes ist von der Umfangsgeschwindigkeit der Schaufelräder abhängig. Bei gegebener Umdrehungszahl von 540 1/min (Direktantrieb mit Zapfwelle) läßt sich durch große Wurf-schaufeldurchmesser und Einführung des Fördergutes im Bereich der äußeren Schaufelkanten eine hohe Gutbeschleunigung erreichen. Bei Wurfgebläsen sind für Silomais Gebläserohre mit etwa 22 cm Durchmesser, für Anwelksilage mit 38 cm Durchmesser und für einen universellen Einsatz solche mit 31 cm Weite zweckmäßig. Die Gutförderung sollte nur senkrecht erfolgen.

Für eine störungsfreie Funktion und hohe Förderleistung ist eine gleichmäßige Zuführung des Gutes in das Gebläse von entscheidender Bedeutung. Dafür dienen Schrägschnecken oder Tellerzuteiler.

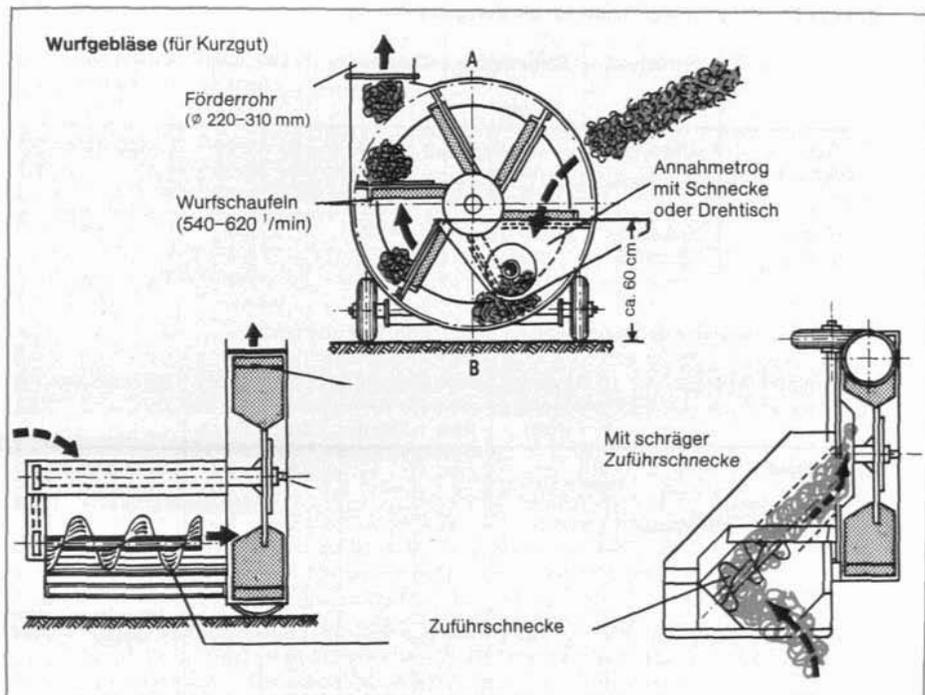


Abb. 309 Wurfgebläse für Kurzgut

Die **Abladeleistung** von Wurfgebläsen ist – im Gegensatz zu Förderbändern – abhängig von

- ▶ der Gutart,
- ▶ der Zuteilung,
- ▶ der Förderhöhe und vor allem von
- ▶ der Antriebsleistung.

Für hohe Abladeleistungen mit Gebläseförderern reicht häufig ein Elektromotor mit 20 kW nicht mehr aus, so daß Schlepper zum Antrieb der Wurfgebläse verwendet werden müssen. Geseordnete Antriebsschlepper können bei einem Durchtrieb der Schlepperzapfwelle über den Häckselverteiler zum Fördergebläse eingespart werden.

Für hohe Verfahrensleistungen sind Kipper mit Häckselaufbauten und stationäre Dosiergeräte zu empfehlen. Die Standzeit der Transportwagen wird dadurch von etwa 10–15 min bei Häckselverteiler auf 2 min bei Kippern gesenkt. Allerdings sind dafür hohe Bau- und Kapitalaufwendungen erforderlich.

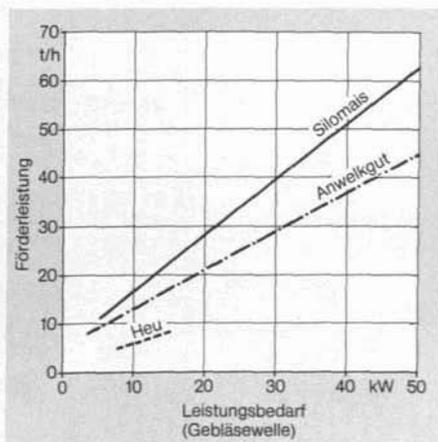


Abb. 310 Leistungsbedarf und Durchsatzleistung von Fördergebläsen (nach HEYL)

Tabelle 81: Vergleich der Geräte für die Kurzgutförderung

	Fördergut	Förderhöhe (m)	Durchsatzleistung (t/h)	Leistungsbedarf (kW)	Kapitalbedarf (DM)
Wurfgebläse	Anwelkgut	13–15	10–25	10–20	4000–6000
	Silomais	13–15 ca. 30	20–50 ca. 25	15–35 ca. 35	
Förderband	Anwelkgut	10–15	20–25	4–5	15 000
	Silomais	10–15	30–35	4–5	

Tabelle 82: Vergleich der verschiedenen Gutsformen der Futterernte

Form des Gutes	Ballenabmessung (cm)	Ballengew.(kg)		Dichte (dt/m ³)		Handhabung
		Heu	Stroh	Heu	Stroh	
Langgut 	–	–	–	0,8	0,3	portionsweise (Greifer)
Häckselgut 	–	–	–	1,0	0,4	Schüttgut (Gebläse, Fräse)
Niederdruckballen 	80 × 30 × 80	11–19	10–15	0,6–1,0	0,5–0,8	Stückgut für Hand und Greifer
Hochdruckballen 	35 × 45 × 80	15–25	12–20	1,0–1,5	0,8–1,3	Stückgut für Hand und Ballenförderer
Höchstdruckballen 	40 × 50 × 80	40	30	1,5– 2,0	1,3– 1,8	
Rundballen 	∅ 180 × 150	300– 700	250– 500	0,8– 1,8	0,6– 1,3	Stückgut für Frontlader
Quaderballen 	150 × 150 × 240	400– 700	300– 500	0,7– 1,3	0,6– 0,9	

2.5 Ballenkette

Bei der Ballenkette wird das Futter unzerkleinert zu »Stückgut« verdichtet. Je nach Ballenform sind folgende **Pressenbauarten** üblich:

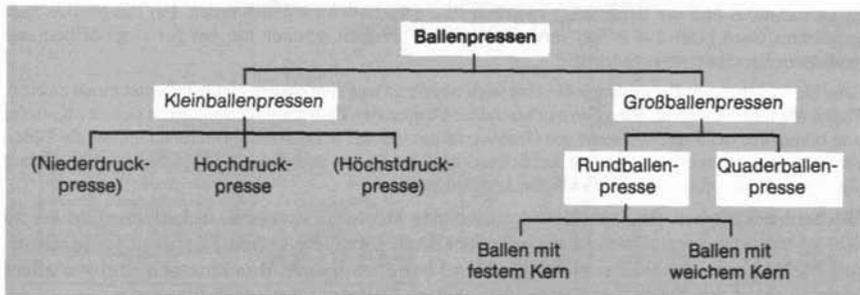


Abb. 311 Übersicht über Ballenpressen-Bauarten

2.5.1 Kleinballenkette

Pressenbauarten – Bei der Kleinballenkette wird das Gut in handliche Ballen gepreßt. Die Weiterförderung erfolgt als Stückgut mit Hand oder Förderbändern. Je nach Verdichtung wird zwischen Niederdruck-, Hochdruck- und Höchstdruckpressen unterschieden.

Niederdruckpressen: Sie arbeiten mit einem Schwingkolben und verdichten das Gut auf etwa $50\text{--}100\text{ kg/m}^3$. Dieser Effekt wird heute auch vom Ladewagen erzielt, so daß Niederdruckpressen an Bedeutung verloren haben. Die Landwirtschaft bevorzugt deshalb Hochdruckpressen.

Hochdruckpressen: Sie werden als Gleitkolben- oder Rollenkolbenpressen gebaut und verdichten das Gut auf $70\text{--}150\text{ kg/m}^3$.

Das Gut wird von einer großen Pick-up-Trommel (günstig vor allem bei Stroh) aufgenommen und durch eine Schnecke oder Greifarme zum Preßkanal befördert. Ein gesteuerter Zubringer (Raffer) stopft dann

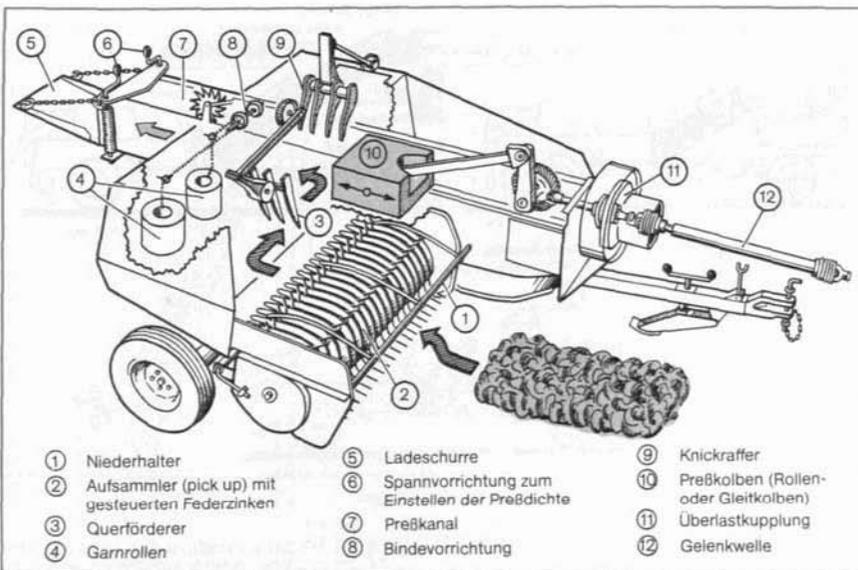


Abb. 312 Aufbau einer Aufsammelpresse

beim Rücklaufen des Kolbens das Gut seitlich hinein. Knickraffer schwenken bei Verstopfung oder bei Fremdkörpern aus und richten sich anschließend selbst wieder in Arbeitsstellung. Im Preßkanal mit Abmessungen von 30×40 bis 45×50 cm läuft ein Gleitkolben mit 70–110 Hübten je Minute. Der Preßkolben hat an der Zufuhrseite ein Messer, welches zusammen mit einem feststehenden Messer am Preßkanaleingang heraushängende Halme abtrennt. Das Ballengewicht kann durch Änderung des Kanalquerschnittes und der Ballenlänge zwischen 10–30 kg/Ballen verstellt werden. Für das Binden muß verstärktes Garn (150–200 m/kg) verwendet werden. Pressen arbeiten nur bei gut eingestellten und gepflegten Knüpfern ohne Störung.

Eine Nadel führt den Faden durch das Gut nach oben und legt zum bereits festgehaltenen einen zweiten Faden über den Knüpf. Eine Garnhaltescheibe klemmt den Faden ein. Darauf dreht sich der Knüpf und bildet eine Schlinge. Während der Drehung öffnet sich der Schnabel des Binders, klemmt die Fäden ein und zieht sie in die Schlinge. Anschließend wird der Faden zum Knoten abgeschnitten, das andere Garnende aber von der Garnhaltescheibe festgehalten.

Höchstdruckpressen sind verstärkt konstruierte Hochdruckpressen, welche das Gut bis zu 200 kg/m^3 verdichten. Dann ist ein spezielles Bindegarn erforderlich. Die bis zu 40 kg schweren Ballen lassen sich kaum mehr von Hand bewegen. Höchstdruckpressen sind vor allem beim Verkauf von Stroh und Futter über weitere Entfernungen empfehlenswert.

Lade- und Einlagerungsverfahren – Das Laden der Hochdruckballen erfolgt nach zwei Verfahren:

- ▶ direktes Beladen des angehängten Wagens,
- ▶ Feldablage und Laden in einem zweiten Arbeitsgang.

Beim **direkten Beladen** des Wagens drückt die Hochdruckpresse über eine Ladeschurre die Ballen auf den Wagen. Werden die Ballen gestapelt, sind zwei Arbeitskräfte erforderlich. Diese schwere Arbeit kann durch eine lange *Ladeschurre* und mit Ladegittern ausgerüstete Wagen vermieden werden. Allerdings können dadurch nur Wagen bis 4 m Länge genutzt werden. Eine bessere Ausladung längerer Transportwagen ist mit einer *Ballenschleuder* möglich. Ballenschleudern arbeiten mit Wurfvorrichtungen oder mit schnell umlaufenden Wurfbändern, die von einem Hydraulikmotor angetrieben werden. Diese werden zweckmäßigerweise durch die Deichsel des angehängten Wagens gesteuert, so daß auch bei Kurvenfahren ein sicheres Beladen des Wagens möglich ist.

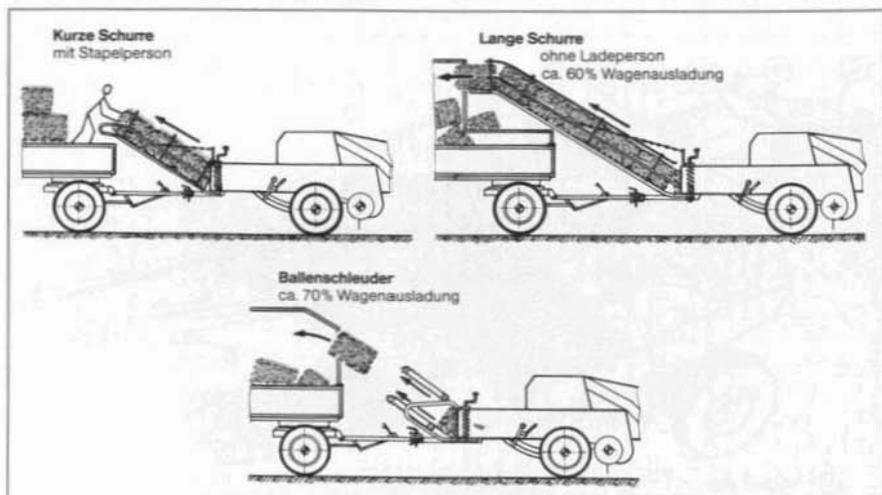


Abb. 313 Verfahren zum direkten Beladen der Transportwagen

Alle Verfahren mit direktem Beladen des angehängten Wagens mindern die Leistung der Hochdruckpresse. So werden bei Stapeln mit der Hand nur 60%, bei Ballenschleudern nur 85% der möglichen Maschinenleistung erreicht.

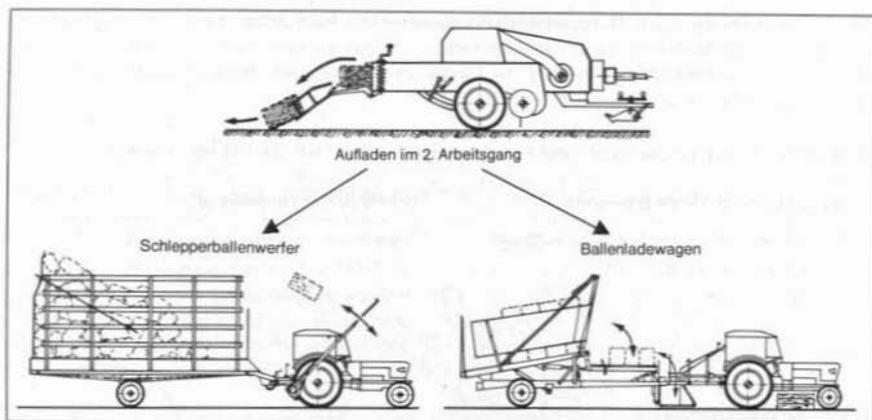


Abb. 314 Verfahren zum Laden der Kleinballen bei Feldablage

Deshalb gewinnen gerade im überbetrieblichen Maschineneinsatz **getrennte Ernteverfahren mit Feldablage** und nachfolgendem Aufladen der Ballen an Bedeutung (vgl. Abb. 314). Dieser Arbeitsgang kann durch einen *Ballenwerfer* kostengünstig mechanisiert werden. Letzterer besteht aus einer Gabel, die seitlich am Schlepper angebaut ist und bei Betätigung der Dreipunkt-Hydraulik den Ballen in den angehängten Wagen wirft. Aufwendiger ist der *Ballenladewagen*, der die auf dem Feld abgelegten Ballen aufnimmt und auf der Ladefläche ordnet. Beim Abladen werden die Ballen einzeln einem Fördergerät zugeteilt. Einige Fabrikate können die gesamte Wagenladung als 3 m hohen Stapel ohne jede Handarbeit absetzen.

Einlagern von Kleinballen – Für das Einlagern von Kleinballen sind – neben Schleusengebäuden (vgl. S. 234) – heute fast ausschließlich *Ballenkettentransporter* (Ballenbahnen) gebräuchlich. Diese haben 1–2 Förderketten mit entsprechenden Mitnehmerzinken. Seitlich werden die Ballen durch Bleche oder Holme geführt. An den mobilen Senkrechtförderer (Höhenförderer) kann ein Querförderer in Firstrichtung gekoppelt werden. Dieser ist mit entsprechenden

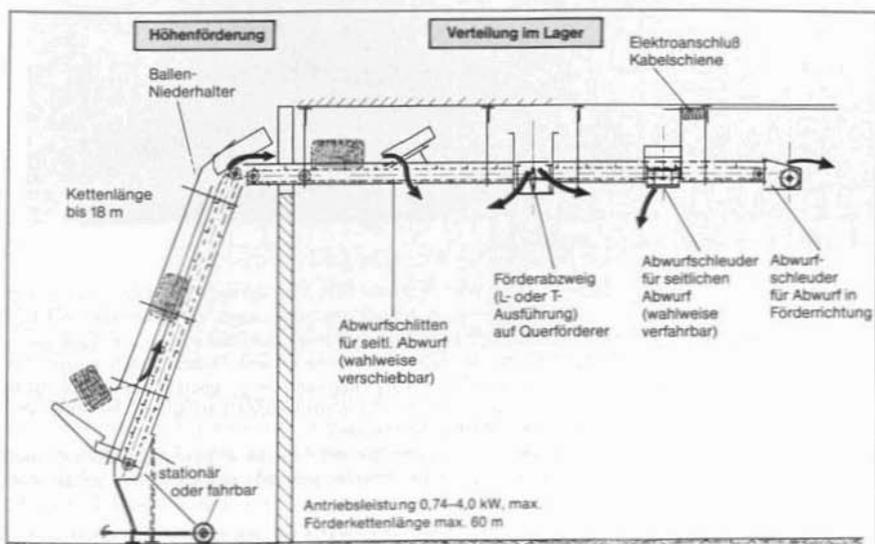


Abb. 315 Schematischer Aufbau einer Förderanlage für Hochdruckballen

Abwurfvorrichtungen zur Ballenverteilung ausgerüstet. Vorteilhaft gegenüber Gebläseförderung ist bei Ballenförderern der geringe Leistungsbedarf und die hohe Funktionssicherheit. Dem steht ein höherer Kapitalbedarf, die Einzwecknutzung und der meist notwendige stationäre Einbau in Gebäuden gegenüber.

Tabelle 83: Vergleich der Lade- und Einlagerungsverfahren bei der Kleinballenkette

Vorteile des direkten Beladens	Vorteile der Feldablage
Ernte des Gutes in einem Arbeitsgang; geringer Arbeitszeitbedarf; geringeres Wetterrisiko;	bessere Ausnutzung der Presse; einfachere Arbeitsorganisation; höhere Bergeleistung; weniger Arbeitskräfte und Schlepper gleichzeitig erforderlich.

2.5.2 Großballenkette

Bei der Großballenkette wird das Futter zu Stückgut gepreßt, welches sich nur mehr mit Maschinen handhaben läßt (1 ha Heu = 15 Ballen; 1 ha Stroh = 10–12 Ballen). Die Ballen haben einen Durchmesser bis zu 1,8 m und erreichen ein Gewicht von 300–700 kg, erfordern deshalb eine durchgehende Mechanisierung von der Ernte bis zur Futtervorlage. Bei Großballen wird zwischen Rund- und Quaderballen unterschieden.



Abb. 316 Arbeitsweise von Rundballenpressen

Rundballenpressen – Diese arbeiten nach dem Wickelprinzip. Eine Pick-up nimmt das Gut auf und führt es einem Preßraum zu. In etwa 5 min wird hier ein Rundballen geformt. Zwei Verfahren sind üblich:

- ▶ **Wickelkammern**, welche meist sechseckig sind und mittels Bänder oder Walzen an der Außenwandung den Ballen in unveränderlicher Größe von außen nach innen wickeln. Dabei entsteht ein weicher Kern und eine besser verdichtete Randzone. Die Verdichtung kann bei gleichen Ballenabmessungen verändert werden. Ein Manometer zeigt den jeweiligen Verdichtungsdruck an; sobald der gewünschte Druck erreicht ist, kann das Wickeln unterbrochen werden.
- ▶ **Bandwickler** passen sich der jeweiligen Ballengröße an und wickeln so bereits zu Beginn einen härteren Kern. Der Durchmesser der Ballen kann so beliebig geändert werden, nicht aber die Verdichtung.

Die Rundballen werden mit normalem Sisal- oder Kunststoffbindegarn umwickelt und zwar so, daß der Schlepperfahrer den Ballen bei stehender Maschine, aber eingeschalteter Zapfwelle rotieren und dabei hydraulisch oder elektrisch gesteuert das Bindegarn führt. Die Enden werden nicht verknötet, sondern

einfach mechanisch abgeschnitten. Durch hydraulisches Öffnen der Rückwand und kurzes Betätigen der Zapfwelle können dann die Ballen an beliebigen Stellen ausgestoßen werden, also auch am Feldrand oder bei Arbeiten am Hang an einer ebenen Stelle. Bei Hangneigungen ab 15° können Rundballen ins Rollen kommen. Rundballen nehmen wenig Feuchtigkeit auf.

Quaderballenpressen – Sie fertigen einen viereckigen Ballen mit den Abmessungen 1,5 × 1,5 × 2,4 m. Sie arbeiten mit einer stoßweise verdichtenden Förderschwinde, ähnlich wie beim Ladewagen und binden den Ballen dreifach in Längsrichtung mit starkem Kunststoffbindegarn. Quaderballen lassen sich gegenüber Rundballen leichter und raumsparender stapeln. Sie nehmen aber bei einer Feldlagerung die Feuchtigkeit stärker auf.

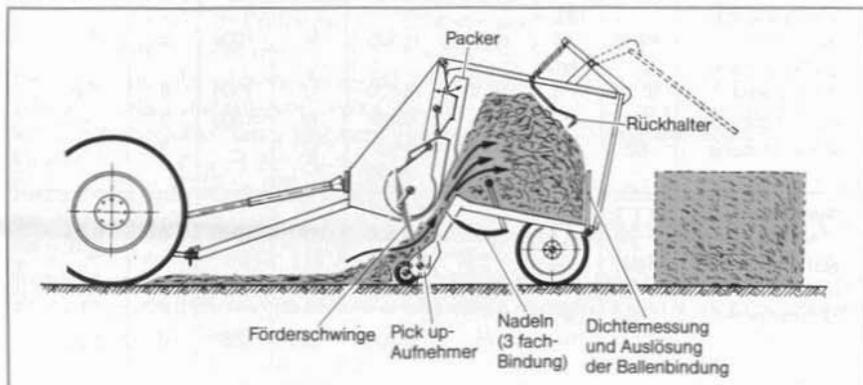


Abb. 317 Aufbau einer Quaderballenpresse



Abb. 318 Transport von Großballen

Einlagerung von Großballen – Großballen können nur mechanisch gehandhabt werden. Zum Transport an den Feldrand reicht eine Heckgabel am Schlepper aus. Zum Laden und Entnehmen braucht man Frontladerschlepper ab 40 kW und mit einer Hubkraft von 9810 N. Für den Frontlader gibt es hydraulisch betätigte Spezialzangen (3000 DM). Meist genügen aber schlanke Federstahlzinken an einer hydraulisch zu betätigenden Mistgabel.

Noch nicht befriedigend gelöst ist bei Großballen der Transport und die Handhabung auf dem Hof. So sind Großballen nur in ebenerdigen Scheunen bis zu 5 m Höhe stapelbar (Strohballen können auch im Freien gelagert werden).

2.5.3 Vergleich der Verfahren der Ballenketten

Tabelle 84: Vergleich der Maschinen und Geräte bei den Ballenketten

Geräte	Preßleistung (dt/h)		Leistungsbedarf (kW)	Kapitalbedarf (DM)	Nutzungsdauer		Reparaturkosten %	Bindegarnverbrauch (kg/t)
	Heu	Stroh			nach Zeit (a)	nach Arbeit (ha)		
kleinere Hochdruckpresse	40–60	100–150	ab 20	15 000	12	1000	9	1,3
größere Hochdruckpresse	60–80	150–250	ab 35	18 000	12	1500	6	1,0
Ballenschleuder	–	–	4	5000	12	1000	3	–
Kettenförderer	80	–	0,7–2,0	4000–8000	12	–	3	–
Rundballenpressen (schmal)	70–90	bis 70	35	17 500–22 500	12	1000	6	0,43
Rundballenpressen (breit)	100–130	bis 100	50	22 000–25 000	12	1000	6	0,34
Quaderballenpressen	150–200	100–150	75	33 000	12	1000	6	0,30

Tabelle 85: Vergleich der Klein- und Großballenkettverfahren

Kleinballenkette		Großballenkette	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
geringerer Kapitalbedarf; Ballen lassen sich leichter handhaben; Nutzung von Altgebäuden möglich; Lagermöglichkeit im Freien gute Transportmöglichkeiten (Verkaufsgut)	geringere Preßleistung; höherer Arbeitsaufwand; keine Ein-Mann-Ernte möglich	hohe Preßleistung; geringer Arbeitszeitbedarf; Ein-Mann-Arbeit möglich; niedriger Bindegarnverbrauch; Lagerung im Freien unter gewissen Bedingungen möglich	hoher Kapitalbedarf; hohe Schlepperleistungen erforderlich; schwieriger Transport über größere Entfernungen; nur ebenerdige flache Gebäude zur Einlagerung; schwierige Handhabung der Ballen im Gebäude; Unterdachrocknung unbefriedigend; höhere Bröckelverluste

2.6 Vergleich der Arbeitskettens für die Futterernte

Vielfältige Gesichtspunkte bestimmen den Vergleich und die Auswahl geeigneter Futterernteverfahren. Dazu gehören:

- ▶ Eignung der Ladegeräte für den vielseitigen Einsatz bei verschiedenen Erntegütern,
- ▶ die angestrebte Konservierungstechnik (Silage, Heu, Unterdachrocknung),

- ▶ Silo- und Gebäudeform,
- ▶ die erforderliche Schlagkraft bei der Ernte und bei der Einlagerung,
- ▶ der Arbeits- und Kapitalbedarf der Mechanisierungsketten.

Ein Gesamtvergleich der Arbeitskettens ist deshalb nur innerhalb der einzelnen Konservierungsverfahren möglich.

Als Grundlage für weitere Entscheidungen ist an dieser Stelle nur ein Vergleich der Ladegeräte bei verschiedenen Erntegütern angebracht (vgl. Abb. 319).

Heckschiebesammler und *Frontlader* können vielseitig eingesetzt werden, ermöglichen aber meist nur ungenügende Ernteleistungen. Lediglich zum Laden von Rübenblatt ist der Frontlader gut geeignet, besser als alle übrigen Ladegeräte.

Der *Ladewagen* hat seinen Schwerpunkt bei der täglichen Grünfütterernte, eignet sich aber auch gut für die Ernte von Anwelksilage und Heu. Da er – mit Ausnahme von Silomais – auch bei allen anderen Futterarten eingesetzt werden kann, ist er für viele Betriebe das universelle Ladegerät.

Ebenfalls vielseitig verwendbar sind *Feldhäcksler*. Die Vorteile der Kurzgutkette sind aber nur beim Exaktfeldhäcksler gegeben, der als einziges Ladegerät für die Silomaisernte voll befriedigt.

Kleinballenpressen sind dagegen Spezialgeräte für die Stroh- und Heubergung, die sich bei allen anderen Futterarten nicht oder nur sehr bedingt eignen. Die Kleinballenlinie empfiehlt sich vor allem bei Verkaufsgütern.

Großballenpressen sind ebenfalls Spezialgeräte für Heu und Stroh und haben ihren Einsatzschwerpunkt überall dort, wo es darauf ankommt, das Feld schnell zu räumen und das Erntegut im eigenen Betrieb zu nutzen.

Der kleinere landwirtschaftliche Betrieb ist gezwungen, vielseitige Ernteketten zu kaufen, wobei diese Kette für die Hauptfrucht gut geeignet sein sollte. Dabei müssen häufig Kompromisse geschlossen werden. Der größere Betrieb kann dagegen für jede anfallende Futterart besonders gut geeignete Maschinenketten anschaffen. Diesen Vorteil können der kleinere und mittlere Betrieb ebenfalls nutzen, wenn sie die Futterbergung überbetrieblich durchführen.

	Grünfutter	Rübenblatt	Anwelksilage	Silomais	Heu	Stroh
Heckschiebesammler						
Frontlader						
Ladewagen						
Schlegelfeldhäcksler						
Exaktfeldhäcksler						
Kleinballenpresse						
Großballenpresse						

nicht geeignet

bedingt geeignet

gut geeignet

Abb. 319 Eignung verschiedener Ladegeräte zur Futter- und Strohbergung

3 Gärfutterbereitung

3.1 Anforderungen

3.1.1 Allgemeines

Die Gärfutterbereitung gewinnt für die Winterfütterung zunehmend an Bedeutung, da

- ▶ das **Wetterrisiko** bei der Werbung eingeschränkt wird. Während für die Heubereitung eine Periode von drei Tagen mit trockener Witterung erforderlich ist, genügt bei der Silagebereitung eine Zweitageperiode (vgl. Abb. 343, S. 284);
- ▶ bei sorgfältiger Durchführung (Anwelksilage) mit **geringen Nährstoffverlusten** zu rechnen ist (vgl. Abb. 260, S. 212);
- ▶ **schwerer zu trocknende Futterpflanzen**, wie Rübenblatt und Silomais, billig konserviert werden können.

Deshalb ist Gärfutter *Hauptbestandteil* der Winterfütterung geworden und wird lediglich durch kleinere Heurationen ergänzt. Je Rinder-Großvieheinheit (RiGV) sind deshalb etwa 10 m³ Siloraum erforderlich. Das Gelingen einer guten Silage wird von der Art der Futterpflanze und der Siliertechnik stark beeinflusst, deren wichtigste Faktoren in der Abb. 320 zusammengefaßt sind.

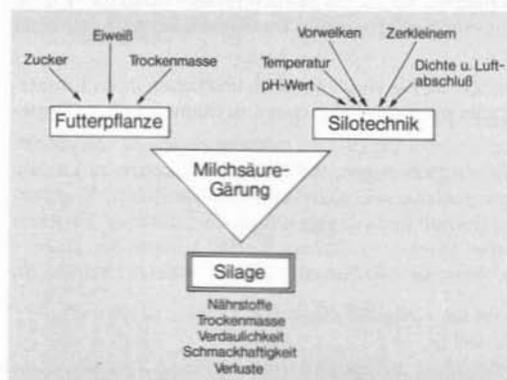


Abb. 320 Einflussfaktoren auf die Silagebereitung

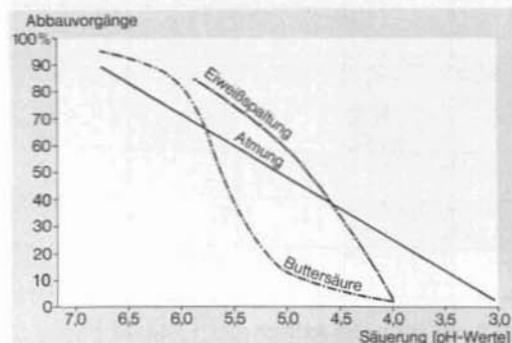


Abb. 321 Einfluß der Säuerung auf die Abbauvorgänge in der Pflanze (nach ZIMMER)

3.1.2 Gärverlauf und dessen Bedingungen

Grünfutter ist bekanntlich nicht lagerfähig, da durch mikrobiologische Vorgänge das Futter innerhalb weniger Stunden verdirbt. Diesen schädlichen Fäulnisbakterien wird bei der Heuwerbung und Grünfuttertrocknung das Wasser entzogen. Dagegen werden beim Gärprozeß Säuren gebildet, welche die Zellatmung, die Buttersäurebildung und die Eiweißspaltung soweit vermindern, daß eine verlustarme Futterkonservierung möglich wird. Erforderlich ist dafür ein pH-Wert unter 3,5 (vgl. Abb. 321 und Band 2A, Kap. 4, Abb. 47, S. 60).

Bei der Silagebereitung muß durch genügend **Zucker** und **luftdichte Lagerung** möglichst schnell eine kalte Milchsäuregärung einsetzen, damit durch einen niedrigen pH-Wert alle übrigen mikrobiologischen Vorgänge zum Stillstand kommen. Zuckermangel, Feuchtigkeit und Luft führen zu einer verstärkten Essigsäurebildung, die bei ansteigenden pH-Werten zu Buttersäure- und anderen Fehlgärungen führt.

Für die **Bereitung einer guten Silage** sind daher folgende Maßnahmen erforderlich:

- ▶ **Wahl geeigneter Futterpflanzen** mit hohem Zuckergehalt, wie Silomais und Rübenblatt. Eiweißreiches Futter, wie junges Wiesengras und Klee, kann durch Zuckerbeigaben oder Säurezusatz in seiner Silierfähigkeit verbessert werden.
- ▶ **Anwelken des Futters** (vor allem bei Gras) auf 50–70% Wassergehalt, um eine übermäßige Essigsäuregärung zu vermeiden. Bei Silomais steigt der Trockensubstanzgehalt durch *besseres Ausreifen* ebenfalls an. Vor allem darf kein nasses Futter in den Silo eingebracht werden.
- ▶ **Verdichten des Futterstapels**, um die Luft aus dem Futter schnell herauszupressen und einen späteren Luftzutritt einzuschränken. Dazu dienen das *Häckseln* des Futters, ständige Festwalzen beim Flachsilo und Lagerhöhen im Hochsilo über 8 m.
- ▶ **Luftdichte Behälter** und **entsprechende Abdeckung**, um einen späteren Luftzutritt (warme Milchsäuregärung, Schimmelpilze) einzuschränken.
- ▶ **Hohe Schlagkraft beim Befüllen**, um einen Silobehälter in 2–3 Tagen zu füllen und abzuschließen.
- ▶ **Ausreichende Wärmedämmung** der Silos und Abdeckfolien, um hohe Temperaturen im Silo zu vermeiden.
- ▶ Nur **sauberes Futter** ist die Gewähr dafür, daß eine Buttersäuregärung vermieden wird.
- ▶ Die **Anschnittfläche** bei der Gärfutterentnahme soll möglichst gering gehalten werden (je Tag mindestens eine Schicht von 20 cm entnehmen).

3.2 Gärfutterbehälter

An die Gärfutterbehälter werden demnach sehr hohe Anforderungen gestellt, die von allen Silobauformen erfüllt werden müssen. Folgende Silobauformen werden unterschieden:

- ▶ **Hochsilos**, meist als Rundsilos mit einem Verhältnis von Durchmesser : Höhe von 1:3–1:4.
- ▶ **Flachsilos** mit seitlichen Wandungen von 1,5–2,5 m Höhe.
- ▶ **Foliensilos**, bei denen der erforderliche Luftabschluß ausschließlich mit Kunststoffolien erfolgt.

Alle Siloformen haben bei den verschiedenen Betriebsbedingungen ihre spezielle Bedeutung:

Behälterformen			
	Hochsilo	Flachsilo	Foliensilo
	<ul style="list-style-type: none"> offener Hochsilo (für Greifern) Hochsilo mit Lukenband geschlossener Hochsilo 	<ul style="list-style-type: none"> abenerdiges Flachsilo Fahrsilo mit Rampe 	<ul style="list-style-type: none"> Folien-Fahrsilo Folien-Schlauchsilo Preßballen-Silo
Oberfläche: Nutzraum	0,06–0,08:1	0,25:1	0,4:1
Vorteile:	Sichere Vergärung durch Eigendruck; geringe Abdeckflächen	Kapitalsparend; einfaches Befüllen und Entnehmen	Wie Flachsilo; zusätzlich: ohne Bauaufwand
Nachteile:	Höherer Bauaufwand; aufwendige Befüll- und Entnahmetechnik	Zusätzliche AK für Festwalzen hoher Platzbedarf; große Oberfläche	Wie Flachsilo; zusätzlich: höhere laufende Kosten; höheres Gärriisiko

Abb. 322 Übersicht über die Systeme von Silobehältern

3.2.1 Hochsilo

Hochsilos zeichnen sich dadurch aus, daß durch einen möglichst hohen Futterstapel die für den Silierprozeß erforderliche Verdichtung durch »Eigendruck« erfolgt. Eine notwendige

durchschnittliche Verdichtung auf 200 kg TM/m^3 wird dabei erst ab einer Stockhöhe von 9 m aufwärts erreicht. Dabei lagert im oberen Silobereich das Futter lockerer, im unteren Bereich dichter. Bei größerer Silohöhe verringert sich auch der Leerraumanteil, der durch das Absetzen des frisch eingebrachten Futters entsteht.

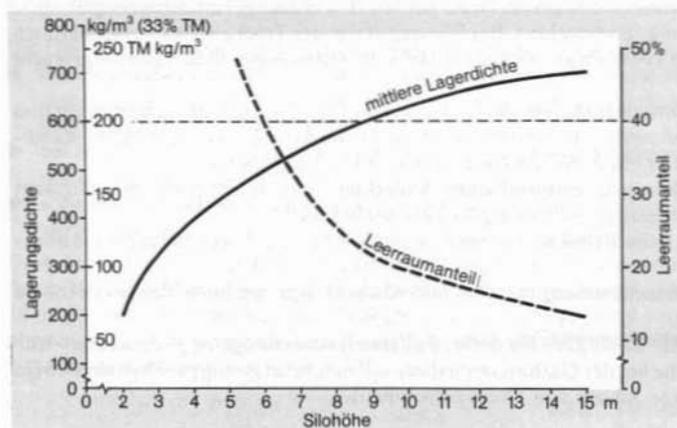
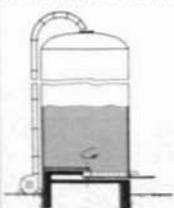
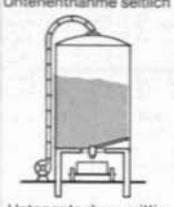


Abb. 323 Lagerungsdichte und Leerraumanteil in Hochsilos bei unterschiedlicher Lagerhöhe (nach GRIMM)

Bei Hochsilos sind folgende **Silotypen** üblich:

Bauform	Abdeckung	Entnahmetechnik	Vor- und Nachteile	Empfehlung
<p>Geschlossene Hochsilos mit</p>  <p>Untenentnahme seitlich</p>  <p>Untenentnahme mittig</p>	geschlossen; Atemsack (oder Ventil) zum Druckausgleich.	Untenentnahme-fräse	sichere Vergärung; nur für Kurzgut geeignet; Mais > 25% TM Nachfüllen möglich; aber hoher Kapitalaufwand; mechanische Entnahme erforderlich; hohe Schlagkraft beim Befüllen erforderlich.	sichere Vergärung bei hoher Ernteschlagkraft; wegen hohen Kapitalbedarfs für Mais weniger zu empfehlen.
<p>Tiefsilo</p> 		Greifer	leichtes Befüllen ohne Mechanik; erhebliche Bauaufwendungen; Nachteile des Greifers.	nur bei besonderen Grundverhältnissen möglich.

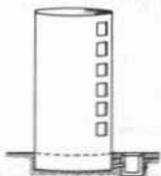
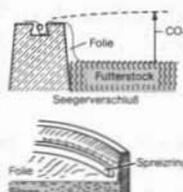
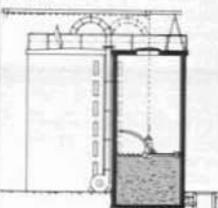
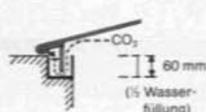
Bauform	Abdeckung	Entnahmetechnik	Vor- und Nachteile	Empfehlung
Offenes Hochsilo 		Greifer Obenfräsen	leichter Auswurf mit Hand oder mit Obenfräsen möglich; nur mit Bedachung oder im Gebäude.	übliche Hochsiloform in Gebäuden
Hochsilo mit kleinem Tauchdeckel 		Obenfräsen	leichter Auswurf für Hand oder Obenfräse; für die Aufstellung im Freien geeignet.	übliche Hochsiloform im Freien

Abb. 324 Hochsilotypen

Bauausführung – Hochsilos müssen in den umschließenden Bauteilen, Einfüll- und Entnahmöffnungen möglichst gasdicht sein. Die Innenwände müssen gratlos und glatt ausgebildet sein, damit sich der Futterstock leicht zusammensetzt. Außerdem darf bei den Innenwänden nur säurefestes Material (Holz, Kunststoffe, hochwertiger Beton, beschichtetes Metall, Aluminium) verwendet werden. Betonsilos müssen mit einem entsprechenden säurefesten Anstrich versehen sein.

Dazu eignen sich Bitumenanstriche und Kunststoffbeschichtungen (vgl. Tab. 86).

Tabelle 86: Siloanstriche

Anstrich	Anstriche Zahl	Kosten DM/m ²	Haltbarkeit Jahre
Bitumen gefüllt	2	1,40	2–3
Silodispersion filmbildend	3	1,85	3–5
Einkomponenten-Reaktionslack	3	4,15	6–8

Hochsilos müssen ein frostfreies Fundament haben und dem Seitendruck des Futterstockes standhalten. Nach DIN 1055 sind für die statische Berechnung drei Klassen vorgesehen.

Tabelle 87: Belastungsannahmen bei Silobehältern nach DIN 1055

Silageklasse	spezifisches Gewicht der Silage kg/m ³	TM-Gehalt %	Belastbarkeit bei angenommener Wasserfüllung (Wasserdruck)	geeignet für
I	bis 500	bis 35	1/2	Anweltsilage und Silomais ab 30% TM
II	bis 750	23–35	3/4	Anweltsilage und Silomais
III	bis 1000	bis 23	1/3	Naßsilage und Rübenblatt

Alle Hochsilos sind mit einem Saftablauf zu versehen, bei dem durch einen Siphon das Eindringen von Luft in den Silobehälter verhindert wird. Sickersaft gefährdet Bäche (Fischersterben) und Grundwasser und muß deshalb in eine Jauchegrube oder in einen Schachschacht geleitet werden.

Als **Baustoffe** für Hochsilos sind Beton, Metall, Kunststoff und Holz gebräuchlich, deren Eignung für den Silobau in der Tabelle 88 gegenübergestellt ist.

Tabelle 88: Vergleich verschiedener Baustoffe für Hochsilos

	Werkstoff	gasdicht	Wartung Pflege	Wärmdämm.	Versetzbarkeit	Kapitalbedarf DM/m ³ (bei 100 m ³)	Bemerkungen
Beton	monolithisch	+	±	++	-	80	besondere Sorgfalt beim Bau (Betongüte; 14 Tage wässern)
	Formstein	+	-	++	-	120	schützender Innen-, Außenverputz und Anstrich erforderlich
Metall	Stahl emailliert	+	++	-	±	140	hohe Temperaturdifferenzen führen zu lebhaftem Gasaustausch; deshalb Atemsäcke; nur für Untenentnahmefräsen geeignet
	Stahl verzinkt	+	++	-	±	120	
	Aluminium geschweißt	++	++	-	-	140	
Kunststoff	glasfaserverstärktes Polyester	++	++	±	++	140	werden fertig aufgestellt; nicht größer als 200 m ³
Holz	imprägniert mit Gütezeichen	±	+	+	+	70	sorgfältige Imprägnierung notwendig; Spannung der Ringe überprüfen

Mechanische Silageentnahme aus Hochbehältern – Sie erfordert einen hohen technischen Aufwand, so daß die meisten dieser Behälter noch von Hand entleert werden. Größere Viehbestände verlangen aber in Zukunft eine Mechanisierung dieser schweren und unangenehmen Arbeit.



Abb. 325 Übersicht über Geräte zur Silageentnahme aus dem Hochsilo

Vieleisig einzusetzen sind **Greifer** sowohl zum Befüllen als auch zur Silageentnahme (vgl. a. Abschn. 2.3.3). Gut geeignet sind sie für Langgut und vorgeschchnittenes Ladewagengut, wobei allerdings hohe Losreißkräfte auftreten. Diese müssen durch entsprechende Unterkonstruktionen aufgefangen werden. Lediglich auf massive Betonsilos kann der Greifer direkt abgestützt werden. Greiferanlagen sind billig, wenig reparaturanfällig, für alle Futterarten geeignet und sehr leistungsfähig. Nachteilig ist die portionsweise Entnahme bei kontinuierlich arbeitenden mechanischen Futterzubringern (Futterband, Schnecke usw.). Außerdem wird bei der Greiferentnahme die Silageoberfläche stark aufgerissen, wodurch wegen des Luftzutrittes die Nachgärung gefördert wird.

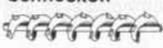
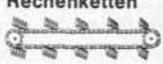
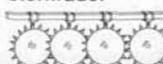
Fräsen entnehmen dagegen eine gleichmäßig dünne Schicht und werfen das Futter kontinuierlich aus, ohne den Futterstock aufzulockern.

Obenfräsen hängen an einem Seil im Silo und werden durch Rollen an den Seitenwänden geführt. Ein Fräsarm lockert das Gut und fördert es zu einem mittig angeordneten Förderorgan. Dabei unterscheiden sich die Obenfräsen

- ▶ nach den Fräswerkzeugen,
- ▶ nach der Gutförderung.

Die Vor- und Nachteile der verschiedenen *Fräsorgane* sind in der Tabelle 89 wiedergegeben. Schnecken- und Rechketten sind auch in Kombination möglich.

Tabelle 89: Fräswerkzeuge bei Obenentnahmefräsen

Fräsorgane	Wirkung	Einsatz
Schnecken 	lockern	für kurzgehäckselte Maissilage
Rechenkettten 	fördern kurzgehäckselttes Gut	vor allem für kurzgehäckselte Grassilage
Sternräder 	lockern und fördern längeres Gut	auch für Schnittgut geeignet; kann beim Befüllen zum Gutverteilen eingesetzt werden

} für kurzgehäckselttes Gut

Bei der Silageentnahme sind Wurfgebläse mit seitlichem Auswurf gebräuchlich. Über Luken (maximaler Abstand 1,65 m) wird die Silage nach außen in einen Abwurfschacht geblasen. Bei Saugfräsen wird das Gut dagegen über ein zentrales Rohr durch das Befüllgebläse angesaugt, und ggf. in den Stall geblasen. Zum Abscheiden der Luft ist ein Zyklon erforderlich. Entnahmeluken sind dafür nicht unbedingt erforderlich.

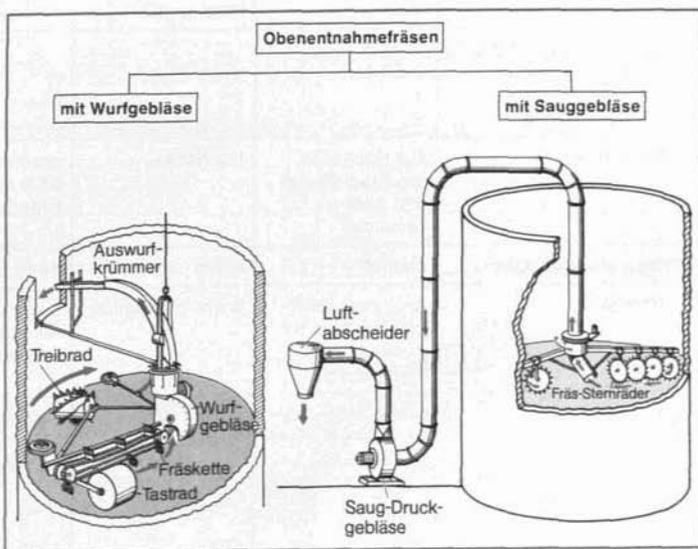


Abb. 326 Aufbau und Funktion von Obenentnahmefräsen

Obenfräsen sind bei Störungen jederzeit zugänglich und auch nachträglich in Silos einzubauen. Allerdings arbeiten die meisten nur bei exakt gehäckselter Anwelk- und Maissilage einwand-

frei. Weiterhin muß die Obenfräse im richtigen Abstand über dem Silagestapel hängen. Dazu ist ein tägliches Nachstellen mit einer Handwinde erforderlich. Bei selbsttätig geregelten *Absenkautomaten* wird die Stromaufnahme der Obenfräse (hohe Stromaufnahme = zu tief; geringe Stromaufnahme = zu hoch) gemessen und damit über eine motorgetriebene Seilwinde gesteuert. Zum Ein- und Ausheben der Obenfräse ist ein weiteres Hebezeug an einer Kranschiene notwendig. Diese Kranschiene muß 2 m über dem Silorand montiert werden.

Silo-Untenfräsen werden vor allem in gasdichten Metallsilos verwendet. Für ihren Einsatz sind speziell ausgebildete Sockel notwendig, so daß sie für einen nachträglichen Einbau nicht in Frage kommen. Sie haben einen langsam umlaufenden Fräsarm, der etwa 20 cm an der Unterseite des Futterstockes abträgt. Die abgefräste Silage wird entweder durch eine Förderkette seitlich ausgetragen oder durch eine zentrale Öffnung ausgeworfen. Letztere Bauart erfordert einen sehr aufwendigen Sockel mit einer 2 m hohen Unterfahrt für den Futterwagen. Silo-Untenfräsen arbeiten nur bei exaktem Häckselgut unter 1 cm Länge und bei stark angewelktem Gras ohne Störungen. Ein ständiges Nachfüllen ist möglich.

In der Tabelle 90 sind die wichtigsten Eigenschaften von Hochsilo-Entnahmegerten gegenübergestellt.

Tabelle 90: Vergleich verschiedener Hochsilo-Entnahmegerte

	Greifer	Obenfräse	Untenfräse
Anforderungen: - TM-Gehalt (%) - Schnittlänge (cm)	keine ab 5	ab 30 < 4	ab 35 < 3
Leistungsbedarf (kW)	5-10	7-20	6-8
Auswurfleistung (dt/h): - Anwelksilage - Maissilage	} 40-120	15-40 25-75	10-25 30-50
Kapitalbedarf (DM)		7000-20 000	9000-14 000 + 2000 für Hebegerät
Besondere Eignung für: - Mais - Anwelksilage - ZR-Blattsilage	- + +	++ + -	++ (+) -
Siloformen	alle Hochsilos mit Tauchdeckel und Seeger- verschluss	Hochsilos	geschlossene Hoch- silos mit speziellem Unterbau
Reparaturanfälligkeit	niedrig	mittel	hoch
Vorteile	auch zum Befül- len geeignet, für mehrere Silos gleichzeitig	leicht zugänglich	laufendes Nach- füllen bei gleich- zeitiger Entnahme
Nachteile	große Anschnit- fläche, keine Auto- matisierung	schwieriger Ausbau	schwer zugänglich, keine Handent- nahme möglich
Nutzungsdauer: - Zeit ((a) - Arbeit (h)	15 1500	8 1200	8 1200
Reparaturkosten je 100 h (% vom Anschaffungswert)	1,5	2,7	4,3

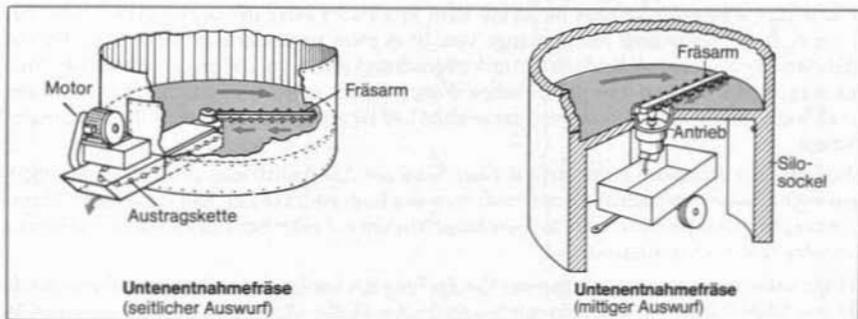


Abb. 327 Aufbau und Funktion von Untenentnahmefräsen

3.2.2 Flachsilo

Der Flachsilo unterscheidet sich vom Hochsilo dadurch, daß die erforderliche Futterverdichtung nicht durch Eigendruck, sondern durch mechanisches Festwalzen mit dem Schlepper erfolgt. Damit ist im Gegensatz zum Hochsilo – unabhängig von der Höhe des Futterstapels – eine gleichmäßige Verdichtung in allen Futterschichten möglich (Abb. 328).

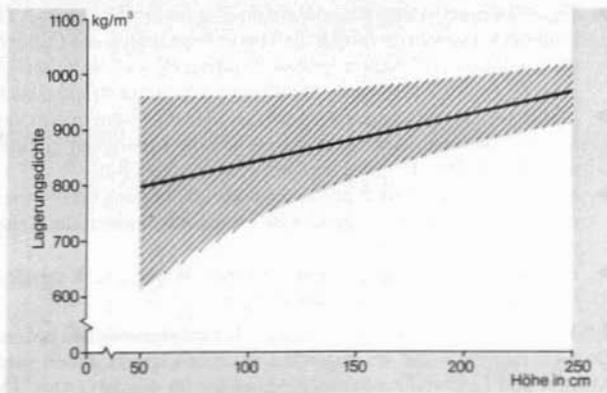


Abb. 328 Lagerungsdichte von Maissilage in verschiedenen Futterstockhorizonten beim Flachsilo (18% TM)

Die Einlagerungstechnik bedingt unterschiedliche Flachsiloformen:

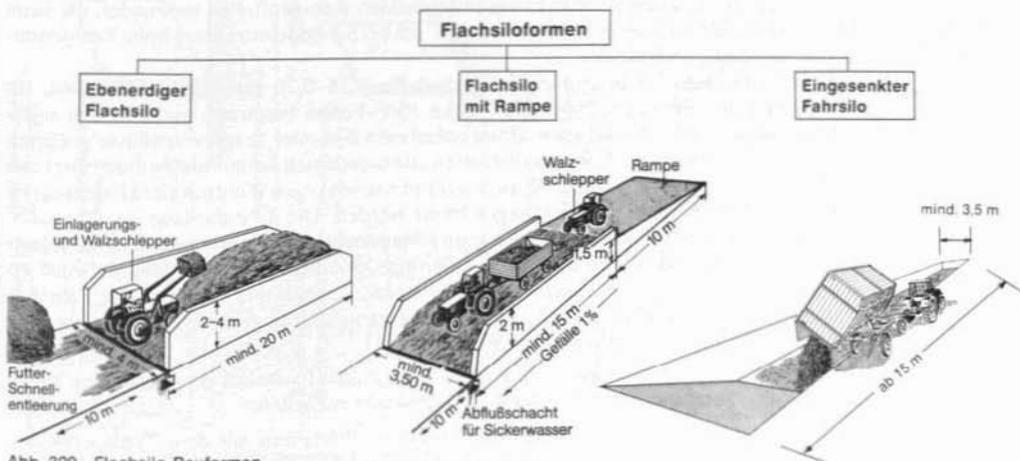


Abb. 329 Flachsilo-Bauformen

Ebenere Flachsilos werden meist mit dem Frontlader oder mit dem Schaufellader beschickt. Dabei sollte eine Mindestlänge von 20 m nicht unterschritten werden, da für das Befüllen der Futterstock beiderseits stark abgeschrägt sein muß. Bei großen Fahrsilobreiten kann es empfehlenswert sein, die seitlichen Wände unter 1 m Höhe auszuführen und mit einer seitlichen Anböschung zu versehen, um so ohne Unfallgefahr auch ein Querwalzen zu ermöglichen.

Fahrilos mit Rampen verringern auf einer Seite die Anschnittfläche und bieten vor allem günstige Voraussetzungen für das Überfahren des Futterstockes mit dem Lade- oder Transportwagen. Beim Befüllen entfällt das schräge Stapeln auf einer Seite des Silos, so daß bereits Silolängen von 15 m sinnvoll sind.

Abgesenkte Fahrilos ermöglichen bei Einlagerung ein seitliches Abkippen des Gutes direkt in den Silobehälter. Sie sind aber nur bei geeigneter Geländeform und Grundwasserverhältnissen möglich. Bei versenkten Flachsilos wird, soweit nicht ein Hang genutzt werden kann, die Siloentnahme erschwert.

Bei der **Bauausführung** von Flachsilos ist folgendes zu beachten:

- ▶ Die **Breite** aller Fahrilos muß so bemessen werden, daß der Walzschlepper seine Spur über den ganzen Silo versetzen kann. Dafür sind mindestens 3,5–4,0 m Breite erforderlich.
- ▶ Fahrilos müssen möglichst in einem Zug innerhalb von 2–3 Tagen gefüllt werden. Auch muß darauf geachtet werden, daß beim Entnehmen des Futters nur geringe Anschnittflächen entstehen. Deshalb sollten mindestens 2–3 Behälter je Betrieb vorhanden sein. Allerdings sollte die Mindestgröße von 100 m^3 je Behälter nicht unterschritten werden.
- ▶ Der Boden des Flachsilos muß ein Gefälle von 3% aufweisen, damit Sickersaft und Wasser ablaufen können. Am Siloeingang wird die Flüssigkeit in einer abdeckbaren Querrinne aufgefangen und in einen Sammelschacht abgeleitet.
- ▶ Flachsilowände können mit einer leichten Neigung oder ohne Nachteile auch senkrecht errichtet werden. Zweckmäßig ist es, die Stirnkanten der Seitenwände in einem Winkel von 45° abzuschrägen.
- ▶ Die Seitenwände müssen dem 1,5fachen Wasserdruck standhalten, um die hohen Belastungen beim Festwalzen aufzufangen.

Als **Baustoffe** für Flachsilos haben sich die vom Hochsilobau bekannten Materialien bewährt. Da sich Flachsilos gut im Eigenbau errichten lassen, sollen nachfolgend einige bewährte Massiv- und Leichtbauweisen gegenübergestellt werden (Abb. 330 und 331).

Flachsilo-Abdeckung – Flachsilos haben gegenüber Hochsilos eine 3- bis 4mal so große Oberfläche. Deshalb ist ein sofortiges und ein sorgfältiges Abdecken für eine gute Silagequalität entscheidend. Dazu werden heute ausschließlich Kunststoffolien verwendet, die beim Einsatz im Freien weiß eingefärbt sein müssen, um bei Sonneneinstrahlung hohe Temperaturen im Silostock zu vermeiden.

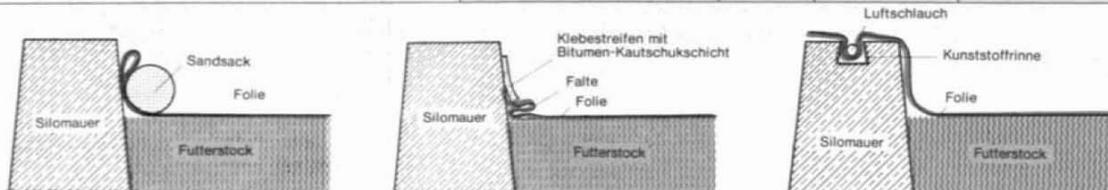
Für den einmaligen Gebrauch eignen sich dafür 0,15–0,20 mm starke PE-Folien, für den mehrfachen Einsatz 0,2–0,4 mm starke PVC-Folien besonders gut. Für den seitlichen Abschluß sind Sandsäckchen, Bitumenklebestreifen oder Seegerverschlüsse geeignet. Bei Hochwänden kann die Folie mit Holzplatten und unterlegten Schaumstoffstreifen direkt an die Seitenwand genagelt werden. Die Folien selbst müssen gegen Wind mit alten Fahrzeugreifen oder mit ähnlichem Material eingesichert werden. Die *Überdachung* der Flachsilos schützt die Silage vor Sonneneinstrahlung und Niederschlägen und ist besonders bei Selbstfütterung aus dem Fahrilo zu empfehlen. Allerdings sind dafür erhebliche Mehraufwendungen erforderlich. Als Dach eignen sich abnehmbare Leichtdächer oder massive Fahriloscheunen. Letztere sind auch zur Lagerung von Heu und Stroh geeignet. Fahriloscheunen verteuern den Siloraum zusätzlich um 30–50 DM/m³.

Befüll- und Entnahmarbeiten – Die besondere Form der Flachsilos ermöglicht eine billige und einfache Mechanisierung der Befüll- und Entnahmarbeiten.

Die **Silobeschickung** kann nämlich durch direktes Überfahren mit dem Transportwagen oder durch Einlagern mit dem Frontlader und Hecklader aus einem vor dem Flachsilo abge-

Bauweise	Bauausführung	Bemerkungen	DM/m ³	Lebensdauer	Selbsthilfe
Monolithische Flachsilos	<p>Dehnungsfuge alle 10 m Silolänge</p> <p>Mittelwand doppelt bewehrt</p> <p>Seitenwand einfach bewehrt</p> <p>Kiesrollierung</p>	Hohe Haltbarkeit bei guter Verarbeitung; spezielle handwerkliche Kenntnisse erforderlich	70	hoch	nur Mithilfe möglich
Flachsilos aus Montageteilen	<p>Mittelwand</p> <p>Seitenwand</p> <p>Dauerelastische Fugenmasse</p> <p>Kiesrollierung</p>	einzelne Seitenelemente werden in Bodenplatte eingelassen; bei größerer Entfernung zum Hersteller hohe Transportkosten	70	hoch	bei Bodenplatte; Mithilfe bei Montage
Flachsilos aus Hohlblockschalungssteinen	<p>Dehnungsfuge alle 10 m Silolänge</p> <p>Mittelwand</p> <p>Seitenwand</p> <p>Dauerelastische Fugenmasse</p> <p>3-lagiger Zementputz</p> <p>Kiesrollierung</p>	Schalungssteine werden trocken schichtweise aufgesetzt und mit Beton (B 225) ausgegossen; auf einen sorgfältigen Zementputz ist zu achten	55	mittelhoch	volle Selbsthilfe ist möglich

Zugehörige Folienverschlüsse



Bauweise	Bauausführung	Bemerkungen	DM/m ³	Lebensdauer	Selbsthilfe
Holzflachsilos aus eingespannten Rundholzstangen mit Nut- und Federbrettverschalung		Nut- und Federbretter imprägniert; niedrige Gasdichte	40	mittel-niedrig	völlige Selbstherstellung mit eigenem Holz möglich
Aufgedübelte Flachsilowände aus Holz (oder Kunststoffplatten)		meist Holz, da versetzbar; Kunststoffplatten pflegeleicht, aber teuer	40 (80)	mittel-niedrig	Fertigelemente oder Selbstherstellung
Zugehörige Folierverschlüsse	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Holzlattenverschluss</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Sandsackverschluss</p> </div> </div>				

worfenen Futterstapel erfolgen. Dabei sollte das Futter nicht portionsweise, sondern schichtweise über die gesamte Siloberfläche verteilt werden. Ladewagen mit einer Futterverteilwand können hier eine große Hilfe sein.

Tabelle 91: Walzleistung bei der Flachsilob-Einlagerung

Schlepper	60 kW	100 kW	Radlader
Anwekksilage	10 t/h	15 t/h	30 t/ha
Silomais	8 t/h	12 t/h	20 t/ha

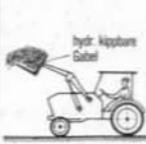
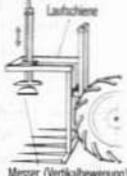
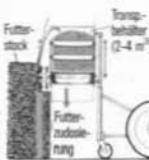
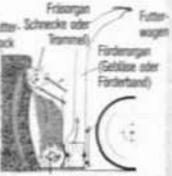
Flachsilos ermöglichen auch eine einfache und billige **Entnahmetechnik**.

Als sehr billig und arbeitssparend ist die Selbstfütterung aus dem Flachsilob zu bewerten (vgl. Kap. 3, Abschn. 2.2.4, S. 333). Es muß allerdings darauf geachtet werden, daß je Tier 20 bis 25 cm Silobreite zur Verfügung stehen, der Futterstock mit einem Freßgitter abgesperrt und eine Überdachung vorhanden ist. Dieses Verfahren ist an Laufställe mit offenen Laufhöfen gebunden, eine Stallform, welche nur mehr geringere Bedeutung hat (vgl. Kap. 3, Abschn. 2.3.2, S. 349f.).

Häufig sind *mobile Mechanisierungsverfahren*, die das Futter entnehmen und zum Stall transportieren. Dabei ist auf glatte Anschnittflächen ohne Auflockern des Stockes zu achten, damit wegen des erhöhten Luftzutrittes die Silage nicht nachgärt.

Ein vielseitiges Gerät dafür ist der *Frontlader* mit einer hydraulisch kippbaren Schaufel und Klappzangen, der sowohl zur Silageentnahme als auch zum Transport des Futters geeignet ist. Bei Anwek- und Rübenblattsilage muß vorgeschritten werden, wozu gezahnte *Tretspaten* geeignet sind. Diese abgeschnittenen Blöcke können dann vom Frontlader abgehoben und in den Stall transportiert werden. Bei kurzgehäckselter Maissilage kann das Futter direkt ent-

Tabelle 92: Vergleich der gebräuchlichsten Silage-Entnahmeverfahren

	Frontlader	Blockschneidegerät	Fräswagen	Flachsilob-Fräse
				
Schneidwerkzeuge	keine (Klappzange)	Messer, Säge, Fräskette	Fräsmesser, Frästrommel	Fräsmesser, Frästrommel, Fräskette
Leistungsbedarf (kW)	ab 30	ab 50	ab 40	ab 50
Entnahme- Maissil.: leist. (dt/h)	(120)	60-80	50-60	200-300
und Transport Grassil.:	(40) 30	50-80	20-25	100
Kapitalbedarf (DM)	~ 4000	5000-8000	8000-12 000	8000-20 000
geeignet für	Silomais, Grassilage, Rübenblattsil. } vor-schnei-	Grassilage, Maissilage, Rübenblattsilage	Silomais (Grassilage)	Silomais (Grassilage)
Arbeitsgänge	Entnahme + (Transport)	Entnahme + Transport	Entnahme + Transport + Verteilen	Entnahme
Nutzungsdauer nach - Zeit (a)	12	10	8	8
- Arbeit (h)	2400	1000	1200	1200
Reparaturkosten je 100 h (in % vom Anschaffungswert)	3,5	4,0	4,0	4,0

nommen werden. Nachgärescheinungen sind allerdings dabei nur bei größeren Entnahmemengen in erträglichen Grenzen zu halten. *Schlepperanbaugeräte*, bei denen ohne mühsames Vorschneiden ein glatter und verlustarmer Siloanschnitt möglich ist, gewinnen deshalb an Bedeutung.

Blockschneidegeräte sind in die Dreipunkthydraulik oder an den Frontlader angebaut; letzteres ist vor allem bei höherem Futterstapel zu empfehlen. Sie bestehen aus einer Gabel, welche horizontal in den Futterstock gestoßen wird. Schneidwerkzeuge schneiden anschließend einen viereckigen Block heraus, der dann direkt zum Stall transportiert wird (vgl. Kap. 3, Abschn. 2.2.4, S. 329 f.).

Flachsilofräsen sind dagegen nur Entnahmegereäte, welche in die Schlepperhydraulik eingebaut sind. Mittels Fräs Werkzeugen fräsen sie den Futterstapel ab. Das Gut wird dann in ein Wurfgebläse gefördert und das Gut in einen Fütterungswagen geblasen. Bei der Fütterung sind dadurch immer zwei Schlepper erforderlich.

Beim *Fräswagen*, welcher ebenfalls an den Schlepper angebaut ist, wird das Futter abgefräst, in einem Vorratsbehälter bis zu 5 m³ aufgefangen und anschließend in den Stall transportiert. Hier ist eine direkte Zuteilung in die Krippe mittels Verteileinrichtung möglich.

Die derzeit gebräuchlichen Entnahmeverfahren sind in der Tabelle 92 einander gegenübergestellt. Ein Vergleich dieser Verfahren ist aber nur unter Berücksichtigung der gesamten Fütterungsarbeiten möglich (vgl. Kap. 3, Abschn. 2.2.4, S. 325 f.).

3.2.3 Foliensilos

Kostengünstige Kunststofffolien ermöglichen es, auch ohne die Schaffung von massivem Siloraum und mit geringem Kapitalaufwand gute Silagequalitäten zu erzeugen. Allerdings ist dieses Silierverfahren nur für leicht vergärbare Futtermittel geeignet und erfordert besondere Sorgfalt bei der Siliertechnik. Es werden folgende Formen unterschieden:

Preßballensilo – Er ist nur für Futter mit einem Anwelkungsgrad von 40–60% Wassergehalt geeignet. Die Hochdruckballen werden auf einer Bodenfolie mit möglichst geringem Zwischenraum sorgfältig im Verbund gestapelt, mit einer weiteren Folie abgedeckt und mit umlaufenden Bändern verschlossen. Die Handhabung der feuchten Ballen erfordert schwerste körperliche Arbeit und die Gefahr des Nachgärens ist bei der geringen Lagerdichte von 1,2–1,4 dt/m³ sehr groß. Dafür wird die Entnahme durch handliche Einheiten erleichtert, und ein eigener Schlepper für das Festwalzen ist nicht erforderlich.

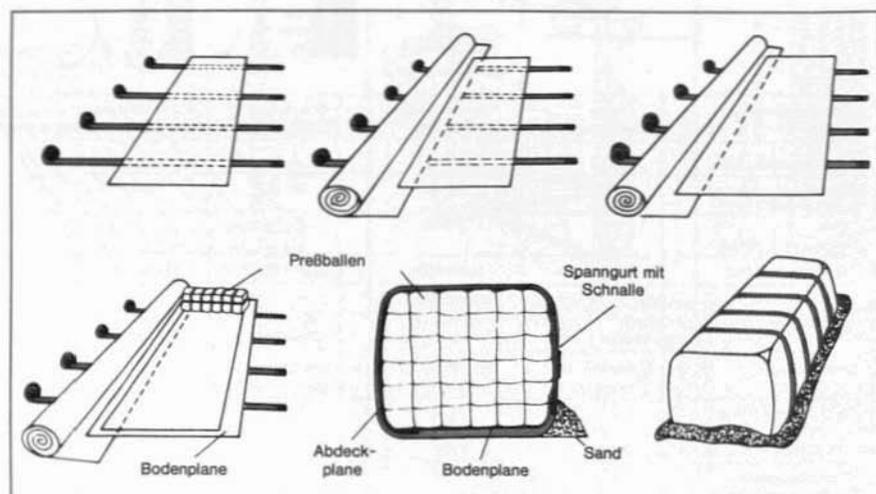


Abb. 332 Anlage eines Preßballensilos

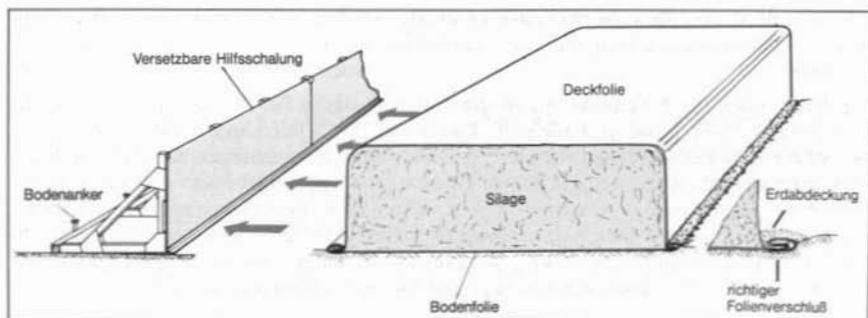


Abb. 333 Anlage eines Folien-Fahrsilos

Folien-Fahrsilo – Auf einer Bodenfolie oder besser auf einer Betonplatte wird der Futterstapel aufgeschichtet und mit dem Schlepper verdichtet. Versetzbare Hilfsschalungen aus Holz und Sperrholzplatten erleichtern diese Arbeit wesentlich und ermöglichen einen sauberen Futterstapel ohne hohe Randverluste auch bei kleineren Mengen. Die Hilfsschalungen sind versetzbar und werden nach dem Einlagern wieder abgenommen und zum Setzen anderer Foliensilos verwendet.

Folienschlauchsilo – Beim Folienschlauchsilo wird das gehäckselte (oder mit dem Ladewagen mit mindestens 12 Messern vorgeschchnittene) Gut von einer *Silopresse* in einen Folienschlauch aus 0,2 mm PE-Folie gestopft. Diese Presse besteht aus einem Annahmetisch, einer Preßvorrichtung und einem Formkanal. Auf diesen wird der Folienschlauch (bis 30 m Länge mit einem Durchmesser von 2,4 m) aufgezogen. Der gefüllte Teil des Folienschlauches (4 m³/lfd. m) bleibt auf der Erde liegen, während sich die Silopresse langsam vorwärts bewegt. Der Vorschub und damit der Grad der Verdichtung wird durch eine Bremsstrommel an der Silopresse eingestellt, über die zwei Drahtseile zu einer aufgestellten Rückwand des Siloschlauches laufen. Beim Folienschlauchsilo ist eine vollmechanische Einlagerung und Verdichtung möglich, allerdings bei höheren Maschinen- und Foliengkosten (etwa 2 DM/m³). Silopressen werden meist überbetrieblich eingesetzt, wobei Maschinenkosten um 20 DM/h üblich sind.

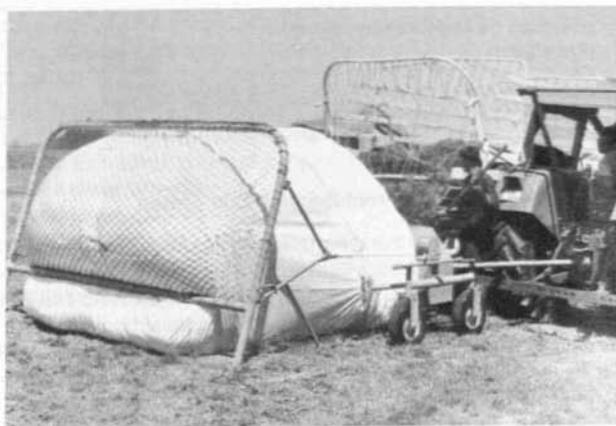


Abb. 334 Befüllen eines Folienschlauchsilos

Kunststoffolien – Die Auswahl geeigneter Kunststoffolien ist für Foliensilos von besonderer Bedeutung, da diese hohe jährliche Kosten verursachen. Von den *Abdeckplanen* ist ausreichende Geschmeidigkeit, mechanische Festigkeit bei hohen und niedrigen Temperaturen, Säurefestigkeit, hohe Gasdichte und physiologische Unbedenklichkeit sowie UV-Beständig-

keit zu fordern. Silofolien, die im Freien verwendet werden, müssen zudem weiß eingefärbt sein, um bei Sonneneinstrahlung eine übermäßige Erwärmung des Futterstockes einzuschränken.

Als *Bodenfolien* für Foliensilos eignen sich 0,10 mm starke PE-(Polyäthylen-)Planen, als Deckfolien 0,15–0,20 mm verstärkte PE-Planen und PVC-(Polyvinylchlorid-)Planen in einer Stärke von 0,20–0,40 mm. Letztere müssen wegen ihrer höheren Kosten 2–4 Jahre verwendet werden, wozu sie nach jedem Einsatz gereinigt, ausgebessert und mäuseicher aufbewahrt werden müssen. Geeignete Folien sind am DLG-Prüfzeichen zu erkennen, da die Qualität der Kunststoffplanen vom Landwirt selbst nur schwer überprüft werden kann (vgl. a. »Grundlagen der Landtechnik«, Kap. 4). Foliensilos sollten durch eine Umzäunung vor mechanischen Beschädigungen durch Tiere und Menschen geschützt werden.

Tabelle 93: Übersicht über geeignete Folien aus Polyäthylen (PE) für Foliensilos

Einfärbung	Eigenschaften	Einsatzbereich	Preis (1978) DM/m ² (bei 0,2 mm)
transparent	kältebruchfest, nicht UV-stabil	Bodenfolie (0,1–0,2 mm), Abdeckfolie für über- dachte Flachsilos	0,60
schwarz	kältebruchfest, UV-stabil, Erwärmung bei Sonneneinstrahlung	Abdeckfolie bei geringer Sonnen- einstrahlung	0,70
weiß	kältebruchfest, UV-stabil, reflektiert Sonneneinstrahlung	Abdeckfolie bei stärkerer Sonnenein- strahlung, Schlauchfolie für Silopressen	0,90

Tabelle 94: Arbeitsaufwand zum Abdecken von Flach- und Foliensilos

Art der Arbeit	Arbeitsaufwand AKh bei Silogrößen (m ³)		
	100	200	400
ganzflächige Abdeckung mit Erde (Frontlader)	4	8	14
Punktweises Beschweren mit Sandsack und Autoreifen	3	4	6

3.2.4 Vergleich der verschiedenen Siloformen

Eines der wichtigsten Auswahlkriterien bei den Silobauformen sind die **Konservierungsverluste**. Im allgemeinen zeichnen sich die Hochsilos durch geringere Konservierungsverluste aus. Vielen Betrieben gelingt es aber auch im Flachsilo und selbst im Foliensilo, beste Futterqualitäten zu erzeugen. Entscheidend für gute Silagequalitäten und geringe Konservierungsverluste sind weniger die Behälterformen, sondern die Siliertechnik und die Sorgfalt, mit der bei der Ernte und beim Befüllen vorgegangen wird. Flach- und Foliensilos stellen höhere Anforderungen an das Können des Landwirts als Hochsilos.

Eine **arbeitswirtschaftliche Beurteilung** der verschiedenen Silobauformen kann nur im Zusammenhang mit der gesamten Arbeitskette vom Feld bis zum Tier erfolgen (vgl. Kap. 2, Abschn. 3.3.3, Kap. 3, Abschn. 2.2.4 und Abschn. 2.3.4). Während die Befüllung der Hochsilos auch in Ein-Mann-Arbeit möglich ist, müssen bei Flach- und Foliensilos mindestens zwei, besser drei Arbeitskräfte mit der gleichen Zahl an Schleppern zusammenarbeiten.

Weitere Beurteilungsmerkmale sind in der Tabelle 95 zusammengefaßt.

Tabelle 95: Vergleich der Silobehälter

Beurteilungsmerkmale	Hochsilo			Flachsilo	Foliensilo		
	Beton	Metall	Holz		Ballensilo	Folien-Fahrsilo	Folien-schlauch-silo
Kapitalbedarf DM/m ³ (200 m ³)	80	120	70	30-60	-	-	5,50
var. Kosten DM/m ³	0,60	-	-	0,90	1,00	1,00	2,00
Selbsthilfe	wenig	keine	wenig	viel	sehr viel	sehr viel	sehr viel
Pflegeaufwand	hoch	gering	gering	hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering
Gärbedingungen	sehr gut	sehr gut	gut	gut	schlecht	gut	gut
Gefahr von Nachgärungen	sehr gering	mittel	gering	mittel	hoch	hoch	mittel
Mechanisierungs- aufwand	auf- wendig	sehr auf- wendig	auf- wendig	einfach	auf- wendig	einfach	auf- wendig
erforderliche Schlagkraft	gering	hoch	gering	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch
Ein-Mann-Arbeit	ja	ja	ja	nein	nein	nein	(ja)
Flächenbedarf (m ²) für ein 200 m ³ -Silo	25	25	25	100	250	200	300
Eignung für:							
Silomais	+	+	+	+	-	+	+
Anwelksilage	+	+	+	+	(+)	+	+
Zuckerrüben- blattsilage	+	-	-	+	-	+	-

Unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile muß jeder Betriebsleiter selbst entscheiden, welche Siloform seinen betrieblichen Anforderungen am besten entspricht. Allgemein ist dabei folgende Zuordnung möglich:

- ▶ **Hochsilos** eignen sich für Betriebe,
 - welche die gesamte Futterernte in Ein-Mann-Arbeit durchführen müssen,
 - die eine vollautomatische Entnahme und Fütterung anstreben,
 - die ganzjährige Silagefütterung betreiben,
 - die beschränkte Platzverhältnisse auf dem Hof haben.
- ▶ **Flachsilos** sind für Betriebe geeignet, die
 - mit wenig Kapital und in Eigenhilfe billigen Siloraum herstellen wollen,
 - eine schlagkräftige Erntekette einzel- oder überbetrieblich zur Verfügung haben,
 - die Rübenblatt einsilieren.
- ▶ **Foliensilos** dienen meist zur Ergänzung vorhandener Siloräume.

3.3 Ernte von Anwelksilage

Qualitativ hochwertige Anwelksilage ist die Voraussetzung für eine kostengünstige Milchproduktion. Sie kann aber nur in sehr kurzen Zeitspannen gewonnen werden. Deshalb werden an die Schlagkraft der Mechanisierungsketten außerordentlich hohe Anforderungen gestellt. Insbesondere hängt diese ab

- ▶ von der erforderlichen Winterfuttermenge,
- ▶ von den regenfreien Tagen, die in der Erntesaison zu erwarten sind,
- ▶ von der Mindestschlagkraft, die beim Befüllen der Silobehälter für günstige Gärbedingungen erforderlich ist (vor allem bei Flachsilos mit mindestens 4 t/h).

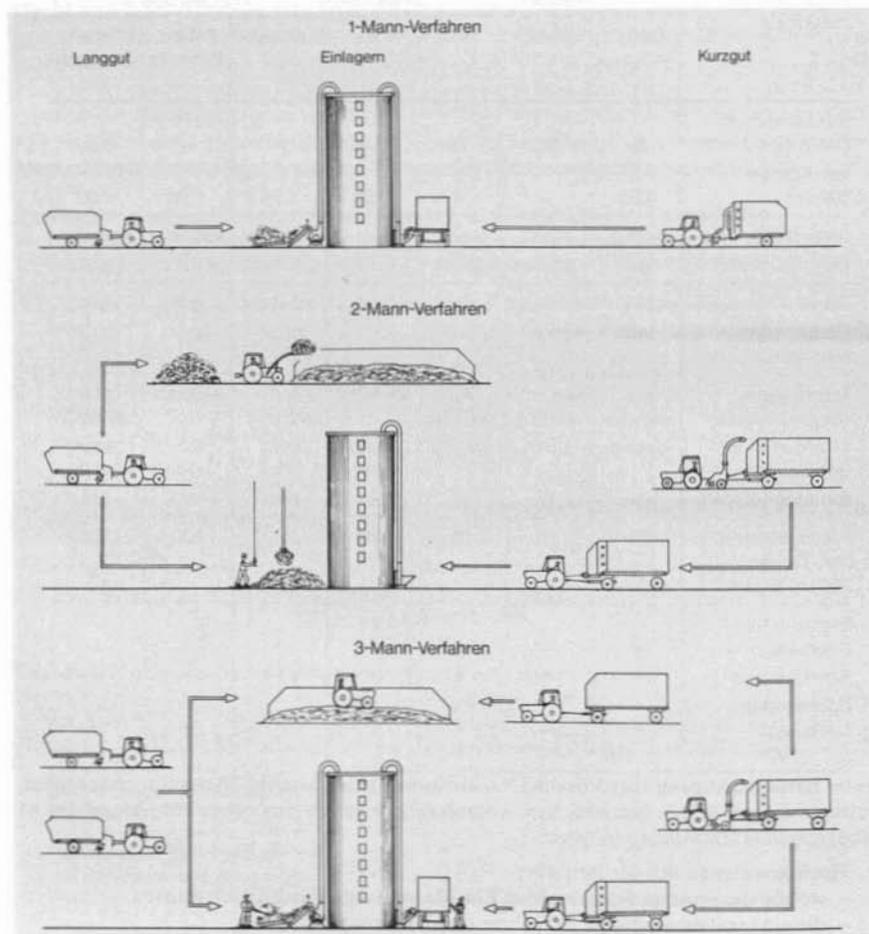


Abb. 335 Verfahren für die Ernte von Anweklsilage

Tabelle 96: Erforderliche Bergeleistung bei der Ernte von Anweklsilage (t/h)
 Bedarf: 30 kg Anweklsilage pro Kuh und Tag; 200 Winterfüttertage
 Zeitspanne: 6 × 2 Tagesperioden mit schönem Wetter; Futterbergung 4–6 Stunden pro Tag (h/d)

Kühe	tägliche Bergezeit		
	4 h/d	5 h/d	6 h/d
20	4,8	3,8	3,2
40	9,3	7,4	6,2
80	14,0	11,2	9,3

Sind dafür die Daten bekannt, dann läßt sich für jeden Betrieb die erforderliche Bergeleistung in Tonnen/Stunde errechnen und das für den Betrieb erforderliche Arbeitsverfahren auswählen.

Die wichtigsten Gesichtspunkte bei der Auswahl und Organisation der Arbeitsverfahren sind:

- Maschinenart (Kurz- oder Langgut)
- Siloform (Hoch-, Flach- bzw. Foliensilo)
- Schlepper- und Arbeitskräftezahl
- Feldentfernung

3.3.1 Ein-Mann-Verfahren

Steht lediglich eine Arbeitskraft für die Silagebergung zur Verfügung, dann sind Arbeitsketten nur in Verbindung mit dem Hochsilo möglich. Geeignete Ladegeräte sind Ladewagen mit Schneideinrichtung und Häckselladewagen, die ohne hohe Rüstzeiten auch gleichzeitig den Transport des Futters zum Hof übernehmen. Die Einlagerung des Futters erfolgt bei der Langgutkette über eine Dosierstation und Gebläsehäcksler und bei der Kurzgutkette mittels Wurfgebläse in Hochsilo.

Die Bergeleistung der **Langgutkette** wird in erster Linie durch die Ladewagengröße bestimmt. Infolge des geringeren Fassungsvermögens kleinerer Ladewagen sind auf dem Feld häufige Leerfahrten und vermehrte Wendezeiten erforderlich. Besonders nachteilig wirken sich kleinere Ladewagen auf die Transportleistung – vor allem bei größeren Entfernungen – aus. Ein weiterer Engpaß besteht bei der Einlagerung in Hochsilo durch Gebläsehäcksler, wenn nur geringe Antriebsleistungen zur Verfügung stehen. Unterstellt man 1000 m Feldentfernung, so sind bei einem Ladewagen mit 20 m³ Fassungsvermögen und 15 kW Antriebsleistung beim Standhäcksler lediglich 3,2 t/h Bergeleistung möglich. Beim Einsatz von Großraumladewagen mit 28 m³ Fassungsvermögen und 20 kW Antriebsleistung zur Einlagerung kann die Bergeleistung der Ein-Mann-Ladewagenkette auf 3,7 t/h gesteigert werden.

Eine weitere Steigerung der Bergeleistung ist nur möglich, wenn auf die Zuteilung von Hand zugunsten einer Dosierstation verzichtet wird. Damit kann während des Holens der nächsten

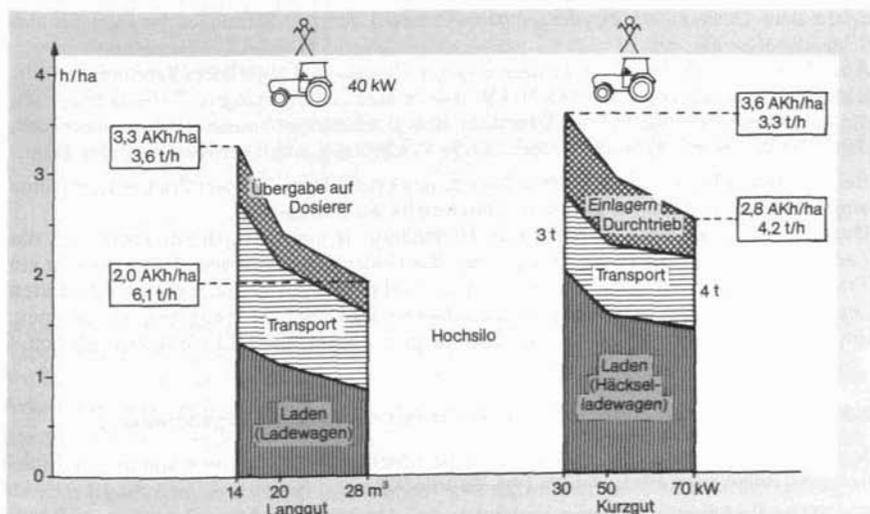


Abb. 336 Arbeitszeitbedarf beim Ein-Mann-Verfahren bei der Anweilsilagebereitung (33% TM, 1000 m Feldentfernung, 120 dt/ha, 300 m Schlaglänge, 12 km/h Transportgeschwindigkeit)

Fuhre mit wesentlich geringerer Gebläseleistung insgesamt eine höhere Bergeleistung (bis zu etwa 5 t/h) erreicht werden.

Bei der **Kurzgutkette** wird die Bergeleistung vorrangig von der Antriebsleistung für den Häckselladewagen bestimmt. Auch die Abladezeiten können mit stärkerem Schleppern verkürzt werden, wenn ein »Zapfwellen-Durchtrieb« verwendet wird. Trotzdem liegen die Bergeleistungen im Vergleich zum Langgutverfahren niedriger, weil zum einen das Laden auf dem Feld längere Zeit in Anspruch nimmt und zum anderen das Gespann während der Einlagerung zusätzlich festgehalten wird (Abb. 336, S. 273).

3.3.2 Zwei-Mann-Verfahren

Beim Zwei-Mann-Verfahren treten bereits erhebliche organisatorische Probleme auf, da die einzelnen Arbeitsglieder möglichst genau aufeinander abgestimmt werden müssen.

Bei der **Langgut-Hochsilokette** ist die Greifereinlagerung eine typische Form des Zwei-Mann-Verfahrens. Es zeichnet sich vor allem durch einen erheblich niedrigeren Energieverbrauch gegenüber der Kombination »Dosierer und Gebläse oder Gebläsehäcksler« aus. Insgesamt erreichen zwar beide die gleiche Bergeleistung, letzteres erfordert aber den doppelten Zeitbedarf. Wird hingegen die Silage im **Flachsilo** bereitet, dann sinkt aufgrund der mangelhaften Einlagerungs- und Walzleistung durch die zweite Arbeitskraft die Bergeleistung.

Bei der **Kurzgut-Hochsilokette** wird vom ersten Gespann das Futter auf dem Feld geladen, während die zweite Arbeitskraft den Transport und die Einlagerung des Futters übernimmt. Begrenzend wirkt hierbei die Ladeleistung, so daß mit allen Einlagerungsgeräten etwa die gleiche Bergeleistung erbracht wird. Die Silagebereitung im **Flachsilo** wird dagegen erst im Drei-Mann-Verfahren sinnvoll.

3.3.3 Drei-Mann-Verfahren

Sobald mindestens drei Arbeitskräfte zur Verfügung stehen (Nachbarschaftshilfe und überbetrieblicher Maschineneinsatz), können auch leistungsstarke Ladegeräte sinnvoll genutzt werden.

Bei der **Langgutkette** werden zweckmäßigerweise zwei Ladewagenspanne eingesetzt. Begrenzend wirkt dann die Einlagerungsleistung bei den Hochsilos. Als Ausweg bietet sich neben dem Dosierer ein eigener Antriebsschlepper für den Standhäcksler oder für das Schneidegebläse an.

Auch beim Flachsilo bildet die Einlagerung den Engpaß und auch dabei kann nur ein sehr leistungsstarker Schlepper ab etwa 80 kW eine bessere Lösung bringen. Außerdem müssen die Ladewagenspanne bei der Überfahrt eine gleichmäßige Futterverteilung anstreben, damit der Walzschlepper ausschließlich für die Verdichtungsarbeit verwendet werden kann.

Bei der **Häckselkette** sind neben dem Ladegespann beim Hochsilo zwei Transportgespanne eingesetzt. Sie übernehmen über den »Durchtrieb« die Einlagerung.

Dagegen ergibt sich beim Flachsilo eine Dreiteilung: Je eine Arbeitskraft übernimmt das Laden, den Transport und die Einlagerung. Bei Feldentfernungen über 1000 m reicht ein Transportgespann nicht mehr aus, so daß dann Verfahren mit vier und mehr Arbeitskräften entstehen. Auch dabei muß allerdings ein schwerer Schlepper die Walzarbeit übernehmen, um einen guten Arbeitsausgleich und damit Bergeleistungen bis zu 11 t/h zu ermöglichen.

3.3.4 Vergleich und Zuordnung der Verfahren der Anwelksilagebereitung

Je nach der geforderten Schlagkraft können die einzelnen Bergeverfahren bestimmten Viehbestandsgrößen zugeordnet werden (vgl. Tabelle 97).

Ein-Mann-Verfahren sind nur in Verbindung mit Hochsilos sinnvoll und genügen lediglich für Betriebe mit bis zu 25 Kühen (ohne Nachzucht). Mit **Zwei-Mann-Verfahren** kann das Winterfutter für bis zu 40 Kühe und mit **Drei-Mann-Verfahren** für bis zu 60 Kühe im vorgege-

Tabelle 97: Futterberge-Verfahren im Vergleich

Verfahren	Leistungsbedarf kW	AK	Zeitbedarf AKh/ha	Bergeleistung t/h	Bergeleistung t/h und AK	Ausreichend für Bestandsgröße Tiere
1	2	3	4	5	6	7
Langgut:						
Ladewagen (20 m ³) + Standhäcksler/Schneidgebläse	35	1	3,8	3,2	3,2	13
Ladewagen + Dosierer + Gebläse	35	1	2,5	4,8	4,8	20
Ladewagen + Greifer	35	2	5,0	4,8	2,4	20
2 Ladewagen (20 m ³) + Dosierer + Gebläse	2 × 35	2	3,0	8,0	4,0	34
2 Ladewagen + Greifer	2 × 35	3	4,5	8,0	2,8	34
2 Ladewagen + Walzschlepper (Flachsilo)	2 × 35	3	4,5	8,0	2,8	34
2 Ladewagen (28 m ³) + Walzschlepper (Flachsilo)	2 × 45	3	3,3	11,0	3,7	46
Kurzgut:						
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen	35	1	4	3,0	3,0	13
Feldhäcksler, Fördergebläse oder Förderband						
Feldhäcksler, Handzuteilung						
	50	1	3,2	3,8	3,8	16
	70	1	2,8	4,3	4,3	18
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen + Dosierer	35	1	3	4,0	4,0	17
+ Gebläse	50	1	2,5	4,8	4,8	20
+ Tiefsiloeinlagerung	70	1	2,2	5,4	5,4	23
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen + Dosierer + Gebläse	35	2	4,4	5,5	2,75	24
Feldhäcksler, Selbstentladewagen + Gebläse + Durchtrieb	50	2	3,2	7,5	3,75	32
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen Flachsilo (+ 1AK)	70	2	2,6	9,2	4,6	40
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen + Dosierer + Gebläse (Antriebsschlepper)	100	3	2,7	13,4	3,5	60
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen + Flachsilo (+ 1AK)						
Voraussetzungen: Ertrag = 120 dt/ha, 33 % TM, 1000 m Feldentfernung, 300 m Schlaglänge, Winterfütterration = 30 kg/Kuh und Tag, ohne Nachzucht, 6 × 2 Tagesperioden mit je 5 Stunden Bergezeit/Tag						

benen Zeitraum geerntet werden. Für darüber hinausgehende Bestandsgrößen sind längere Arbeitszeiten je Tag oder parallel arbeitende Verfahrensketten erforderlich.

Neben der Schlagkraft der einzelnen Bergeverfahren sind als weitere Auswahlkriterien der **Arbeitszeit- und der Kapitalbedarf** von Bedeutung (vgl. Abb. 337, S. 276).

Ein-Mann-Arbeitsverfahren haben bei der Ernte von Anwelksilage nicht nur eine geringe Schlagkraft, sondern erfordern auch einen hohen Kapitalbedarf. Ähnliches gilt für die Zwei-Mann-Häckselkette, obwohl hier je ha der geringste Arbeitszeitbedarf erforderlich ist. Dagegen lassen sich bei Drei-Mann-Verfahren hohe Ernteleistungen mit niedrigem Kapitalaufwand je Arbeitskraft verbinden. Bei der Ernte von Anwelksilage sollte deshalb eine überbetriebliche Zusammenarbeit mit leistungsfähigen Maschinen angestrebt werden.

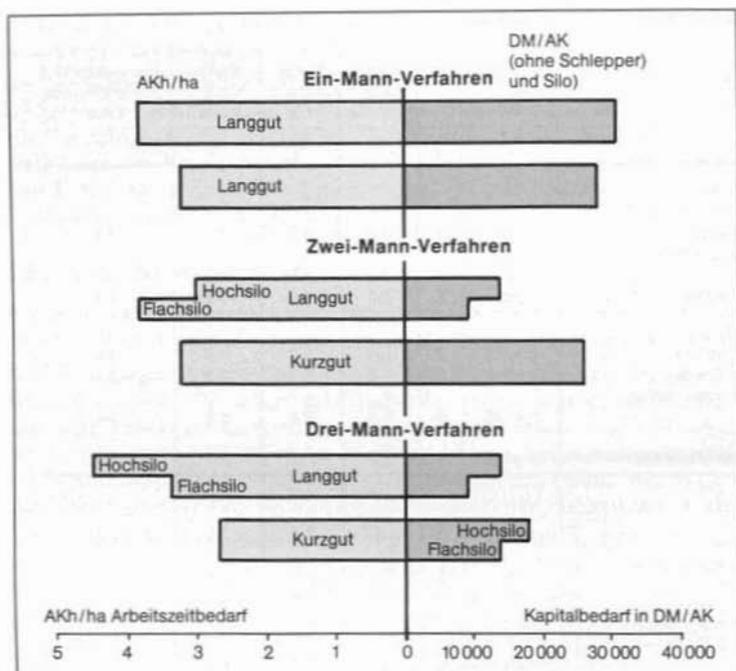


Abb. 337 Arbeitszeitbedarf und Kapitalbedarf für die Ernte von Anweklsilage

3.4 Ernte von Silomais

Die Anforderungen an die Schlagkraft der Silomaisernteverfahren steigen aus folgenden Gründen:

- Maximale Hektarerträge lassen sich nur mit spätreifenden Maissorten bei guter Ausreife erzielen,
- die zunehmende Spezialisierung auf Bullenmast mit alleiniger Maissilagefütterung erfordert eine starke Ausdehnung des Silomaisanbaues.

Dadurch müssen in einer kurzen Zeitspanne große Mengen Silomais geerntet und eingelagert (konserviert) werden. Unterstellt man für die Ernte von Silomais 7 Stunden Arbeitszeit pro Tag, so sind bei ganzjähriger Maissilagefütterung folgende Bergeleistungen erforderlich:

Mastbullen	12 Feldarbeitstage	6 Feldarbeitstage
	erforderliche Bergeleistung (t/h)	
50	4,5	9
250	22,0	44
400	35,0	70

Aus siliertechnischen Gründen ist für die Silomaisernte nur die Häckselkette geeignet. Bei der Organisation der Mechanisierungskette unterscheidet man die in Abb. 338 dargestellten Arbeitsverfahren.

3.4.1 Organisation absätziger Ernteverfahren

Bei absätzigem Ernteverfahren wird von einer Arbeitskraft nacheinander das Häckseln, der Transport und die Einlagerung durchgeführt. Deshalb ist auch hier echte Ein-Mann-Arbeit

nur mit Hochsilos möglich. Leistungsbestimmend sind verringerte Zeiten für das Laden (Häckseln) und das Einlagern. Deshalb erbringen entweder starke Schlepper und hohe Antriebsleistungen für die Einlagerung die besten Verfahrensleistungen oder es wird vor das Gebläse ein Dosierer zwischengeschaltet und somit ein kontinuierlicher Abladestrom erzeugt.

Mit einem 40 kW-Schlepper und einem 4 t-Wagen bei Handzuteilung vom Kratzboden in ein Fördergebläse mit 15 kW werden etwa 10 h zur Ernte von 1 ha Silomais benötigt, entsprechend einer Bergeleistung von 4,6 t/h (Tabelle 97). Wird hingegen zur Einlagerung der Schlepper mit Durchtrieb verwendet, dann steigt die Bergeleistung schon auf über 5 t/h und ein stärkerer Schlepper (60 kW) würde sogar eine Bergeleistung von etwa 6 t/h erbringen. Die gleiche Bergeleistung würde aber auch der genannte 40-kW-Schlepper mit Kipper und Dosierer ermöglichen, wozu ein wesentlich geringerer EL-Anschlußwert erforderlich wäre.

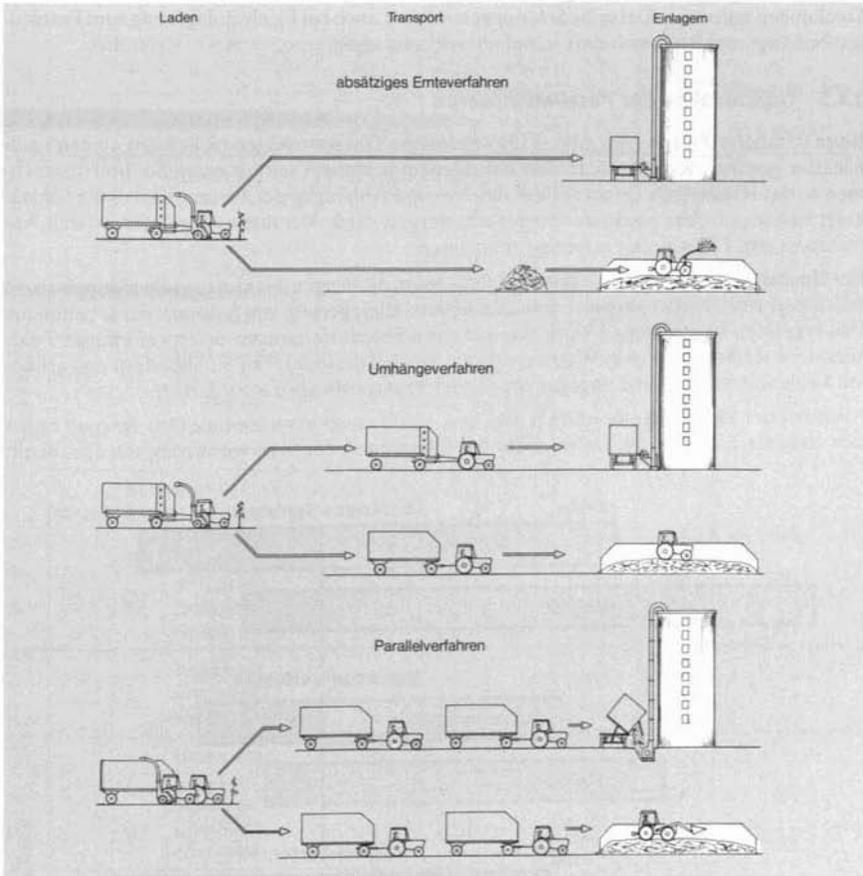


Abb. 338 Verfahren der Silomaisernnte

Wird die Silagebereitung im Flachsilo durchgeführt, dann wird zusätzlich eine Arbeitskraft für die Einlagerung benötigt. Insgesamt steigt dabei die Bergeleistung aber nicht. Allerdings ist durch diese Organisationsform die Arbeitskraft für die Einlagerung nur sehr schlecht ausgelastet. Es empfiehlt sich deshalb, das Abladen des Häckselgutes vor dem Silo vorzunehmen, damit ein eventuelles Festsitzen bei der Überfahrt die Gesamtleistung nicht zusätzlich verschlechtert. Grundsätzlich sollte aber bei Flachsilolagerung zum Umhängeverfahren übergegangen werden.

3.4.2 Organisation der Umhängeverfahren

Bei dieser Organisationsform wird die Gesamtarbeit getrennt in Häckseln und Transport mit Einlagerung. Bei Flachsilolagerung kommt eine dritte Arbeitskraft für das Walzen hinzu. Die Bergeleistung wird dabei vom schwächsten Glied der Kette bestimmt. In der Regel ist dies die Leistungsfähigkeit des Häckselgespannes. Wird ein einreihig arbeitender Häckslers eingesetzt, dann ist die Mehrleistung gegenüber dem absätzigigen Verfahren nur gering. Sie dürfte auch bei stärkeren Antriebsschleppern 8 t/h nicht überschreiten.

Für die in der Praxis inzwischen in größerer Zahl vorhandenen großen Schlepper sollten deshalb zweireihig arbeitende Maschinen eingesetzt werden. In Verbindung mit Kipper und Dosierer würden dann zwei Arbeitskräfte eine Bergeleistung von etwa 13–14 t/h erzielen und damit den Zeitaufwand zur Ernte von 1 ha Silomais auf etwa 3,5 h senken. Allerdings ist dann für den Gebläseantrieb ein eigener Schlepper mit etwa 60 kW erforderlich, damit keine Stockungen auftreten. Derselbe Schlepper wird aber auch bei Flachsilolagerung zum Festwalzen benötigt und liegt auch dort schon an der Leistungsgrenze.

3.4.3 Organisation der Parallelverfahren

Beim Parallelverfahren (vgl. Abb. 339) werden die Transportwagen nicht mehr an den Feldhäckslers gehängt, sondern sie fahren mit eigenem Schlepper seitlich nebenher und übernehmen so das Häckselgut. Dabei entfällt das An- und Abhängen der Wagen, so daß die Schlagkraft leistungsstarker Häckslers voll genutzt werden kann. Voraussetzung dafür ist, daß Abtransport und Einlagerung reibungslos ablaufen.

Bei **Hochsiloketten** ist dies nur dann möglich, wenn die Wagen das Gut am Silo abkippen bzw. durch den Kratzboden abspulen und die weitere Einlagerung von automatisch arbeitenden Dosiergeräten übernommen wird. Bei kürzeren Feldentfernungen und zweireihigen Feldhäckslern reichen dazu zwei Wagengespanne aus, bei dreireihigen Feldhäckslern und größeren Feldentfernungen sind dagegen bis zu vier Transportwagen erforderlich.

Auch bei der **Flachsilokette** reichen drei bzw. vier Transportwagen aus. Den Engpaß bildet hier aber die Einlagerung. Dabei sollte das Überfahren der Silos vermieden werden, damit

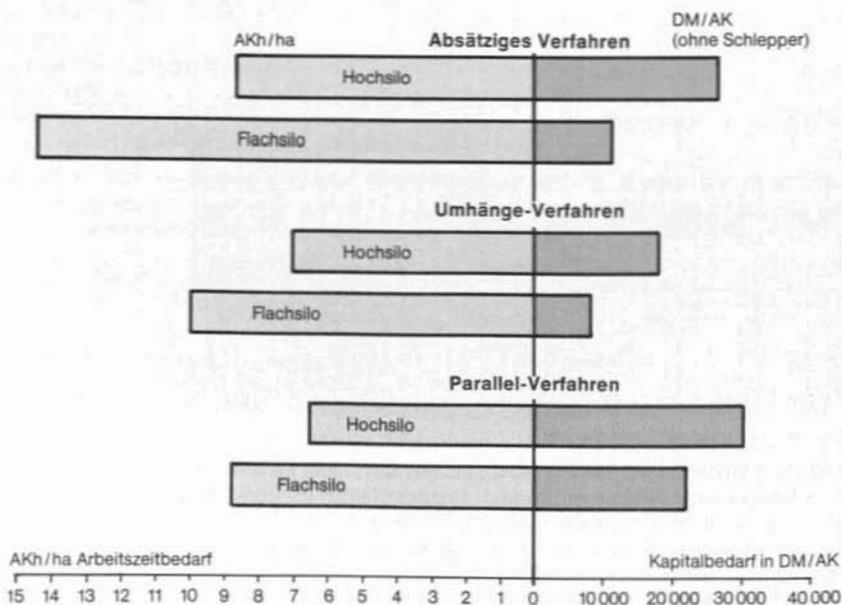


Abb. 339 Arbeitszeit- und Kapitalbedarf für die Ernteverfahren von Silomais

durch Festsitzen nicht der gesamte Verfahrensablauf ins Stocken gerät. Die Einlagerung und das Walzen kann dann ein Radlader übernehmen.

Insgesamt sind im Parallelverfahren mit zweireihig arbeitenden Häckslern Bergeleistungen von 25 t/h und mit dreireihigen 40 t/h möglich. Dazu sind allerdings zwei Großschlepper mit 120 kW erforderlich, weshalb diese Verfahren ausschließlich Großbetrieben oder dem überbetrieblichen Maschineneinsatz vorbehalten bleiben.

3.4.4 Zuordnung und Beurteilung der Silomais-Ernteverfahren

Die Anforderungen, die von der Landwirtschaft an die Schlagkraft der Silomaisernteverfahren gestellt werden, lassen sich durch die Wahl entsprechender Geräte und durch gute Arbeitsorganisation erfüllen.

Tabelle 98: Zuordnung und Beurteilung von Silomais-Ernteverfahren

	Reihen- zahl	Einlagerung	Wagen- zahl	AK- Zahl	Zeit- bedarf (h/ha)	Bergeleistung		Ausreichend für Bestandsgröße (Tiere) (12 FAT) ¹⁾
						(t/h)	(t/h u. AK)	
Hochsilo	1	Absätzlich: Handzuteilung + Gebläse ZW-Durchtrieb + Gebläse Dosierer + Kipper	1	1	9,8	4,6	4,6	50
	1		1	1	8,8	5,1	5,1	57
	1		1	1	7,5	6,0	6,0	67
	1	Umhängen: Handzuteilung + Gebläse Dosierer + Kipper	2	2	11,8	7,6	3,8	85
	2		2	2	6,8	13,6	6,8	152
	1	Parallel: Handzuteilung + Gebläse Dosierer + Kipper	2	3	11,3	12,0	4,0	134
	2 SF		3	4	7,3	25,0	6,3	280
	3 SF		4	5	6,5	38,0	7,6	425
	Flachsilo	1	Absätzlich: Abkippen vor Silo	1	2	15,0	6,0	3,0
1		Umhängen: Überfahrt abspulen Überfahrt abspulen	2	3	17,7	7,6	2,6	85
2			2	3	9,9	13,6	4,5	152
1		Parallel: Überfahrt abspulen Überfahrt abspulen Abkippen vor Silo	2	4	15,0	12,0	3,0	134
2 SF			3	5	8,5	25,0	5,0	280
3 SF			3	5	6,5	38,0	7,6	425

¹⁾ FAT = Feldarbeitstage

Für Betriebe mit bis zu 80 Mastbullen stellt der einreihige Spezialmaishäcksler mit 50 kW Antriebsleistung eine gute Mechanisierungslösung dar. Je nach Art der Silagebereitung sind dazu ein bis drei Arbeitskräfte erforderlich. Einen Sonderfall bildet einreihige Arbeit im Parallelbetrieb, wobei allerdings die Leistung je Arbeitskraft und damit für das gesamte Verfahren unbefriedigend ist.

Maishäcksler mit Antriebsleistungen von 80–100 kW zurückgreifen. Für noch größere Bestände eignen sich dann selbstfahrende Häcksler mit 3 oder 4 Reihen Arbeitsbreite. Allerdings erreichen diese Verfahren nur im Parallelbetrieb die höchste Leistung.

Im **Arbeitszeitbedarf** unterscheiden sich – im Gegensatz zur Schlagkraft – die einzelnen Verfahren nur gering. Große Unterschiede sind dagegen zwischen Hoch- und Flachsilo gegeben. Sie sind beim absätzigen Verfahren hoch und nehmen bis zum Parallelverfahren stark ab. Hervorgehoben werden sie durch die zusätzlich erforderliche Arbeitskraft zum Verdichten des Häckselgutes im Flachsilo.

Allerdings sind bei Flachsiloketten geringere **Kapitalaufwendungen** erforderlich, so daß bei der Silomaisernie zunehmend der Flachsilo bevorzugt wird. Für mittlere Ansprüche an die Schlagkraft ist hier vor allem das Umhängeverfahren im überbetrieblichen Einsatz günstig zu beurteilen. Die arbeitswirtschaftlichen Vorteile des Parallelverfahrens sind dagegen wegen der hohen Kapitalbelastung nur bei umfangreicher Auslastung in Lohnunternehmen und Maschinenringen sinnvoll zu nutzen.

4 Verfahren der Heubereitung und Grünfütterttrocknung

4.1 Anforderungen

Frisches Gras hat zum Schnittzeitpunkt einen Feuchtegehalt von 80–85% und ist deshalb leicht verderblich. Im trockenen Zustand (14–18%, je nach Gutsart) bietet Rohfutter den Mikroorganismen schlechte Lebensbedingungen, es ist in diesem Feuchtegehaltsbereich lagerstabil. Mit verschiedenen Trocknungsverfahren wird versucht, dem Trocknungsgut Wasser zu entziehen, wobei folgende Forderungen erfüllt werden sollten:

- hohe Gutqualität,
- geringe Verluste,
- tragbare Kosten,
- hohe Verfahrensleistung,
- geringer Arbeitsaufwand.

Je nach Klimalage und Betriebsituation werden unterschiedliche Maßnahmen notwendig, um die gewünschten Qualitäten zu erzielen. Allen Verfahren gemeinsam sind physikalische Grundlagen, deren Befolgung Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Trocknung ist.

4.2 Physikalische Grundlagen

Beim Trocknen von Gras müssen große Wassermengen an die Umgebungs- bzw. Trocknungsluft abgegeben werden (je ha Gras etwa 8–15 t/Schnitt). Damit das Wasser verdunsten kann, muß die umgebende Luft wasseraufnahmefähig sein. Diese Aufnahmefähigkeit der Luft steigt mit der Erhöhung der Luft- und Guttemperatur, die mit einer Senkung der relativen Luftfeuchte einhergeht. Die Steigerung der Wasseraufnahmefähigkeit von Luft durch Temperaturerhöhung wird in Abb. 340 näher veranschaulicht.

Beispiel: Bei 20° C kann beispielsweise Luft 15 g Wasser pro kg beinhalten, wenn sie voll gesättigt ist. Bei voller Sättigung spricht man von einer relativen Luftfeuchte von 100%, bei halber Sättigung liegt sie bei

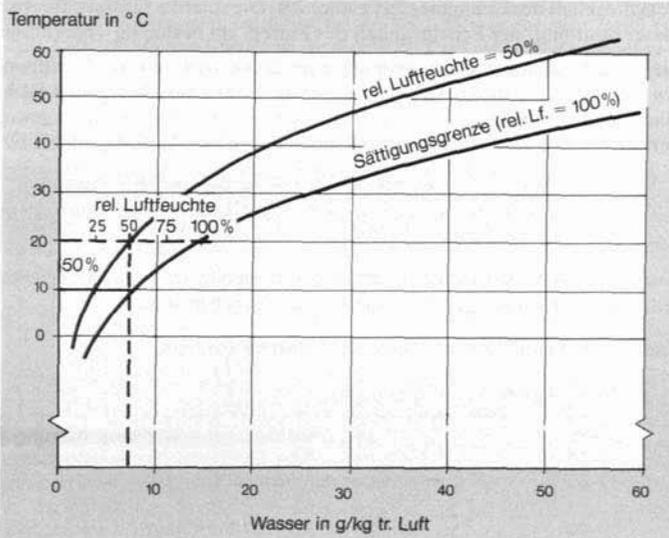


Abb. 340 Zusammenhänge zwischen Temperatur, Feuchtegrad und relativer Luftfeuchte

50%. Kühlt sich die Luft bei gleichbleibendem Feuchtegrad (das ist die absolute Wassermenge je kg oder je m^3 Luft), so steigt die relative Luftfeuchte an; Luft, die beispielsweise am Tag bei $20^\circ C$ eine relative Luftfeuchte von 50% aufweist, kühlt sich gegen Abend auf $9^\circ C$ ab, die relative Luftfeuchte steigt auf 100%. In diesem Zustand kann die Luft keine Feuchtigkeit mehr aufnehmen, sie wird bei weiter sinkenden Temperaturen sogar Wasser abgeben (Taubildung).

An **wasseraufnahmefähige Güter** kann die Luft schon vor Erreichen ihrer Sättigung Wasser abgeben. Mit der Umgebungsluft stellt sich nämlich ein Feuchtigkeitsgleichgewicht ein; dieses ist temperaturabhängig. Zeichnet man die Punkte der Gleichgewichtsfeuchte bei einer bestimmten Temperatur in einem Diagramm auf und verbindet diese Punkte, dann erhält man eine *Sorptionsisotherme*. In der Abb. 341 wird diese Gleichgewichtsfeuchte zwischen Wiesengras und Luft bei $20^\circ C$ gezeigt. Aus dieser Sorptionsisotherme kann man ablesen, ob die Luft bei einer bestimmten relativen Feuchtigkeit noch Wasser aus dem Futter, dessen Feuchtigkeitsgehalt bekannt sein muß, aufnehmen kann.

Beispiel: Die relative Luftfeuchte von 65% liegt bei einer Temperatur von $20^\circ C$ vor. Das Futter hat einen Feuchtegehalt von 30%. Nach der Sorptionsisotherme entspricht ein Gutsfeuchtegehalt von 30% einer relativen Luftfeuchte von 75%. Da die Luft aber nur 65% relative Luftfeuchte aufweist, ist ein Trocknungserfolg sicher. Würde die relative Luftfeuchte nicht 65%, sondern 80% betragen, dann würde das Gut wieder befeuchtet werden. Aus dem Verlauf der Sorptionsisotherme geht hervor, daß für bereits stärker abgewelktes Gut höhere Ansprüche an die relative Luftfeuchte gestellt werden. Während feuchtes Gut auch bei höherer Luftfeuchte noch Wasser abgibt, wird es bei sinkendem Feuchtegehalt immer schwieriger, entsprechende Witterungsbedingungen für eine Trocknung zu bekommen.

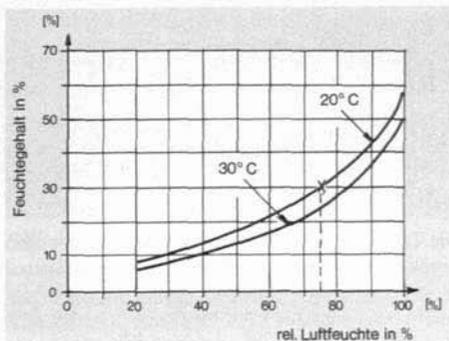


Abb. 341 Sorptionsisothermen bei Gras

Um die oben genannten physikalischen Zusammenhänge bei der praktischen Durchführung der Trocknung richtig anwenden zu können, ist es notwendig, die relative Luftfeuchte und den

Feuchtegehalt des Grüngutes zu bestimmen. Die relative Luftfeuchte wird mit einem Hygrometer bestimmt, der Feuchtegehalt des Futters am besten im Trockenschrank.

Steht zur Feuchtegehaltsbestimmung kein Trockenschrank zur Verfügung, so läßt sich auch ein Backofen für diese Aufgabe benutzen. 1000 g Feuchtgut sind 24 h bei 105° C in der Backröhre zu trocknen. Danach wird das getrocknete Futter zurückgewogen; der Gewichtsverlust geteilt durch 10 ergibt den Feuchtegehalt des Ausgangsmaterials in %.

Beispiel:
$$\frac{\text{Anfangsgewicht } 1000 \text{ g} - \text{Endgewicht } (600 \text{ g})}{10} = \text{Feuchtegehalt } 40\%$$

Zur groben Abschätzung des Feuchtegehaltes genügt die Beurteilung nach äußeren Merkmalen, die in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben sind.

Tabelle 99: Beurteilung des Feuchtegehaltes bei Grüngut

Feuchtegehalt %	Merkmale
85-75	frisch geschnitten, keine Welkeerscheinungen;
75-60	Blätter welken, Farbe blaß, Stengel noch prall und grün;
60-50	Blätter noch weich, Stengel welken und blassen, Gut gabelt sich schwer;
50-40	Blätter beginnen zu rascheln, Stengel noch zäh, Farbe bereits einheitlich, gabelt sich leichter;
40-30	Blätter bereits trocken, rascheln, bei Nagelprobe Saftaustritt am Stengel, Bröckelverlustgefahr;
30-25	Stengel noch weich, aber bei Nagelprobe kein Saftaustritt mehr, Bröckelverlustgefahr;
20	Stengel sperrig, bricht mit glattem Bruch, größte Bröckelverluste, Heu lagerfähig;

Die **notwendigen Wasserentzugsmengen** lassen sich mit Hilfe nachfolgend angegebener Formeln berechnen.

Zur Berechnung der Trocknungszeit, zur Erfassung der Trocknungskosten sowie zur Bemessung einer Trocknungsanlage ist die Kenntnis des notwendigen Wasserentzuges von Bedeutung. Diesen Wasserentzug kann man auf Trockengut oder auch auf Feuchtgut beziehen:

Bei Trockengut:
 notwendiger Wasserentzug in kg/dt Trockengut $= \frac{(\text{Anfangsfeuchtegehalt} - \text{Endfeuchtegehalt}) \times 100}{(100 - \text{Anfangsfeuchtegehalt})}$

Bei Feuchtegut:
 notwendiger Wasserentzug in kg/dt Feuchtgut $= \frac{(\text{Anfangsfeuchtegehalt} - \text{Endfeuchtegehalt}) \times 100}{(100 - \text{Endfeuchtegehalt})}$

Die Tabelle 100, S. 283, zeigt die Wasserentzugsmengen bei verschiedenen Anfangsfeuchtegehalten und bezogen auf einen Endfeuchtegehalt von 14%.

Da die Trocknungskosten meist auf das Trockengut bezogen werden, ist es erforderlich, die notwendigen Wasserentzugsmengen je dt Trockengut in Abhängigkeit vom Anfangsfeuchtegehalt genauer zu betrachten.

Im frischen Zustand liegt der Anfangsfeuchtegehalt von Gras zwischen 80 und 85%, Regennasses Gras kann bis zu 90% erreichen. In diesem Fall wäre je dt Trockengut fast doppelt so viel Wasser zu entziehen als im nicht verregneten Material. Hieraus kann man bereits folgern, daß es unwirtschaftlich ist, regennasses Gut technisch zu trocknen. Auch die Bedeutung des *Vorwelkens* wird aus der Verringerung der notwendigen Wasserentzugsmengen deutlich.

Wird lediglich auf 70% Feuchtegehalt vorgewelkt, so ist nur mehr die halbe Wassermenge je dt Trocken-

gut (z. B. bei der Heißlufttrocknung) zu entziehen. Bei der Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft sind etwa 32–56 kg Wasser je dt Trockengut zu entziehen, bei der Kaltbelüftung nur mehr ca. 23 kg. Dementsprechend sind die Aufwendungen an Energie für die technische Trocknung geringer, wenn man die Sonnenenergie länger ausnutzen kann. Allerdings werden hier mehr oder weniger große Verluste an Futterwert und Trockenmasse hingenommen.

Tabelle 100: Wasserentzugsmengen und Einsatzbereiche verschiedener Trocknungsverfahren

Anfangsfeuchtegehalt %	notwendiger Wasserentzug		Einsatzbereich der technischen Trocknungsverfahren
	kg/dt Feuchtgut	kg/dt Trockengut	
20	7,0	7,5	Kaltbelüftung
25	12,7	14,6	
30	18,6	22,8	
35	24,4	32,3	
40	30,3	43,3	
45	36,1	56,2	
50	41,8	72,0	
55	47,7	91,0	
60	53,5	115,0	
65	59,3	145,0	
70	65,1	187,0	Belüftung mit vorgewärmter Luft
75	70,9	244,0	
80	76,7	330,0	Warmlufttrocknung
85	82,5	473,0	
90	88,4	760,0	

Die Trocknungsgeschwindigkeit und damit auch die **Trocknungsdauer** werden von verschiedenen, physikalisch bedingten Faktoren beeinflusst, die der Landwirt nur begrenzt steuern kann:

- ▶ Die wesentlichste Größe bei der Trocknung ist die *Wasseraufnahmefähigkeit der Luft*. Sie wird von der relativen Luftfeuchte gekennzeichnet. Durch Anwärmung der Trocknungsluft kann die relative Luftfeuchte wesentlich gesenkt werden, wodurch die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft ansteigt. Dieser Effekt wird insbesondere bei der Warmluft- und Heißlufttrocknung genutzt.
- ▶ Die Trocknungsgeschwindigkeit wird aber auch wesentlich von der *Guts Oberfläche* bestimmt, die von der vorbeistreichenden Trocknungsluft erreicht wird. Bei der Bodentrocknung sollte deshalb das Futter möglichst locker breitgestreut werden, damit entsprechend viel freie Pflanzenoberfläche der Luftströmung und der Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Umgekehrt sollte bei hoher relativer Luftfeuchte nur eine geringe Oberfläche des Trocknungsgutes mit der umströmenden Außenluft in Berührung kommen (Schwaden am Abend).
- ▶ Schließlich ist auch der *Wasseraustritt aus der Pflanze* für das Abtrocknen von Bedeutung. So kann durch Häckseln (bei der technischen Trocknung) und durch mechanisches Quetschen (Mähquetschzetter) ein schnelleres Trocknen erreicht werden.

Je nach technischem Aufwand und Art der Durchführung ergeben sich verschiedene Verfahren der Grüngutrocknung, wie Abb. 342 zeigt.

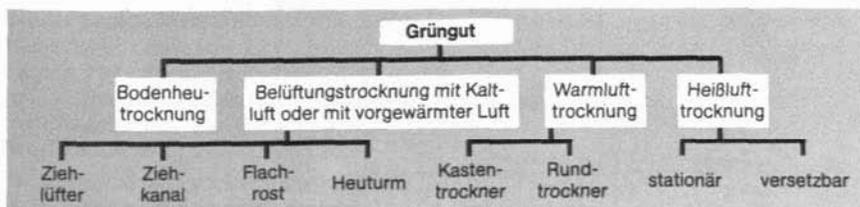


Abb. 342 Verfahren der Grüngutrocknung

4.3 Bodentrocknung

4.3.1 Trocknungsverlauf

Bei der Bodenheutrocknung wird die Sonnenenergie, die die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft und die Temperatur des gemähten Grases erhöht, zum Trocknen des Futters genutzt. Da die relative Luftfeuchte während des Tages stark schwankt und die Bodentrocknung durch Niederschläge unterbrochen wird, ist eine verlustarme Trocknung nicht immer gewährleistet. Die Abhängigkeit des Trocknungsverlaufes von der relativen Luftfeuchte wird in der Abb. 343 veranschaulicht.

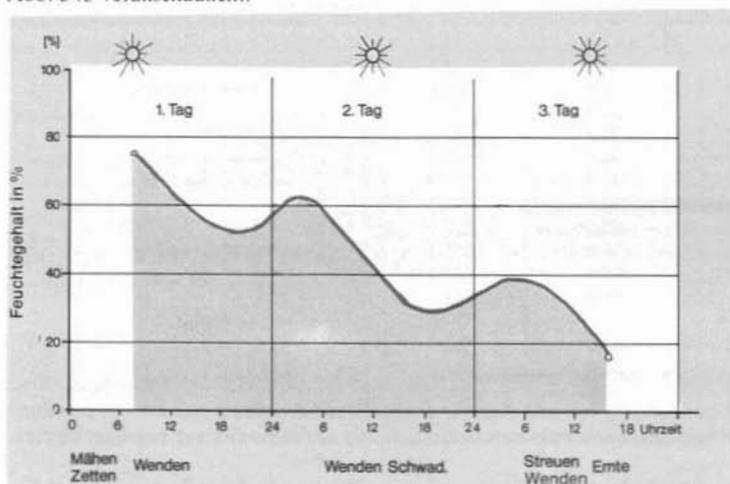
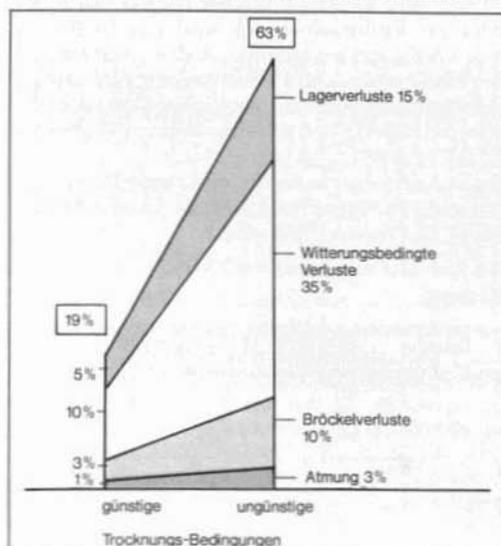


Abb. 343 Trocknungsverlauf bei der Heuwerbung

Zur Senkung des Wetterrisikos muß die Trocknung durch mechanische Bearbeitung wie Zetten, Wenden und Schwaden unterstützt werden.

Gegenüber anderen Trocknungsverfahren müssen bei der Bodenheubereitung, insbesondere bei frühem Schnitt, im Durchschnitt hohe Konservierungsverluste hingenommen werden, die



in erster Linie auf dem Feld auftreten. Unter ungünstigen Bedingungen können diese bis auf 50% steigen. Alle technischen Maßnahmen sollten darauf ausgerichtet sein, die Konservierungsverluste möglichst gering zu halten. Die Einzelverluste setzen sich zusammen aus Lagerungsverlusten, witterungsbedingten Verlusten, Bröckel- und Atmungsverlusten auf dem Feld. Der Anteil der einzelnen Verluste ist in der Abb. 344 dargestellt.

Abb. 344 Nährstoffverluste (StE) bei der Heuwerbung

4.3.2 Ernteverfahren für bodengetrocknetes Heu

Für am Boden getrocknetes Heu sind heute nur noch die Langgutkette und die Ballengutkette üblich, wie in der Abb. 345 schematisch gezeigt wird. Die Häckselgutkette scheidet wegen der hohen Bröckelverluste beim Laden von fertig getrocknetem Heu aus; diese Arbeitskette ist lediglich im Zusammenhang mit der technischen Trocknung (Unterdachttrocknung und Heißlufttrocknung) geeignet.

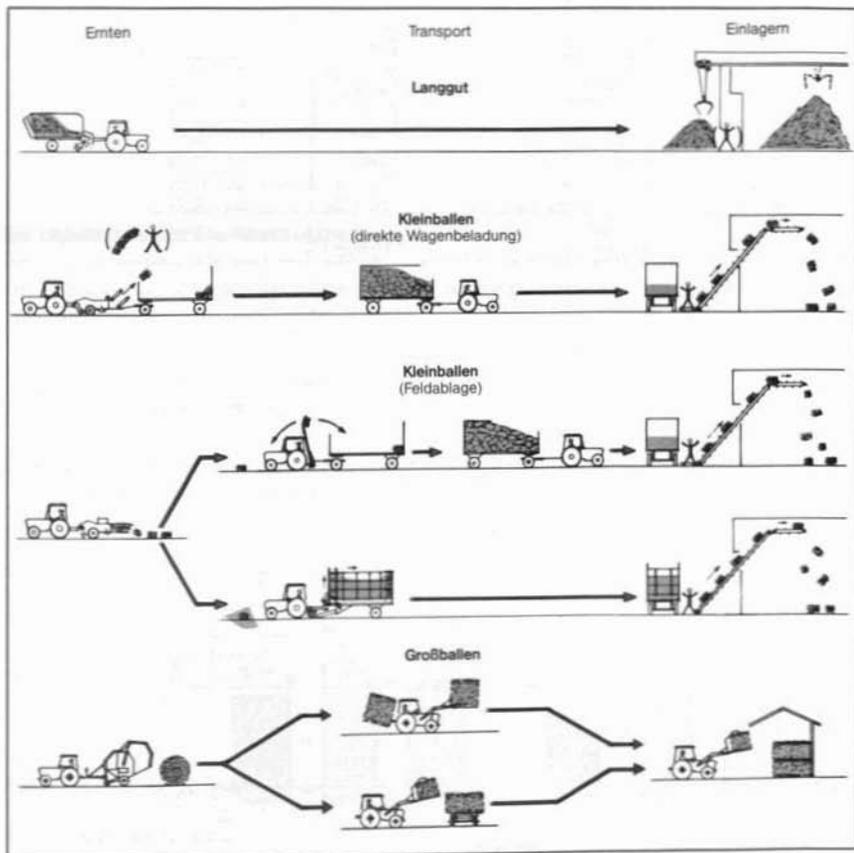


Abb. 345 Verfahren der Heuernte

Bei der **Langgutkette** wird heute als Ladegerät der Ladewagen bevorzugt, der echte Ein-Mann-Arbeit ermöglicht. Eine Arbeitskraft übernimmt das Laden, Entladen und Einlagern auf dem Hof. Allerdings sind 3,8 AKh/ha erforderlich, so daß lediglich eine Bergeleistung von 1,3 t/h erzielt werden kann. Deshalb ist es meist erforderlich, eine zweite Arbeitskraft für das Einlagern mit dem Greifer einzusetzen. Dadurch kann je nach Ladewagengröße die Bergeleistung auf 2,2–2,7 t/h gesteigert werden (vgl. Abb. 346, S. 286).

Für darüber hinausgehende Bergeleistungen gewinnt die **Ballengutkette** bei der Heubergung an Bedeutung. Zudem ermöglicht die höhere Verdichtung des Gutes Einsparungen beim Transport und bei den Lagerräumen.

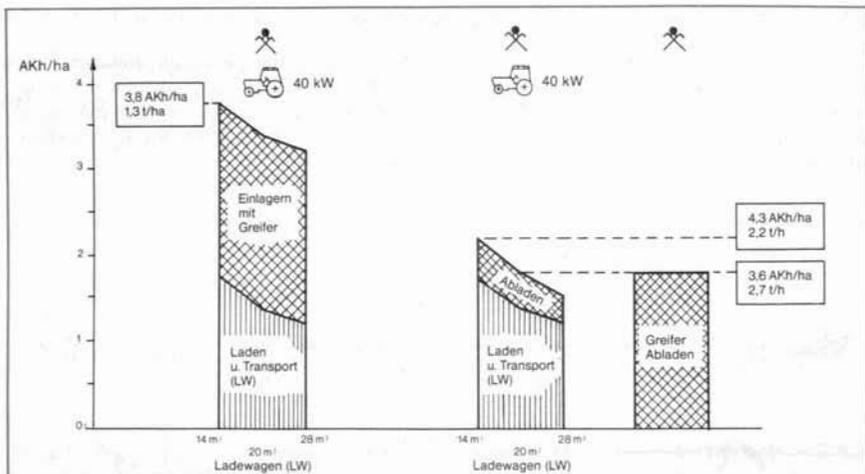


Abb. 346 Arbeitszeitbedarf für die Heuernte bei der Langgutkette (50 dt/ha; 1000 m Feldentfernung; 300 m Schlaglänge)

Bei der *Kleinballenkette* sind zwei Verfahren möglich:

- ▶ Die direkte Beladung des Wagens nach der Presse mittels Ladeschurre oder Ballenschleuder,
- ▶ die Ablage der Ballen auf dem Feld.

Wird zum direkten Beladen des Wagens nach der Presse eine Ladeschurre eingesetzt, so sind mindestens 4 Arbeitskräfte gleichzeitig erforderlich. Dadurch ist eine stündliche Bergelei-

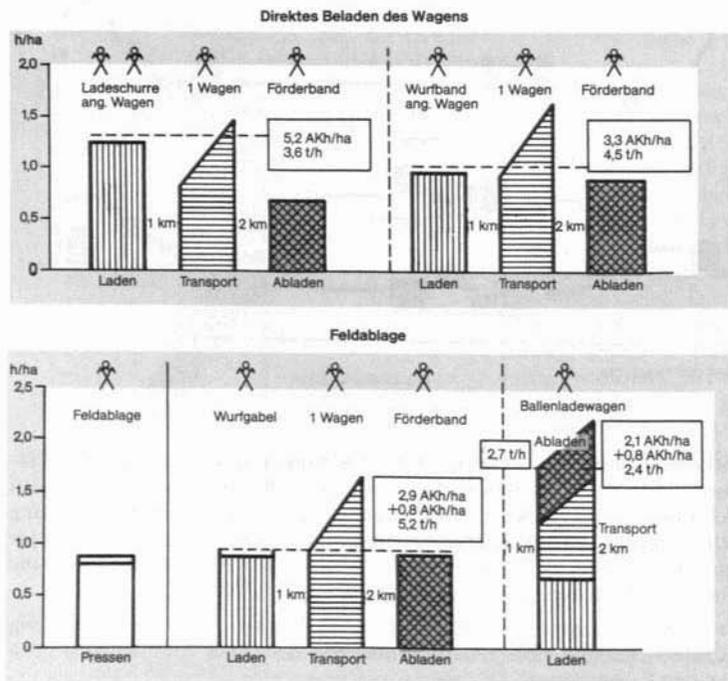


Abb. 347 Arbeitszeitbedarf für die Heuernte bei der Kleinballenkette (50 dt/ha; 1000–2000 m Feldentfernung; 300 m Schlaglänge)

stung von 3,6 t möglich. Durch den Einsatz der Ballenschleuder kann nicht nur eine Arbeitskraft eingespart werden, sondern durch das schnellere Laden steigt die Bergeleistung sogar auf 4,5 t/h. Dies gilt allerdings nur bei 1000 m Feldentfernung. Bei größeren Entfernungen ist ein zusätzliches Schleppergespann für den Transport erforderlich.

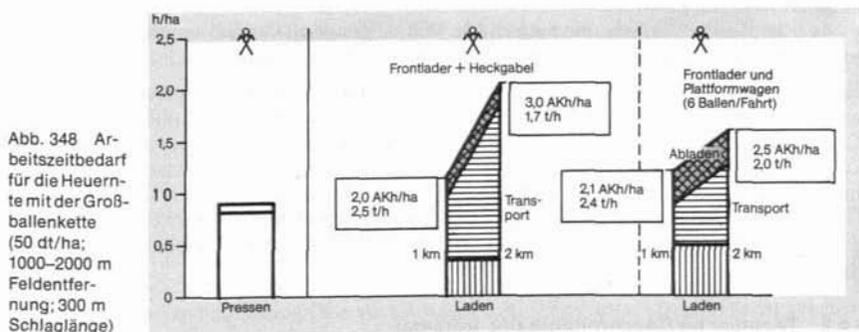
Bei *Großballen* ist das Pressen und Laden immer getrennt und in zwei Arbeitsgängen zu erledigen. Als Ladegerät dient der Frontlader, wobei für den Transport zwei Verfahren möglich sind:

- ▶ Transport mit Frontlader und Heckgabel,
- ▶ Transport mit Plattformwagen.

Bei hofnahen Flächen ist der direkte Transport mit Schlepperfrontlader und Heckgabel vorzuziehen.

Bei jeder Fahrt werden zwei Ballen transportiert und direkt mit dem Frontlader eingelagert. Trotz häufiger Fahrten werden damit lediglich Bergeleistungen von 1,7–2,5 t/h erreicht.

Durch den Einsatz eines Plattformwagens werden zwar die Transportzeiten stark reduziert, die dann erforderlichen Umhänge- und Rangierzeiten beim Be- und Entladen erlauben nur bei größeren Transportentfernungen eine Leistungssteigerung. Damit sind beide Verfahren bei ebenfalls echter Ein-Mann-Arbeit direkt dem Verfahren »Ballenladewagen« vergleichbar, obwohl sie im Gegensatz zu diesem nur eine erdlastige Lagerung erlauben. Hinzu kommt, von der Selbstfütterung abgesehen, die schwierigere Handhabung der Großballen bei der Fütterung, soweit keine zusätzlichen technischen Hilfsmittel zur Verfügung stehen. Abb. 348 veranschaulicht den Arbeitszeitbedarf und die Bergeleistung bei verschiedenen Verfahren.



4.4 Belüftungstrocknung

4.4.1 Anforderungen

Hohes *Wetterisiko* und beträchtliche *Nährstoffverluste* bei der Bodentrocknung haben viele Landwirte dazu bewogen, die Trocknung ganz oder teilweise unter Dach zu verlegen. Bei der Belüftungstrocknung erfolgt dies lediglich in der letzten Trocknungsphase, die unter einem Feuchtegehalt von 40% liegt. Das Gut wird bis zu diesem Feuchtegehalt am Feld vorgetrocknet und dann eingefahren. Damit werden die Bröckelverluste größtenteils umgangen, die bei weniger als 40% Feuchtegehalt auftreten. Außerdem sind 90% des gesamten zu entziehenden Wassers bereits durch die billige Sonnenenergie verdunstet worden. Die Restfeuchte würde bei der Bodenheutrocknung sehr lange Trocknungszeiten mit hohem Wetterisiko beanspruchen.

Das gegenläufige Verhalten der notwendigen Wasserentzugsmengen und der Verluste bei fortschreitender Trocknung wird aus der Abb. 349, S. 288 ersichtlich.

Bei der Belüftungstrocknung erfolgt der Wasserentzug durch Einblasen wasseraufnahmefähiger Luft in den belüftbaren Heustock (Lagerbehälter). Zur Belüftung kann kalte Außenluft

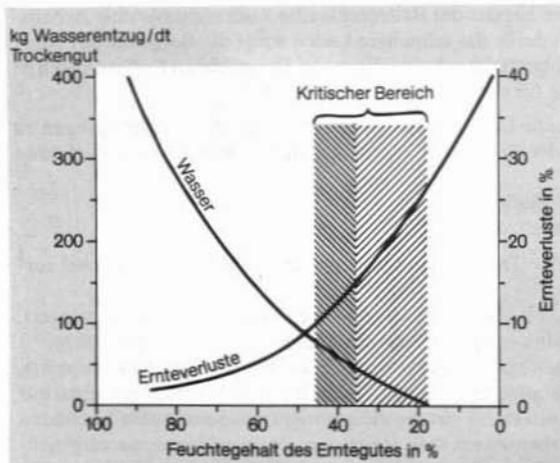


Abb. 349 Erforderliche Wasserentzugsmenge und Ernteverluste bei verschiedenen Feuchtegehalten des Erntegutes

verwendet werden (Belüftungstrocknung mit Kaltluft) oder die Trocknungsluft wird vorgewärmt (Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft). In jedem Fall übernimmt die Trocknungsluft zwei Aufgaben:

- ▶ sie trägt die zur Verdunstung notwendige Wärmemenge an das Gut heran,
- ▶ sie nimmt den Wasserdampf auf und trägt ihn aus dem Trocknungsgut ins Freie.

Ein Abtrocknen ist nur dann gewährleistet, wenn die relative Luftfeuchtigkeit der eingeblasenen Luft unter der Gleichgewichtsfeuchte des Gutes liegt. Ist die relative Luftfeuchte bei der Kaltbelüftung zu hoch, so muß das Einblasen von Luft eingestellt werden, soweit nicht der Kühleffekt zur Verhinderung der Stockerhitzung benötigt wird. Bei ausreichender Vorwärmung der Luft (um 7–10° C) erreicht man auch bei ungünstigem Zustand der Außenluft einen Trocknungseffekt. Die gute Funktion einer Belüftungsanlage hängt von der richtigen Dimensionierung (ausreichende Lüfterkapazität, gleichmäßige Durchlüftung) und der sachgemäßen Handhabung ab.

4.4.2 Technische Beschreibung der Anlagen

Bei der Belüftungstrocknung wird im Lagerbehälter getrocknet (keine Umlagerung). Über die Leistungsfähigkeit einer Heubelüftungsanlage entscheidet hauptsächlich das Gebläse, das in der Regel als Axiallüfter ausgeführt wird. Diese Gebläseart erbringt bei niedrigem Druck sehr hohe Luftfördermengen bei relativ geringem Kostenaufwand. Nachteilig ist allerdings die hohe Geräuschentwicklung, die zwischen 60 und 80 dB(A) liegt. Eine Lärmdämmung ist insbesondere innerhalb geschlossener Ortschaften notwendig. Durch Schalldämmung der Ansaugkanäle wird im allgemeinen eine ausreichende Wirkung erreicht.

Nach der Art der Anordnung des Belüftungsgebläses zum Heustock unterscheidet man verschiedene Anlagenformen, die sich mit Ausnahme des Ziehlüfters sowohl für Kalt- als auch für Warmbelüftung eignen.

Flachrostanlagen (System Braunschweig) – Bei Flachrostanlagen wird das Gebläse an einen fest installierten Rost angeschlossen. Die Luftverteilung erfolgt entweder über einen Luftverteilkanaal in einzelne Rostfelder oder lediglich über einen dem Rost angeschlossenen Verteilkeil auf die ganze Grundfläche. Die Außenwand muß bis zu $\frac{2}{3}$ der endgültigen Stockhöhe luftundurchlässig ausgeführt werden. Bei festen Gebäuden kann das Gut bis an die Außenwand gelagert werden. Zur gleichmäßigen Belüftung müssen die Schichthöhen über die ganze Fläche das gleiche Maß haben. Dieses System eignet sich besonders für relativ geringe Stockhöhen.

Stockgröße: beliebig, soweit Lüfterleistung ausreicht.

Gebälseleistung: 300–400 m³/h je m² Stockgrundfläche.

Leistungsbedarf: 0,06 kW/m² Stockgrundfläche.

Preis: 100 DM/m².

Vorteile: Bei Verwendung von Befüllgebläse geringer Arbeitsaufwand; in Eigenbau erstellbar.

Nachteile: Stockhöhenbegrenzung auf 6 m, gleichmäßige Schichthöhen müssen eingehalten werden.

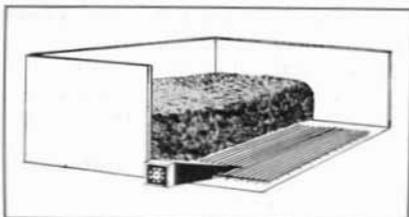


Abb. 350 Flachrostanlage

Flachrostanlage mit Ziehstöpsel (System Aulendorf) – Eine Kombination von Ziehkanal und Flachrostanlage wird im System »Aulendorf« verwirklicht. Die Belüftung des Gutes erfolgt senkrecht und waagrecht. Bei fortschreitender Stockbefüllung werden Ziehstöpsel nachgezogen, die senkrechte Luftkanäle bilden. Durch dieses System wird eine Verringerung des vom Gebläse zu überwindenden Druckes erreicht. Auf etwa 10 m² Bodenfläche trifft ein Stöpselanschluß. Bei dieser Bauart bilden Dachschrägen keine Behinderung für die Erhöhung des Stockes.

Stockgröße: beliebig

Gebälseleistung: 300–400 m³/h je m² Stockgrundfläche.

Leistungsbedarf: 0,06 kW/m² Stockgrundfläche.

Preis: 100 DM/m².

Vorteile: größere Schichthöhen möglich; geringerer Strömungswiderstand.

Nachteile: Nachziehen der Stöpsel ist arbeitsaufwendig.

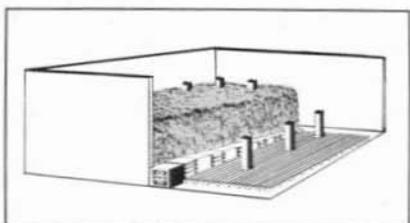


Abb. 351 Flachrostanlage mit Ziehstöpsel

Ziehlüfter – Anlagen mit versetzbaren Ziehlüftern (Heubombe oder Heujet) verzichten auf ein teures Luftverteilsystem. Dem Füllstand des Stockes entsprechend werden sie über einen im Dachstuhl verankerten Flasenzug nachgezogen. Dabei entsteht ein senkrechter Lüftungskanal. Das Trockengut darf nicht seitlich an eine Wand stoßen, dadurch würde der Abluftabzug behindert. Durch Öffnen aller Scheunentore bzw. durch Schaffung entsprechender Entlüftungsöffnungen im Gebäude wird für einen guten Abzug der Abluft aus dem freistehenden Stock gesorgt. Bei diesem Trocknungssystem wird die im Dachraum erwärmte Luft genutzt.

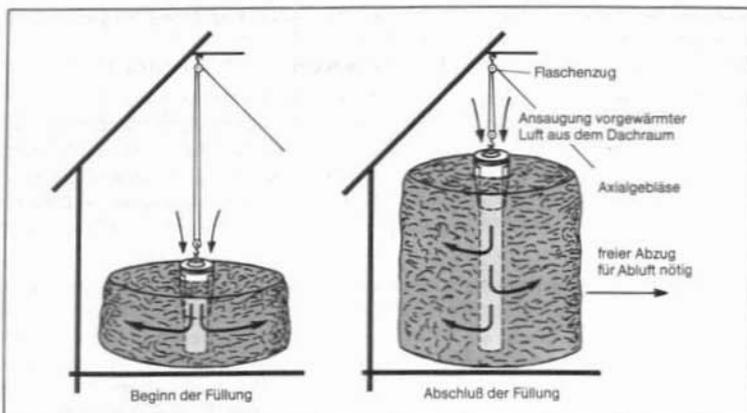


Abb. 352
Ziehlüfter

Stockgröße: Grundfläche 30–50 m²; Höhe bis 8 m.

Gebälseleistung: bis 25 000 m³/h.

Leistungsbedarf: bis 6 kW.

Preis: 1500–2500 DM.

Vorteile: schon bei kleinen Einheiten wirtschaftlich, billig in der Anschaffung; Nutzung warmer Luft aus dem Dachraum.

Nachteile: Arbeitsaufwand relativ hoch.

Heuturm – Bei Neubausituation kann die Erstellung eines Heuturms in Frage kommen. Beim Heuturm strömt die Trocknungsluft in radialer Richtung vom Innenkanal ausgehend durch die Trocknungsgutschicht nach außen. Der Belüftungskanal entsteht durch Hochziehen eines zentral gelegenen Kolbens. Ein rotierendes Abräumgerät wirft das Futter durch den Kanal auf ein unter dem Behälter installiertes Förderband. Die Befüllung erfolgt über Gebläse und Drehrohrverteiler.

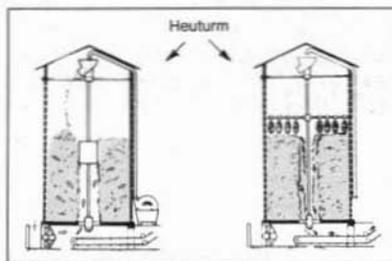


Abb. 353 Heuturm

Größe: bis 1000 m³.

Gebälseleistung: bis 70 000 m³/h.

Leistungsbedarf: bis 15 kW.

Preis: Anlage ohne feste Außenwand (Heuturm) bis 35 000 DM.

Heuturm mit fester Außenwand bis 45 000 DM.

Vorteile: kann bei Neubausituation kostengünstig sein, Arbeitseinsparung.

Nachteile: hoher Anschaffungspreis.

Ziehkanal (System Schnaitheim) – Bei Anlagen mit Ziehkanal ist der Lüfter stationär eingebaut. Wie beim Ziehlüfter entfällt die Erstellung eines festen Luftverteilungssystems. Durch Hochziehen einer waagrecht liegenden, allseitig geschlossenen Holzform (Nachziehkanal) entsteht ein senkrechter Belüftungsschacht. Die Trocknungsluft bewegt sich waagrecht durch das Trocknungsgut nach außen. Der Heustock muß wie beim Ziehlüfter seitlich frei stehen, er darf allenfalls von luftdurchlässigen Gerüsten, die als Stapelhilfe dienen, umgeben sein. Der Ziehkanal dient bei der Befüllung als Arbeitsplattform. Zur sicheren Funktion muß die Grundfläche relativ gering gehalten werden.

Stockgröße: Grundfläche 30–150 m² (max. Stapelbreite vom Ziehkanal zur Außenwand 3–4 m).

Gebälseleistung: 10 000–50 000 m³/h.

Leistungsbedarf: 1–5 kW (0,003 kW/m³).

Vorteile: geringe Anschaffungskosten, sicherer Trocknungserfolg bei gleichmäßiger Einlagerung und Einschränkung in der Stockbreite.

Nachteile: hoher Arbeitsaufwand beim Einlagern.

Belüftungstrocknung für Ballen – Die obengenannten Anlagen eignen sich, mit Ausnahme des Heuturmes, bei sorgfältiger Einstapelung auch für Niederdruck- und Hochdruckballen. Allerdings besteht bei Ballentrocknung die Gefahr der Schimmelbildung, da insbesondere bei höheren Feuchtegehalten der Strömungswiderstand im Ballen wesentlich höher ist als im weniger dichten Bereich zwischen den Ballen. Auch Großballen eignen sich zur Belüftungstrocknung, wenn der Feuchtegehalt des Gutes nicht wesentlich über 30% liegt. Rundballen verlangen eine Einzeltrocknung, d. h. für jeden Ballen eine eigene Luftzufuhr.

Anlagen mit Luftvorwärmung – Vom Ziehlüfter abgesehen können alle Anlagen für die Belüftungstrocknung in Kombination mit einem Warmluft erzeuger eingesetzt werden. Die Trocknungsleistung erhöht sich in Abhängigkeit von der Heizleistung des Vorwärmgerätes. Bei einer Anrmung um 5° C kann man im Durchschnitt mit der dreifachen Wasseraufnahme einer bestimmten Luftmenge rechnen. Bei der Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft besteht jedoch eine starke Abhängigkeit der Trocknungsleistung vom Außenluftzu-

stand. Die Luftvorwärmung ist für alle Anwendungsfälle sehr zu empfehlen, insbesondere bei Nutzung von Solarenergie.

4.4.3 Leistungsbestimmung und Kosten für Anlagen mit Belüftungstrocknung

Eine sachgemäße Bestimmung der notwendigen Anlagenleistung und ihrer daraus abgeleiteten Baugröße ist für jeden Landwirt von größter Bedeutung, da zu kleine Anlagen das Ernterisiko erhöhen, zu große Anlagen aber die Trocknung unnötig verteuern. Bei der Berechnung von Anlagen für die Belüftungstrocknung mit Kaltluft wird in folgenden Schritten vorgegangen:

1. Schritt: Berechnung der anfallenden Erntemenge (1. Schritt):

$$\text{Trockengut} = \text{Fläche} \times \text{Ertrag}$$

2. Schritt: Berechnung der Wasserentzugsmenge

$$\text{Wasserentzugsmenge} = \frac{\text{Trockengutmenge} \times (\text{Anfangsfeuchtegehalt} - \text{Endfeuchtegehalt})}{(100 - \text{Anfangsfeuchtegehalt})}$$

3. Schritt: Berechnung der erforderlichen Luftmenge

Im Durchschnitt kann 1 m³ Luft etwa 0,9 g Wasser aufnehmen:

$$\text{Luftmenge} = \frac{\text{Wasserentzugsmenge (g)}}{\text{Wasseraufnahmefähigkeit der Luft (0,9 g/m}^3\text{)}}$$

4. Schritt: Berechnung der Gebläseleistung

$$\text{Gebläseleistung} = \frac{\text{Luftmenge}}{\text{mögliche Trockenstunden}}$$

5. Schritt: Berücksichtigung des Gebläsedruckes

Die erforderliche Gebläseleistung muß gegen einen Druck erbracht werden, der sich aus Stapelhöhe und Anlagenbauart ergibt. Aus der *Gebläsekennlinie*, die für jedes Gebläse angegeben wird, läßt sich die tatsächliche Lüfterleistung in Abhängigkeit vom Druck ablesen. Es sind Gebläse auszuwählen, die bei dem gegebenen Druck die erforderliche Gebläseleistung im stabilen Förderbereich bei gutem Wirkungsgrad erreichen.

Beispiel: 2 ha Gras mit einem Ertrag von 30 dt/ha Trockengut sollen mit Kaltluft von 35% Anfangsfeuchte auf 18% Endfeuchte herabgetrocknet werden. Zum Trocken stehen 10 Tage je 10 Stunden zur Verfügung. Die Stockhöhe beträgt 4,8 m.

1. Schritt: Trockengutmenge: $\approx 2 \text{ ha} \times 30 \text{ dt/ha} = 60 \text{ dt}$

2. Schritt: Wasserentzugsmenge: $\frac{35\% - 18\%}{100\% - 35\%} \times 60 \text{ dt} = 15,7 \text{ dt}$

3. Schritt: Luftmenge: $\frac{1\,570\,000 \text{ g}}{0,9 \text{ g/m}^3} = 1\,744\,000 \text{ m}^3$

4. Schritt: Gebläseleistung: $\frac{1\,744\,000 \text{ m}^3}{10 \text{ Tage} \times 10 \text{ h}} = 17\,440 \text{ m}^3/\text{h}$

5. Schritt:

Aus der erforderlichen Gebläseleistung (17 440 m³/h) und der Stockhöhe von 4,8 m ergibt sich laut Abb. 354 ein Gesamtdruck von ca. 4,7 mbar. Dies ist in dem gezeigten Beispiel noch im stabilen Betriebsbereich. Das Gebläse mit dieser Kennlinie ist deshalb für die oben angegebenen Bedingungen geeignet.

Wird die Luft zusätzlich um 5° C angewärmt, steigt deren Wasseraufnahmefähigkeit auf das Dreifache. Dadurch kann entweder die Trocknungszeit von 100 auf 33 Stunden oder bei gleicher Trocknungszeit die Gebläseleistung von 17 500 auf 6000 m³/h reduziert werden.

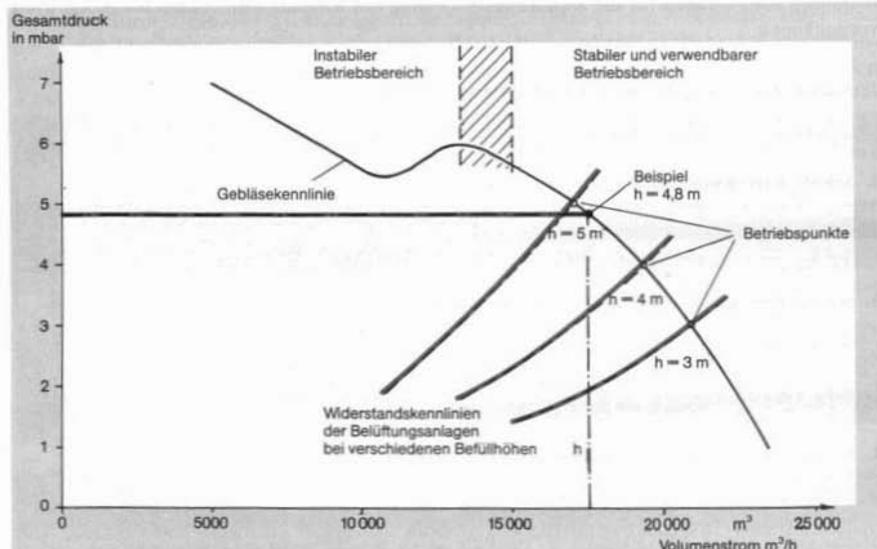


Abb. 354 Kennlinien von Gebläsen und Widerstandslinien eines Heustockes

Die **Trocknungskosten** setzen sich, wie in Tabelle 101 angegeben, zusammen (Anfangsfeuchte 30–35%; Endfeuchte ca. 18%):

Tabelle 101: Anhaltswerte für die Kostenberechnung bei der Belüftungstrocknung (in DM/dt Trockengut)

Art der Belüftung	Gebläsekosten	Heizkosten	Anlagenkosten	Gesamtkosten
Kaltbelüftung	0,80–1,30	–	1,00–1,50	1,80–2,80
Belüftung mit vorgewärmter Luft	0,25–0,40	0,55–0,90	1,50–3,00	2,30–4,30

Bei der Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft reduziert sich der Energiebedarf für den Gebläseantrieb, weil weniger Gesamtluftmenge benötigt wird. Dafür treten Kosten für die Heizstoffe zur Luftanwärmung auf, so daß die Energiekosten bei Kaltbelüftung mit oder ohne Anwärmung in etwa gleich sind. Dagegen erhöhen sich die Anlagenkosten, da zusätzlich ein Luftvorwärmer notwendig ist. Diese erhöhten Kapitalkosten der Belüftung mit vorgewärmter Luft werden durch die höhere Gutsqualität in der Regel aufgewogen.

4.4.4 Bedienung und Beschickung von Belüftungsanlagen

Die speziellen Anweisungen zum Anlagenbetrieb gehen aus den Betriebsanleitungen der Herstellerfirmen hervor. In allen Fällen ist jedoch folgendes besonders zu beachten:

- ▶ Einfahren bei gutem Wetter bei einem Feuchtegehalt von 30–40% als Lang- oder Häckselgut. Bei Gefahr von Regen sind je nach Anlagentyp auch höhere Einlagerungsfeuchtegehalte möglich.
- ▶ Eine gleichmäßige Einlagerung ist wichtig, um Verdichtungsstellen zu vermeiden; Häckselgut bringt bei der Verteilung erhebliche Vorteile.
- ▶ Nach der Befüllung muß sofort belüftet werden, auch wenn die relative Luftfeuchte sehr hoch liegt. Damit wird eine Erwärmung des Gutes vermieden, die immer mit Nährstoffverlusten verbunden wäre.
- ▶ Jede günstige Witterung sollte zur Belüftung ausgenutzt werden. Diese Forderung wird durch automatische Steuerungsanlagen erfüllt, die sich an allen Anlagen installieren lassen.
- ▶ Zur Beobachtung des Belüftungserfolges und zur Bestimmung des Belüftungsabschlusses ist es notwendig, mit zwei Hygrometern die Zuluft und die Abluft zu messen. Zeigt die Abluft keinen höheren Feuchtegehalt als die Zuluft, vorausgesetzt, daß die Abluft trocknungsfähig war, dann liegt kein Belüftungserfolg mehr vor, es kann abgestellt werden.
- ▶ Die Stocktemperatur sollte auch nach Abschluß der Belüftung regelmäßig überprüft werden, um eine Brandgefahr oder Nährstoffverluste zu vermeiden.
- ▶ Besonders kalte Nächte können zur Stockabkühlung auch nach Abschluß der üblichen Belüftungszeit genutzt werden. Bei geringeren Temperaturen im Heustock entstehen weniger Nährstoffverluste.

Je nach Feuchtegehalt des Erntegutes sind bei der Bergung die Mechanisierungsverfahren der Bodenheuerbung oder der Silagebereitung anzuwenden.

4.5 Warmlufttrocknung

4.5.1 Funktion

Bei der Warmlufttrocknung werden höhere Temperaturen verwendet und zwar im Bereich von 40–80° C. Diese höhere Energiebereitstellung führt zu höheren Wasserentzugsmengen. Dadurch kann Gut mit höheren Feuchtegehalten in relativ kurzer Zeit getrocknet werden. Aufgrund der höheren Lagerungsdichte des feuchteren Materials ist es notwendig, getrennte Trocknungs- und Lagerbehälter bei der Warmlufttrocknung vorzusehen. Die Umlagerung erfordert einen entsprechenden Mechanisierungsaufwand. Da Gut mit höheren Feuchtegehalten in den Trockner eingelagert wird als bei der Belüftungstrocknung, werden bessere Futterqualitäten erzielt.

Das Wetterrisiko sinkt, da das Vorwelken am Feld auf 1–2 Tage reduziert werden kann.

4.5.2 Technische Beschreibung der Anlagen

Zwei Bauarten sind üblich:

- ▶ der Kastentrockner,
- ▶ der vollmechanisierte Warmluft-Rundtrockner.

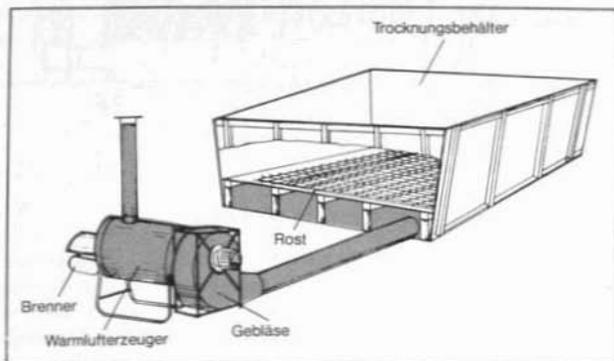


Abb. 355 Warmluft-Kastentrockner

Kastentrockner – Er besteht aus einem Trocknungsbehälter mit luftdurchlässigem Boden und einem Warmluftzeuger. Durch den luftdurchlässigen Rost (er kann erheblich weitmaschiger sein als bei Getreide) wird Warmluft in gleichmäßig eingelagertes Feuchttgut geblasen. Die Schichthöhen liegen zwischen 1–1,5 m. Der Trocknungsbehälter darf auf keinen Fall betreten werden, da sonst verdichtete Zonen entstehen, die schlechter durchlüftet werden. Die gleichmäßige Befüllung wird am besten durch ein über dem Trocknungsbehälter verschiebbares Dosiergerät erreicht. Es besteht auch die Möglichkeit, mittels Fördergebläse und Verteilrohr gleichmäßig locker einzulagern. Im allgemeinen welkt man auf einen Feuchtegehalt von 50–60% vor, was bei günstiger Witterung nach 1–2 Tagen erreicht wird. In Warmlufttrocknern kann im Notfall auch frisches Gras getrocknet werden, das erfordert jedoch einen sehr hohen Energieaufwand. Dieser ist nur dann gerechtfertigt, wenn das Erntegut durch Schlechtwetterlage verderben würde.

Behältergröße: 15–20 m².

Gebläseleistung: 300–600 m³/h je m² Behälterfläche.

Heizleistung: 200 000 bis 2 Mio. kJ/h.

Preis: (Behälter, Warmluftzeuger) 10 000–30 000 DM.

Vorteile: Hohe Trocknungsleistung, auch höhere Feuchtegehalte möglich, hohe Gutsqualität.

Nachteile: Umlagern in Lagerbehälter; höherer Anschaffungspreis.

Vollmechanischer Rundtrockner – Der Trocknungsbehälter hat eine kreisförmige Grundfläche und zur Aufstellung im Freien ein Dach. Beschickung und Entleerung sind voll mechanisiert. Die Schichthöhen erstrecken sich von 1–2 m. Die Belüftung erfolgt von unten nach oben. Die gleichmäßige Beschickung wird durch ein kreisendes Teleskoprohr erreicht. Die Entnahme erfolgt über Entnahmewerkzeuge, die, um eine zentrale Achse drehend, das Gut von innen nach außen transportieren und über eine Türöffnung in ein weiteres Förderelement abwerfen.

Behältergröße: Belüftungsfläche 38 m², Nutzinhalt max. 80 m³.

Gebläseleistung: 20–40 000 m³/h.

Heizleistung: 1–3 Mio. kJ/h.

Elektrischer Leistungsbedarf: 11–15 kW.

Preis: 30 000–50 000 DM.

Vorteile: Geringer Arbeitsaufwand, hohe Leistungsfähigkeit, hohe Gutsqualität.

Nachteile: Teuer in der Anschaffung.

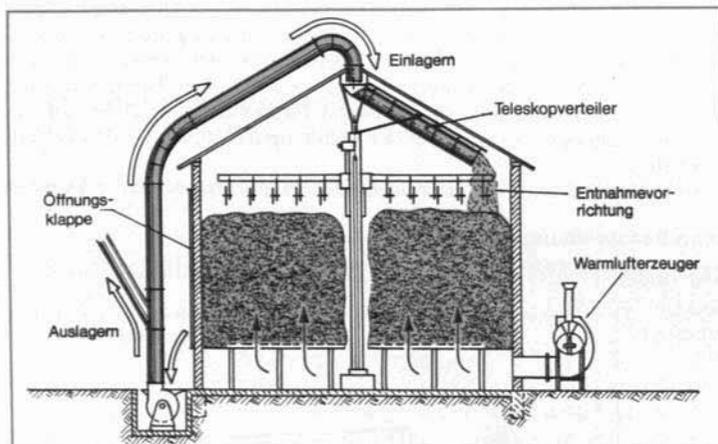


Abb. 356 Vollmechanische Warmluft-Trocknungsanlage

4.5.3 Bedienung der Warmlufttrockner

Im Gegensatz zur Kaltbelüftungsanlage kann die Warmluftanlage bei allen Witterungsbedingungen betrieben werden. Die Trocknung sollte zur Einsparung von Verlusten möglichst zügig erfolgen. Die maximale Einlagerungshöhe ist auf die Luftgeschwindigkeit und den Feuchtegehalt entsprechend der Betriebsanleitung abzustimmen. Das Trocknungsende wird durch Messen des Abluftzustandes mit Hygrometer und Thermometer bestimmt. Die Anlage

kann auch direkt von Hygrostaten oder Thermostaten abgestellt werden. Ein Übertrocknen ist mit unnötigem Energieaufwand für die Wärmeerzeugung und Luftförderung verbunden, für die Futterqualität aber unbedenklich.

4.5.4 Planung von Warmlufttrocknungsanlagen

Zwischen hoher Anlagenauslastung und Wetterisiko ist ein den örtlichen Verhältnissen entsprechender Kompromiß bei der Planung der Trocknerleistung zu schließen. Die Planung hat in folgenden Schritten zu erfolgen:

Beispiel: Im 1. Schnitt sind 8 ha mit einem Feuchtgutertrag von 54 dt/ha von 60% Feuchtegehalt auf 14% Feuchtegehalt zu trocknen (25 dt/ha Trockengut). Je Schnitt werden 8 Trocknungschargen unterstellt.

1. Schritt:	Feuchtgutmenge/Charge = $\frac{54 \text{ dt/ha} \times 8 \text{ ha}}{8 \text{ Chargen}} = 54 \text{ dt}$
2. Schritt:	Volumen des Trockenbehälters = $\frac{54 \text{ dt}}{1,5 \text{ dt/m}^3} = 36 \text{ m}^3$
3. Schritt:	Behältergrundfläche = $\frac{36 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}} = 24 \text{ m}^2$
4. Schritt:	Gebläseleistung = $24 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m/s} = 4,8 \text{ m}^3/\text{s} = 17\,280 \text{ m}^3/\text{h}$
5. Schritt:	Wasserentzugsmenge = $\frac{(60\% - 14\%)}{100\% - 60\%} \times 25 \text{ dt} = 29 \text{ dt} = 2900 \text{ kg}$
6. Schritt:	Stündliche Wasserentzugsmenge = $2900 \text{ kg} : 20 \text{ h} = 145 \text{ kg/h}$
7. Schritt:	Heizleistung = $145 \text{ kg/h} \times 5000 \text{ kJ/kg} = 725\,000 \text{ kJ/h}$

Planungsaustzahlen für Warmlufttrocknungsanlagen:

Wird Feuchtgut von 60% auf 14% herabgetrocknet, so sind je ha Grünlandfläche folgende Trocknerkenngrößen einzuplanen:

- ▶ Behältergrundfläche 24 m²
- ▶ Gebläseleistung 17 000 m³/h
- ▶ Heizleistung 725 000 kJ/h

4.5.5 Trocknungskosten bei Warmlufttrocknern

Die Trocknungskosten setzen sich im wesentlichen zusammen aus Energiekosten, Kapitalkosten und Arbeitskosten.

Bei üblichen Unterstellungen (Endfeuchtegehalt = 14%; Ölpreis = 0,36 DM/kg; Strompreis = 0,25 DM/kWh) muß mit folgenden Kosten gerechnet werden:

- ▶ **Energiekosten:** Sie sind in der Tabelle 102 zusammengestellt.

Tabelle 102: Energiekosten bei der Warmlufttrocknung (DM/dt Trockengut) – 1978

Anfangsfeuchtegehalt (%)	Öl (DM/dt)	Strom (DM/dt)	Gesamt-Energiekosten (DM/dt)
40	1,80	0,15	1,95
50	3,15	0,25	3,40
60	5,00	0,40	5,40

- ▶ **Kapitalkosten:** Unterstellt man jährliche Kapitalkosten von 14% vom Neuwert, so ergeben sich für den Trockner 3–4 DM/dt.

► **Arbeitskosten:** Je nach Mechanisierungsgrad der Ein- und Auslagerung sind Arbeitskosten zwischen 1,00 und 2,00 DM/dt zu veranschlagen.

Die **Gesamtkosten** der Warmlufttrocknung bewegen sich im Bereich von 10,00 bis 11,00 DM/dt.

Für den Kostenvergleich mit der Belüftungstrocknung ist die Warmlufttrocknung zusätzlich mit 1–2 DM/dt Umlagerungskosten (Trocknungsbehälter – Lagerraum) zu belasten.

4.6 Heißlufttrocknung

4.6.1 Anforderungen

In Grünlandbetrieben, die in sehr regenreichen Gebieten liegen, gibt es nur sehr selten mehrere aufeinanderfolgende regenfreie Tage, die zum Vortrocknen am Feld genutzt werden können. In Hartkäseerei-Gebieten ist die Feuchtkonservierung unzulässig und somit sind die Landwirte gezwungen, technische Trocknungsverfahren einzusetzen, die auch sehr feuchtes Gut bei hoher Leistung unter Erhaltung der Futterqualität bewältigen. Große Wassermengen können nur im Gleichstromverfahren bei hoher Temperatur der Trocknungsluft energiesparend entzogen werden. Für diese Aufgabe eignen sich *Trommeltrocknungsanlagen*. Aufgrund des hohen technischen Aufwandes lohnen sich diese Anlagen nur in höheren Leistungsklassen, die wiederum zur Auslastung den überbetrieblichen Einsatz erfordern. Es werden ver-setzbare Anlagen für Lohnunternehmer und stationäre Großanlagen für den Genossenschaftsbetrieb gebaut.

4.6.2 Technischer Aufbau

Trocknungsluft (300–1000° C) und Grüngut werden gemeinsam auf einer Seite der Trocknungstrommel eingespeist. Durch die hohe Wasserabgabe bei Trocknungsbeginn erwärmt sich das Gut trotz hoher Lufttemperaturen nur sehr wenig. Am Ende der Trocknungstrommel liegt die Temperatur des Gutes am höchsten, erreicht jedoch nie die Ablufttemperatur (vgl. Abb. 357), sondern steigt auf 60–85° C, je nach Trocknungsbedingungen. Bei den Heiß-

lufttrommeltrocknern muß aus technischen Gründen die Direktbeheizung angewandt werden, d. h. Rauchgase durchströmen zusammen mit angesaugter Frischluft das Trocknungsgut. Als Energiequelle dienen derzeit leichtes und schweres Heizöl, seltener Flüssiggas. Trommeltrockner werden in Leistungsklassen zwischen 2 und 30 t/h Wasserdampfung gebaut (Abb. 358, S. 297).

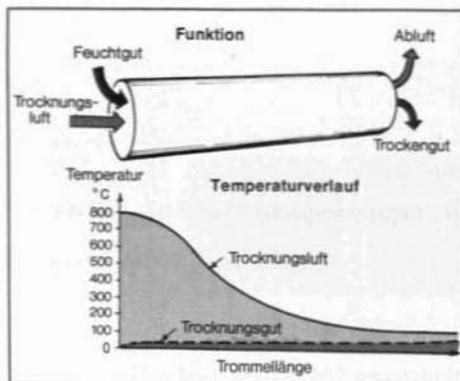


Abb. 357 Temperaturverlauf in einer Trocknungstrommel bei Luft und Trockengut

Die *Anlieferung* von frischem oder vorgewelktem Grünfutter erfolgt bei stationären Anlagen mittels Ladewagen. Bei mobilen Trocknern bringt ein Häckselladewagen Kurzgut zur Anlage. Dadurch entfallen bei der mobilen Anlage Standhäcksler und Dosiergerät I. Bei stationären Anlagen wird Langgut entweder zur Pufferung auf einer Betonplatte abgesetzt oder direkt in das Dosiergerät I gefördert. Das Dosiergerät I sollte mindestens über eine Aufnahmekapazität von 1,5 Ladewagen-Ladungen verfügen. Es hat die Aufgabe, das lange oder vorgeschchnittene Gut dem Standhäcksler möglichst gleichmäßig zuzuführen. Robuste Industriebäcksler (meist Scheibenradhäcksler) zerkleinern das Gut auf Schnittlängen von 2–5 cm.

Ein weiteres *Dosiergerät* nimmt das Häckselgut auf, hält einen Vorrat von maximal einer Trocknungsstunde und dosiert gleichmäßig in die Trocknungstrommel. Die Einspeisungsmenge wird nach der Ablufttemperatur geregelt, welche eng mit dem Endfeuchtegehalt des Gutes zusammenhängt.

Die *Trommel* ist mit Staublenden und Wendewerkzeugen ausgerüstet. Diese Einbauten haben die Aufgabe, das Gut intensiv mit der in Längsachse durchströmenden Trocknungsluft zu vermischen. Trockene, leichte Teile werden von der Trocknungsluft aus der Trommel getragen und im *Zyklon* von der Trocknungsluft getrennt. Ein meist über dem Zyklon sitzendes Radialgebläse saugt die Rauchgase, die Mischluft und den Wasserdampf durch die Trommel über den Zyklon an und drückt das Gasgemisch als Abluft ins Freie. Über eine Zellenrad-schleuse verläßt das getrocknete Gut den Zyklon. Der gewünschte Endfeuchtegehalt wird durch Vorwahl der Ablufttemperaturen über eine entsprechende Regeleinrichtung ziemlich genau eingehalten. Zur Vermeidung zu großer Staubeentwicklung werden alle dem Trockner nachgeschalteten Arbeitselemente an ein pneumatisches Entstaubungssystem angeschlossen.

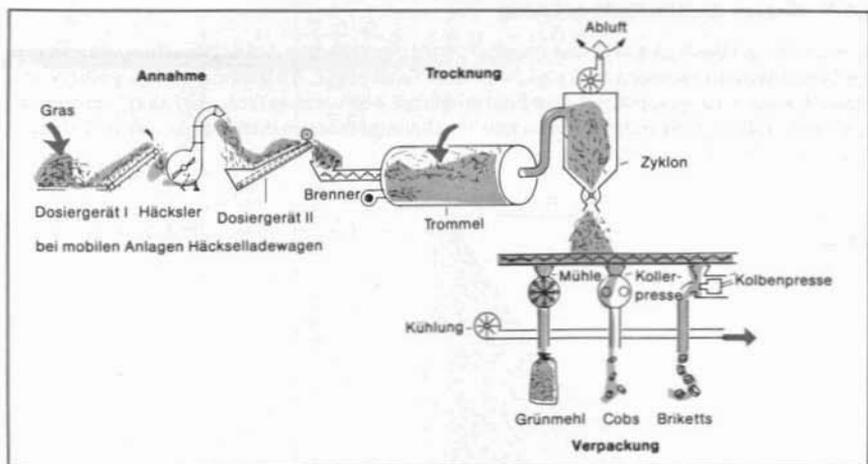


Abb. 358 Aufbau einer Heißlufttrocknungsanlage

Die *Trockengutverpackung* bildet im allgemeinen mit den Trocknungsanlagen eine Einheit. Folgende Verpackung ist üblich:

- ▶ Grünmehl, abgepackt,
- ▶ Preßlinge als Schüttgut.

Zur Grünmehlerzeugung wird das auf etwa 8% Feuchtegehalt herabgetrocknete Gut gekühlt und in einer Hammermühle zerkleinert. Das Grünmehl wird anschließend abgepackt, es dient im allgemeinen als Mischfutterkomponente.

Mit größerem Rationsanteil läßt sich Trockengrün nur in ungemahlener Form in der Rinderfütterung einsetzen. Da trockenes Häckselgut schlecht zu fördern und zu lagern ist, wird es entweder zu Cobs (auf Kollerpressen) oder zu Briketts (auf Kolbenpressen) verarbeitet (Raumgewicht geschüttet: 3,5–4,5 dt/m³).

Wertung der Heißlufttrockner:

Preis: 0,2–2,0 Mio. DM.

Leistung: 0,5–2 t/h Trockengut.

Elektrischer Leistungsbedarf: 100–150 kW je t/h Trockengutdurchsatz

Vorteile: Geringes Wetterrisiko, hohe Gutsqualität, Trockengut durch Verdichtung einfach in der Anwendung.

Nachteile: Verfahren ist bei hohen Energiepreisen sehr teuer, dadurch Einschränkung auf wenige Anwendungsfälle.

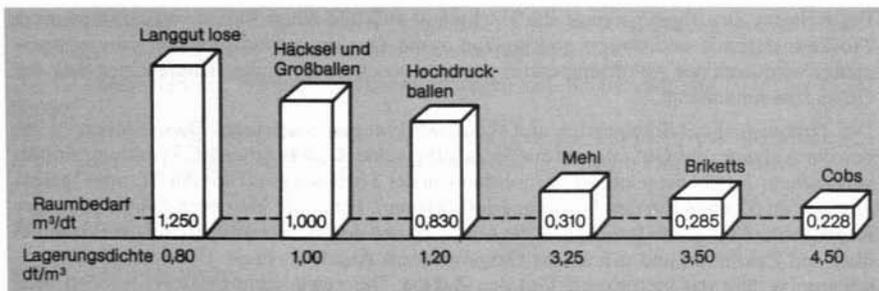


Abb. 359 Lagerraumbedarf und Schüttgewicht von Trockengrünfutter in verschiedenen Verarbeitungsformen

4.6.3 Kosten der Heißlufttrocknung

Je nach Bauart des Trockners und durchschnittlich gegebenem Anfangsfeuchtegehalt liegen die Gesamtkosten zwischen 11,5 und 24 DM/dt Trockengut. Aufgrund der stark gestiegenen Heizölkosten wird versucht, auf dem Feld möglichst weit vorzuwelken, um Energie einzusparen. Abb. 360 zeigt die durchschnittlichen Trocknungskosten in Abhängigkeit vom Anfangsfeuchtegehalt des Trockengutes.

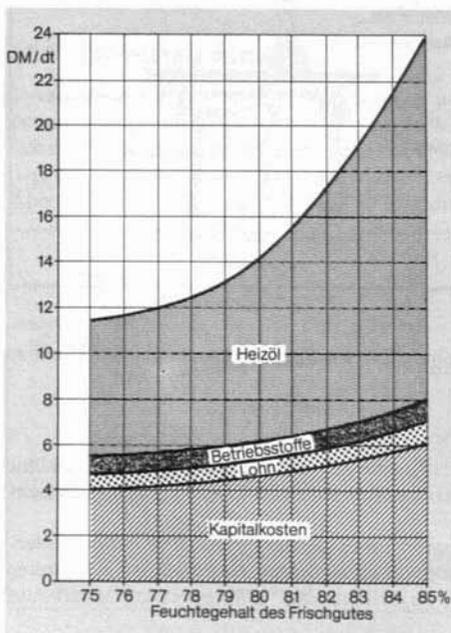


Abb. 360 Durchschnittliche Trocknungskosten (in DM/dt Trockengut bei 0,36 DM/kg Heizöl)

4.7 Verfahrensvergleich

Die verschiedenen Trocknungsverfahren lassen sich nach unterschiedlichen Merkmalen bewerten. Tabelle 103 zeigt einen Vergleich nach den wesentlichsten Kriterien. Daraus läßt sich ableiten, unter welchen Verhältnissen die einzelnen Verfahren ihren Anwendungsbereich finden.

Tabelle 103: Vergleich der Verfahren zur Heubereitung und Grünfütterrocknung

Verfahren	Temperatur der Trocknungsluft	Verdampfungsleistung einer Durchschnittsanlage	Trocknungsdauer	Kapitalbedarf	Kosten (technische Trocknung + Beschickung + Entleerung bei Warm- und Heißluft) (DM/dt Trockengut)	Verluste	Vorteile	Nachteile
	(° C)	(kg/h)	(Tage)			(%)		
Bodenheutrocknung	20–30	–	3–5	niedrig	–	hoch bis 50	billig	Verluste
Belüftungstrocknung (kalt)	20–30	10–30	6–12	niedrig	2,80–3,80	mittel bis 20	billig, weniger Risiko	Verluste, Arbeitsaufwand hoch
Belüftungstrocknung (vorgewärmte Luft)	25–35	30–150	2–4	mittel	3,30–5,30	wenig bis 15	billig, wenig Wetterrisiko, sichere Trocknungswirkung	Arbeitsaufwand hoch
Warmlufttrocknung	40–80	250–500	1	hoch	11–13	sehr wenig, bis 10	sehr wenig Verluste, kurze Vorwelkzeit möglich, hohe Futterqualität	Arbeitsaufwand hoch
Heißlufttrocknung	300–1100	2000–25 000	5–10 (min)	sehr hoch	12–24	sehr wenig, bis 5	kaum Verluste, hohe Futterqualität, Preßlinge, einfache Anwendung	teuer bei hohen Energiepreisen

Folgende allgemeine Zuordnung ist möglich:

Tabelle 104: Zuordnung der verschiedenen Grünfütter-Trocknungsverfahren

Verfahren	Anwendungsbereich
Bodenheutrocknung	kein Qualitätsheuf gefordert; günstige Trocknungsbedingungen am Feld
Belüftungstrocknung (kalt)	bessere Gutsqualität notwendig; Vorwelkmöglichkeiten auf dem Feld über 2 Tage häufig gegeben
Belüftungstrocknung (warm)	höhere Ansprüche an die Gutsqualität; Vorwelkmöglichkeiten auf dem Feld über 2 Tage nur sehr selten gegeben; Trocknungsfähigkeit der Außenluft nicht immer ausreichend
Warmlufttrocknung	hohe Ansprüche an Gutsqualität; schlechte Vorwelkmöglichkeiten auf dem Feld durch ungünstige Klimalage und hohe Niederschläge
Heißlufttrocknung	höchste Gutsqualität gefordert; äußerst ungünstige Klimalage durch sehr hohe Niederschläge; überbetrieblicher Einsatz

1 Allgemeine Anforderungen

Aus der tierischen Produktion erzielt die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland etwa 75% ihrer Einnahmen. Eine sinnvolle Mechanisierung dieser Betriebszweige ist deshalb von größter Bedeutung, bereitet aber andererseits erhebliche Schwierigkeiten, da

- ▶ die Tiere auf Fehler in einer »technisierten Umwelt« empfindlich reagieren;
- ▶ erhebliche Kapitalinvestitionen (etwa die zehnfache Summe im Vergleich zur pflanzlichen Produktion) für einen langen Zeitraum festgelegt werden. Insbesondere langlebige Gebäude binden den Landwirt an einen bestimmten Produktionszweig, enthalten die Gefahr einer technischen Veralterung und zementieren gemachte Fehler;
- ▶ Maschinen und Gebäude zu optimalen Verfahrenslösungen aufeinander abzustimmen sind. Wegen der ständig steigenden Baukosten wird man dabei versuchen müssen, »Arbeitsfunktionen« Maschinen und nicht Gebäuden zu übertragen (z. B. Gebläseförderer statt Hocheinfahrten).

Für alle Verfahren der tierischen Produktion müssen folgende *Anforderungen* besonders beachtet werden:

- ▶ **Optimale Umweltbedingungen:** Für das Tier müssen optimale Umweltbedingungen geschaffen werden, die es zu höchsten Leistungen befähigen.
- ▶ **Einsparung menschlicher Arbeitskraft:** Die Produktionsverfahren sollen menschliche Arbeitskraft einsparen oder zumindest die Arbeit erleichtern.
- ▶ **Kapitalaufwand:** Der Kapitalaufwand soll – insbesondere bei Gebäuden – möglichst niedrig gehalten werden, um die Produktion langfristig nicht mit überhöhten Festkosten zu belasten.

Diese Hauptanforderungen an Verfahren der tierischen Produktion stehen in enger *Wechselbeziehung* zueinander:

So können beispielsweise bei der Rinderhaltung durch große Einstreumengen und Mittellangstand beste Umweltbedingungen geschaffen werden; dies erfordert aber einen hohen Arbeitsaufwand und hohe Gebäudeinvestitionen. Auch arbeitswirtschaftlich besonders vorteilhafte Haltungsverfahren, wie der Vollspaltenbodenstall für Milchvieh, können die Gesundheit der Tiere beeinträchtigen, so daß diese Aufstallungsform wenig sinnvoll ist. Sehr billige Leichtbauten können in der Schweinehaltung zu niedrigen Kapitalaufwendungen führen, beeinträchtigen aber die Futtermittelverwertung und damit die Rentabilität der Schweinemast.

Die alleinige Beachtung einer der genannten Anforderungen führt zwangsläufig zur Vernachlässigung der anderen. Maßstab für die Beurteilung eines Haltungsverfahrens kann letztlich nur die *Wirtschaftlichkeit* des gesamten Produktionsverfahrens sein. Allerdings ist die *Wichtigkeit* der einzelnen Anforderungen bei den verschiedenen Tierarten unterschiedlich und wird vorrangig von der Kostenstruktur bestimmt (vgl. Abb. 361, S. 302).

Bei der **Milchviehhaltung** entfallen 50% der Produktionskosten auf die Arbeiterledigung und die Gebäude. Günstige arbeitswirtschaftliche und kapitalsparende Verfahren stehen hier im Vordergrund. Die *arbeitswirtschaftlichen Anforderungen* gewinnen zudem bei steigenden Lohnkosten an Bedeutung.

In Abb. 362 ist der Lohnanteil je kg Milch bei steigenden Arbeitslöhnen und bei verschiedenen Mechanisierungsstufen dargestellt. Im unteren Lohnbereich wirken sich arbeitssparende

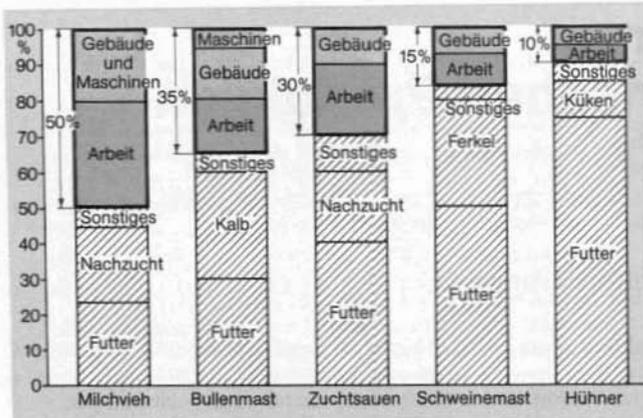


Abb. 361 Kostenstruktur der tierischen Produktion bei durchschnittlichen Haltungsbedingungen

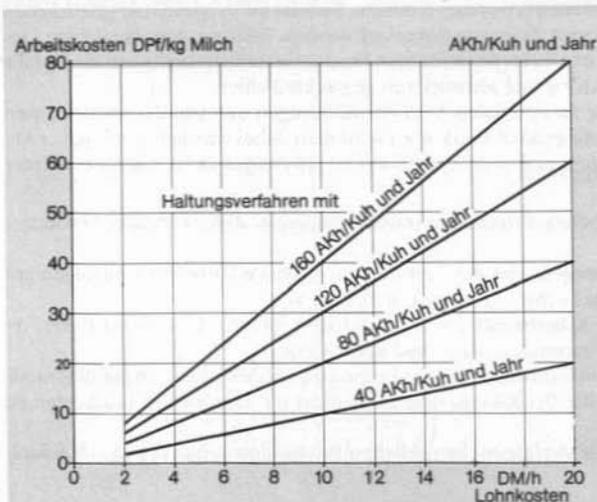


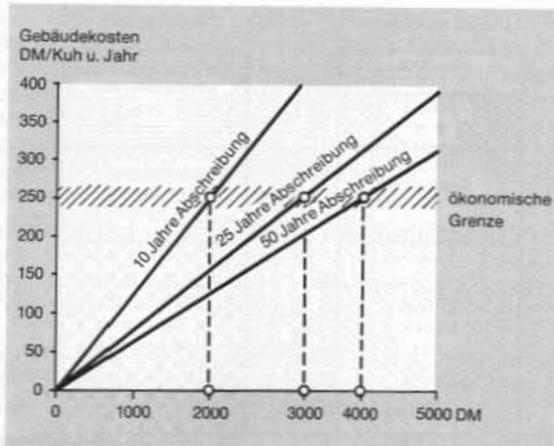
Abb. 362 Lohnanteil je kg Milch bei steigenden Arbeitslöhnen und verschiedenen Mechanisierungsstufen (4000 kg Milch pro Kuh und Jahr)

Verfahren nur geringfügig auf die Lohnkosten je kg Milch aus. Bei hohen Löhnen können aber ungünstige arbeitswirtschaftliche Verhältnisse die Milchviehhaltung sehr schnell unrentabel machen. Dagegen können arbeitssparende Verfahren steigende Arbeitskosten auffangen, da arbeitssparende Verfahren auch bei hohen Stundenlöhnen die Erzeugungskosten weniger belasten.

Hohe Kapitalaufwendungen belasten nicht nur die Erzeugungskosten je l Milch, sondern sind auch deshalb besonders problematisch, da es sich bei Gebäuden – im Gegensatz zu Maschinen – um langfristige Investitionen handelt, die nicht mehr ausgetauscht oder verkauft werden können. Bei fortschreitender Technik und sich laufend verändernden Marktverhältnissen wird es aber immer problematischer, Gebäudeinvestitionen auf lange Sicht vorzunehmen. Gebäude müssen deshalb kurzfristig abgeschrieben werden. Dabei dürfen nur geringe Kapitalaufwendungen gemacht werden, um die Grenze der Wirtschaftlichkeit nicht zu unterschreiten, wie in einem Modellbeispiel gezeigt werden soll (Abb. 363).

Bei der **Schweine- und Hühnerhaltung** entfallen – im Gegensatz zur Milchviehhaltung – nur 15 bzw. 10% der Aufwendungen auf Gebäude- und Arbeitskosten. Hier kommt es vor allem darauf an, durch Schaffung einer *optimalen Umwelt* Tierverluste einzuschränken und eine

Abb. 363 Grenze des wirtschaftlichen Kapitaleinsatzes in der Milchviehhaltung (6% Zinsansatz/Jahr; 10 DM/h; 4000 kg Milch pro Kuh und Jahr)



optimale Futterverwertung zu erzielen. Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit der Tiere werden entscheidend vom richtigen Stallklima beeinflusst. In Abb. 364 sind die optimalen Temperaturbereiche bei den einzelnen Tierarten dargestellt.

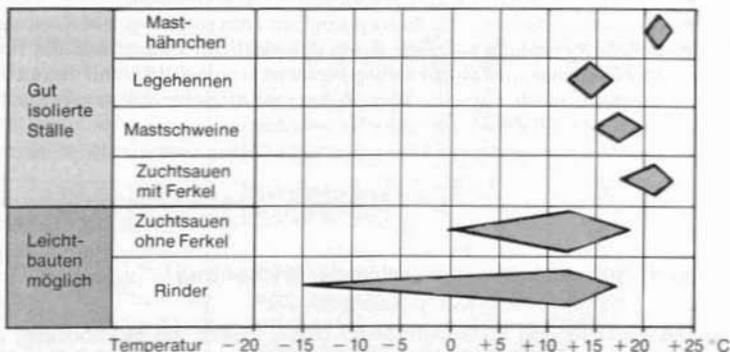
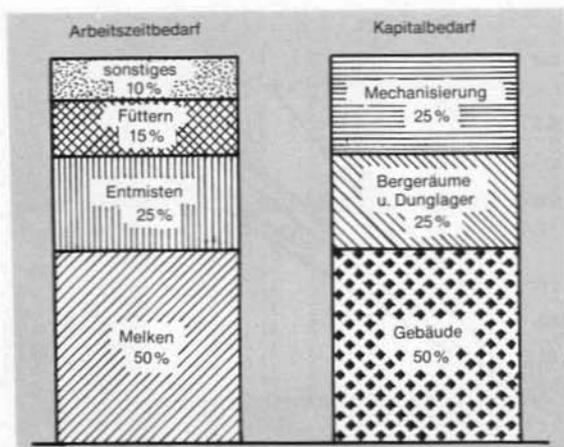


Abb. 364 Optimaler Stalltemperaturbereich verschiedener Nutztiere

Masthähnchen, Legehennen, Mastschweine und ferkelführende Sauen vertragen nur geringe Temperaturschwankungen ohne Leistungseinbußen. Bei diesen Tierarten sind Kapitalaufwendungen für gleichmäßig temperierte Ställe notwendig und gerechtfertigt. Geringe Anforderungen an die Stalltemperatur stellen dagegen Rinder und Zuchtsauen ohne Ferkel. Hier schwankt der vertretbare Temperaturbereich in wesentlich größeren Grenzen, so daß für diese Tierarten billige Leichtbauten durchaus möglich sind.

2 Milchviehhaltung

Die Milchviehhaltung erbringt etwa 40% der gesamten landwirtschaftlichen Einnahmen und ist Hauptbetriebszweig vieler bäuerlicher Betriebe. Dieser Betriebszweig ist mit vielen Problemen belastet, da 50% der Aufwendungen *Arbeits- und Gebäudekosten* sind, die einer hohen Preissteigerung unterliegen. Arbeitsbedarf und Gebäudeaufwendungen setzen sich wie folgt zusammen (Abb. 365, S. 304):



Eine Verringerung des Arbeitszeitbedarfs muß vor allem durch eine bessere Mechanisierung der Melkarbeiten, eine Senkung des Kapitalbedarfes vor allem durch billigere Stallgebäude versucht werden.

Abb. 365 Struktur des Arbeitszeit- und Kapitalbedarfes in der Milchviehhaltung (mittlere Mechanisierungsstufe)

2.1 Melken und Milchbehandlung

Eine zweckmäßige *Mechanisierung* der Melkarbeiten ist besonders wichtig, da

- ▶ 50% der gesamten Stallarbeiten auf das Melken entfallen,
- ▶ die Milchleistung und die Eutergesundheit vom sorgfältigen Melken abhängig sind,
- ▶ die Milchqualität wesentlich durch den richtigen Einsatz und die richtige Pflege von Melkmaschine und Milchkühlung bestimmt werden. Während derzeit die an Molkereien gelieferte Milch etwa 0,5 Mio. Zellen/cm³ erreicht, sollten von Qualitätsmilch Werte unter 100 000 Zellen/cm³ gefordert werden.

Die Mechanisierung der Melkarbeit bedarf einer optimalen Abstimmung von

Kuh – Maschine – Arbeiterledigung

2.1.1 Milchbildung und maschineller Milchentzug

(vgl. a. Band 2 B, Kap. 2, Abschn. 2.6)

Das Euter ist eine hochempfindliche Drüse, welche der Milchbildung, -speicherung und -hergabe dient. Die Milchbildung erfolgt kontinuierlich durch Milchbildungszellen (vgl.

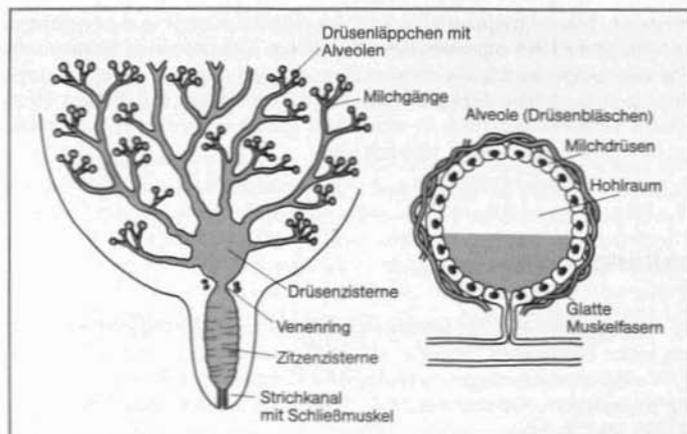


Abb. 366 Aufbau eines Kuheuters und einer Alveole (schematisch)

Abb. 366). Die Milch sammelt sich im Hohlraum der Drüsenbläschen (Alveolen). Dieser Vorgang wird unterbrochen, sobald der Druck der angesammelten Milch eine physiologische Grenze überschreitet. Wird die Milch innerhalb von zwei Tagen nicht abgemolken, beginnt die Rückbildung der Milchabgabe (Trockenstellen). Ein regelmäßiger Milchentzug ist deshalb für eine hohe Milchleistung entscheidend.

Beim maschinellen Milchentzug wird

- ▶ die Ausschüttung der Milch aus den Alveolen durch Stimulation angeregt,
- ▶ die in die Milchgänge und -zisternen »eingeschossene« Milch abgesaugt.

Milchausschüttung – Umgebungsreize (z. B. Klappern mit dem Melkgeschirr) und die Massage der Nervenenden an der Zitze (nicht am Euter!) setzen in der Hirnanhangdrüse das Milchausschüttungshormon Oxytocin frei. Dieses gelangt über den Blutkreislauf zu den Milchdrüsen und bewirkt das Auspressen der Milch aus den Drüsenbläschen während des gesamten Milchentzuges.

Ungewohnte Reize und Störungen, wie unpünktliches und falsches Melken, Schlagen der Tiere und ungewohnte Geräusche führen zu einer Gegenreaktion des Tieres. Dabei wird die Milchausschüttung durch das Hormon Adrenalin blockiert (Hochziehen der Milch).

Milchentzug – Beim maschinellen Milchentzug wird die in die Milchgänge und Zisternen eingeschossene Milch abgesaugt, wozu ein Zweiraum-Zitzenbecher dient (Abb. 367). Im Innern des Zitzengummis (Zitzenbecher-Innenraum) herrscht zum Absaugen der Milch ein ständiger Unterdruck von 0,4–0,5 bar.

Das Saugen wird periodisch durch eine Entlastungsphase unterbrochen, wozu in den aus Zitzenbecherhülse und Zitzengummi gebildeten Zwischenraum abwechselnd Unterdruck und atmosphärische Luft eingelassen wird. Letztere preßt während der Entlastungsphase den Zitzengummi zusammen (Abb. 367).

Dadurch wird die Saugphase unterbrochen, die Zitze gegen Blutstauungen massiert und durch Druckreize die Oxytocinausschüttung angeregt.

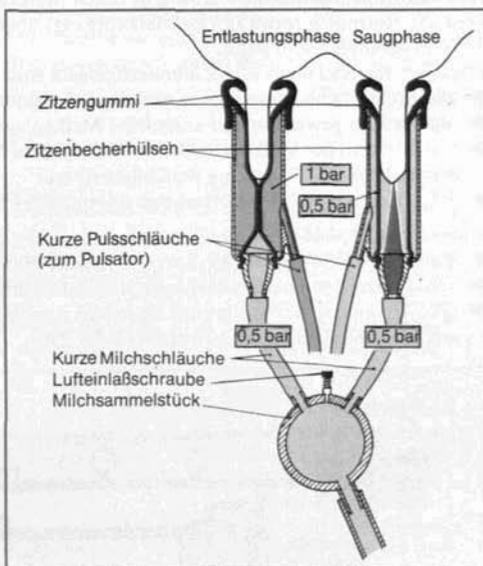


Abb. 367 Aufbau und Funktion des Zweiraum-Zitzenbeckers

Die **Milchabgabe** erfolgt beim Maschinenmelken in mehreren Abschnitten (Abb. 368, S. 306).

Das *Vormelken* dient zum Reinigen des Euters, zum Abmelken des ersten, stark keimhaltigen Milchstrahles und zur Massage der Zitzen. Letzteres soll das Einschließen der Milch in Drüsen- und Zitzenzisterne bewirken. Anschließend werden die Melkzeuge an die prallen Zitzen angesetzt (bei schlaffen Zitzen sitzt der Zitzenbecher bereits von Beginn an zu hoch und erhöht dadurch das Nachgemelk).

Beim *Maschinenhauptmelken* arbeitet die Melkmaschine selbständig. Anzustreben ist eine hohe Milchfließgeschwindigkeit von über 2 l/min, eine schonende Zitzenbehandlung, eine gute Zitzenmassage, eine vollständige Milchabgabe in maximal 6 Minuten.

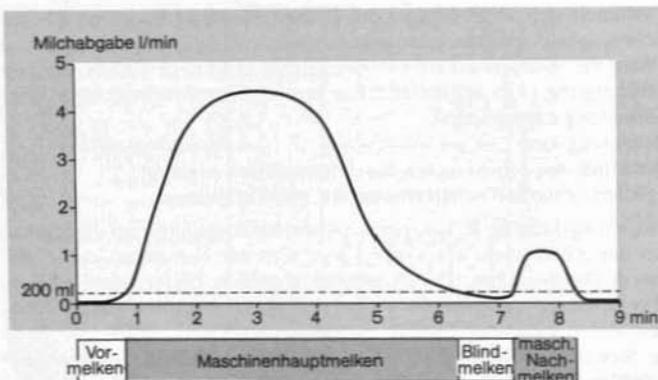


Abb. 368 Abschnitte der Milchabgabe beim Maschinmelken

Blind gemolken wird dann, wenn der Milchfluß unter 200 g/min sinkt. Dies führt zu einer erhöhten Zitzenbelastung – wie Zusammenpressen und Reiben der Zitzenkanäle, Vakuumbelastung der Drüsenzisterne – und sollte deshalb durch rechtzeitiges Abnehmen des Melkzeuges oder durch teilautomatisierte Melkanlagen (vgl. Abschn. 2.1.3) vermieden werden.

Das *Maschinennachmelken* geschieht durch Melkzeugbelastung und Eutermassage. Dabei wird die Restmilch (etwa 0,3 kg/Melkvorgang) abgemolken, wobei die Arbeitskraft bis zu 1,5 min gebunden sein kann.

Ursachen für ein langes Maschinennachmelk sind:

- ▶ die züchterische Veranlagung und das Laktationsalter,
- ▶ mangelhaft gewartete und ausgelegte Melkanlagen,
- ▶ das Klettern der Melkbecher bei nachlassendem Milchfluß (dabei wird durch den Zitzenbecherkopf der Venenring verschlossen) und
- ▶ das »Vermelken« der Kühe durch übermäßiges langes Nachmelken.

Anzustreben ist beim Nachmelken lediglich:

- ▶ ein kurzes Belasten des Melkzeuges mit der Hand, um den Venenring zu öffnen,
- ▶ ein Ausstreifen und Kontrollieren des Euters auf vollständigen Milchentzug,
- ▶ das Abnehmen der Melkzeuge ohne Vakuumeinbruch (Absperrehebel am Sammelstück) und das anschließende Desinfizieren der Zitze.

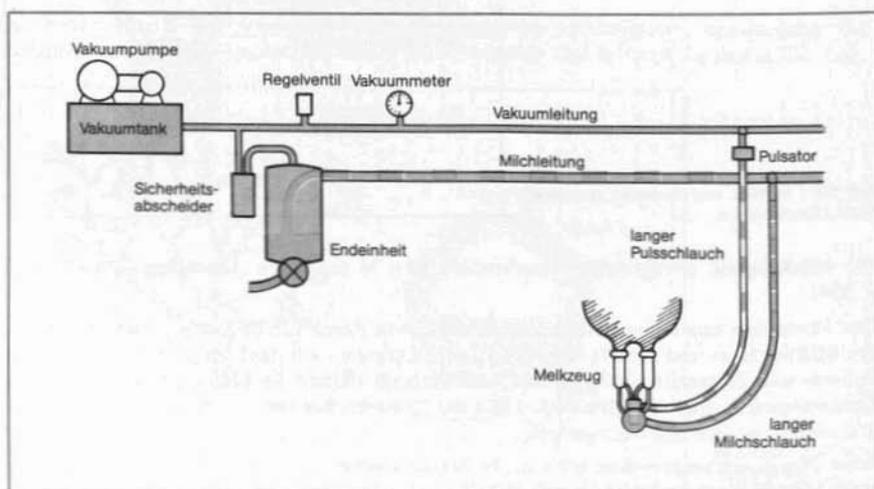


Abb. 369 Aufbau einer Melkanlage (Rohrmelkanlage)

2.1.2 Aufbau einer Melkanlage

Melkanlagen benötigen Melkzeuge, eine Vakuumversorgung, eine Pulswechseinrichtung und ein System zur Milchableitung.

Melkzeug – Es besteht aus der Zitzenbecherhülse (Nirostastahl), dem Zitzengummi, den kurzen Milch- und Pulsschläuchen und dem Milchsammelstück. Der Zitzengummi soll schmiegsam, beständig gegenüber Milchfett und Reinigungsmitteln sein und seine Spannung möglichst lange behalten. Einteilige Zitzengummis ohne Schaugläser sind leicht zu reinigen; Schaugläser lassen zudem keine Beurteilung des Milchflusses zu. Das *Sammelstück* sollte so konstruiert sein, daß die Milch ohne Stauung abfließen kann und das Zurückströmen der Milch in die Zitze (Zitzenbaden) verhindert wird. Dazu muß es ausreichend groß, strömungstechnisch günstig gestaltet sein und der Lufteinlaß (10 l/min) ständig gereinigt sein.

Die **Pulswechseinrichtung** (Pulsator) hat die Aufgabe, abwechselnd Unterdruck (Saugphase) oder atmosphärische Luft (Entlastungsphase) über Pulsschläuche in den Zitzenbecher-Zwischenraum zu leiten. Dabei kommt es zu einem in Abb. 370, S. 308 dargestellten Pulszyklus. Die Anzahl der Pulszyklen pro Minute wird als *Pulsfrequenz* bezeichnet und in Doppeltakten je Minute angegeben (üblich sind 50–60 DT/min). Die Beschleunigung der Pulsfrequenz führt zu einem schnellen Milchfluß, erhöht aber das Infektionsrisiko. Eine Erweiterung des Pulsverhältnisses beschleunigt den Milchfluß dadurch, daß der Strichkanal länger geöffnet bleibt. Auf der anderen Seite kann es zu Stauungen von Blut und Gewebsflüssigkeiten kommen, weil der Entlastungstakt nicht mehr ausreichend lang ist.

Pulsatoren müssen unter verschiedenen Temperaturen und Einsatzbedingungen gleichmäßig arbeiten. Je nach Bau und Funktion der Pulsatoren sind folgende Bauarten, Pulsierungen und Steuerungen möglich:

Tabelle 105: Bauarten, Pulsierungen und Steuerungen von Pulsatoren

	Pulsatoren	Merkmal	Beurteilung
Bauart	pneumatisch geschlossener Pulsator	Antrieb pneumatisch, Flüssigkeitsdämpfung	für alle Melkanlagen geeignet; vakuumabhängig
	elektrischer Pulsator	elektrischer Antrieb, Magnetventile	hohe Puls Konstanz; einfache Bauweise, Niedrigstromversorgung erforderlich
Pulsierung	Gleichtakt (simultane Pulsierung)	gleichzeitig bei allen Bechern eines Melkzeuges	größere Vakuumbelastung; »Zitzenbaden« und Infektionsübertragung wird verhindert
	Wechseltakt ¹⁾ (alternierende Pulsierung)	abwechselnd bei jeweils der Hälfte eines Melkzeuges	ausgeglichene Vakuumbeanspruchung; Gefahr des »Zitzenbadens«
Steuerung	Einzelsteuerung	jeder Pulsator arbeitet unabhängig	ausgeglichene Vakuumbelastung; aufwendigere Bauweise
	Zentralsteuerung	alle Pulsatoren werden zentral gesteuert	einfache Bauweise; ungleiche Belastung des Vakuums

¹⁾ Bei Wechseltakt pulsierung kann es vorkommen, daß infolge Verschmutzung oder Verschleiß die Pulscurven für beide Pulsatorseiten nicht mehr absolut deckungsgleich sind. Der Unterschied im Saugtakt wird als Saugtakt Differenz oder Hinken bezeichnet und in Prozent angegeben (nicht über 5% Abweichung).

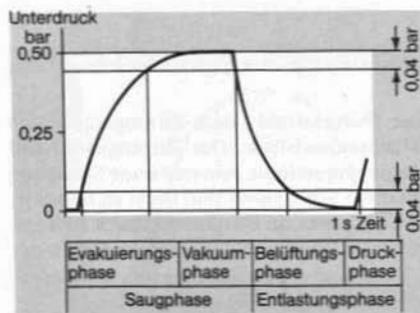


Abb. 370 Pulszyklus und Benennungen

Regelventil ist einem federbelasteten Regelventil hinsichtlich Genauigkeit und Regelbereich überlegen.

Das Vakuum wird über die *Vakuumleitung* in den Stall geführt. Diese muß entsprechend der Melkzeugzahl einen ausreichenden Durchmesser aufweisen (vgl. Tabelle 106), darf nur Bögen, aber keine Rohrwinkel haben und muß zur Entwässerung ein leichtes Gefälle (0,5%) aufweisen. Als *Melkvakuum* werden heute allgemein 0,5 bar eingestellt, einige Anlagen mit Niedrigvakuum arbeiten mit 0,4 bar (Nennvakuum). Ein hohes Vakuum beschleunigt den Milchfluß, führt aber zu höherem Nachgemelk und umgekehrt. Das eingestellte *Nennvakuum* am Regelventil unterscheidet sich vom tatsächlichen *Betriebsvakuum* an der Zitzenspitze hinsichtlich Höhe und Konstanz. Dies führt nicht nur zu einer unregelmäßigen Belastung der Zitzenspitze, sondern verändert auch den Differenzdruck zwischen Zitzenbecherinnen- und -zwischenraum. Dies bewirkt, daß trotz exakt arbeitender Pulsatoren die Zitzengummibewegung unregelmäßig ist. Technisch optimal ausgelegte Melkanlagen mindern die Vakuum-schwankungen.

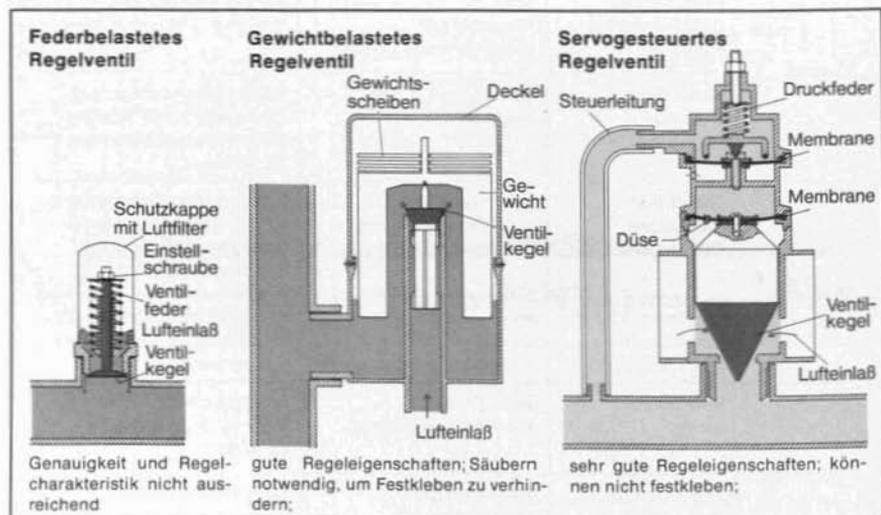


Abb. 371 Bauarten von Regelventilen

Für die **Milchableitung** sind bei Melkanlagen zwei Bauarten üblich:

Eimermelkanlagen: Hier fließt die Milch über den langen Milchslauch direkt in den Melkeimer. Dieser steht unter Vakuum und ist an die Vakuumleitung angeschlossen. Da die Milch

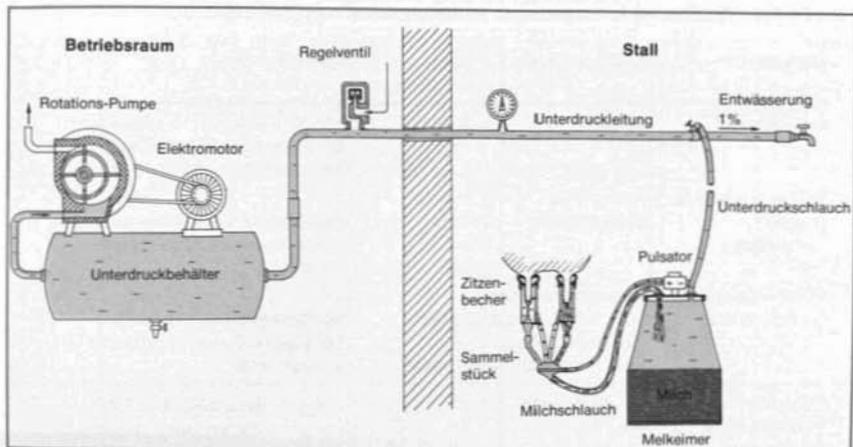


Abb. 372 Aufbau einer Eimermelkanlage

ohne langen Transport kurz nach den Melkzeugen ausgeschieden wird, herrschen in Eimermelkanlagen relativ günstige vakuumtechnische Bedingungen. Dem steht der schwere und zeitraubende Umgang mit dem Melkeimer entgegen.

Rohrmelkanlagen: Die Milch wird über Rohrleitungen direkt in die Milchammer gefördert. Das Melkvakuum übernimmt gleichzeitig den Milchtransport; dabei kann das Betriebsvakuum beeinträchtigt werden. Deshalb muß die Milchleitung ausreichend bemessen (Tabelle 106), ohne Steigungen und mit gleichmäßigem Gefälle zur Endeinheit installiert werden. Bei mehrreihiger Aufstallung oder im Melkstand sollte eine Ringleitung mit doppeltem Einlauf in den Milchabscheider vorgesehen werden. Günstigere vakuumtechnische Bedingungen sind bei *Unterflurleitungen* gegeben, da die Milch durch ihre eigene Schwerkraft nach unten abläuft. Im Melkstand sind sie immer zu bevorzugen; im Anbindestall ist die Installation in der Krippenwand schwierig und die Verschmutzungsgefahr groß.

Eine Sonderform der Rohrmelkanlage, die sog. **Einrohrmelkanlage** hat keine eigene Vakuumleitung. Der Pulsator sitzt am Sammelmstück auf und bezieht von dort das notwendige Pulsvakuum. Einrohrmelkanlagen zeichnen sich durch einfachere und billigere Anlagenkosten aus.

Die **technischen Anforderungen** an Melkanlagen sind in folgender Tabelle 106 und in Abbildung 373 zusammengefaßt.

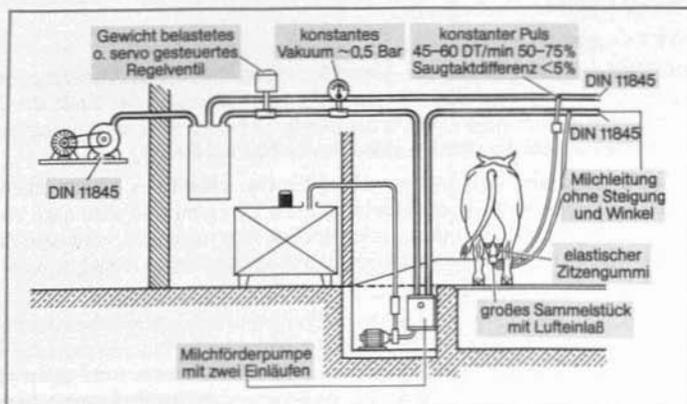


Abb. 373 Die wichtigsten Anforderungen an eine Rohrmelkanlage

Tabelle 106: Technische Anforderungen an Melkanlagen nach DIN 11845

Merkmal	Anforderungen	erlaubte Abweichung	Bemerkungen
Melkvakuum	(0,4)–0,5 bar	± 0,02 bar	höheres Vakuum = schnelle Milchabgabe, aber höheres Nachgemelk
Vakuumkonstanz (bei 10 l Lufteintritt)	Rohrmelker Eimermelker	0,2 bar/s 0,4 bar/s (Vakuumabsenkung)	entsteht bei Melkzeugwechsel; durch Reserveluft auszugleichen
Pumpenleistung (Luftdurchlaß)	Eimermelkanlage: 50 l/min + 60 l/min je ME Rohrmelkanlage: 150 l/min + 60 l/min je ME		Mindestleistung, die auch bei älteren Pumpen erbracht werden muß
Pulszahl	50–60 DT/min	± 5%	höherer Saugtaktanteil führt zur schnelleren Milchabgabe, aber höherem Nachgemelk, sog. »Hinken« bei Wechseltaktpulsatoren
Pulsverhältnis	50–70%	± 5%	
Druckphase	15%	± 5%	
Saugtakt-differenz			
Vakuumleitungen (Innendurchmesser)	bei einer Pumpenleistung von: ∅ 300 l/min 25 mm 300–600 l/min 32 mm 600–1000 l/min 40 mm 1000 l/min 50 mm		gilt nur für Stammleitungen; bei Verzweigungen entsprechend weniger; mindestens 0,4% Gefälle; keine Rohrwinkel und Verengungen
Milchleitungen einfache Leitung Ringleitung	Länge 20 m/2 ME 32 mm 30 m/3 ME 38 mm 30 m/12 ME 38 mm 60 m/5 ME 34 mm	∅	keine Steigungen in der Leitung; Ringleitungen und Doppeleinlauf in Milchabscheider bevorzugen

2.1.3 Teilautomatisierte Melkanlagen

Teilautomatisierte Melkanlagen erleichtern oder übernehmen einige Überwachungs- und Routinearbeiten.

Folgende **Systeme** sind üblich:

Milchflußanzeiger gehören zur Vorstufe teilautomatisierter Melkzeuge und signalisieren durch Zeiger, Lampen oder ein gut sichtbares Schauglas das Ende des Milchflusses. Sie machen den Melker auf die Gefahr des Blindmelkens aufmerksam und vermeiden so unnötige Kontrollwege oder ein verfrüht einsetzendes Nachmelken.

Milchflußabschalter vermindern selbsttätig ein schädliches Blindmelken. Sinkt nämlich gegen Ende des Melkens der Milchfluß unter 200 g/min, so wird nach einer Verzögerung von ca. 20 s der Melkvorgang unterbrochen. Das geschieht entweder durch Abschalten der Pulsatoren im Entlastungstakt oder durch automatisches Abnehmen der Melkzeuge vom Euter.

Abschaltautomaten unterbrechen die Melkarbeiten durch Abschalten des Pulsators im Entlastungstakt. Das Melkzeug bleibt am Euter haften, eine Blutansammlung in der Zitze wird jedoch durch mechanisches Zusammenpressen des Gewebes trotz unvermindert bestehenden Vakuums weitgehend vermieden. Außerdem unterbleibt die periodische Belastung der

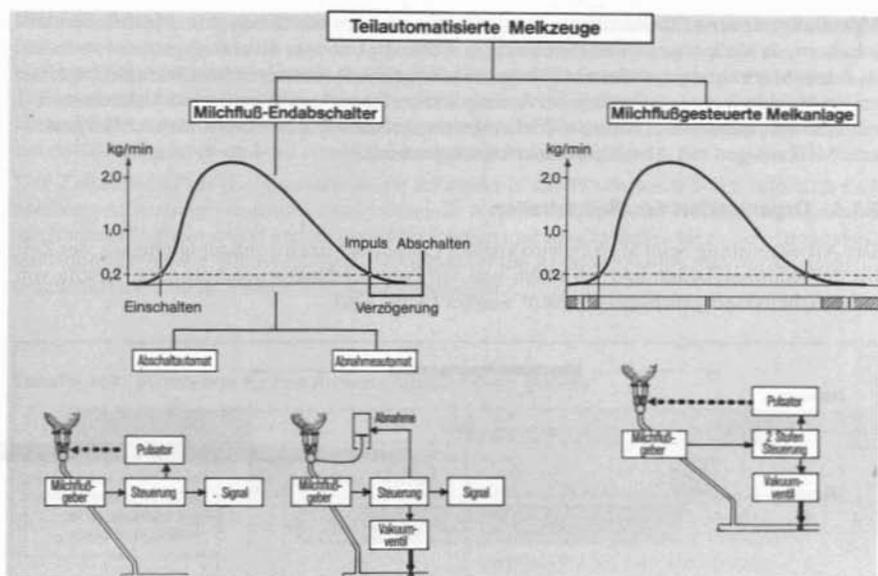


Abb. 374 Systeme teilautomatisierter Melkanlage

empfindlichen Schleimhäute von Euter- und Zitzenzisterne. Sofern die Abschaltphase nicht unphysiologisch lang dauert, kann nach Wiedereinschalten der Pulsierung maschinell nachgemolken werden.

Der Abschaltautomat erspart Kontrollwege, erlaubt mehr Melkzeuge je AK und ohne daß negative Auswirkungen auf die Eutergesundheit zu befürchten sind.

Abnahmeautomaten nehmen die Melkzeuge nach Beendigung des Milchflusses automatisch ab. Dies geschieht nach Belüftung der Melkzeuge mit Hilfe eines pneumatischen Zylinders und einer Abnahmeschnur oder mittels eines Abnahmearms. Dies ist nur bei völligem Verzicht auf das maschinelle Nachmelken sinnvoll. Die arbeitswirtschaftlichen Vorteile sind dabei weniger durch die Zeiteinsparung beim Abnehmen (0,15 min/Kuh), sondern durch die Einsparung von Arbeitswegen bei großen Melkständen, insbesondere Rundmelkständen, gegeben.

	Endanzeiger	Abschalt-automaten	Abnahme-automaten	Milchflußsteuerung (2 Stufen)
Blindmelken	-	eingeschränkt (Vakuum)	ausgeschaltet	eingeschränkt (Pulsierung)
Nachmelken	+	+	-	+ -automatisch-
Kapitalbedarf (DM Melkeinheit)	50-100 DM	~550 DM	~700 DM	650 DM 850 DM
geeignet für:	Anbindestall: 3-4 ME FGM: 2x4 - 2x5 ME	Anbindestall: 4-5 ME FGM: 2x5 - 2x6 ME Karussell: 8er - 12er	FGM: 2x6 - 2x8 ME Karussell: 9er - 16er	Anbindestall: 4-5 ME FGM: 2x6 - 2x8 ME Karussell: ab 8er

Abb. 375 Vergleich teilautomatisierter Melkanlagen

Milchflußgesteuerte Melkanlagen unterscheiden sich grundsätzlich von Milchflußendabschaltern, da Melkvakuum und Pulsierung in Abhängigkeit vom Milchfluß gesteuert werden. Auf dem Markt ist derzeit nur ein System, bei dem diese Steuerung in zwei Stufen erfolgt. Bei einem Milchfluß unter 200 g/min am Anfang und am Ende des Melkens wirkt Vakuumstufe 1 mit 0,33 bar, dazwischen normales Melkvakuum. Arbeitswirtschaftlich sind milchflußgesteuerte Melkanlagen mit Abschaltautomaten vergleichbar.

2.1.4 Organisation der Melkarbeiten

Die Arbeitsleistung beim Melken wird von der Länge des Maschinenhauptgemelkes, der Zeit für die Routinearbeiten und vor allem von der Zahl der Melkzeuge bestimmt, welche von einer Arbeitskraft gleichzeitig bedient werden (Abb. 376).

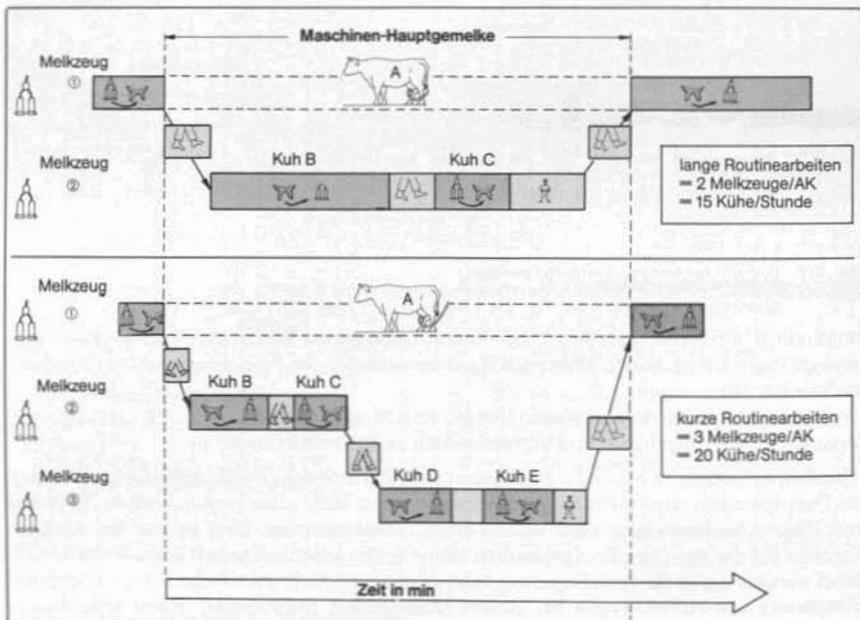


Abb. 376 Arbeitsablauf beim Melken mit zwei und drei Melkeinheiten pro Arbeitskraft und bei langen und kurzen Routinearbeiten

Die Arbeitskraft rüstet Kuh A an und hängt das Melkzeug I an. Nun arbeitet die Melkmaschine selbstständig; diese Zeit wird als Maschinenhauptgemelk bezeichnet. In dieser Zeit kann nun die Arbeitskraft zu einem anderen Tier (Kuh B) gehen, nachmelken und Melkzeug II abnehmen. Dieses Melkzeug wird nun zu Kuh C umgesetzt, bei einem hohen Zeitaufwand für diese einzelnen Routinearbeiten wird nun bei Kuh A das Maschinenhauptgemelk zu Ende gehen. Die Arbeitskraft muß also möglichst umgehend zu diesem Tier gehen, nachmelken und die Melkzeuge abnehmen.

Werden diese einzelnen Routinearbeiten dagegen sehr schnell erledigt, kann die Arbeitskraft während der gleichen Zeit für das Maschinenhauptgemelk durchaus noch ein weiteres Melkzeug gleichzeitig bedienen. Folglich steigt auch die Arbeitsleistung um ein weiteres Drittel. Höhere Arbeitsleistungen beim Melken sind also durch mehr Melkzeuge/AK möglich. Voraussetzung dafür sind aber kurze Routinearbeiten und kurze Wege

Für die richtige Zahl der Melkzeuge je Arbeitskraft gelten annähernd folgende Zusammenhänge:

$$\text{Zahl der Melkeinheiten/AK}^1) \approx \frac{\text{Maschinenhauptgemelke min/Kuh}}{\text{Routinezeit min/Kuh}}$$

¹⁾ bei Melkständen mit Einzelmelkzeugen ist die Zahl der Melkeinheiten zu verdoppeln

Das *Maschinenhauptgemelk* schwankt zwischen 3 und 8 min/Kuh und Melken. Bei konventionellen Melkanlagen muß von den schnellmelkenden Kühen ausgegangen werden, damit ein Blindmelken vermieden wird. Auf längermelkende Kühe muß dagegen gewartet werden. Teilautomatisierte Melkanlagen mindern die Gefahr des Blindmelkens, so daß die Zahl der Melkeinheiten nach dem längeren Maschinenhauptgemelk ausgelegt werden kann. Wartezeiten entfallen dadurch und die Arbeitsleistung steigt beträchtlich.

Der Zeitaufwand für die *Routinearbeiten* schwankt in der Praxis von 0,7–3,0 min/Kuh und Melken und bestimmt dadurch entscheidend die Arbeitsleistung beim Melken. Insbesondere die Nachmelkarbeiten sind in der Praxis beträchtlich und beanspruchen bis zu 50% der gesamten Routinearbeiten. Anzustrebende Planzeiten für die Routinearbeiten und Verbesserungsmöglichkeiten sind in Tabelle 107 zusammengefaßt.

Tabelle 107: Richtwerte für den Arbeitszeitbedarf beim Melken

Routinearbeit	Plan-Zeitaufwand s/Kuh u. Melken	Verbesserungsmöglichkeiten
Eintreiben der Kühe (nur Melkstand)	12	ruhiger Umgang mit den Tieren, Umtrieb vom Liegen zum Fressen, gerader Zutrieb zum Melkstand, Lockfuttermenge
Euter vorbereiten (Reinigen, Anrücken)	15	saubere Euter durch gute Aufstallung, Zitzen und Euter trocken abreiben, ersten Strahl abmelken, Zitzen massieren
Melkzeuge ansetzen	12	Melkzeuge sofort nach Anrücken ansetzen
Ausmelkgriffe	15	nur bei wirklichem Milchfluß nachmelken, besseres Erkennen durch Milchflußanzeiger; Selektion auf kurzes Nachgemelk; technisch richtig ausgelegte und gepflegte Melkanlage; Tiere nicht an langes Nachgemelk gewöhnen
Melkzeugabnahme und Zitzendesinfektion	10	Vakuumeinbruch durch Absperrventil vermeiden; bei Großmelkständen ggf. Abnahmeautomaten
Austreiben	7	

Beispiele:

Anbindestall
 Maschinenhauptgemelk einer Herde: 4–7 min/Kuh
 Routinearbeiten: bisher 2,0 min, künftig 1,2 min

Arbeitsorganisation bei konventionellen Melkanlagen: $\frac{\text{mind. 4 min}}{2,0} = 2$ konventionelle Melkeinheiten/AK
 = 13 gemolkene Kühe/h

Arbeitsorganisation bei teilautomatischen Melkanlagen: $\frac{\text{max. 7 min}}{1,2} = 5$ teilautomatische Melkeinheiten/AK
 = 30 gemolkene Kühe/h

2.1.5 Melkverfahren im Anbindestall und Melkstand

Voraussetzung für hohe Arbeitsleistungen beim Melken sind weiterhin gute Übersicht, günstige Arbeitshaltung und kurze Wege von Euter zu Euter. Hier bieten Anbindestall und Melkstand unterschiedliche Voraussetzungen.

Melkverfahren im Anbindestall – Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitskraft zur Kuh gehen und in ungünstiger gebückter Haltung die Arbeit verrichten muß.

Bei der **Eimermelkanlage** sind etwa 20 m/Kuh und Melkzeit zurückzulegen (Abb. 377). Hinzu kommt der auch körperlich anstrengende Milchtransport, so daß eine Arbeitskraft nur bis zu 2 Melkeinheiten gleichzeitig bedienen kann. Dadurch können im Durchschnitt nur etwa 13 Kühe pro Arbeitskraft und Stunde gemolken werden, wobei in der Praxis erhebliche Streuungen zu beobachten sind.

Bei **Rohrmelkanlagen** entfällt der Milchtransport, so daß eine Arbeitskraft 3 Melkzeuge gleichzeitig bedienen und so im Durchschnitt etwa 20 Kühe/h melken kann. Der Einsatz von *Milchflußanzeigern* verbessert den Arbeitsablauf und ermöglicht unter günstigen Bedingungen sogar den Einsatz von 4 Melkeinheiten.

Eine weitere Steigerung der Melkzeugzahl erfordert *teilautomatisierte Melkanlagen*. Da hier ein Blindmelken nicht mehr zu befürchten ist, entfallen Kontrollwege und es ist ein geregelter Arbeitsablauf möglich.

Dies wird bei allen Melkeinheiten eingehalten, unabhängig von der Milchabgabe der Tiere. Dadurch können ohne Überlastung 4–5 Melkzeuge von einer Arbeitskraft bedient und zwischen 30–40 Kühe pro Stunde gemolken werden. Der Arbeitsweg sinkt auf 15 m/Kuh.

Das Schrägstellen der Kühe vom Melken bei der Schwenkbuchteneraufstallung bringt eine zusätzliche Arbeitserleichterung.

Melkverfahren im Melkstand – Im Gegensatz zum Anbindestall kommt das Tier beim Melken zum Melker, und dieser kann in günstiger Arbeitshaltung bei kurzen Wegen (weniger als 8 m/Kuh) und guter Übersicht die Melkarbeiten erledigen. Dadurch kann eine Arbeitskraft mehr Melkeinheiten als im Anbindestall bedienen (Abb. 378).

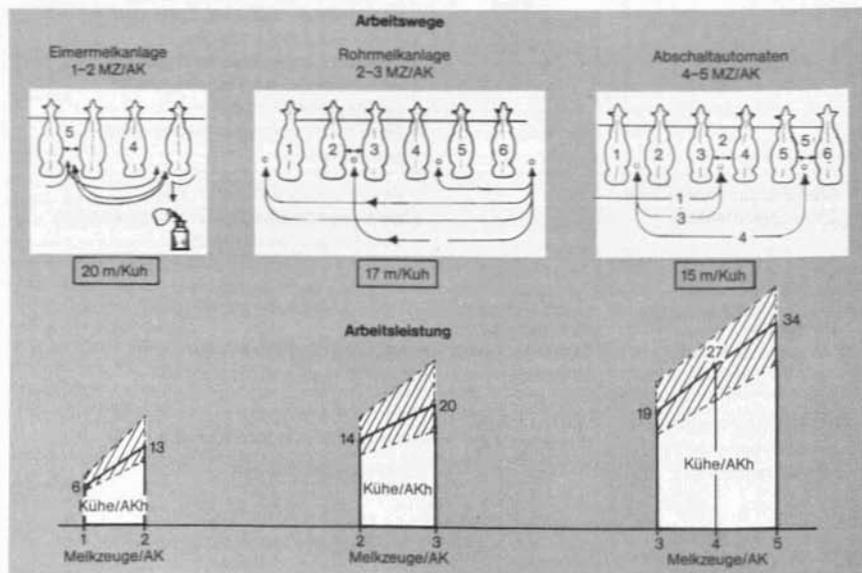


Abb. 377 Arbeitswege und Arbeitsleistung beim Melken im Anbindestall

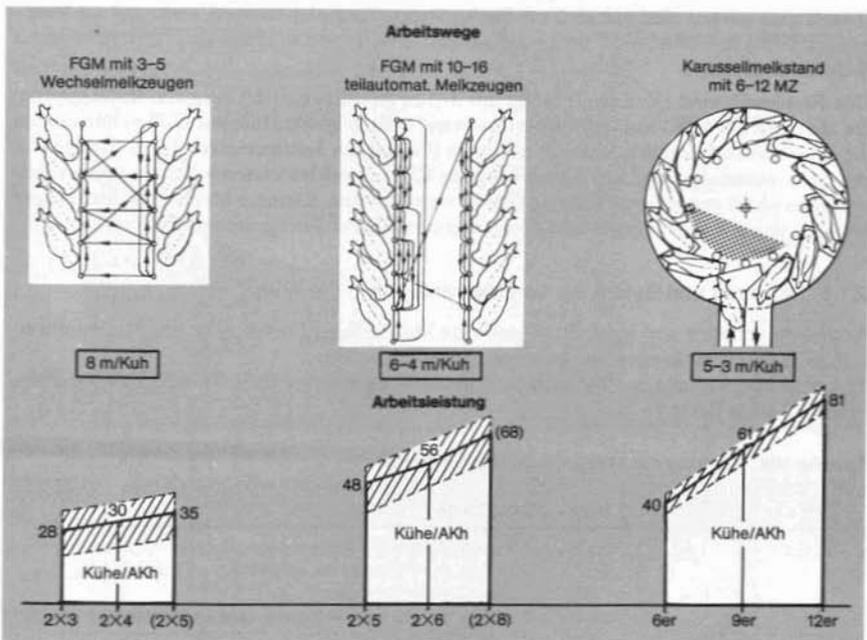


Abb. 378 Arbeitswege und Arbeitsleistung im Melkstand

Fischgrätenmelkstand: In konventionellen Anlagen sind Wechselselmelkzeuge üblich, d. h. ein Melkzeug ist für zwei gegenüberliegende Buchten vorgesehen. Die Arbeitsleistung liegt dabei im 2 x 3 – 2 x 4-Fischgrätenmelkstand bei 25–30 Kühen/AKh. Die Ausrüstung mit Einzelmelkzeugen für jede Bucht führt zu einer Entflechtung der Arbeit und zu höheren Arbeitsleistungen, die im 2 x 4-FGM mit 8 Melkeinheiten bei etwa 33 Kühen/AKh liegen.

Der Einsatz von *Abschaltautomaten* bzw. *milchflußgesteuerten Geräten* ist erst im 2 x 5- bis 2 x 6-Fischgrätenmelkstand sinnvoll. Dadurch ist ein geordneter Arbeitsablauf ohne Überlastung des Melkens und eine Arbeitsleistung von 40–60 gemolkene Kühen/AKh möglich.

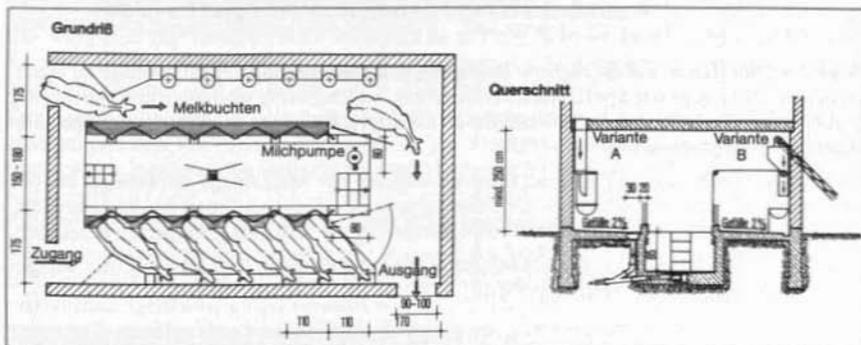


Abb. 379 Fischgrätenmelkstand (2 x 6; je Melkbuchtenpaar ist der Melkstand um 1,10 m zu verlängern oder zu verkürzen) (Maße in cm)

Variante A: Deckenlastige Kraftfutterlagerung; Buchtenboden mit Gefälle zum Kotrost

Variante B: Kraftfutterlagerung im Silo; Schneckenförderung, Buchtenboden ohne Kotrost und mit Gefälle zur offenen Abflußrinne

Abnahmeautomaten sind erst ab 2 x 6-Fischgrätenmelkständen sinnvoll, wenn auf das Nachmelken völlig verzichtet wird. Im 2 x 8-Fischgrätenmelkstand sind dann bis zu 70 gemolkene Kühe/AKh möglich.

Der **Rundmelkstand** (Karussell) bietet mit 3–5 m Arbeitsweg/Kuh optimale Bedingungen, die aber durch erheblichen technischen Aufwand erkaufte werden müssen. Voll zu nutzen sind die arbeitswirtschaftlichen Vorteile nur beim Fortfall des Nachgemelkes, beim Einsatz von Abnahmeautomaten und mindestens 9, besser 12 Buchten. Im letzteren Fall sind Arbeitsleistungen von 80 gemolkenen Kühen/AKh zu verwirklichen. Kleinere Melkkarusselle bringen dagegen kaum Vorteile gegenüber dem funktionssicheren Fischgrätenmelkstand.

2.1.6 Wartung und Reinigung von Melkanlagen

Technisch veraltete und mangelhaft gepflegte Melkanlagen führen zu langen Nachmelkzeiten, zu Eutererkrankungen und zu schlechter Milchqualität.

Eine ständige Wartung der Melkanlage ist deshalb besonders wichtig. Tabelle 108 gibt einige Anhaltspunkte dafür.

Tabelle 108: Wartung der Melkanlagen (nach WORSTORFF)

Zeit	Überprüfung und Pflege
täglich	Kontrolle des Vakuummeters auf Nullanzeige und Nennvakuum; Prüfen und Einstellen der Pulszahl bei einstellbaren Pulsatoren; Luftleinlaß am Sammelstück reinigen; Prüfen der kurzen Puls- und Milchschräume auf Leckstellen
wöchentlich	Vakuumregelventil säubern; Ölstand der Vakuumpumpe prüfen; Prüfen der Sitzgummis auf Verdrehen, Aufräumung und Beschädigungen
monatlich	Pulsator reinigen, insbesondere Filter; Milchhähne auf Dichtigkeit und Verdrehen prüfen
halbjährlich	Prüfung der Keilriemenspannung bei der Vakuumpumpe; Vakuumpumpe reinigen (Kühlwirkung); Spülen von Vakuumleitung und Vakuumtank (auch nach jedem »Übermelken« notwendig); Sitzgummi auswechseln; Milchleitung und Verschraubungen auf Dichtigkeit überprüfen

Besondere Sorgfalt ist auf die tägliche **Reinigung und Desinfektion** der Melkanlage zu legen. Dazu sind DLG-geprüfte Spezialmittel erforderlich, welche wenig schäumen und gleichzeitig desinfizieren (Dosierung etwa 100 cm³ für 20 l Wasser). Bei »hartem« Wasser sind spezielle Mischungen empfehlenswert.

Im wöchentlichen Abstand ist eine *Generalreinigung* der Melkanlage notwendig, bei der Melkzeuge, Melkeimer, Hähne usw. auseinandergenommen und gesondert gereinigt werden. Bei dieser Reinigung sind saure Mittel empfehlenswert, um Kalkablagerungen zu beseitigen.

Das Rüsten und Reinigen von Melkanlagen erfordert folgenden Zeitaufwand, der weitgehend unabhängig von der Herdengröße ist:

Eimermelkanlagen	15–20 min/Herde und Melken
Rohrmelkanlagen	20–30 min/Herde und Melken
Fischgrätenmelkstände	25–45 min/Herde und Melken

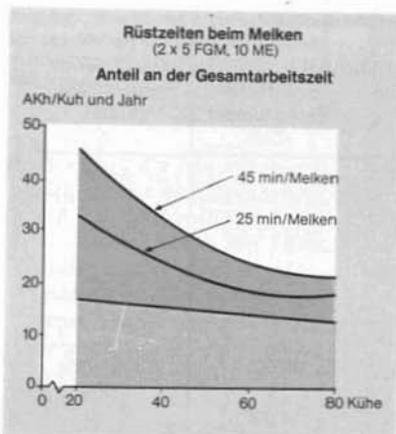


Abb. 380 Rüstzeiten beim Melken



Abb. 381 Programmgesteuerter Spülautomat zur Reinigung von Rohmelkanlagen

2.1.7 Vergleich der Arbeitsverfahren für das Melken

Ein Vergleich der verschiedenen Melkverfahren muß Arbeitsleistung, Kapitalbedarf und Kosten berücksichtigen. Die wichtigsten Kennwerte für Arbeitsleistung, Gebäudeanspruch und Kapitalbedarf sind in Tabelle 109, S. 318 zusammengefaßt.

Der **Arbeitszeitbedarf** der verschiedenen Melkverfahren setzt sich aus den eigentlichen Melkarbeiten und den Vor- und Nacharbeiten für die Reinigung und Pflege zusammen. Letztere sind von der Herdengröße weitgehend unabhängig und belasten deshalb kleinere Herden je Kuh erheblich (Abb. 380). Dies ist der Grund, warum moderne Melkverfahren mit höheren Rüstzeiten erst bei größeren Beständen arbeitswirtschaftliche Vorteile bringen.

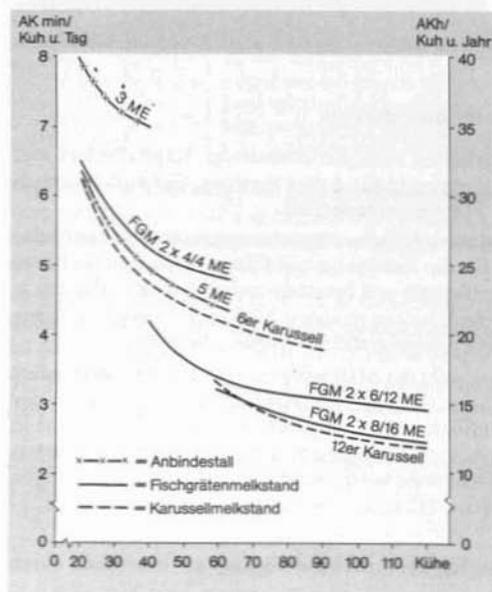
Neben dem Arbeitszeitbedarf ist für die Auswahl der Melkverfahren auch der **Kapitalbedarf** zu beachten (Tab. 109, S. 318). Dabei zeigt sich, daß Melkstände, vor allem wegen der zusätzlichen Gebäude, einen wesentlich höheren Kapitalbedarf erfordern. Dieser wird in größeren Beständen durch eine höhere Arbeitsleistung gerechtfertigt. Dagegen sind die hohen Kapitalaufwendungen für Karussellmelkstände bei konventionellen Melkzeugen wegen der geringeren arbeitswirtschaftlichen Vorteile betriebswirtschaftlich nur in Einzelfällen gerechtfertigt.

Entscheidend für die Auswahl sind die **Kosten der Arbeiterledigung**, die wesentlich durch die Herdengröße beeinflußt werden.

Tabelle 109: Vergleich und Zuordnung verschiedener Melksysteme

Melkverfahren	Gemolkene Kühe/Stunde und AK	Kapitalbedarf		empfohlene Herdengröße (Kühe)
		technische Einrichtung (DM)	zusätzlicher Bauaufpreis ²⁾ (DM)	
Eimermelkanlage 2 ME ¹⁾	13 (3–15)	6 000,–	–	5–15
Rohrmelkanlage 3 ME ¹⁾	20 (15–25)	14 000,–	–	12–25
Abschaltautomaten 5 ME ¹⁾	35 (30–40)	20 000,–	–	25–50
Fischgrätenmelkstand: 2 x 4, 4 konv. ME	30 (25–30)	25 000,–	12 000,–	Übergangslösung
2 x 5, 10 teilaut. ME	45 (40–50)	35 000,–	14 000,–	40–60
2 x 6, 12 teilaut. ME	55 (50–60)	45 000,–	16 000,–	über 60
2 x 8, 16 Abnahmeaut.	70 (65–75)	60 000,–	20 000,–	80–200
Rundmelkstand 9 Buchten	65 (60–70)	60 000,–	27 000,–	(ab 80)
Rundmelkstand 12 Buchten Abnahmeautomat	bis 80	90 000,–	41 000,–	ab 120
Rundmelkstand 14 Buchten Abnahmeautomat	bis 90	110 000,–	56 000,–	ab 150

¹⁾ ME = Melkeinheiten ²⁾ 150,– DM/m³



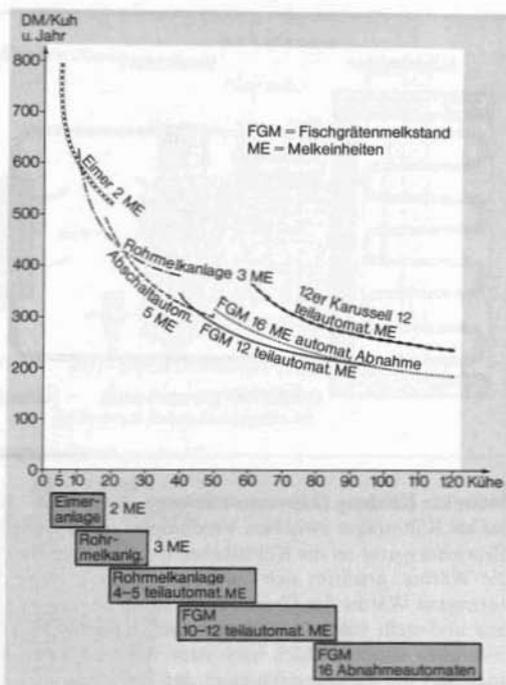
Dieser Vergleich läßt folgende allgemeingültige Zuordnung moderner Melkverfahren zu, wobei im Einzelfall unterschiedliche Lohnansätze, eine eingeleitete Herdenaufstockung und der Wunsch nach Arbeitskomfort eine abweichende Beurteilung rechtfertigen:

- ▶ Für Herden bis 25 Kühe sind Rohrmelkanlagen mit 2–4 Melkeinheiten und Milchflußanzeigen zu empfehlen.
- ▶ Bei größeren Herden in vorhandenen Anbindeställen ermöglichen Abschaltautomaten bzw. milchflußgesteuerte Melkanlagen eine kostengünstige arbeitswirtschaftliche Sanierung, die für Herden bis zu 40 Kühen genügen kann.

Abb. 382 Arbeitszeitbedarf verschiedener Melkverfahren (ME = Melkeinheit)

Abb. 383 Kosten der Arbeitserledigung für das Melken (10 DM/h, 15% Maschinenkosten, 7% Gebäudekosten ohne Milchlager)

- ▶ Betriebe, die neu bauen und sich auf die Milchviehhaltung mit Herden über 40 Kühen spezialisieren, sollten den Fischgrätenmelkstand mit Abschaltautomaten oder milchflußgesteuerten Geräten wählen. Die unterste Größe liegt beim 2 x 5-Fischgrätenmelkstand; bei langfristiger Planung ist der 2 x 6-Fischgrätenmelkstand mit 12 Melkeinheiten als optimale Größe anzusehen. Melkstände sind in spezialisierten Milchviehbetrieben auch wegen des größeren Arbeitskomforts zu bevorzugen.
- ▶ Für bäuerliche Milchviehhalter mit Herden über 80 Kühen können wegen der beschränkten Zeitspanne für das Melken große Fischgrätenmelkstände bzw. Karussellmelkstände – ausgerüstet mit automatischer Melkzeugabnahme – interessant werden, soweit die Herden dafür geeignet sind.
- ▶ Für Herden über 120 Kühe wird der Rundmelkstand mit Abnahmeautomatik auch von den Kosten her gesehen interessant. In Fremdarbeitsbetrieben ist aber zu prüfen, ob ein funktionssicherer Fischgrätenmelkstand trotz geringerer Arbeitsleistung nicht vorzuziehen ist.



2.1.8 Kühlung und Lagerung der Milch

Der Keimgehalt der Milch als bestimmendes Qualitätsmerkmal wird wesentlich von Lagerzeit und Milchtemperatur beeinflusst. Dabei sollten nicht mehr als 100 000 Keime pro cm^3 überschritten werden. Dazu muß die Milch innerhalb von 2 1/2 Stunden auf $+4^\circ\text{C}$ gekühlt werden und bis zur Ablieferung bei dieser Temperatur gehalten werden. Dies gilt insbesondere für die Stapelung der Milch über zwei Tage, wie dies beim Einsatz von Tankwagen schon vielfach üblich ist. Bei *Wasserkühlung* ist diese Forderung nicht zu erfüllen, so daß *elektrische Kühlanlagen* für alle Milcherzeuger notwendig werden.

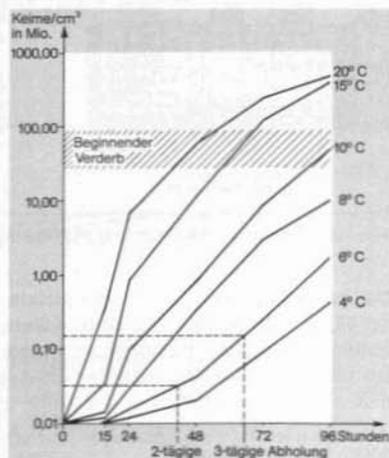


Abb. 384 Keimgehalt der Milch bei unterschiedlicher Lagerzeit und Kühltemperatur (nach Busse)

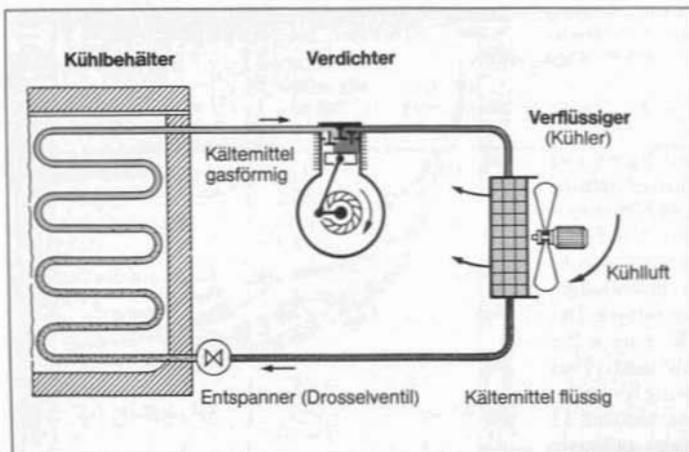


Abb. 385 Aufbau einer elektrischen Kühlanlage

Indirekte Kühlung (Eiswasserkühlung) (Abb. 386) – Bei der indirekten Kühlung dient Wasser als Kälte­träger zwischen Verdampfer und Milch. Das Eiswasser wird im Kreislauf vom Eiswasservorrat an die Kühlflächen des Milchbehälters gepumpt. Hier entzieht es der Milch die Wärme, erwärmt sich dabei und fließt in den Eiswasservorrat zurück. Dort taut die entzogene Wärme das Eis am Verdampfer ab. Dieses Eis bildet sich während der Melkzeiten neu und stellt einen Kälte­vorrat auch für größere, stoßartig anfallende Milchmengen dar (Einfüllen warmer Milch nach dem Weidemelken). Die Kühlgeschwindigkeit hängt dabei auch von der Leistungsfähigkeit der Umwälzpumpe ab, da die Kühlleistung mit schneller umgepumptem Eiswasser steigt. Vorteilhafter ist weiterhin der geringere elektrische Anschlußwert. Nachteilig ist der höhere technische Aufwand für Eiswasserkühlanlagen.

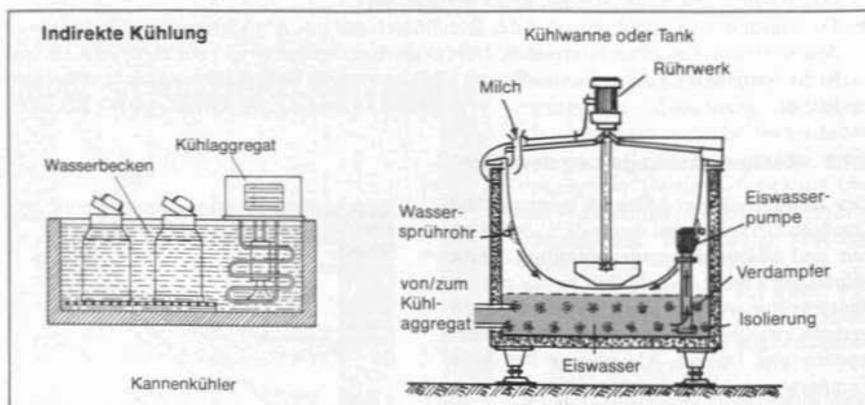
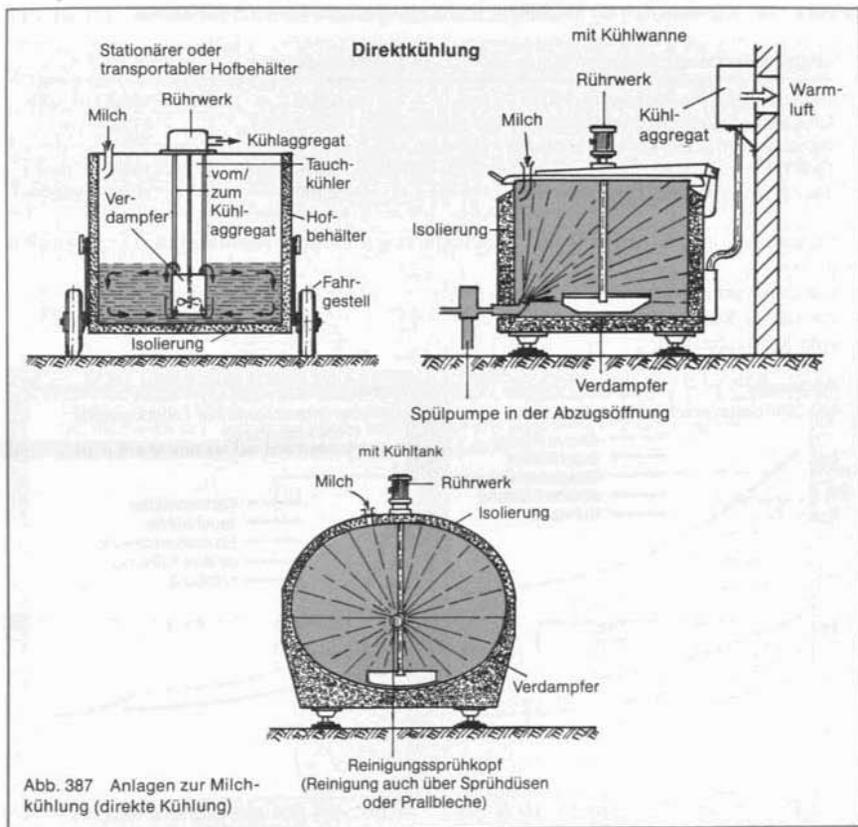


Abb. 386 Anlagen zur Milchkühlung (indirekte Kühlung)

Direktkühlung (Abb. 387) – Bei diesem Kühlverfahren kommt der Verdampfer direkt mit der Milch in Berührung. Da keine Kältespeicherung erfolgt, muß das Kühlaggregat für Spitzenbelastungen (frisch ermolken, warme Milch) ausgelegt werden. Dies setzt entsprechend leistungsfähige Aggregate und höhere Anschlußwerte voraus. Ein leistungsfähiges Rührwerk muß zudem das »Anfrieren« der Milch verhindern. Vorteilhaft sind die einfache Bauweise und der geringere Wärmeübergangsverlust zwischen Milch und Verdampfer.



Unsachgemäße Behandlung der Milch während der Kühlung kann die **Qualität** beeinträchtigen (Ausbuttern, Erhöhung freier Fettsäuren). Auf folgende Punkte ist zu achten:

- ▶ Die Milch muß sanft in den Kühlerbehälter laufen;
- ▶ das Rührwerk der Kühlanlage darf erst eingeschaltet werden, wenn dieses vollständig von Milch umspült wird. Luft darf in die Milch nicht hineingeschlagen werden;
- ▶ die Milch darf beim Rühren nicht spritzen.

Vergleich und Auswahl der Kühlverfahren – Die Auswahl der verschiedenen Kühlgeräte und Lagerbehälter erfolgt unter Berücksichtigung von Milchmenge und Lagerzeit nach:

- ▶ Energieverbrauch (vgl. Abb. 388),
- ▶ Kapitalbedarf (vgl. Tabelle 110),
- ▶ Gesamtkosten.

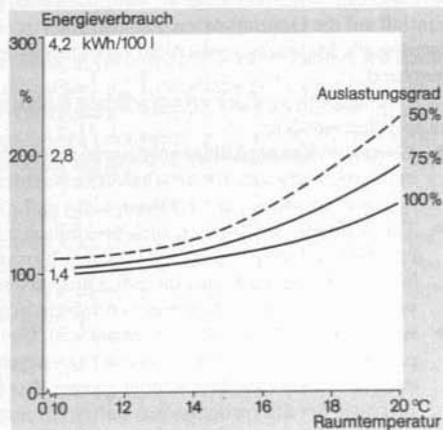


Tabelle 110: Kapitalbedarf für Milchkühl- und Lagereinrichtungen (ohne Kannen)

Milchkühlsystem	DM insgesamt	DM/100 l
Eiswasser-Kannenkühler für 200 l	2500	1250
Eiswasser-Wannenkühler für 500 l	6000	1100
Kühlwanne mit direktem Verdampfer (500 l)	5500	1050
Tauchkühler mit 200 l-Hofbehälter	2500	1250

Entscheidend für die Auswahl von Kühlverfahren sind die **Gesamtkosten**. Diese werden bestimmt:

- von der Auslastung,
- von der zu kühlenden Milchmenge,
- vom Kühlverfahren.

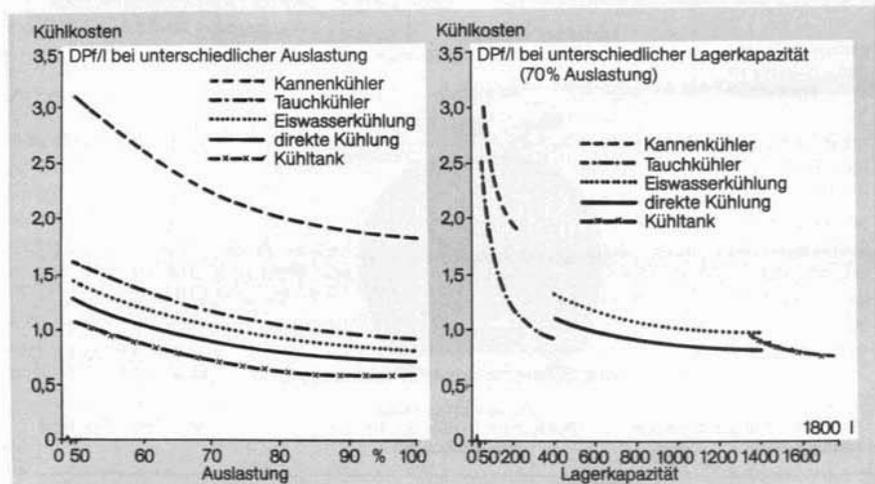


Abb. 389 Kosten verschiedener Milchkühlverfahren (nach Berz)

Wie aus Abb. 389 hervorgeht, hat die Auslastung der Kühlanlagen einen entscheidenden Einfluß auf die Gesamtkosten. Anzustreben ist eine Auslastung von mindestens 70%, was bei zweitägiger Stapelung meist nicht erreicht werden kann und dementsprechend die Kühlung verteuert.

In Abhängigkeit von der erforderlichen Kühlkapazität können die Kühlverfahren wie folgt zugeordnet werden:

- ▶ **Eiswasser-Kannenkühler** verursachen mit Abstand die höchsten Kühlkosten. Dazu kommen erhebliche arbeitswirtschaftliche Nachteile bei der Reinigung und beim Umgang mit Kannen, so daß diese Verfahren nicht mehr zu empfehlen sind.
- ▶ **Tauchkühler** sind dagegen auch bei kleineren Milchmengen kostengünstig und bis 400 l zu empfehlen. Größere Mengen lassen sich zwar ebenfalls kostengünstig kühlen, wobei verlängerte Kühlzeiten und eine evtl. Qualitätsbeeinflussung durch schnelllaufende Rührwerke den Übergang zu Kühlwannen ratsam machen.
- ▶ **Kühlwannen** sind ab 400 l zu empfehlen. Die direkte Kühlung ist dabei wegen des niedrigeren Anschaffungspreises und der etwas geringeren Energiekosten im allgemeinen vorzuziehen. Eine indirekte Kühlung kann aber bei stoßartiger Kühlung größerer Milchmengen oder bei überproportional hohen Stromkosten infolge hoher Anschlußwerte in Einzelfällen günstiger sein.
- ▶ Ab etwa 1400 l Lagerkapazität sind **Kühltanks** zu bevorzugen, da sie bei Kostengleichheit gegenüber Wannan zusätzlich eine problemlose automatische Reinigung ermöglichen.

Tabelle 111: Anhaltswerte für die Planung der Milchlagerung

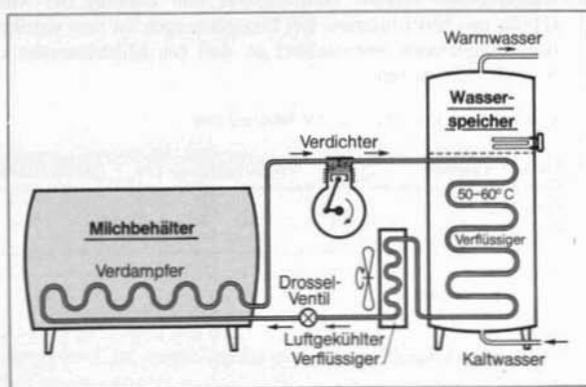
	10 Kühe	20 Kühe	40 Kühe	60 Kühe	80 Kühe
Fassungsvermögen (l)	500 (250)	1000 (500)	2000 (1000)	3000 (1500)	4000 (2000)
Lagerbehälter	(Tauchkühler) Wanne	Kühlwanne	(Kühlwanne) Kühltank	Kühltank	Kühltank
Abmessungen (m) ¹⁾	∅ 1,10	2,10 x 1,20 x 1,00	3,00 x 1,50 x 1,10	3,00 x 2,00 x 1,10	3,00 x 2,00 x 1,50
Flächenbedarf (m ²) ²⁾	3	8,5	12	14	14

() = eintägige Abholung;

¹⁾ Länge x Breite x Höhe

²⁾ Der Flächenbedarf enthält bei Wanne und Tank auf drei Seiten einen Verkehrsweg von 0,50 m Breite und auf der Milchabnahmeseite von 1,00 m

Abb. 390 Prinzip der Warmwassergewinnung aus der Milch



Wärmerückgewinnung – Milchkühlanlagen entziehen der Milch Wärme und geben sie ungenutzt an die Luft ab. Mit Rückgewinnungsanlagen kann mit dieser Wärme Warmwasser gewonnen werden.

Die beim Kühlen der Milch an das Kältemittel abgegebene Wärme wird verdichtet und damit in einem Wasserspeicher an das Brauchwasser aufgeheizt. Überschüssige Wärme bei zu kleinem Wasserspeicher oder bei zu geringem Warmwasserverbrauch wird an die Luft abgegeben. Die Abluft des Verdichters wird bei den meisten Anlagen ebenfalls zur Wärmerückgewinnung genutzt. Wärmerückgewinnungsanlagen erzeugen Warmwasser mit 50–60° C in etwa der halben Milchmenge.

Zusätzliche Stromkosten fallen dabei nicht an. Bei gewünschten höheren Wassertemperaturen oder größerem Warmwasserverbrauch kann eine Elektroheizung im Warmwasserspeicher eingebaut werden. Die zusätzlichen Anlagekosten für die Wärmerückgewinnung belaufen sich auf 4000–5000 DM (400 l-Speicher). Wärmerückgewinnungsanlagen sind im allgemeinen ab 30 Kühe bzw. 400 l Tagesmelk lohnend.

2.1.9 Milchräume

Milchräume dienen zur

- Aufbewahrung und Reinigung der Melkgeräte,
- Kühlung und Lagerung der Milch,
- Aufstellung der Maschinenaggregate.

Während die Reinigung der Melkgeräte und die Milchlagerung in einem Raum erfolgen können, müssen die Maschinenaggregate außerhalb aufgestellt werden.

Bei der Einrichtung der Milchräume müssen folgende Anforderungen beachtet werden:

- ▶ **Kurze Arbeitswege zum Stall:** Die Milchkammer soll an den Stall anschließen, allerdings ohne direkte Verbindung mit diesem. Zwischen Stall und Milchkammer muß mindestens eine »Luftschleuse« in Form eines abschließbaren Ganges sein, der gleichzeitig als Geräteraum genutzt werden kann. Bei den Melkständen ist eine direkte Verbindung zu den Milchräumen möglich.
- ▶ **Günstige Abfahrtswege für die Milch:** Tankfahrzeuge stellen hier hohe Anforderungen, da sie ohne Rückwärtsstoßen auf gut befestigten Wegen direkt an die Milchkammer heranfahren müssen.
- ▶ **Hygienische Anforderungen:** Zur Erzeugung von Qualitätsmilch müssen einige wichtige Anforderungen an die Hygiene erfüllt werden. Die Milchkammer muß durch ein mit Fliegengitter geschütztes Fenster (möglichst nach Norden) gut zu lüften sein. Boden und Wände sollen sich leicht reinigen lassen. Der Boden sollte deshalb mit säurefestem Belag (Estrich oder Platten) und einem geruchsicheren Ablauf versehen werden. Die Wände müssen 1,70 m hoch gefliest oder mit einer wasserfesten Farbe gestrichen sein.
- ▶ **Ausreichende Größe:** Herdengröße und Umfang der Milchlagerung bestimmen die Größe des Milchraumes. Bei Neuplanungen ist von vornherein eine zweitägige Lagerungsmöglichkeit vorzusehen, so daß für Milchkammer und Geräteraum folgender Raumbedarf besteht:

Tabelle 112: Raumbedarf für die Milchräume

Art des Raumes	bis 20 Kühe	bis 40 Kühe	über 40 Kühe
Spülräum (m ²)	} 12	6	6
Milchlagerraum (m ²)		12	14
Geräte- und Maschinenraum (m ²)	(3)	3	4

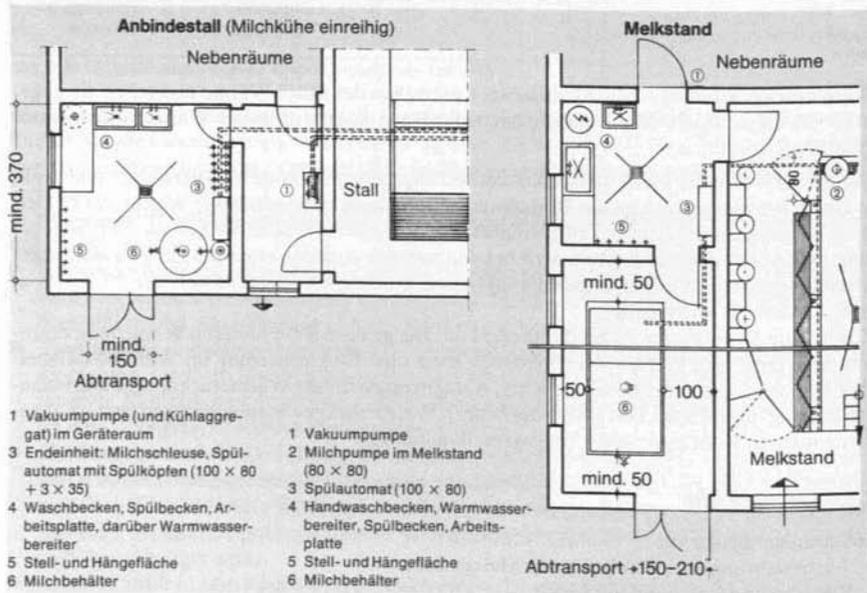


Abb. 391 Beispiele zweckmäßiger Milchräume (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

2.2 Fütterungsverfahren

2.2.1 Anforderungen an die Fütterungsverfahren für Milchvieh

Arbeitswirtschaftliche Belastung und steigender Futterkostenanteil erfordern in zunehmendem Maße eine durchgehende Mechanisierung der Futterentnahme, des Futtertransportes und der Futtervorlage. Folgende Anforderungen sind dabei zu stellen:

Verbesserung der Arbeitswirtschaft – Bei der Rinderfütterung müssen je GV und Jahr etwa 12 t Futter entnommen, transportiert und den Tieren zugeteilt werden. Dazu sind bei Handarbeit etwa 14 h/Tier und Jahr notwendig. Bei modernen Haltungsverfahren mit weitgehender Mechanisierung der übrigen Stallarbeiten beanspruchen die Fütterungsarbeiten bei Handarbeit in der Milchviehhaltung ca. 20–30%, in der Rindermast ca. 60–80%. Dabei ist die Mechanisierung der Futterentnahme besonders wichtig, da diese 60% der gesamten Fütterungsarbeiten beansprucht und zu den schwersten landwirtschaftlichen Arbeiten zählt.

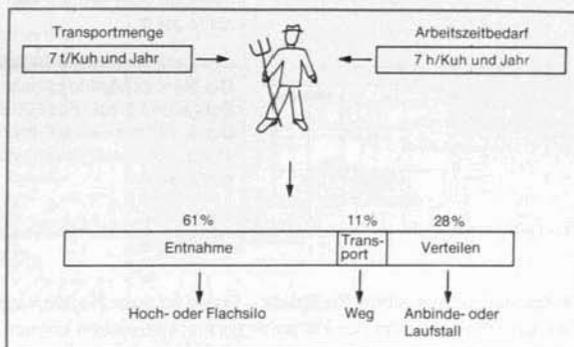


Abb. 392 Zusammensetzung der Fütterungsarbeiten

Leistungsgerechte und physiologisch günstige Zuteilung – Der hohe Anteil der Futterkosten zwingt zu einer der Leistung des Tieres angemessenen Futterzuteilung. Dabei ergeben sich beim Milchvieh mit Über- und Unterfütterung während der Laktation Probleme.

Grundfutter wird zweckmäßigerweise den Tieren zur freien Aufnahme (ad libitum) vorgelegt. Die zusätzlich erforderliche *Krafftuttergabe* muß dagegen individuell nach Milchleistung und Laktationsverlauf erfolgen. Dies stellt erhöhte Anforderungen an die Krafftutterzuteilung:

- ▶ Anpassung an den Nährstoffbedarf bei der Milchkuh, insbesondere während des Laktationsverlaufes,
- ▶ eine exakte Krafftuttermengenzuteilung (die Handzuteilung zeigt große Abweichungen: Hand: $\pm 90\%$, Krafftutter-Automaten im Melkstand: $\pm 2-10\%$),
- ▶ eine geteilte Krafftuttergabe, um eine Pansenübersäuerung zu vermeiden. Bei einer Kuh über 30 l Tagesleistung ist dazu eine mehrmals tägliche Krafftuttervorlage notwendig (vgl. Band 2A und Band 2B).

Einfügen in eine geschlossene Mechanisierungskette und in das Stallsystem – Fütterungsverfahren dürfen nicht isoliert betrachtet werden, sondern sind Glied einer Mechanisierungskette vom Feld über den Lagerbehälter bis hin zur Krippe.

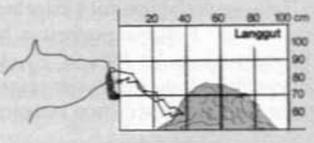
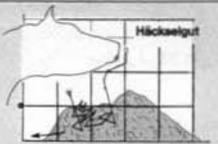
2.2.2 Freßplatzgestaltung bei Rindern

Die Fütterungseinrichtungen für Rinder müssen folgenden Anforderungen gerecht werden:

- geringe Futterverluste,
- optimaler, tiergerechter Freßbereich,
- Fassungsvermögen für eine größere Futterration,
- leicht zu reinigen und säurefest gegen den Tierspeichel.

Vermindern der Futterverluste – Beim Fressen wird von den Rindern in erheblichem Umfang Futter vergeudet (bei Langgut bis zu 20%). Dies führt nicht nur zu spürbaren Futterverlusten, sondern auch zu Störungen im Flüssigmistsystem. Ursache dieser Futterverluste sind die Freßbewegungen der Tiere, die sich bei Lang- und Kurzgut wesentlich unterscheiden.

Tabelle 113: Freßbewegungen, Futterverluste und deren Abhilfe

Bewegungsablauf	Ursache der Futtervergeudung	Abhilfe
	<p>Das Tier rupft ein Maul voll Futter aus dem Haufen, tritt nach hinten und beginnt erst dann den Bissen mit der Zunge ins Maul zu schieben. Dabei wird Futter über den Krippenrand gezogen oder seitlich verschleudert</p>	<p>Tiere müssen am Zurücktreten gehindert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ funktionsgerechte Anbindung im Anbindestall, ▶ Freßgitter im Laufstall
	<p>Die Tiere schöpfen mittels Zunge und Lippe das Futter. Dabei wühlen sie im Futterstock, vor allem bei schlechterer Qualität</p>	<p>Zurückwühlen des Futters durch hohen Krippenrand verhindern (problematisch im Anbindestall)</p>

Optimaler, tiergerechter Freßplatz – Dabei ist vom *Freßbereich der Tiere* auszugehen, innerhalb dessen die Rinder das Futter tiergerecht erreichen können. Den Tieren sollte das Futter, um es immer bequem zu erreichen, mindestens 10 cm über der Standfläche angeboten werden. Als seitlicher Freßraum reichen beiderseits 60 cm, was eine Krippenweite von 40–50 cm ermöglicht (Abb. 393).

Daraus können die in der Tabelle 114, S. 327 zusammengestellten Grundforderungen für die Gestaltung tiergerechter Freßplätze abgeleitet werden.

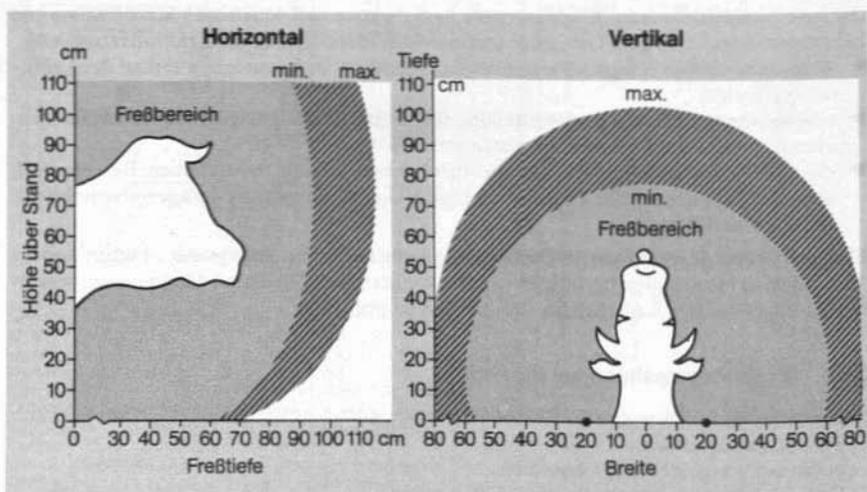
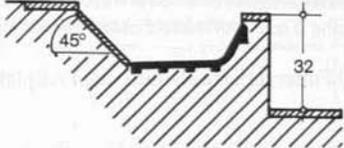
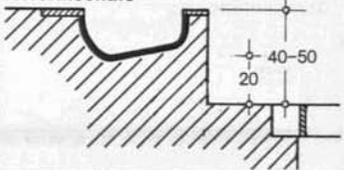
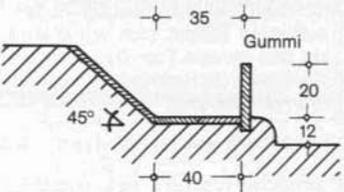
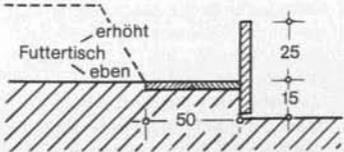


Abb. 393 Freßbereich von Rindern (nach METZNER)

Tabelle 114: Futterkrippen für Rinder (nach METZNER) (Maße in cm)

Krippenform	Eignung	Einsatzbereich
<p>Drittelschale</p> 	<p>Universalkrippenform, besonders für Rauhfutter; leichtes Reinigen möglich</p>	<p>Laufställe mit vielseitiger Fütterung; für Anbindeställe weniger geeignet</p>
<p>Reformschale</p> 	<p>zur Rübenfütterung bzw. für flüssige Futtermittel besonders geeignet</p>	<p>Laufställe und Anbindeställe mit Schlempefütterung</p>
<p>Eurokrippe</p> 	<p>besonders tiergerechte Krippenform für Anbindeställe; beweglicher Krippenrand erleichtert Abliegen und Aufstehen</p>	<p>spezielle Krippenform für Anbindeställe</p>
<p>Sparkrippe</p> 	<p>Billiglösung; bei ebenem Futtertisch; Futternachreichen erforderlich; mechanisches Kehren möglich; säurefester Anstrich oder Platten erforderlich</p>	<p>für Laufställe mit überwiegender Silagefütterung</p>

2.2.3 Einzel- und Gruppenfütterung

Bei den Verfahren der Fütterung ist auch das Tierverhalten zu berücksichtigen. Dieses unterscheidet sich wesentlich bei Einzel- und Gruppenfütterung (Herdenfütterung) (vgl. Tab. 115).

Die **Einzelfütterung** ist im Anbindestall üblich. Bei einer Einzelfütterung im Laufstall müssen die Tiere in einem Fangfreßgitter fixiert werden. Dies ist aber nur etwa eine halbe Stunde je Freizeit möglich. Jedes Tier muß Zugang zum Tränkebecken haben.

Die **Gruppenfütterung** überwiegt im Laufstall. Um Futterkämpfe in der Herde zu vermeiden, sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ▶ **Enthornen** der Tiere, um bei den unvermeidlichen Rankämpfen die Verletzungsgefahr einzuschränken.

- ▶ Die *Rangordnung* sollte möglichst stabil gehalten werden. Dazu sollten die Tiergruppen möglichst früh zusammengestellt, bei Masttieren ab $\frac{1}{4}$ Jahr, und möglichst wenig verändert werden.
- ▶ Die Futtervorlage muß auf *Vorrat* erfolgen, damit abgedrängte Tiere nach ranghöheren fressen können. Dies erfordert ein einheitliches, hochwertiges Futter oder Futtermischungen; nur so kann verhindert werden, daß ranghohe Tiere wertvolle Futterbestandteile herausfressen.
- ▶ Verwendung geeigneter *Freßgitter*, welche sowohl Futterverluste als auch den Freßplatzwechsel einschränken.

Tabelle 115: Tierverhalten bei der Einzel- und Gruppenfütterung

	Einzelfütterung	Gruppenfütterung
Prinzip	Jedes Tier erhält täglich 2mal (evtl. auch öfters) eine rationierte Futtermenge. Alle Tiere fressen unmittelbar nach der Futtervorlage.	Tiere folgen beim Fressen einem natürlichen Freßrhythmus. Die Futteraufnahme verteilt sich annähernd auf den ganzen Tag. Das setzt ein ständiges Futterangebot voraus (<i>Vorratsfütterung</i>)
Stallform	Nur im Anbindestall und im Laufstall mit Fangfreßgitter möglich	Im Laufstall üblich
geeignete Futtermittel	Für alle Futtermittel möglich, insbesondere bei Kraftfutter, Rüben und Zuckerrübenschnitzel	Nur für Silage, Heu und Grüngut bei Einzelvorlage; bei Futtermischwagen für alle Futtermittel
Bemerkungen	<i>Vorteile:</i> rationierte Einzelfütterung möglich, vor allem bei Kraftfutter und Rüben <i>Nachteile:</i> höherer Bauaufwand, höherer Mechanisierungsaufwand	<i>Vorteile:</i> einfache Mechanisierung, da keine Rationierung; Freßplatz-einschränkung bis 1:2 möglich; geringerer Bauaufwand <i>Nachteile:</i> nicht für alle Einzelfuttermittel geeignet; keine Leistungsfütterung möglich; Störungen des Tierverhaltens

Tabelle 116: Freßgitterformen in der Rinderhaltung

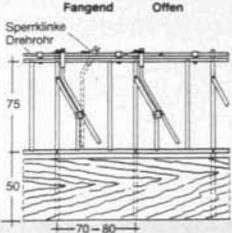
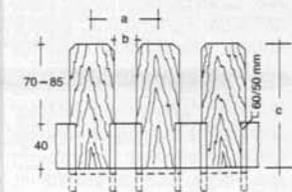
Freßgitterform	Bemerkungen	Kapitalbedarf DM/m	Zuordnung
Fangfreßgitter 	Tiere können vorübergehend (etwa 0,5 h) zur rationierten Kraftfuttergabe eingefangen werden; schwieriges Erkennen des Einzeltieres; gegenseitiges Wegfressen des Kraftfutters möglich	200–300	In Milchvieh-Laufställen zur gezielten Kraftfutter- und Rübenvorlage; auch für tierärztliche Behandlung geeignet

Tabelle 116: Freßgitterformen in der Rinderhaltung (Fortsetzung)

Freßgitterform	Bemerkungen	Kapitalbedarf DM/m	Zuordnung																
<p>Parallelogrammfreßgitter</p> 	Zur Vorratsfütterung für unterschiedliche Tiergrößen; je Bucht geht durch die Schrägholme ein Freßplatz verloren	150	für Jungvieh und Mutterkühe																
<p>Palisadenfreßgitter</p> 	Universelles Freßgitter für die Vorratsfütterung; die Maße sind den Tiergewichten anzupassen: <table border="1" data-bbox="498 566 957 678"> <thead> <tr> <th>Tiergewicht</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150-250 kg</td> <td>50 cm</td> <td>15 cm</td> <td>115 cm</td> </tr> <tr> <td>250-400</td> <td>60-65</td> <td>17</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>ab 400</td> <td>70-75</td> <td>20</td> <td>125</td> </tr> </tbody> </table>	Tiergewicht	a	b	c	150-250 kg	50 cm	15 cm	115 cm	250-400	60-65	17	120	ab 400	70-75	20	125	150	für Jungvieh und Mastriender (bei Heugaben)
Tiergewicht	a	b	c																
150-250 kg	50 cm	15 cm	115 cm																
250-400	60-65	17	120																
ab 400	70-75	20	125																

2.2.4 Mechanisierung der Grundfüttervorlage

Die Mechanisierung der Grundfüttervorlage umfaßt

- ▶ die Entnahme aus dem Silo (vgl. Abschn. 3.2.1 und 3.2.2),
- ▶ den Transport zum Stall,
- ▶ die Verteilung an das Einzeltier.

Folgende **Verfahren** sind möglich:

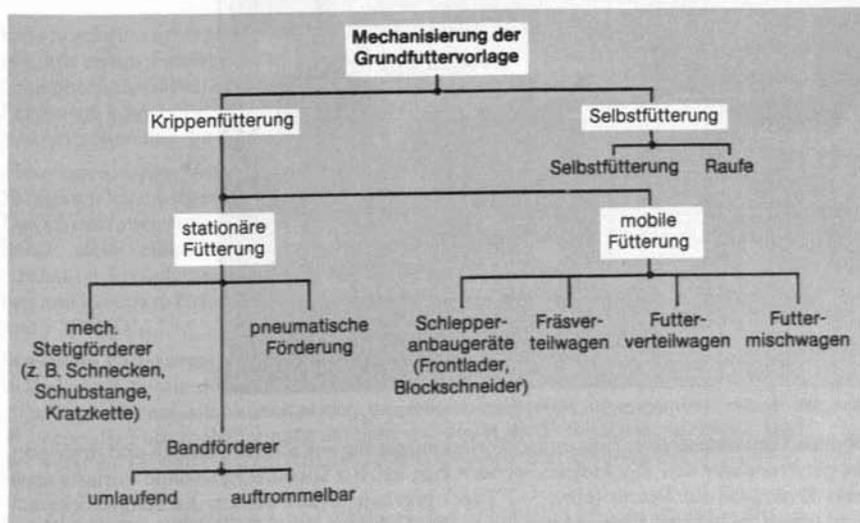


Abb. 394 Mechanisierungsmöglichkeiten der Grundfüttervorlage

Grundsätzlich muß zwischen der Futtevorlage an der Krippe und der Selbstfütterung am Futterstapel unterschieden werden. Da die Selbstfütterung aber an Laufställe mit Laufhöfen gebunden ist, überwiegt die Krippenfütterung.

Krippenfütterung – Bei der Krippenfütterung muß der Transport des Futters zum Tier mechanisiert werden, wobei zwischen stationären und mobilen Futterzubringern unterschieden wird.

Tabelle 117: Merkmale der stationären und mobilen Fütterungsmechanisierung

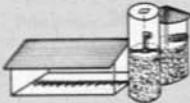
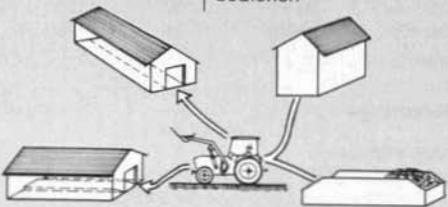
	Prinzip	Beurteilung
Stationäre Mechanisierung 	fest installierte Stetigförderer; kontinuierliche Zuteilung mit Fräsen oder Dosierstationen; aus Kostengründen muß das Futterlager direkt am Stall sein	Vorteile: vollmechanische Knopfdruckfütterung möglich; geringer Platzbedarf Nachteile: direkte Zuordnung von Lagerbehälter und Stall; für jede Futterachse eigene Anlage; störanfällig; nicht für alle Futtermittel geeignet
Mobile Mechanisierung 	nicht ortsgebundene mobile Geräte können mehrere Ställe über größere Entfernungen bedienen	Vorteile: wenig störanfällig; austauschbar, da nicht an Gebäude gebunden; Zuordnung von Ställen und Lagerbehälter nicht erforderlich; vielseitig einzusetzen Nachteile: Arbeitskraft erforderlich; überfahrbarer Futtertisch notwendig; keine Automatisierung möglich



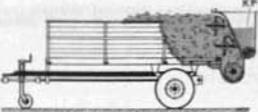
Abb. 395 Mobile Fütterungsgeräte; (links) Blockschneidegerät, (rechts) Futtermischwagen

Mobile Fütterungsgeräte: Eine einfache Mechanisierung von Silageentnahme und -transport ist mit *Frontlader* und *Blockschneidegeräten* möglich. Bei Siloblocken ist ohne Verluste auch eine Entnahme auf Vorrat (etwa 3–7 Tage) gegeben. Dabei werden die Silageblöcke am Futtertisch zwischengelagert (Abb. 395). Die Futterzuteilung bleibt bei beiden Geräten Handarbeit.

Die volle Mechanisierung der Fütterungsarbeiten einschließlich der Futterzuteilung erlauben **Fütterungswagen**. Sie werden – ausgenommen der Fräswagen – mit gebräuchlichen Siloentnahmegeräten gefüllt und sind dadurch an keine bestimmte Siloform gebunden. Sie setzen aber Häckselgut unter 8 cm Länge voraus. Folgende Formen sind üblich:

Futterverteilwagen bestehen aus einem 1,5–12 m³ großen Futterbehälter mit einem Kratzboden. Dieser fördert den Futterstapel gegen mehrere horizontale Verteilwalzen, welche das Futter abfräsen. Ein Querförderband befüllt anschließend direkt die Krippen. Je nach Antrieb und Größe gibt es folgende Bauarten:

Tabelle 118: Bauarten von Futterverteilwagen

Futterverteilwagen	Fassungsvermögen (m ³)	Breite (m)	Kapitalbedarf (DM)	Bemerkungen
schleppergezogen 	5–12	2	7 500–9 000	hohe Rüstzeit; vielseitig einzusetzen
selbstfahrend mit Batterie 	3	1,38	19 000	max. 3% Steigung; befestigte Wege
 mit Elektromotor und Schleppkabel	3–5	1,54	16 000–17 000	für Hochsilos direkt am Stall; schienengebunden

Eine Sonderbauart vereint Flachsilofräse, Futterbehälter und Zuteilvorrichtung zum *Fräswagen* mit einem Futterbehälter von 0,8–5,0 m³. Solche Fräswagen sind angebauet, auf dem Schlepper aufgesattelt oder angehängt und kosten zwischen 8–12 000 DM. Futterverteil- und Fräswagen können zusätzlich mit einem Kraftfutter-Zudosierer ausgerüstet werden. Ein Einmischen, ohne daß die Tiere selektieren können, ist aber nicht möglich.

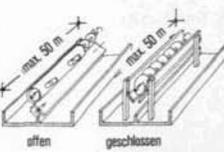
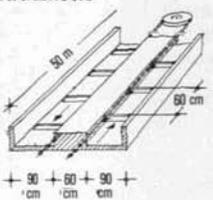
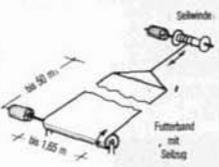
Futtermischwagen (Abb. 395) können dagegen aus verschiedenen Grundfutterarten und Kraftfutter eine aufgewertete Grundfuttermischung bereiten und den Tieren direkt zuteilen. Das Grundfutter muß gehäckselt sein, wobei die Häcksellänge 5 cm nicht überschreiten soll. Solche nicht selektierbaren Futtermischungen erlauben eine Vorratsfütterung bei eingeschränkter Freßplatzzahl. Futtermischwagen sind als schleppergezogene Einachswagen üblich und haben ein Fassungsvermögen von 4–12 m³. Je nach Größe kosten sie zwischen 12 000 und 37 000 DM.

Stationäre Fütterungsgeräte: Sie fördern und verteilen das Futter kontinuierlich und müssen deshalb auch kontinuierlich mittels Entnahmefräsen beschickt werden. Hohe technische Aufwendungen lassen sich nur vermeiden,

- ▶ wenn die Futterbehälter nahe am Stall und direkt der Futterachse zugeordnet sind,
- ▶ wenn die Freßplätze schmal und möglichst eingeschränkt sind, was nur im Laufstall möglich ist.

Die wichtigsten stationären Futterzubringer sind in Tabelle 119 gegenübergestellt.

Tabelle 119: Vergleich der wichtigsten stationären Futterzubringer

Futterzubringer	Futtermittel	Gutform	Technische Daten	Vorteile	Nachteile	Kapitalbedarf DM ¹⁾
Futterschnecke 	Mais- und Anweilsilage (Einmischen von Kraftfutter)	Kurzhäcksel (bis 1 cm)	Länge: max. 50 m; Förderleistung (kg/min): MS ²⁾ : 100–160 AS: 20–50 Antrieb: 0,11 kW/m	bei Kurzgut funktionssicher; Kraftfuttoreinmischen ist bedingt möglich	keine rationierte Fütterung; frostempfindlich; nur für Laufställe; Lärm	7 500
Kratzkette 	Silage, Grünfutter, Rüben, Heu	Reißgut, Langgut	Länge: max. 50 m; Förderleistung (kg/min): MS: 120 AS: 50 Antrieb: 0,06 kW/m	wenig empfindlich gegen längeres Gut; für Anbinde- und Laufställe	keine Dosiermöglichkeit; gleichmäßige Beschickung erforderlich; stör anfällig	9 000
Futterband auftrommelbar 	alle Futtermittel	Lang- und Kurzgut	Länge: max. 50 m; Förderleistung: 12 m/min Vorschub; Antrieb: 0,10 kW/m	alle Futtermittel, unabhängig von der Struktur	exakte Zuteilung auf Band erforderlich; Freßgitter notwendig; Länge begrenzt; hoher Verschleiß	7 000
Umlaufendes Futterband 	Silage, Heu (Grünfuttermittel) Kraftfutter	Häcksel- und Reißgut (bis 15 cm)	Länge: max. 30 m; Förderleistung (kg/min): MS: 200 AS: 100 Antrieb: 0,10 kW/m	absatzweise Zuteilung möglich; wenig stör anfällig; kein Entmischen	hoher technischer Aufwand	12 000

¹⁾ bei 30 m Länge; ²⁾ MS = Maissilage
AS = Anweilsilage

Verfahren der Selbstfütterung – Bei der Selbstfütterung holen die Tiere das Futter unmittelbar aus dem Futterlager (meist aus dem Flachsilos) oder aus einem Zwischenlager (Raufen). Bei der Selbstfütterung entfallen daher tägliche Entnahme-, Transport- und Verteilarbeiten.

Das Gelingen der Selbstfütterung hängt von folgenden Faktoren ab:

- ▶ Richtige Anzahl der Freßplätze (1 Freßplatz für 3 Kühe) bzw. 20–25 cm an der Siloanschnittfläche pro Kuh.
- ▶ ordnungsgemäßes Palisadenfreßgitter, bei dem sich die Tiere gegenseitig nicht ausdrängen oder Futter verschwenden können,

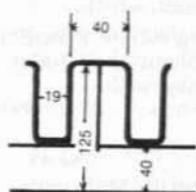
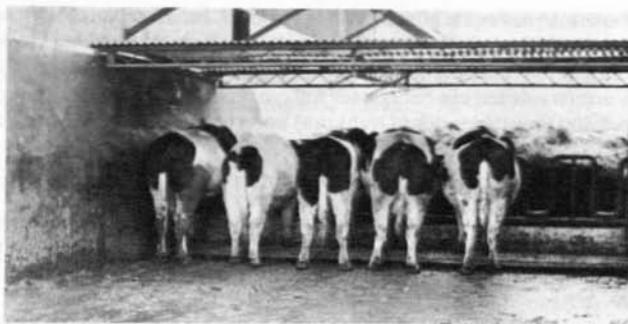


Abb. 396 Selbstfütterung am Flachsilo mit Freßgitter und Leichtdach (Maße in cm)



- ▶ eine Überdachung des Silos oder zumindest des Freßplatzes, um Futter und Tiere vor Witterungseinflüssen zu schützen,
- ▶ gute und gleichmäßige Silagequalität.

Tabelle 120: Beurteilung der Selbstfütterung

Vorteile	Nachteile
kostengünstig und arbeitssparend	nur für Silage und Heu geeignet; an Laufställe mit Laufhof und Flachsilos gebunden; Silos müssen unmittelbar an den Laufhof anschließen; Schwierigkeiten in ungünstigen Klimatalagen; zusätzliche Entmistungsarbeiten; keine Kontrolle der aufgenommenen Futtermengen

Einige dieser Nachteile vermeiden *Vorratsraufen* und *Raufenwagen*, welche für Heu und Silage geeignet sind. Die Raufen sind so zu gestalten, daß Futterverluste weitgehend vermieden werden können und die Tiere sich nicht gegenseitig ausdrängen. Eine derartige Vorratsraufe ist mehrteilig und besteht aus einem Vorratsschacht mit Raufengitter, der Futterkrippe und einem Spaltfreßgitter (Abb. 397).

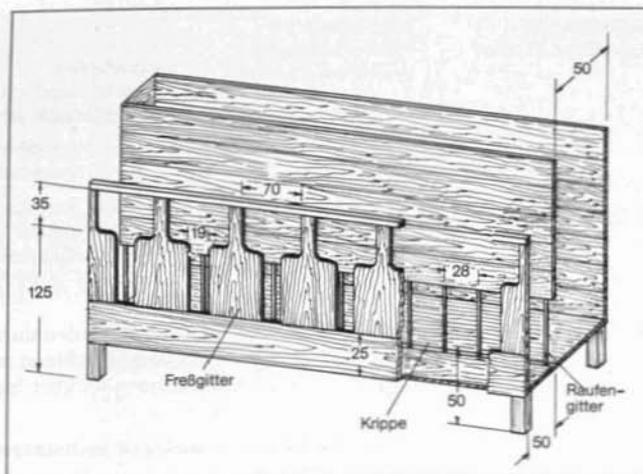


Abb. 397 Vorratsraufe (Maße in cm)

Feste Vorratsraufen können von Hand (z. B. bei Heu), aus Flachsilos mit dem Frontlader und aus Hochsilos mit Schienengreifer, also absätzig arbeitenden Geräten, befüllt werden. Bei Entfernungen zwischen Lagerraum und Stall von mehr als 20 m empfiehlt es sich, die Vorratsraufe auf ein Fahrgestell aufzubauen. Derartige *Raufenwagen* werden am Futterlager befüllt (Frontlader oder Drehkran) und auf die Lauffläche zum Füttern abgestellt.

2.2.5 Mechanisierung der Kraftfuttermahlvorlage

Im Gegensatz zur meist nicht rationierten Vorlage von Grundfutter sind bei der Mechanisierung der Kraftfuttermahlvorlage an das Milchvieh erhöhte Anforderungen zu stellen, wie

- ▶ leistungsbezogene, tierindividuelle Zuteilung,
- ▶ genaue Mengenzuteilungen mit Abweichungen unter $\pm 5\%$,
- ▶ Zuteilung in mehreren Rationen während des Tages, insbesondere bei Hochleistungstieren.

Folgende **Verfahren der Kraftfutterzuteilung** sind möglich:

Anbindestall – Dieser erleichtert eine individuelle Zuteilung, welche im allgemeinen von Hand durchgeführt wird. Durch mobile Kraftfutterzuteiler mit hand- oder batteriegetriebener Zuteileinrichtung läßt sich diese Arbeit erleichtern. Die ungenaue Zuteilung von Hand, vor allem aber der Wunsch nach häufigeren Kraftfuttergaben bei Hochleistungsherden, führte zur Entwicklung stationärer Volumendosierer, die mehrmals täglich die eingestellte Kraftfuttermenge abwerfen (Kapitalbedarf: 500 DM/Kuhplatz).

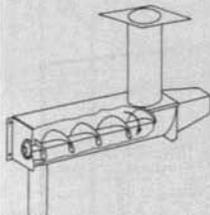
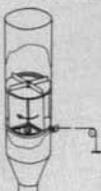
Laufstall – Schwieriger gestaltet sich eine individuelle Kraftfutterzuteilung an das freilaufende Tier im Laufstall. Folgende **Verfahren** sind üblich:

Kraftfuttergabe am Fangfreßgitter: Dazu werden die Tiere zweimal täglich nach dem Melken in das Fangfreßgitter gelockt und es wird ihnen das Kraftfutter von Hand oder mit einem mobilen Gerät zuteilt.

Vorteil: Einfache, billige Lösung.

Nachteil: Für jedes Tier ein Freßplatz erforderlich; Tiere können sich wegen der engen Freßplätze (0,65–0,75 m) das Kraftfutter gegenseitig wegfressen; schwierige Tiererkennung, nur zwei- bis dreimalige Kraftfuttergabe täglich üblich; ungenaue Zuteilung.

Kraftfuttergabe im Melkstand: Zuteilung während des Melkens mittels seilbedienter, halbmechanischer oder zeitgesteuerter vollmechanischer Kraftfutter-Zuteiler. Die Futteraufnahme wird durch die Standzeit der Kühe im Melkstand begrenzt (Freßgeschwindigkeit bei mehligem Futter 200 g/min, bei Pellets 300–400 g/min).

<p>Seilbedienter Kraftfutter-Zuteiler</p> 	<p>Zeitgesteuerter vollmechanischer Kraftfutter-Zuteiler</p> 	<p><i>Kapitalbedarf:</i> halbmechanisch: 500 DM/Melkbucht vollmechanisch: 800 DM/Melkbucht</p> <p><i>Vorteile:</i> in größeren Herden kostengünstig; Kraftfutter lockt Tiere in den Melkstand.</p> <p><i>Nachteile:</i> Kraftfuttergabe an Melkzeit gebunden; Freßzeit im Melkstand begrenzt oder Melkablauf wird verzögert; ungenaue Zuteilung</p>
--	---	---

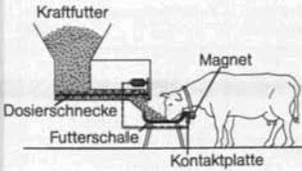
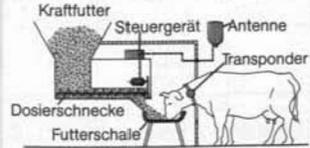
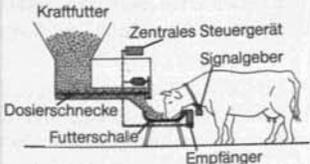
Aufgewertetes Grundfutter – Grund- und Kraftfutter werden durch Futtermischwagen so vermengt, daß die Tiere beide Komponenten zusammen während des ganzen Tages aufnehmen. Individuelle Spitzengaben an Kraftfutter können darüber hinaus im Melkstand verabreicht werden.

Vorteile: Physiologisch günstige Kraftfuttermahlvorlage; Einschränkungen der Freßplätze möglich, arbeitswirtschaftlich besonders vorteilhaft.

Nachteile: Gruppeneinteilung notwendig; dieses Verfahren hat sich vor allem bei Mastrindern mit Gruppenfütterung gut bewährt.

Kraftfutterfütterung durch Abrufautomaten – Die Kühe holen sich selbst beliebig oft, auf den gesamten Tag verteilt, das Kraftfutter. Folgende Systeme sind üblich:

Tabelle 121: Systeme bei der Kraftfutter-Fütterung durch Abrufautomaten

System	Prinzip	Bemerkungen	Kapitalbedarf (DM/Kuh)
<p>Magnetgesteuerter Abrufautomat (zur freien Futteraufnahme)</p> 	<p>Nur die Hochleistungskühe tragen einen Magneten. Mit diesem können sie die Zuteilschnecke einschalten und beliebig oft in unbeschränkter Menge Kraftfutter abrufen. 1 Automat für 25–30 Hochleistungskühe</p>	<p><i>Vorteile:</i> einfach und billig <i>Nachteile:</i> nicht für die gesamte Herde; hoher Luxuskonsum und physiologische Störungen möglich</p>	ca. 50
<p>Abrufautomaten mit Transponder ohne Tiererkennung</p> 	<p>Alle Kühe tragen einen Transponder am Hals; hier wird die Freßzeit und damit die Kraftfuttermenge eingestellt. Diese täglich vorgegebene Menge rufen die Kühe zu 90% in 5 und mehr Freßperioden ab. 1 Automat für ca. 25–30 Kühe</p>	<p><i>Vorteile:</i> genaue Kraftfutterzuteilung in mehreren Gaben; Erleichterung des Herdenmanagements <i>Nachteile:</i> hoher Kapitalaufwand; Kraftfuttermenge muß am Tier eingestellt werden</p>	ca. 300
<p>Abrufautomat mit Transponder zur Tiererkennung</p> 	<p>Die Tiere tragen einen Sender mit ihrer Kuhnummer. Ein Empfänger gibt diese zu einem zentralen Computer. Hier ist die Kraftfuttergabe und ihre zeitliche Verteilung gespeichert. Der Computer steuert den Futterauswurf und registriert die bereits gefressene Menge. 1 Automat für 25–30 Kühe, 1 Computer für 250 Kühe</p>	<p><i>Vorteile:</i> genaue Kontrolle der Kraftfuttergabe und -aufnahme; Mengenvorgabe am Computer; ausbaufähig für eine volle Herdenüberwachung (Milch, Gewicht, Temperatur) <i>Nachteile:</i> in kleineren Herden sehr teuer; Kraftfutteraufnahme vom Tierverhalten abhängig</p>	ca. 250–400

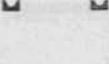
2.2.6 Vergleich der Fütterungsverfahren für Milchvieh

Bei einem Vergleich der Fütterungsverfahren ist zu berücksichtigen:

- ▶ die technische Eignung (Art der Futtermittel, Störanfälligkeit),
- ▶ die bauliche Zuordnung,
- ▶ der Arbeits- und Kapitalbedarf,
- ▶ die Kosten der Verfahren,
- ▶ mögliche Leistungssteigerungen bzw. Futtereinsparungen.

Die **technisch-bauliche** Eignung der verschiedenen Fütterungsverfahren ist in Tabelle 122 gegenübergestellt.

Tabelle 122: Technisch-bauliche Eignung verschiedener Fütterungsverfahren in der Milchviehhaltung

Fütterungsverfahren	Futter	Siloform	Zuordnung zum Stall	Stallform	Freßplatzverhältnis	Futtertischbreite	Funktions-sicherheit	
stationäre Mechanisierung	Häckselgut Silage (Heu) Kraftfutter	Hochsilo (Flachsilo) mit Dosierstation	direkt an Stall und Futterachse	Laufställe (Anbindeställe)	1:1 (1:3)		-	
mobile Mechanisierung	Frontlader Blockschneidg.	Häckselgut (Langgut) Silage	Flachsilo	bis 500 m Entfernung	Futtertisch im Anbinde- u. Laufstall	1:1		+
	Futterverteilwagen	Häckselgut Silage	Hochsilo und Flachsilo	direkt am Stall	Futtertisch im Anbinde- u. Laufstall	1:1		±
	Futtermischwagen	Häckselgut Silage Heu Kraftfutter	Hochsilo und Flachsilo	beliebig	Futtertisch im Anbinde- u. Laufstall	1:1 bis 1:3		+
Selbstfütterung	am Flachsilo	Häckselgut Langgut Silage	Flachsilo	direkt am Stall	Laufstall mit Laufhof	1:3	Laufhof, offen, 6 m Tiefe	++
	am Raufenwagen	Langgut Häckselgut Silage Heu	Flachsilo und Hochsilo	beliebig	Laufstall	1:2 bis 1:3	Freßplatz	++

Ein solcher Vergleich zeigt die Vielseitigkeit und die universellen Einsatzmöglichkeiten der mobilen Mechanisierung. Voraussetzung ist allerdings ein überfahrbarer Futtertisch, der häufig nur bei Neubauten möglich ist. Bei beengten Altbauten kann deshalb auch die stationäre Mechanisierung der Fütterung sinnvoll sein.

Eine weitere wichtige Kennzahl ist der **Arbeitszeitbedarf** der verschiedenen Fütterungsverfahren, die für die Milchviehhaltung abhängig von der Herdengröße in Abbildung 398 dargestellt sind.

In der Handarbeitsstufe sind für das Füttern von Silage und Heu etwa 9 AKh/Kuh und 200 Tage notwendig. Dieser Arbeitsumfang kann durch Blockschneidegeräte am Schlepper auf 5 AKh/Kuh gesenkt werden. Eine Vollmechanisierung der Futterentnahme und Zuteilung erlaubt es, in Herden ab 40 Kühen den Arbeitszeitbedarf auf 3 AKh/Kuh und 200 Tage zu senken, wobei in großen Herden eine mobile Fütterung der stationären Futtervorlage überlegen ist.

Der Vergleich der **Kosten der Arbeiterledigung** für das Füttern (Abb. 399) ermöglicht folgende allgemeine Zuordnung der Fütterungsverfahren:

- ▶ In Herden unter 30 Kühen ist die Handarbeit nach wie vor das billigste Fütterungsverfahren. Die hohe Arbeitsbelastung bei der Silageentnahme empfiehlt aber den Einsatz eines Siloblockschneidegerätes bereits in Herden ab 20 Kühen.

- ▶ Ab etwa 60 Kühen ist eine weitere Mechanisierung der Futterzuteilung durch den Fräs- wagen ökonomisch vertretbar.
- ▶ Futtermischwagen und Flachsilofräse sind ab etwa 100 Kühen kostengünstig.
- ▶ Hochsilofräsen und stationäre Futterzubringer sind in größeren Herden dann zu empfeh- len, wenn Gebäudekosten eingespart werden können.

Tierleistung und Futterverluste sind durch eine genaue, bei Hochleistungstieren auf mehrere Portionen verteilte und tierindividuelle Kraftfuttermenge zu verbessern. Entsprechende Me- chanisierungskosten für die Kraftfuttermenge können dadurch gerechtfertigt sein.

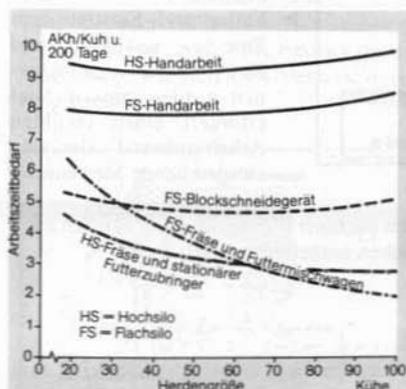


Abb. 398 Arbeitszeitbedarf für das Füttern von Milchvieh während der Stallhaltungsperiode (200 Tage; 15 kg Maissilage, 15 kg Grassilage, 4 kg Heu pro Tier und Tag)

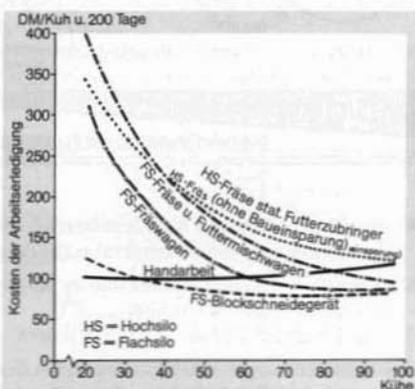


Abb. 399 Kosten der Arbeitsleistung für das Füttern von Milchvieh während der Stallhaltungsperiode (10 DM/AKh; 15 kg Maissilage, 15 kg Grassilage, 4 kg Heu pro Tier und Tag)

2.3 Stallformen für Milchvieh

Für die Milchviehhaltung sind folgende Stallformen üblich:



Abb. 400 Stallformen für Milchvieh

Grundsätzlich wird zwischen Anbinde- und Laufställen unterschieden (Abb. 401 und 402). Im **Anbindestall** sind die Tiere auf einer eng begrenzten Fläche festgelegt. Dies hat zur Folge, daß

- ▶ die einzelnen Funktionsbereiche »Füttern«, »Liegen«, »Melken« und »Entmisten« auf engstem Raum vereint sind. Dies zwingt zu vielfältigen Kompromissen bei der Standge-

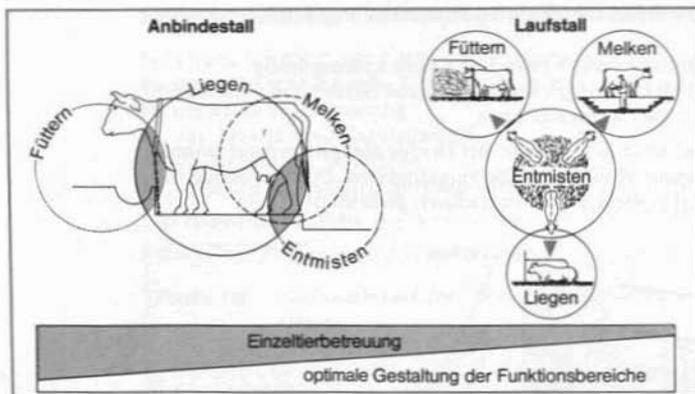


Abb. 401 Funktionsmerkmale von Anbindestall und Laufstall

staltung (z. B. langer Stand = gute Liegefläche, aber höherer Aufwand beim Entmisten und umgekehrt) und zu erschwerten Arbeitsbedingungen beim Melken.

- ▶ Futter und Einstreu zum Tier hin- und Milch und Kot vom Tier wegtransportiert werden müssen. Dies erfordert einen erhöhten Arbeitsaufwand oder eine entsprechende Mechanisierung;

- ▶ das gesamte Gebäude nach dem Bereich mit dem höchsten Wärmeanspruch, nämlich nach der erwünschten Raumtemperatur für den Melker, ausgeführt werden muß.

Als *Vorteile* des Anbindestalles sind zu nennen:

- einfache Einzeltierbetreuung,
- keine Rankämpfe zwischen den Rindern.

Im **Laufstall** bewegen sich die Tiere frei in der Herde. Die Tiere können deshalb selbst zum Melkstand, zum Futter und zum Liegeplatz laufen. Dies hat zur Folge, daß

- ▶ die einzelnen Funktionsbereiche – Liegen, Füttern, Melken – *getrennt* sind und sich deshalb nach ihren unterschiedlichen Anforderungen bestmöglich gestalten lassen. Dies gilt insbesondere für den Melkstand, der günstige Arbeitshaltung und kurze Arbeitswege ermöglicht sowie für den vom Freßplatz abgetrennten Liegeplatz. Annähernd 70% der Tiere koten nämlich beim Fressen, so daß bei einem getrennten Freßplatz die Liegefläche weit weniger verschmutzt;
- ▶ nur der Arbeitsbereich »Melken« höhere Raumtemperaturen benötigt, während die übrigen Stallbereiche *keine oder nur geringere Wärmedämmung* erfordern;
- ▶ *weniger Transportarbeiten* anfallen und dadurch ggf. die Mechanisierung vereinfacht wird.

Nachteilig kann für den Laufstall der Zwang zur Herden- bzw. Gruppenhaltung sein, insbesondere bei der Fütterung und Tierbeobachtung.

2.3.1 Anbindestall

Wegen der ständigen Festlegung eines Tieres an einen Platz werden an den Anbindestall hohe Anforderungen gestellt:

- ▶ Die Tiere dürfen beim Aufstehen, Fressen, Hinlegen und Liegen nicht unnötig behindert werden,
- ▶ ein wärmedämmtes und elastisches Lager muß gesundheitlichen Schäden vorbeugen,
- ▶ die Standform muß dazu beitragen, die Tiere mit geringem Arbeitsaufwand und geringer Einstreu bzw. einstreulose sauber zu halten.

Hinsichtlich der Bewegungsmöglichkeiten des Tieres (und als Folge davon verschiedener Abmessungen) unterscheidet man zwischen Lang-, Mittel- und Kurzstand.

Langstand – Er ist nicht untergliedert und hat eine Länge von über 2,20 m. Um die Tiere sauber zu halten, ist eine Einstreumenge von 15 kg/Tier und Tag erforderlich.

Mittellangstand – Er weist ein verschließbares Freßgitter und eine abgesetzte Kotplatte auf. Die Liegefläche ist auf 2,20 m begrenzt. Bei geschlossenem Freßgitter steht und liegt die Kuh an der Kotkante und verschmutzt den Stand nur wenig. Beim Füttern wird das Freßgitter

geöffnet und die Kuh tritt ca. 40 cm nach vorne. Da die Kühe meistens beim Fressen koten, fällt dieser nicht auf die Kotplatte, sondern auf die Liegefläche. Deshalb müssen auch bei dieser Standform 8 kg Einstreu je Tier und Tag gestreut werden. Zudem können die Tiere bei geschlossenem Freßgitter nicht an das Futter und nehmen teilweise nicht genügend auf.

Kurzstand – Beim Kurzstand entfällt das Freßgitter und die Krippe ist unmittelbar an die Tiere herangeschoben, so daß der Bereich über der Krippe den Tieren als Bewegungsbereich zur Verfügung steht. Die Tiere haben so ständig Zugang zum Futter. Zudem können die Tiere nicht nach vorne ausweichen, so daß der Kot auch während des Fressens in den Kotgraben abgesetzt wird. Dadurch können die Tiere mit geringen Einstreumengen (2 kg pro Tier und Tag) oder auch völlig einstreuloses sauber gehalten werden.

Der Kurzstand hat sich bei Anbindeställen deshalb eindeutig durchgesetzt. Gesundheitliche Schäden bei den Tieren sind dann nicht zu befürchten, wenn auf eine sorgfältige Standausführung geachtet wird.

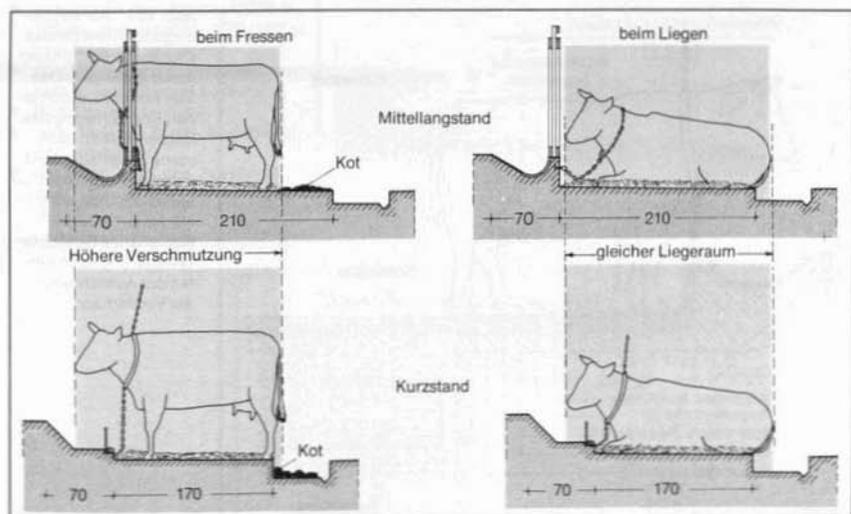


Abb. 402 Der Kurzstand bietet den Tieren die gleiche Bewegungsfreiheit wie der Mittellangstand, vermindert aber die Verschmutzung und den Einstreubedarf (Maße in cm)

Kurzstandformen – Beim Kurzstand sind zwei sich widersprechende Forderungen zu erfüllen:

- Beim Aufstehen und Hinlegen darf das Tier nicht behindert werden (Abb. 403). Dazu ist eine ausreichende Bewegungsfreiheit der Vorderhand und eine entsprechend lange Liegefläche erforderlich.
- Reichlicher Bewegungsraum bedeutet aber, daß die Tiere die Liegefläche beim Vortreten bekoten. Die Folge sind schmutzige Tiere und mehr Arbeit beim Entmisten gegenüber straffer Anbindung und kurzen Ständen.

Um beiden Forderungen gerecht zu werden, muß das Rind so »gesteuert« werden, daß es beim Stehen nach hinten gedrängt wird und außerhalb der Liegefläche abkottet. Zwei Systeme sind dabei üblich:

- Steuerung durch schräggestellte Anbindevorrichtung im konventionellen Kurzstand,
- Steuerung durch den Kuhtrainer.

Der **konventionelle Kurzstand** ist durch eine straffe, nach hinten geneigte Anbindevorrichtung (85°) gekennzeichnet, welche die Tiere beim Aufstehen nach hinten drängt. Weiteres Kennzeichen ist die verkürzte Standlänge, insbesondere bei der Gitterrostaufstallung. Hier müssen die Tiere teilweise auf dem Rost stehen. Schieberoste, die den einzelnen Tierlängen

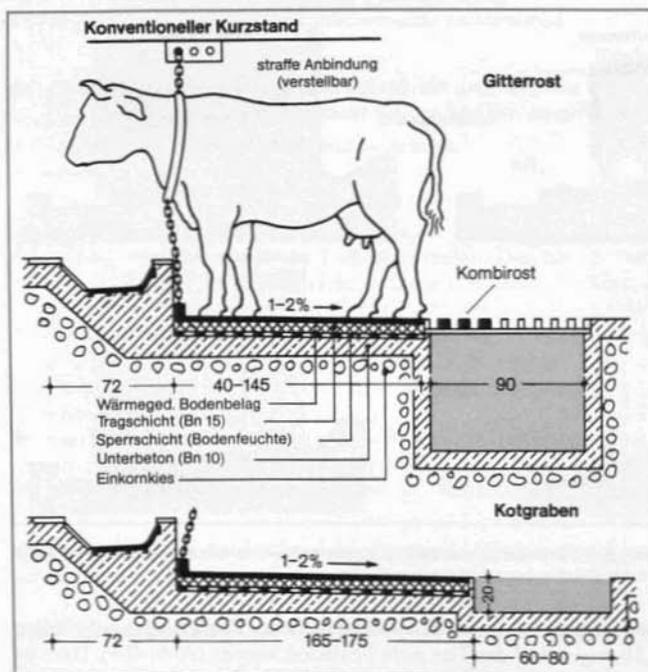
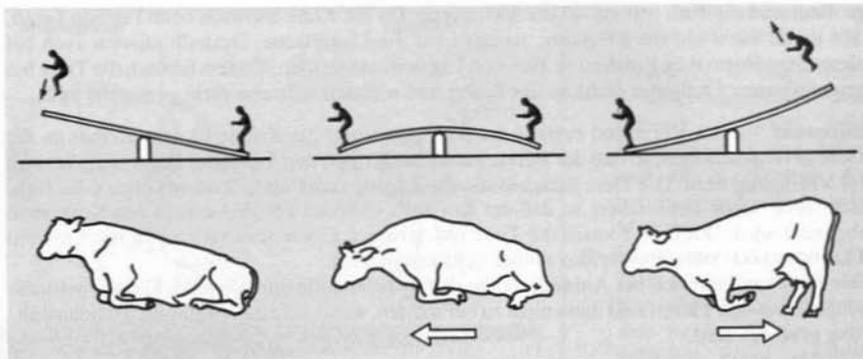


Abb. 403 Aufstehbewegungen des Rindes (Schleuderbrettphase) (nach SCHNITZER): Das Tier versucht, durch einen Kopfschwenk das Körpergewicht nach vorne zu verlegen und damit die Hinterhand zu entlasten. Umgekehrt erleichtert eine anschließende Gewichtsverlagerung nach hinten das Aufrichten in der Vorderhand.

Abb. 404 Kurzstand für Milchvieh; oben: mit Gitterrost, unten: mit Kotgraben (Maße in cm)

angepaßt werden oder breitere Stäbe an der der Kuh zugewandten Seite des Rostes (Kombi-rostes) sind deshalb notwendig. In konventionellen Kurzständen werden Krippen mit fester Krippenwand bevorzugt.

Beim **Kurzstand mit Kuhtrainer** sind die Tiere auf verlängertem Stand locker angebunden. Eine zusätzliche, aktive Steuereinrichtung sorgt für eine saubere Liegefläche. Dieses als *Kuhtrainer* bezeichnete Gerät besteht aus einem Bügel, der 3–4 cm über dem Widerrist hängt und an einem Stromimpulsgeber angeschlossen ist. Vor dem Koten krümmen die Rinder den Rücken und würden so den Bügel berühren. Um dies zu vermeiden, treten sie soweit zurück, daß beim Koten der Stand nicht verschmutzt (Abb. 405). Der Kuhtrainer muß aber sorgfältig gewartet, von Zeit zu Zeit gereinigt und unbedingt den Tieren individuell angepaßt werden. Zusätzlich verbessert eine Krippe mit flexibler Krippenwand den vorderen Bewegungsraum erheblich. Die bauliche Ausführung des Kurzstandes mit Kuhtrainer ist in Abb. 406 dargestellt.

Abb. 405 Kuhtrainer für Kurzstände
(Maße in cm)

Wichtig:

- ▶ geeigneten Impulsgeber (5000 V, 100 ms Impulsdauer, 0,75–1,25 s Impulspause) verwenden,
- ▶ sorgfältiges und individuelles Anpassen jedes Bügels notwendig,
- ▶ Bügel sauber halten,
- ▶ zum Melken Bügel hochziehen und abschalten,
- ▶ bei rindernden und hochtragenden Tieren Kuhtrainer ausschalten.

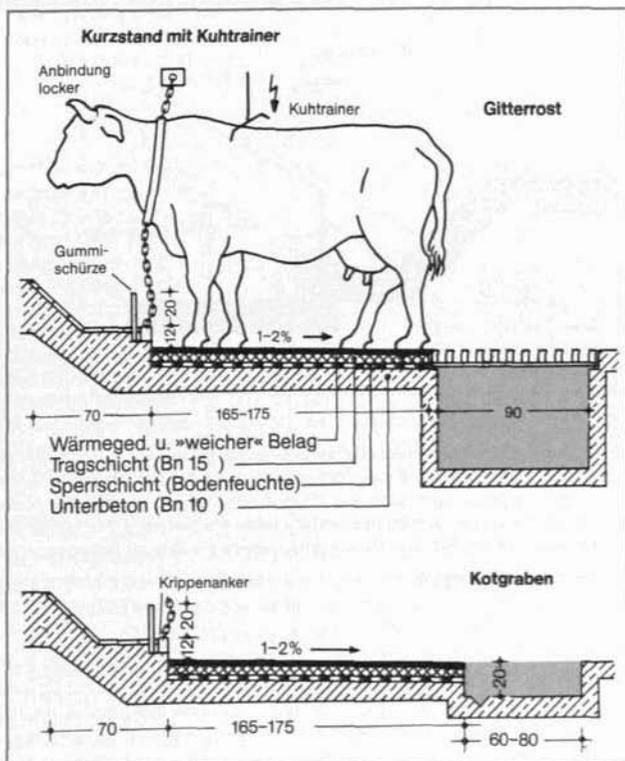
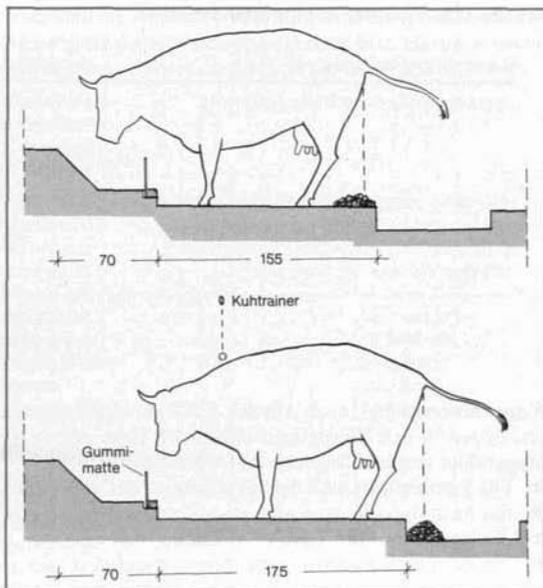


Abb. 406 Kurzstand mit Kuhtrainer; oben: mit Gitterrost, unten: mit Kotgraben (Maße in cm)

Tabelle 123: Vergleich der Kurzstandformen

konventioneller Kurzstand	Kurzstand mit Kuhtrainer
<p>Vorteile: einfachere Bauausführung</p> <p>Nachteile: eingeschränkte Bewegungsfreiheit und kurze Stände können zu Verletzungen und Haltungsschäden führen; höherer Verschmutzungsgrad</p>	<p>Vorteile: günstige Haltungsbedingungen vermeiden Haltungsschäden; saubere Tiere; weniger Arbeit beim Entmisten</p> <p>Nachteile: sorgfältige Wartung des Kuhtrainers erforderlich; einige Tiere (bis 5%) sprechen auf den Kuhtrainer nicht an und verschmutzen die Liegefläche; bei falscher Handhabung Beeinträchtigung der Tiere</p>

Krippenformen (vgl. auch Abschn. 2.2.2 »Freßplatzgestaltung«): Bei Kurzständen sind Futterkrippen in den Bewegungsbereich der Tiere einbezogen. Sie müssen deshalb sorgfältig ausgebildet sein und folgende Anforderungen erfüllen:

- ▶ Die Schalenform muß dem Freßbereich des angebandenen Tieres angepaßt sein,
- ▶ das Fassungsvermögen muß eine Vorratsfütterung erlauben,
- ▶ die Krippe darf die Tiere beim Liegen, Aufstehen und Hinlegen nicht behindern,
- ▶ die Krippe muß leicht zu reinigen und säurefest sein.

Spezielle Kurzstandkrippen weisen folgende Merkmale auf (Abb. 407):

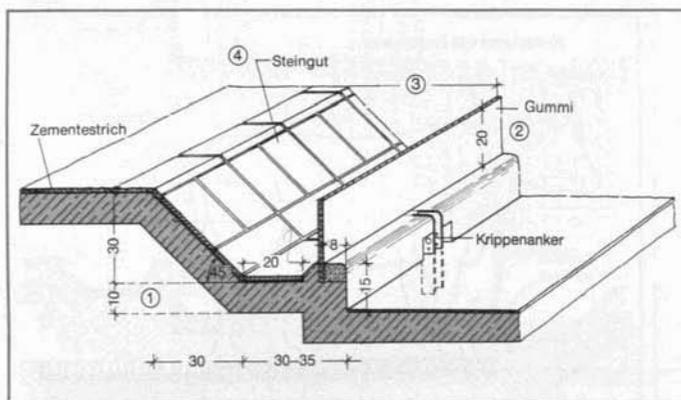


Abb. 407 Anforderungen an eine Futterkrippe (Maße in cm)

- 1 Krippenboden 10–15 cm über der Standhöhe
- 2 Krippenwand: Feste Wand 12–15 cm; flexible Wand 20 cm
- 3 Krippenweite: maximal 60 cm
- 4 säure- und abriebfester Belag

Feste Krippenwände mit einer Höhe von mehr als 15 cm, wie sie bei bisher gebräuchlichen Kurzständen üblich sind, behindern die Kühe. Andererseits kann das Fassungsvermögen der Krippe nur befriedigen, wenn die Krippenwand mindestens 20 cm hoch ist. Eine flexible Krippenwand – bestehend aus einer widerstandsfähigen Gummimatte – erfüllt beide Forderungen. Nachteilig ist ein gewisser Verschleiß der Gummimatte. Weiterhin sind diese Krippen nicht für flüssige Futtermittel geeignet.

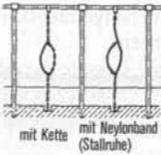
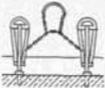
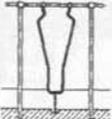
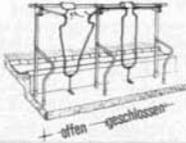
Anbindevorrichtungen: Sie sind ein wesentlicher Bestandteil des Kurzstandes. Je nach technischer Ausführung unterscheidet man Senkrechthanbindung, Pfostenanbindung und Halsrahmen, die in Tabelle 124 gegenübergestellt sind.

Bei allen Anbindevorrichtungen ist auf stabile Ausführung und richtige Montage zu achten. So sollte bei Senkrechthanbindung und Halsrahmen der untere Befestigungspunkt in der Krippenwand verankert sein. Dadurch sind – im Gegensatz zur Anordnung im vorderen Teil der Liegefläche (Bodenanker) – mögliche Verletzungen ausgeschlossen.

Die Auswahl der Anbindevorrichtungen erfolgt nach haltungstechnischen Gesichtspunkten.

So muß bei Weidegang mit Melken im Stall die Anbindevorrichtung eine Gruppenauslösung und Gruppenfestlegung ermöglichen (Halsrahmen). Bei ganzjähriger Stallhaltung entfällt dagegen dieser Gesichtspunkt, weshalb hier vor allem die Senkrechthanbindung überwiegt.

Tabelle 124: Vergleich der Anbindevorrichtungen

Anbindevorrichtung	Beschreibung	Kapitalbedarf (DM/Stand)	geeignet für			Zuordnung
			Gruppenw. Abhängen	Gruppenw. Einfangen	einzelw. Einfangen	
Senkrechthanbindung (Grabnerkette) 	Die Senkrechthanbindung besteht aus einer Kette oder einem geräuscharmen Kunststoffgewebeband mit einem beweglichen Halsbügel. Sie ist funktionssicher und billig. Senkrechthanbindungen ermöglichen eine gewisse Steuerung des Tieres.	150	+	-	-	für ganzjährige Stallhaltung und Ganztagsweide
Pfostenanbindung 	Durch die Pfostenanbindung wird das Tier seitlich fixiert. Eine Steuerung des Tieres ist nicht möglich. Das An- und Abhängen der Tiere ist nur individuell von Hand möglich.	200	-	-	-	ggf. für ganzjährige Stallhaltung und Ganztagsweide
Halsrahmen 	Halsrahmen ermöglichen ein gruppenweises Ein- und Auslassen der Tiere. Eine Steuerung ist möglich. Die nachteiligen Eigenschaften der früher verwendeten starren Halsrahmen, die den Tieren zu wenig Bewegungsfreiheit boten, können durch Gelenke im unteren Drittel des Halsrahmens vermieden werden.	200	+	+	-	für Weidegang mit Stallmelken
Selbstfang-Gelenkhalsrahmen 	Gelenkhalsrahmen ermöglichen zusätzlich ein selbsttätiges Einfangen der einzelnen Tiere, was insbesondere bei Anbindeställen mit Melkständen von Bedeutung ist.	250-300	+	+	+	für Weidegang mit Stallmelken und Anbindeställe mit Melkstand

Liegefläche: Kurzstände werden stroharm oder strohlos betrieben. Haltungsfehler können dabei nur durch eine sorgfältige Liegeflächengestaltung vermieden werden, wobei folgende Punkte zu beachten sind:

- ▶ **Gute Isolierung und Wärmedämmung:** Diese werden erreicht durch eine Sperrschicht gegen aufsteigende Feuchtigkeit und durch einen wärmedämmenden Estrich bzw. durch wärmedämmende Spezial-Stallplatten.
- ▶ **Ausreichende Elastizität:** Diese für die Tiergesundheit wichtige Forderung kann bei mangelnder Einstreu nur durch Gummi- oder Kunststoffmatten erreicht werden (80–120 DM/m²).
- ▶ **Tritt- und rutschfeste Oberfläche:** Ein 1–2°iges Gefälle sorgt für ungehinderten Jaucheabfluß. Trockene Gummimatten sind auch ohne Profilgebung auf der Oberseite griffig und trittsicher. Profile setzen sich mit Futterresten und Kot zu und lassen sich nur mühsam reinigen.

Stallmatten werden auf zwei verschiedene Arten verlegt:

- Lose auf den betonierten Untergrund aufgelegt und an der Vorderseite festgedübelt. *Vorteil:* Der Stand kann durch Zurückhängen der Matten verlängert werden.
- Festes Verkleben oder Verkitten mit dem Betonuntergrund. *Vorteil:* bessere Hygiene, jedoch zusätzliche Kosten für Kleber und Verlegung.

Entmisten: Beim Entmisten von Kurzständen ist je nach Einstreumenge die Fest- und Flüssigmistung üblich.

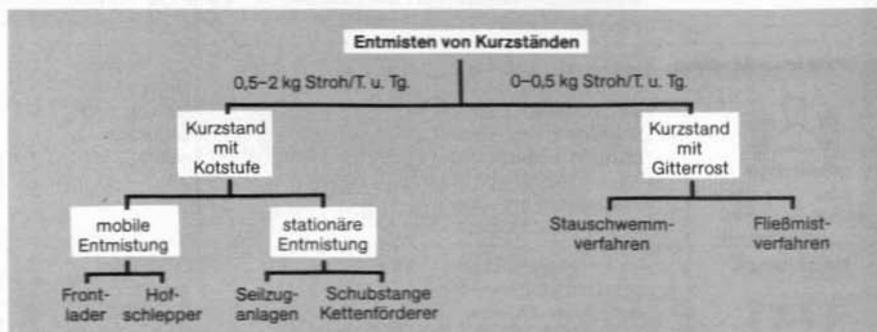


Abb. 408 Verfahren des Entmistens von Kurzständen

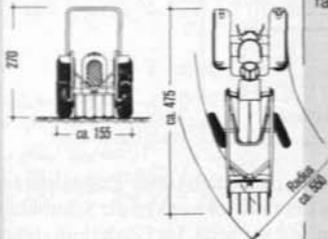
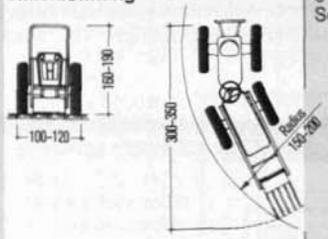
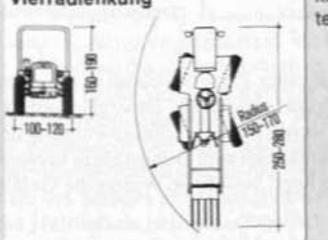
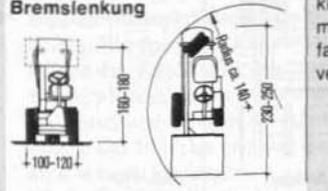
Tägliche Einstreumengen über 0,5 kg/Tier führen zur **Festmistbereitung**, wozu der *Kurzstand mit Kotgraben* üblich ist. Die Liegefläche endet in einer 20 cm hohen Stufe, dem sog. Kotgraben. Dessen Ausführung wird von den Entmistungsgeräten bestimmt, wobei zwischen mobilen und stationären Geräten unterschieden wird:

- ▶ **Mobile Entmistungsgeräte** sind Frontladerschlepper und Spezialhofschlepper. Beide Geräte können in mehreren Ställen eingesetzt werden, wobei die Dungstätte dem Stall nicht direkt zugeordnet sein muß. Der vielseitige Frontlader ist äußerst kostengünstig, setzt aber großformatige Tore voraus, die im Winter zu stallklimatischen Schwierigkeiten führen können. Der Hofschlepper kann auch bei üblichen Türen und Durchfahrten benutzt werden. Nachteilig ist der hohe Anschaffungspreis.

Tabelle 125: Gangbreiten und Torabmessungen bei mobiler Entmistung

Entmistungsgerät	Mistgangbreite (m)	Toröffnung (m)	
		Breite	Höhe
Schlepper mit Frontlader	1,80–2,00	2,00–2,20	2,60–2,80
Hofschlepper	1,20	1,20	2,60

Tabelle 126: Vergleich mobiler Entmistungsgeräte

Schlepperart (Maße in cm)	Lenkung	Antrieb	Hub- höhe (m)	Hub- kraft (kg)	Kapital- bedarf (DM)
Standardschlepper mit Frontlader 	Vorderrad-Achsschenkel- lenkung; technisch ein- fach; großer Radius	Diesel- motor 20–70 kW	bis 2,5	1000	ca. 3000 (Frontlader)
Schlepper mit Knicklenkung 	Knicklenkung ermöglicht genaues Führen der Schwinge auch im Stand	Diesel- motor 10–20 kW	2,0–2,5	800	15–18 000
Hofschlepper mit Vierradlenkung 	Vierradlenkung ermöglicht kleinen Wenderadius; technisch sehr aufwendig	Diesel- motor 6–20 kW	2,0–2,5	400–800	16–20 000
Hoffahrzeug mit Bremslenkung 	Mit Bremslenkung ist kleinster Wendekreis möglich; technisch ein- fach; höherer Reifen- verschleiß	Diesel- motor 9–12 kW Elektro- motor 6 kW	2,0–2,5 2,0	400–800 750	15–20 000 16 000

- Die stationäre Entmistung ist achsengebunden. Nahezu alle Anlagen erfordern die Lage der Dungstätte in Verlängerung der Entmistungsachsen. Der Kotgraben hat eine Breite von 0,8–1 m. Einfache Seilzuganlagen weisen eine handgeführte Schleppschaufel auf, die

bei Rückführung auf kleinen Rädern rollt. Mit derartigen Anlagen sind das Dungstapeln und Umlenken möglich. Seilzuganlagen mit Rückholseil (Abb. 409) ersparen das mühsame Rückziehen des Schruppers, erfordern aber gerade Mistachsen.

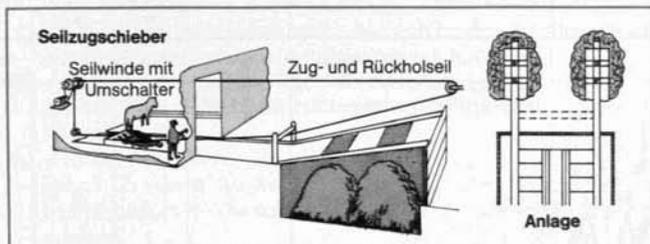


Abb. 409
Seilzugschieber

- **Schub- oder Zugstangenanlagen** fördern kontinuierlich. Die Schub- oder Zugstange bewegt sich dabei abwechselnd vorwärts und zurück. Im Leerhub schwenken die Schubklappen, die beweglich an der Stange befestigt sind, um ca. 90° zur Seite. Im Förderhub stehen sie dann senkrecht zur Schub- oder Zugstange und transportieren den Dung. Schub- oder Zugstangenanlagen können nur in einer Ebene fördern. Zum Dungstapeln wird für jede Mistachse ein Hochförderer benötigt. Da jede Achse eine komplette Anlage erfordert, verteuert sich die Schub- oder Zugstangenanlage bei mehrreihiger Aufstellung entsprechend.

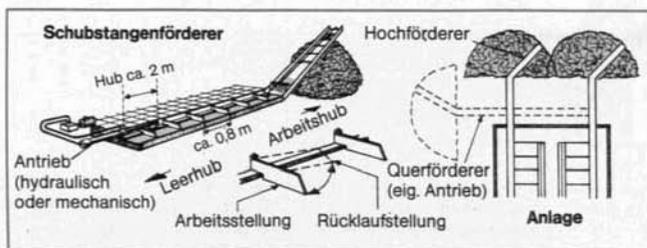


Abb. 410
Schubstangenförderer

- Beim **Kettenförderer** sind die Schubklappen fest mit einer Kette verbunden, die einen Kreis bildet. Der Dung wird in einer Richtung gefördert. Durch die Beweglichkeit der Kette können auch zusätzliche Winkel überwunden werden. Durch schräge Führung der Kette außerhalb des Stalles läßt sich der Kettenförderer auch zum Dungstapeln verwenden. Da ein Teil des Kettenkreises ständig im Freien liegt, besteht im Winter die Gefahr des Einfrierens.

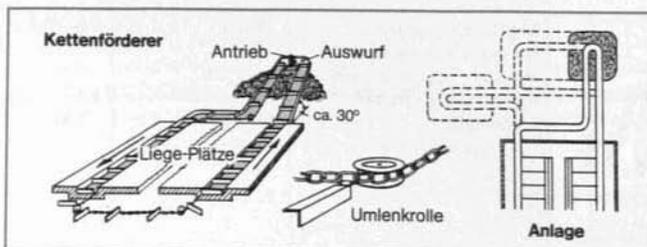


Abb. 411
Kettenförderer

Bei **einstreuloser Haltung** wird im allgemeinen die *Gitterrostaufstellung* mit Flüssigmistbereitung bevorzugt. Bei dieser Aufstellungsform geht die Liegefläche bündig in einen Gitterrost über, durch den der Kot fällt, ohne daß sich die Tiere beschmutzen. Dieser muß so ausgeführt

Tabelle 127: Kenndaten für stationäre Entmistungsgeräte

Kennwerte	Seilzugschieber		Kettenförderer	Schubstangenförderer
	handgeführt	vollmechanisch		
max. Förderlänge (m)	100	60	2 x 80	60
Winkelführung (m)	$r = 1,5-2,0$	$r = \text{ca. } 2$	$r = 0,5-1,0$	1,5
Hochförderung (m)	ca. 3	ca. 3	bis 4 (sep. Antrieb)	bis 7 (sep. Antrieb)
Fördergeschw. (m/min)	43-48	43-48	10	3-4
Leistungsbedarf (kW) pro 10 m Förderweg	ca. 1,5	0,4-0,5	0,4-0,8	0,4-0,8
Kapitalbedarf (DM) bei 40 GV	3500	7000	15000	15000

Tabelle 128: Vergleich von mobiler und stationärer Entmistungstechnik

Mobile Entmistung	Stationäre Entmistung
In mehreren Ställen einzusetzen; Dungstätte muß nicht unmittelbar am Stall liegen; geringe bauliche Veränderungen; geringe Störanfälligkeit; vielseitig einzusetzen <i>aber:</i> längere Rüstzeiten; keine Automatisierung möglich	»Druckknopfarbeit« möglich; keine Rüstzeiten; geringer Raumbedarf; <i>aber:</i> eigenes Gerät für jede Mistachse; Mistlager direkt am Stall erforderlich; störanfälliger

sein, daß sich die Tiere beim Stehen, Liegen oder Begehen des Rostes nicht verletzen, der Dung möglichst ungehindert in den Kanal fällt, die Reinigung nicht durch unnötige Querstäbe behindert wird und die Haltbarkeit bei der genannten Belastung gewährleistet ist.

Bewährt haben sich trapezförmige Stäbe von 1,5–2 cm Auftrittfläche, die in einem Abstand von 3,5–4 cm angeordnet sind. Weiterhin sind scharfe Kanten und Schweißnähte unbedingt zu vermeiden. Der Rost sollte grundsätzlich der Standbreite entsprechen, damit ggf. eine individuelle Anpassung an die Tiere möglich wird und keine gefährlichen Querspalten innerhalb des Standes entstehen. Feuerverzinkte Stahlkonstruktionen haben sich im Hinblick auf die Haltbarkeit besonders bewährt.

Die **Beseitigung des Flüssigmistes** im Kanal kann mittels verschiedener Verfahren durchgeführt werden, wobei heute in jedem Fall das rechteckige Kanalprofil verwendet wird:

- ▶ **Stauschwemmverfahren:** Das Stauschwemmverfahren wird absätzig betrieben. Ein Schieber am Übergang des Kanalsystems zur Grube staut den Flüssigmist je nach Fassungsvermögen der Kanäle eine bestimmte Zeit auf. Um den vollen Staudruck des Flüssigmistes zum Entleeren nutzen zu können, sollte der Schieber möglichst schnell gezogen werden. Im Kanal verbleibende Dungreste werden mit Wasser herausgespült. Dieser Wasserzusatz ist mit 20 l/Tier und Tag bei der Berechnung des erforderlichen Flüssigmistlagererraumes zu berücksichtigen.
- ▶ **Fließmist- oder Treibmistverfahren:** Das Fließmist- oder Treibmistverfahren arbeitet kontinuierlich und benötigt keinen Wasserzusatz. Über einer Flüssigkeitsgleitschicht bauen sich die festen Dungbestandteile so auf, daß deren Oberfläche vom Kanal Anfang bis zum Kanalende schräg abfällt. Die Ursache dieses Dunganstaus liegt in der zu überwindenden Wandreibung. Dung, der in den Kanal fällt, bringt eine entsprechende Menge

am Kanalende zum Überlaufen. Um die Flüssigkeitsgleitschicht zu erhalten, wird am Ende jedes Kanalabschnittes eine 15 cm hohe Staunase angebracht. Die Kanalsole weist kein Gefälle auf. Durch den schrägen Dunganstau müssen Kanaltiefe und Länge des Kanals aufeinander abgestimmt werden (Abb. 412).

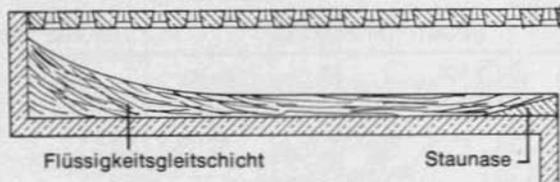


Abb. 412 Fließmistverfahren

Tabelle 129: Kanaltiefen für Fließmistkanäle (Abstand Unterkante Rost bis Kanalsole in cm)

Kanallänge (m)	20	25	30	35	40
Kanaltiefe (cm)	90	90	100	110	120

Planung – Anbindeställe können ein- oder zweireihig ausgeführt werden. Der besonders in Milchviehställen geeignete befahrbare Futtertisch erfordert einen hohen Bauaufwand. Um diesen auf möglichst viele Tierplätze zu verteilen, sollte die Futterachse zweiseitig genutzt werden. Für den Neubau ist daher die zweireihige Aufstallung als Standardform anzusehen. Demgegenüber benötigen einreihige Anbindeställe große Stallgebäude und sind deshalb teuer. Sie lassen sich außerdem nur schwer klimatisieren.

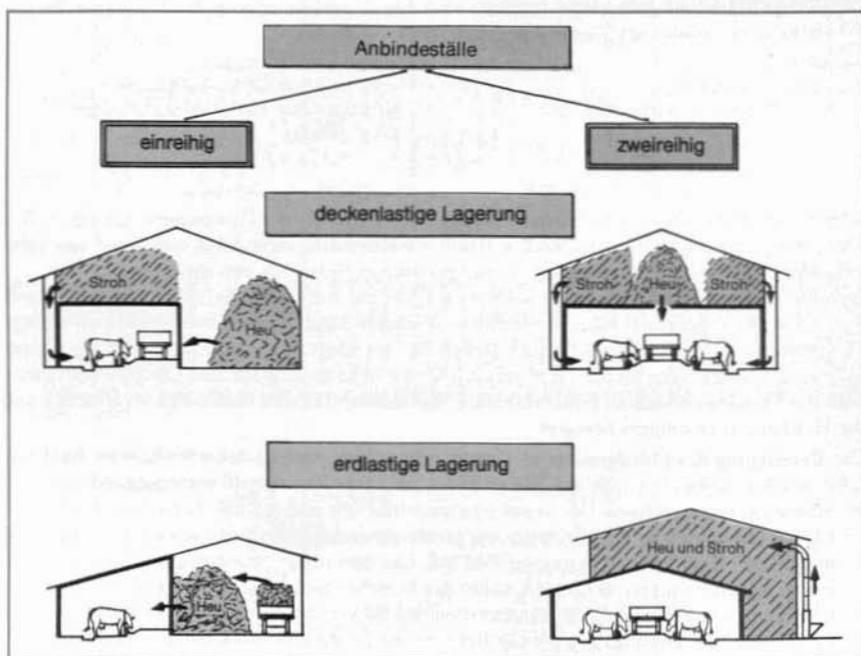


Abb. 413 Bauformen von Anbindeställen

Je nach Eingliederung der Bergeräume in das Stallgebäude unterscheidet man *deckenlastige* und *erdlastige Lagerung*. Bei deckenlastiger Lagerung weist der Stallraum eine tragende Decke auf, so daß der Raum darüber als Bergeraum für Heu und Stroh genutzt werden kann.

Bei erdlastiger Lagerung wird möglichst in Verlängerung der Futterachse der erforderliche Bergeraum angebaut. Da die deckenlastige Lagerung einen höheren Kapitalbedarf erfordert und außerdem die Mechanisierung erschwert, ist die erdlastige Lagerung vorzuziehen. Nur in beengten Hoflagen, in denen der erdlastige Bergeraum nicht unterzubringen ist, kann die deckenlastige Lagerung sinnvoll sein. In Zusammenfassung dieser Planungsgrundsätze entsteht die in Abb. 414 gezeigte Grundform des Anbindestalles.

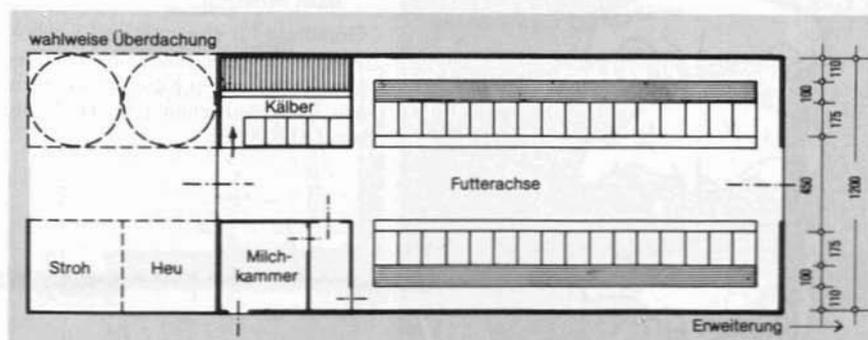


Abb. 414 Grundform des Anbindestalles (Maße in cm)

2.3.2 Laufstall

Laufstallformen – Je nach Ausbildung von Liege- und Lauffläche unterscheidet man unterschiedliche Laufstallsysteme.

Beim **Laufstall mit Volleinstreu** (Tieflaufstall) bestehen Liege- und Laufflächen aus einem Tiefstreubett, auf das täglich frische Einstreu geworfen wird. Der so entstehende Dungstapel wird in größeren Zeitabständen mit dem Frontlader entfernt. Das Dung-Einstreupolster bildet ein warmes Lager, so daß einfache Leichtbauten genügen. Der größte Nachteil dieser Stallform ist die hohe Einstreumenge von 15 kg je Tier und Tag. Trotz billigerer Bauweise und einfacherer Mechanisierung hat sich deshalb dieses Laufstallsystem für größere Tierbestände nicht durchsetzen können.

Beim **eingestreuten Laufstall mit Festbodenlauffläche** kann der Strohbedarf um die Hälfte auf ca. 8 kg je Tier und Tag gesenkt werden. Bei dieser Stallform ist der Freßbereich, in dem etwa $\frac{2}{3}$ des Kotes anfallen, betonierte. Diese Lauffläche wird in kürzeren Abständen mit dem Schlepper abgeschoben. Die täglichen Entmistungsarbeiten entfallen, wenn am Freßplatz eine Flachschieberentmistinganlage oder eine *Spaltenbodenlauffläche* eingesetzt wird. Beide Fälle führen zu erhöhten Kosten in der Dungbehandlung, da sowohl eine Mechanisierungskette für Fest- wie auch für Flüssigmist angeschafft werden muß.

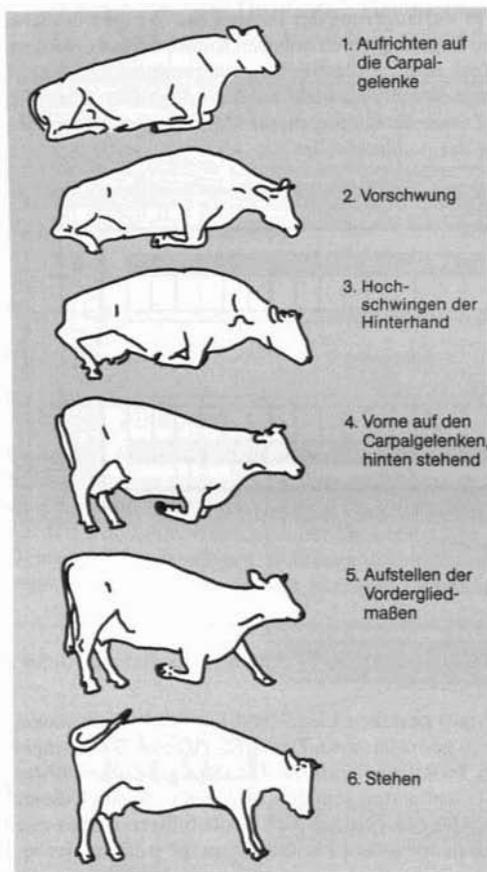
Vollspaltenbodenställe sind völlig strohlos. Tägliche Entmistungsarbeiten fallen nicht an. Im Gegensatz zur Rindermast (vgl. Abschn. 3.2.2) ist diese Stallform für die Milchviehhaltung nicht geeignet, da Eutererkrankungen und -verletzungen sowie andere Schädigungen der Kühe nicht zu vermeiden sind.

Dagegen hat sich der **Liegeboxenlaufstall mit Festboden- oder Spaltenbodenlauffläche** für die Milchviehhaltung gut bewährt, da er gegenüber den anderen Laufstallsystemen folgende Vorteile bietet:

- ▶ stroharme bzw. strohlose Aufstallung,
- ▶ geringer Flächenbedarf,
- ▶ bequemer und geschützter Liegeplatz.

Liegeboxenausbildung – Liegeboxen müssen so gestaltet sein, daß die Kühe

- ausgerichtet liegen,
- die Boxe vorwärts betreten,



- ein bequemes Lager vorfinden,
- beim Aufstehen und Hinlegen nicht behindert werden,
- beim Abkoten die Liegeboxe nicht verschmutzen,
- sich an den Seitenabtrennungen nicht verletzen.

Grundlage für eine richtige Liegeboxgestaltung muß deshalb das arttägige Verhalten der Kühe beim Liegen und beim Aufstehen bzw. Hinlegen sein (Abb. 415).

Abb. 415 Bewegungsphasen beim Aufstehen einer Kuh (nach SCHNITZER)

Für die Liegeboxenausgestaltung kann daraus gefolgert werden:

- Liegeboxen für Milchvieh müssen tiergerecht sein. Dabei ist vor allem auf richtige *Boxenmaße* zu achten:

Lichte Boxenmaße für Kühe (cm):	Länge	Breite
leichte Rassen	215–225	110–120
großrahmige Rassen	220–250	115–125

- Ein ausreichender Kopfraum ist erforderlich, damit das aufstehende Tier nicht behindert wird. Eine Bugkante (bzw. Kopfkasten) und ein Nackenriegel hindern die Tiere, zu weit nach vorne in die Boxe zu treten. Für das »Schwungholen« beim Aufstehen nutzen die Kühe bei gegenständigen Boxen den Kopfraum der gegenüberliegenden Bucht, bei wandständigen Boxen eine seitliche Aussparung. Wandständige Boxen müssen länger als gegenständige sein.
- Eine stabile, nach hinten abgerundete Seitenabtrennung erlaubt es den Kühen, sich beim Hinlegen mit dem Hüfthöcker abzustützen. Scharfe Kanten und herausstehende Schraubverbindungen verletzen dabei die Tiere und müssen unbedingt vermieden werden.
- Ein verstellbarer Nackenriegel in etwa 110 cm Höhe zwingt die Kühe, beim Stehen nach hinten zu treten und außerhalb der Boxe zu koten.

- ▶ Ein ausreichender seitlicher Freiraum von 30–35 cm Höhe ermöglicht es den Kühen, beim Liegen die Extremitäten durchzustrecken. Ein höherer seitlicher Freiraum kann allerdings dazu führen, daß Kühe durchschlüpfen und sich schwer verletzen. Hinderlich sind weiterhin Abstütungen der Seitenwand im Bereich der Hinterhand. Diese Stützen müssen deshalb entweder möglichst weit vorne oder hinten (Abb. 416) stehen.

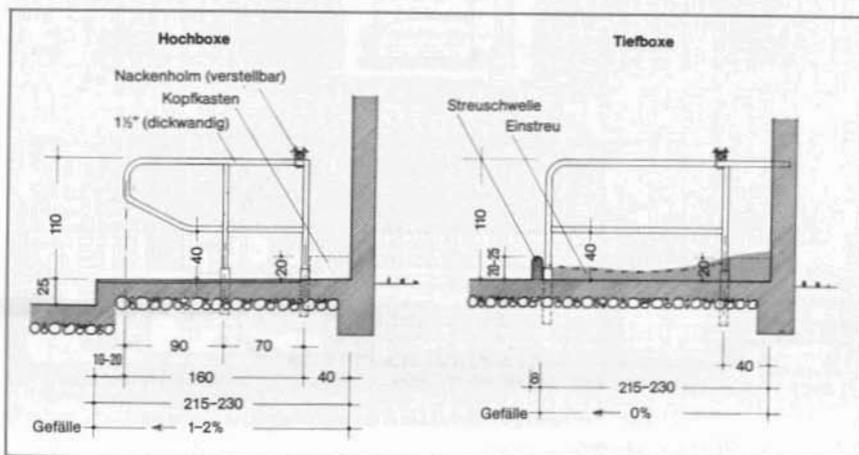


Abb. 416 Liegeboxen für Milchvieh (nach ALB Bayern) (Maße in cm)
links: Wandliegeboxe mit wärmegeämmter Liegefläche; rechts: Wandliegeboxe mit Einstreu

- ▶ Der Bodenbelag hat den Anforderungen an Wärmeschutz, Trittsicherheit, Elastizität und Haltbarkeit zu entsprechen. Einstreulose Boxen (Hochboxen) müssen eine ausreichende Wärmedämmung aufweisen und mit einer elastischen Gummimatte ausgelegt werden, die allerdings geringer als im Kurzstand beansprucht wird. Zum Mistgang hin ist eine Stufe von 20–25 cm vorzusehen. Eingestreute Boxen (Tiefboxen) haben eine Schüttung aus Häckselstroh und Sand. Diese Tiefstreu wird gegenüber der Lauffläche durch eine 20 cm hohe, abgerundete Holzschwelle abgetrennt.

Tabelle 130: Vergleich von Hoch- und Tiefboxe

Hochboxe	Tiefboxe
geringer Pflegeaufwand;	Lager wird von den Tieren bevorzugt; billiger;
aber: höherer Kapitalaufwand (150 DM/Kuh)	aber: laufender Pflegeaufwand

Bei den Liegeboxenlaufställen unterscheidet man zwei Bauformen (vgl. Abb. 417, S. 352):
– Liegeboxenställe mit Außenfütterung (Laufhof),
– geschlossene Liegeboxenställe.

Liegeboxenstall mit Laufhof: Bei dieser Stallform sind die einzelnen Funktionsbereiche getrennt. Das eigentliche Stallgebäude kann auf eine Liegehalle mit Melkstand und Nebenräume reduziert werden, da der Freßplatz außerhalb des Gebäudes untergebracht ist. Durch die alleinige Beanspruchung des Gebäudes als Liegehalle ergibt sich eine intensive Gebäudenutzung (Liegehalle 4 m²/Kuh).

Der Liegeboxenstall mit Außenfütterung erfordert verhältnismäßig große Laufflächen, die nur mit einem mobilen Entmistungsgerät (vgl. Abschn. 2.3.1) gereinigt werden können.

- *Schlepper mit Frontlader oder Heckschild*: kostengünstiges Verfahren, erfordert aber lange Rüstzeiten und große Rangierflächen.
- *Hofschlepper*: Hoher Kapitalbedarf, aber wendig und sofort einsatzbereit.

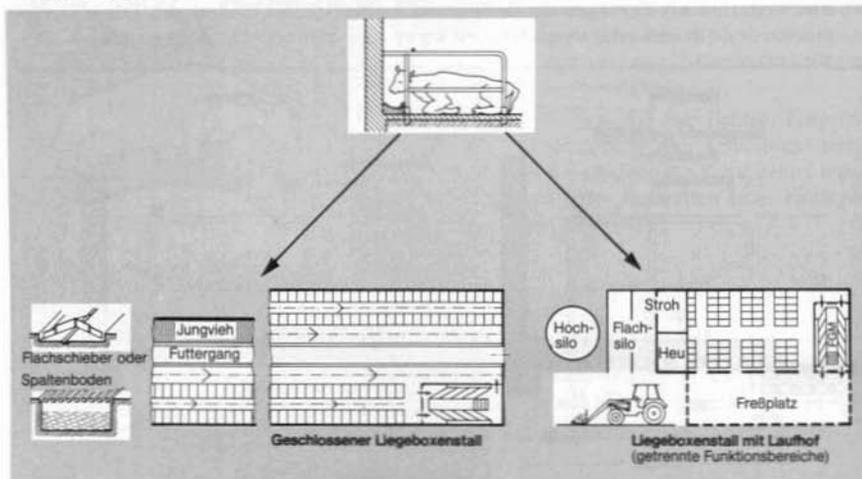


Abb. 417 Laufställe mit Liegeboxen

Beim Liegeboxenlaufstall mit getrennten Funktionsbereichen ist sowohl die Festmistbereitung (1,5 kg/Tier und Tag Einstreubedarf) als auch die Flüssigmistbereitung (einstreuloses) möglich.

Besonders vielfältige Möglichkeiten eröffnet der Liegeboxenlaufstall mit Außenfütterung hinsichtlich der *Mechanisierung der Fütterung* (vgl. Abschn. 2.2.4, S. 329 f.). So kann im Laufhof ein überfahrbarer Futtertisch vorgesehen werden, der mit mobilen Fütterungsgeräten besetzt werden kann. An diesem Futtertisch ist die Einzeltierfütterung mit Fangfreßgeräten oder auch die Herdenfütterung mit eingeschränkter Freßplatzzahl möglich. Typisch für diese Laufstallform sind jedoch Verfahren der Selbstfütterung aus Heuraufe und Flachsilo.

Planung – Die Funktionsbereiche »Liegen, Fressen, Melken« können je nach örtlichen Gegebenheiten (z. B. vorhandene Altbauten) unterschiedlich zugeordnet werden. Trotz dieser planerischen Freiheit, die dieses System ermöglicht, hat sich folgende Standardlösung als günstig erwiesen:

Der Liegebereich wird von der Längsseite her kammartig erschlossen, die Gebäudebreite wird von der Liegeboxenzahl bestimmt, die zwischen 10 und 15 Boxen beträgt. In Boxenreihen dürfen keine Sackgassen enden, damit ausgedrängte Tiere ausweichen können. In die Laufgänge (2,10 m breit) zwischen den Boxen fährt ein mobiles Entmistungsgerät – meist Schlepper mit Heckschild – rückwärts hinein und schiebt in einem Arbeitsgang den Kot heraus.

Bei der dichten Belegung der Liegehalle ist, mindestens in den Klimazonen I und II (DIN 18910), eine Wärmedämmung des Gebäudes nicht erforderlich (Kaltstall). Dem Liegebereich ist der offene Lauf- und Freßbereich vorgeordnet. Hier ist lediglich eine Überdachung des Freßplatzes notwendig. Nur in niederschlagsreichen Gegenden empfiehlt sich die Überdachung des gesamten Laufbereichs. Um dem mobilen Entmistungsgerät ausreichende Rangierfläche zu bieten, ist zwischen Liegebereich und Futtertrache ein Abstand von 6 m erforderlich. Der Melkbereich mit Nebenräumen wird zeckmäßig seitlich der Liegehalle angeordnet, wobei darauf zu achten ist, daß der Umtrieb beim Melken von den Liegeboxen zum Freßplatz erfolgt.

Die Zuordnung der Futterlagerräume ist beliebig. Eine Erweiterung der Liegehalle ist möglich. In einer zweiten Baustufe kann auch auf der anderen Seite des Melkstandes eine zweite Liegehalle erstellt werden.

Die Grundform des Liegeboxenstalles mit Laufhof ist in der Abb. 418 dargestellt.

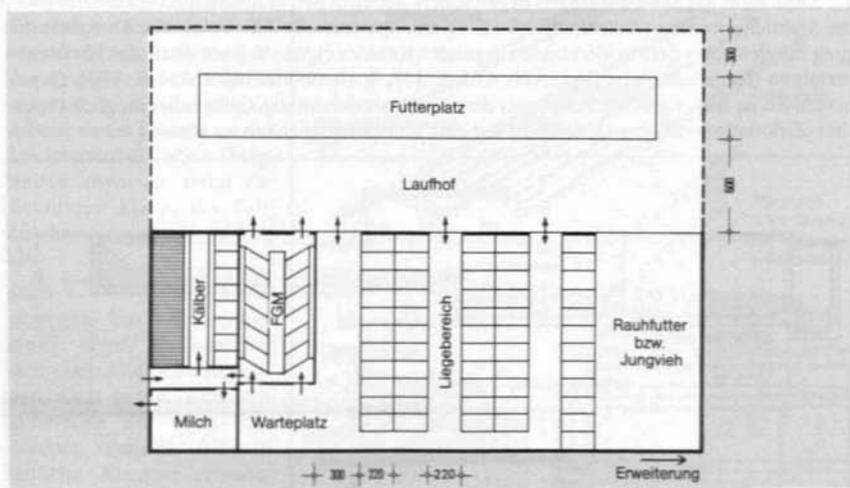


Abb. 418 Grundform des Liegeboxenstalles mit Laufhof (Maße in cm)

Geschlossener Liegeboxenstall: In diesem Laufstalltyp sind die Funktionen »Liegen, Laufen, Fressen und Melken« in kompakter Form in einer Halle zusammengefaßt. Wegen des hohen Kapitalbedarfes für die Hülle muß die Lauffläche im Gebäude auf das geringste Maß beschränkt werden, bei dem die Funktion aber noch sichergestellt ist. Dies ist gegeben:

- ▶ durch Längsaufschluß des Gebäudes mit parallelen Futter- und Entmistungsachsen,
- ▶ durch ausreichend breite Gänge zwischen den Liegeboxen mit folgenden Abmessungen:

Laufgang und eine Liegeboxe	2,00 m Breite
Laufgang zwischen zwei Liegeboxen	2,20 m Breite

- ▶ Der Freßplatzgang muß so breit sein, daß neben einem querstehenden, fressenden Tier eine futtersuchende Kuh vorbeigehen kann. Dazu sind mindestens 3 m Gangbreite notwendig.

Entmisten – Planbefestigte Laufgänge erfordern ein mehrmaliges tägliches *Reinigen*, wozu mobile Entmistungsgeräte nicht geeignet sind, da die Tiere aus den betreffenden Gängen entfernt werden müßten. Zur Entmistung eignen sich daher nur Spaltenbodenflächen oder planbefestigte Laufgänge, die mittels Flachschieberanlage gereinigt werden.



Abb. 419 Innenansicht eines geschlossenen Boxenlaufstalles

Die bei **Spaltenbodenlaufflächen** verwendeten Balken sollten trittsicher und haltbar sein. Da die Kühe nicht auf den Laufgängen liegen sollen, genügen den genannten Ansprüchen einfache Stahlbetonbalken (Auftrittsbreite 12–15 cm, Spaltenweite 3,5–4 cm). Zur Dungbeseitigung aus den unter dem Spaltenboden liegenden Kanälen eignen sich vor allem das Fließmistverfahren (Kanalausführung vgl. Abb. 412, S. 348, Spaltenboden Abb. 454, S. 382). Gegebenenfalls ist auch eine Lagerung unter dem Spaltenboden im sog. Güllekeller möglich (Speicher-Zirkulationsverfahren), dabei ist auf eine Umpülmöglichkeit zu achten.

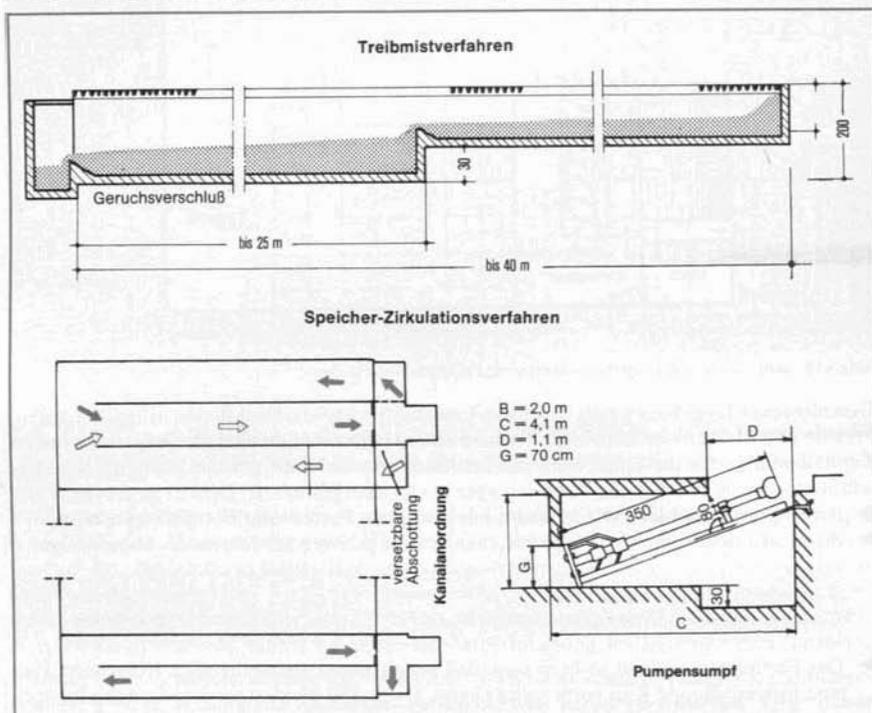


Abb. 420 Flüssigmistysteme für geschlossene Liegeboxenställe (Maße in cm)

Tabelle 131: Vergleich von Fließmistverfahren und Speicherverfahren

Fließmistverfahren	Speicher-Zirkulationsverfahren
<p><i>Vorteile:</i> keine Beeinträchtigung der Stallluft; sicheres Auspumpen möglich</p> <p><i>Nachteile:</i> Umpumpen erforderlich; eigener Lagerbehälter erforderlich</p>	<p><i>Vorteile:</i> eventuell billiger, da kein eigener Güllebehälter</p> <p><i>Nachteile:</i> Beeinträchtigung der Stallluft beim Ausbringen (Gefahr für die Tiere); tiefe Kanäle; beschränkte Lagermöglichkeit; Aufrühren schwierig</p>

Flachschieber reinigen planbefestigte Laufflächen mehrmals täglich. Durch die geringe Höhe des Dungschiebegerätes von ca. 20 cm und der geringen Vorschubgeschwindigkeit von 1–3 m/min können die Tiere über den Schieber hinwegsteigen und werden von ihm nicht behindert. Die verschiedenen Anlagen unterscheiden sich in den Schiebeworkzeugen, den Zugmitteln und in den Antriebsstationen.

Als *Schiebewerkzeuge* haben sich *Falt-* und *Klappschieber* eingeführt. *Faltschieber* öffnen sich in Arbeitsstellung V-förmig, bis sie an die Begrenzungswände des Ganges anstoßen; damit können sie sich den unterschiedlichen Gangbreiten anpassen. Beim Zurückführen klappt der Faltschieber zusammen (Abb. 421).

Beim *Klappschieber* schwenkt das Reinigungsschild beim Zurückziehen nach oben und beim Koträumen nach unten. Eine Anlaufstrecke wie beim Faltschieber entfällt dadurch. Seitliche Klappen erlauben ebenfalls, wenn auch nur eingeschränkt, eine gewisse Anpassung an Gangbreitendifferenzen (Abb. 421).

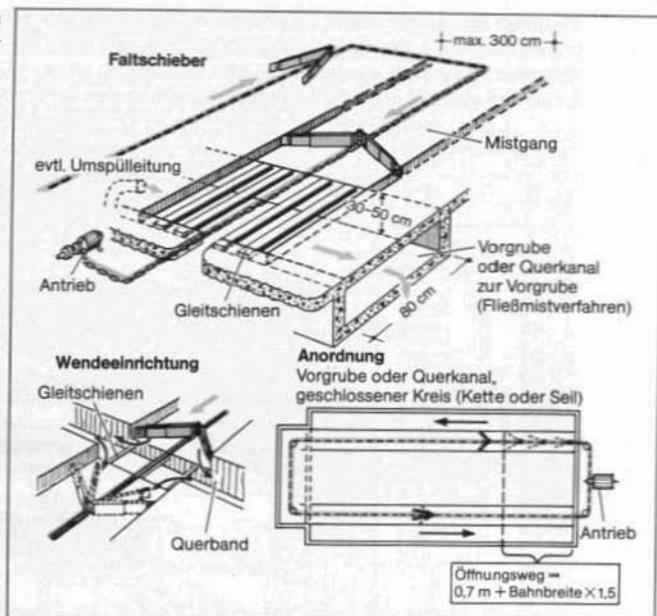


Abb. 421 Flachschieberentmischung

Als *Zugmittel* für Flachschieber werden Stahlseile, Ketten und Zugstangen verwendet. Stahlseile unterliegen einer starken Korrosion und müssen bereits nach 1–2 Jahren ausgewechselt werden. Neuerdings gelangen vermehrt Anlagen mit Zugstangen zur Anwendung (Wanderfaltschieber), die einen geringeren Verschleiß haben sollen. Der Einsatz der Flachschieberanlagen ist wirtschaftlicher, wenn gleichzeitig zwei oder drei zueinander parallel verlaufende gleichlange Mistachsen mit einem Aggregat angetrieben werden können.

Kenndaten von Flachschieberanlagen

Vorschub (m/min)	1–3
max. Förderlänge (m)	2 x 40
Leistungsbedarf	0,1 kW/10 m Förderweg
Kapitalbedarf (DM)	7000

Tabelle 132: Vergleich von Spaltenboden und Flachschieberanlage

Spaltenboden

sehr funktionssicher;
nicht achsengebunden, deshalb
gute Eignung für verwinkelte Anordnungen

aber:

hohe Bauaufwendungen;
tiefe Kanäle erforderlich;
Störungen bei längerem Futter
und bei Einstreu

Flachschieberanlage

geringerer baulicher Aufwand;
für Altgebäude besser geeignet,
da keine tiefen Kanäle notwendig;

aber:

gerade Mistachsen erforderlich;
keine Hochförderung;
reparaturanfällig

Spaltenboden: Überwiegt wegen der hohen Funktionssicherheit bei Neubauten
Flachschieber: bei Umbauten mit begrenzten Möglichkeiten zum Kanaleinbau

Planung: Der geschlossene Liegeboxenstall mit kombinierten Funktionsbereichen hat eine einheitliche Grundform, die je nach Zahl der Boxenreihen den unterschiedlichen Betriebsbedingungen angepaßt werden kann. Die Grundform (Abb. 422) sieht in der Längsachse des Gebäudes einen überfahrbaren Futtertisch vor, an den der Freßgang mit 3 m Tiefe anschließt.

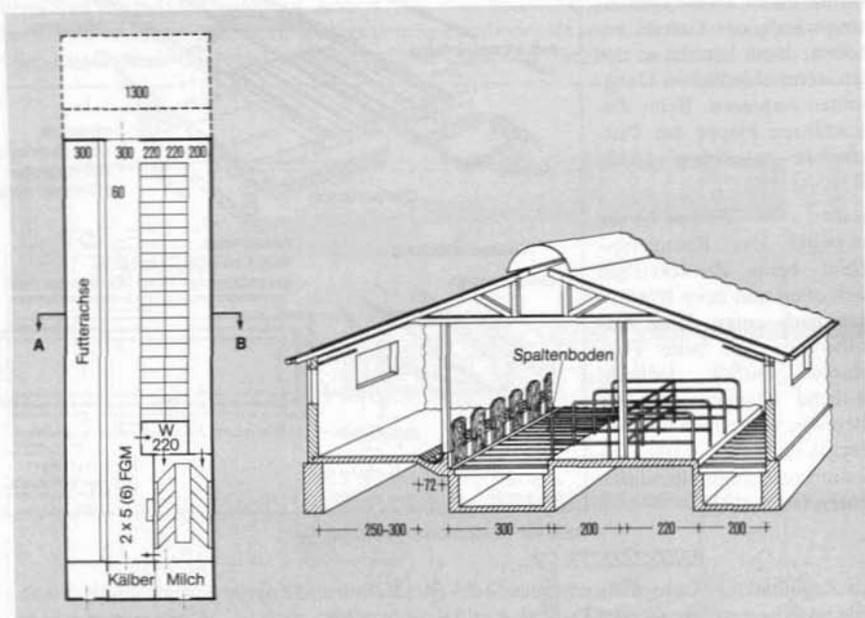


Abb. 422 Grundform des geschlossenen Liegeboxenlaufstalles (Maße in cm)

Parallel zur Futterachse sind die Liegeboxen in Einfach- oder Doppelreihen angeordnet. Der Melkstand befindet sich in Fortsetzung der Liegereihen, damit die Kühe ohne Abwinkelung vom Liegebereich aus auf geradem Weg den Melkstand betreten und zum Freßbereich hin verlassen können. Diese Grundform des geschlossenen Liegeboxenlaufstalles ist für ausschließliche Milchviehhaltung in Herden bis ca. 60 Kühen gedacht. Der Futtertisch wird dabei nur einseitig genutzt, was zu ungenügender Raumnutzung führt. In der Praxis sind deshalb folgende Formen des geschlossenen Liegeboxenlaufstalles üblich, wobei an beiden Seiten des Futtertisches Tiere untergebracht sind (Abb. 423).

Tabelle 133: Vergleich von offenem und geschlossenem Liegeboxenlaufstall

Liegeboxenlaufstall mit Laufhof (offen)	Geschlossener Liegeboxenlaufstall
<p>Gute Gebäudenutzung (vor allem bei Altgebäuden); geringer Bauaufwand; einfache, funktionssichere Entmistung; Möglichkeit der Selbstfütterung; <i>aber:</i> erschwerte Tierbeobachtung; schwieriges Reinigen des Laufhofes</p>	<p>keine Entmistungsarbeiten; Mensch und Tier gegen Witterung geschützt; <i>aber:</i> höherer Bauaufwand; aufwendigere Entmistungstechnik</p>
<p>Geschlossene Liegeboxenställe:</p>	<p>werden wegen arbeitswirtschaftlicher Vorteile bevorzugt</p>
<p>Liegeboxen mit Laufhof:</p>	<p>sind gegebenenfalls für Altgebäudenutzung in günstiger Klimelage geeignet</p>

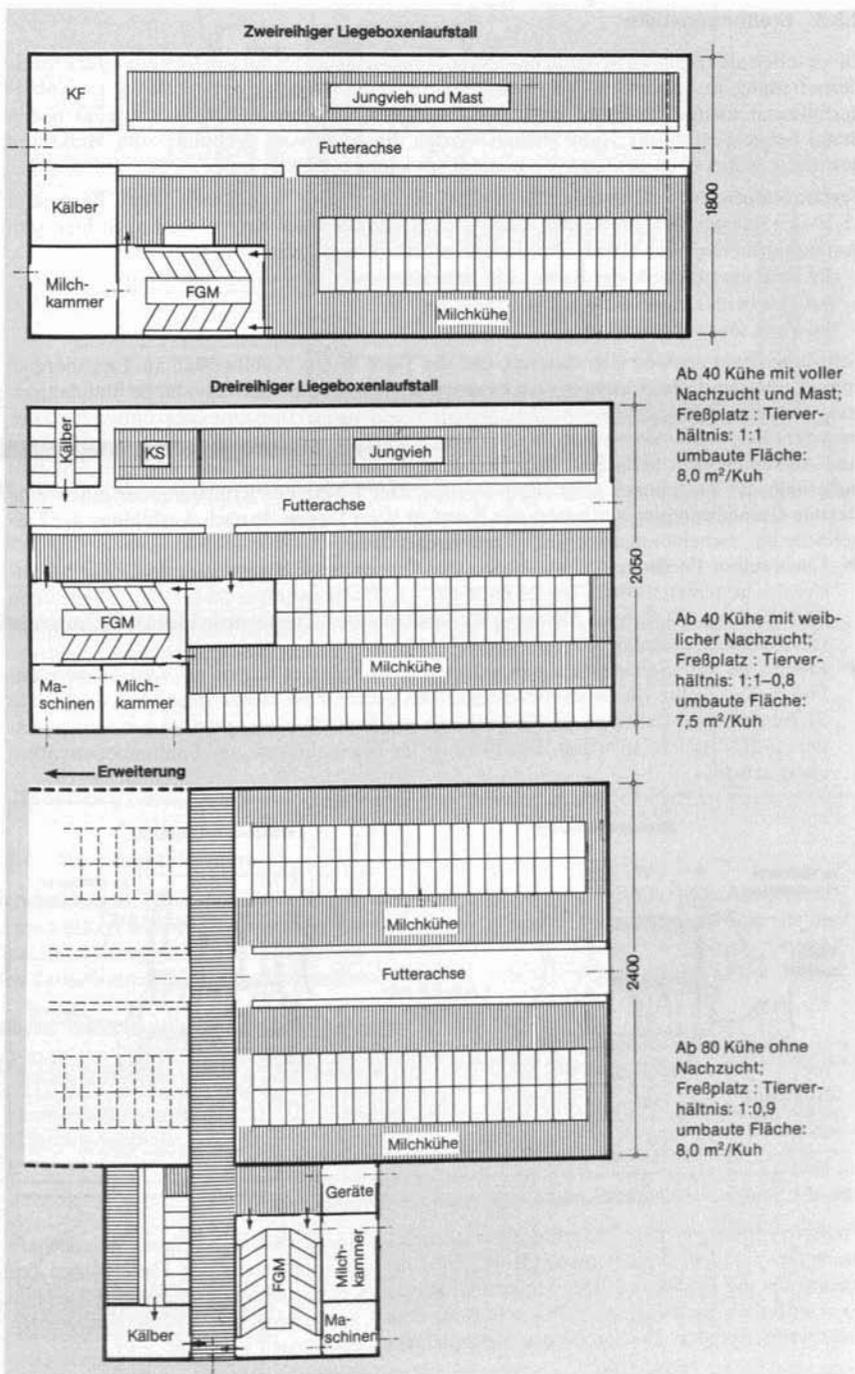


Abb. 423 Geschlossene Liegeboxenlaufställe mit kombinierten Funktionsbereichen (Maße in cm)

2.3.3 Freßboxenställe

Diese sollen die arbeitswirtschaftlichen Vorteile des Melkstandes mit den Vorteilen der Einzel-tierbetreuung im Anbindestall vereinen. Freß- und Liegebereich sind deshalb wie im Anbindestall zusammengelegt. Eine Einzeltierfütterung ist aber nicht voll möglich, da die Tiere den Stand beliebig wechseln. Zum Melken werden die Kühe vom Freßplatz zum Melkstand getrieben, wobei es zu gewissen Verzögerungen kommen kann.

Freßboxenformen – Grundsätzlich ähnelt die Freßboxe weitgehend dem Kurzstand (1,10–1,15 m breit; 1,45–1,70 m lang). Der Raum über der Krippe wird auch hier zum Aufenthaltsbereich des Tieres. Die Boxe ist so einzurichten, daß

- die Bewegungsabläufe der Kühe nicht behindert sind,
- das Tier beim Liegen nicht beeinträchtigt ist,
- die Tiere sauber bleiben.

Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, daß die Tiere wie im Anbindestall am Liegebereich fressen und ihn deshalb leichter verschmutzen. Zudem ist eine tierindividuelle Standanpassung nicht möglich. Durch die *vordere Boxenabtrennung* in Form eines gekröpften Nacken- oder Schulterbügels müssen deshalb die Tiere so gesteuert werden, daß sie zwar beim Fressen und Aufstehen nicht behindert, beim Stehen aber nach hinten gedrängt und zum Abkoten außerhalb der Liegeboxen gezwungen werden. Der Ersatz der Krippenmauer durch eine flexible Gummiwand verbessert den Komfort beim Liegen. Je nach Ausbildung der Liegefläche unterscheidet man folgende **Freßboxenformen**:

- ▶ **Einstreulose Freßboxe:** Diese ist mit einer Gummimatte ausgestattet und kann so einstreulos betrieben werden. Die Boxe ist 1,65–1,70 m lang und endet in einer 15 cm hohen Stufe zum anschließenden Mistgang mit Spaltenboden. Die tägliche Reinigung einzelner verschmutzter Liegeboxen ist notwendig.
- ▶ **Freßboxen mit Tiefbett** bieten den Tieren ein bequemes Lager, erfordern aber mehr Pflege. Der dichte Buchtenboden schließt mit einer 20 cm hohen Streuschwelle ab. Das Tiefbett wird durch Sägemehl, Häckselstroh und Sandschüttung gebildet und wird besonders in Kaltställen bevorzugt. Die Boxe ist für Flachschieber- und Spaltenbodenentmischung geeignet.

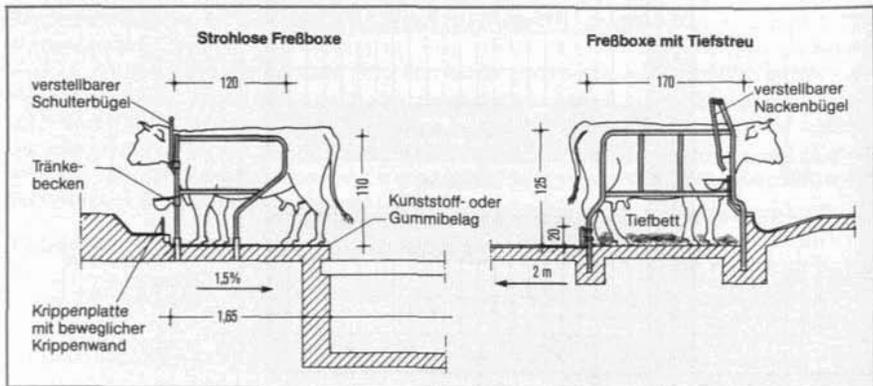


Abb. 424 Freßboxen für Milchvieh (Maße in cm) (nach ALB Bayern und NLG)

Freßboxenställe gleichen im Stallprofil weitgehend Anbindeställen und eignen sich deshalb besonders für den Umbau vorhandener Anbindeställe. Beiderseits des Futtertisches befinden sich die Freßboxen. Der Melkstand ist seitlich zugeordnet. Ein eigener Warteplatz ist erforderlich, da die Tiere nicht – wie sonst üblich – vom Liegebereich zum Freßbereich umgetrieben werden. Die Größe des Warteplatzes errechnet sich wie folgt:

$$\text{Größe des Warteplatzes} = (\text{Gruppengröße} - \text{Melkstandgröße}) \times 1,5 (\text{m}^2)$$

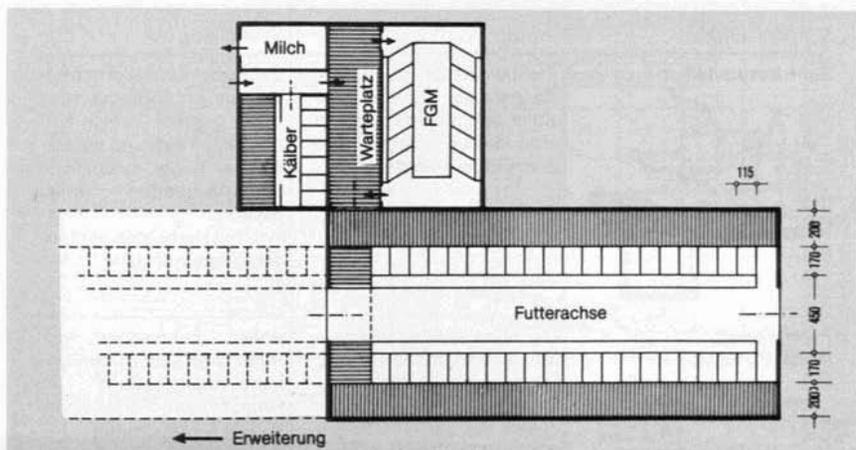


Abb. 425 Grundform des Freiboxstalles (Maße in cm)

Tabelle 134: Besondere Merkmale des Freiboxstalles

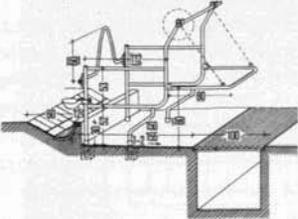
gegenüber Anbindestall	gegenüber Liegeboxenstall
bequemes und schnelleres Melken; zusätzlicher Melkstand erforderlich; Kaltstall möglich	verbesserte Einzeltierfütterung; Tiere können in der Boxe vorübergehend angebonden werden; bessere Tierbeobachtung; verzögerter Umtrieb zum Melkstand; zusätzlicher Warteplatz erforderlich;
Zuordnung: Besonders für den Umbau vorhandener Anbindeställe geeignet	

2.3.4 Sonderstallformen

Neben den gezeigten Standardverfahren der Milchviehhaltung sind noch einige Sonderstallformen üblich oder in Entwicklung. Bei diesen Stallformen wird versucht, die Vorteile der Einzeltierhaltung zu nutzen, gleichzeitig aber auch die Melkarbeiten zu verbessern. Sie nehmen deshalb eine Zwischenstellung zwischen Anbindeställen und Laufställen ein (Tab. 135).

Tabelle 135: Vergleich von Sonderstallformen (Maße in cm)

Sonderstallform	Prinzip	Beurteilung
Schwenkbuchtenstall (System Ryholm)	Grundprinzip wie Anbindestall; Tiere jedoch nicht angebonden, sondern zwischen zwei schwenkbaren Seitenabtrennungen, einer Schulterstütze und einem hinteren Absperrseil fixiert; zum Melken werden die Seitenabtrennungen geschwenkt, so daß die Kühe fischgrätenähnlich stehen	Besserer Zugang beim Melken; dadurch bis zu 10% Arbeitszeitsparung möglich. Aber: höhere Investitionskosten (300 DM/Stand); hoher Platzbedarf am Anfang und Ende der Standreihen; durch gemeinsamen, absenkbaren Mistgang und mobilen Melkstand neue Stallform in Entwicklung
<p>für jede Kuh 1 Milchwahn, gute Euterzugänglichkeit und Übersicht Schwenkwinkel 35°</p>		

Sonderstallform	Prinzip	Beurteilung
<p>Sperrboxenstall</p> 	<p>Freißboxenstall mit hinterer Absperrung, in der sich die Kühe selbst einfangen und zum Melken gruppenweise ausgelassen werden</p>	<p>Bessere Einzeltierbetreuung als im Freißboxenstall <i>aber</i>: größere Verschmutzung der Tiere und zusätzlich der Bügel; zusätzliche Umtriebsarbeiten beim Melken; evtl. bei Umbauten vorhandener Anbindeställe</p>
<p>Palettenstall (System Unicar)</p> 	<p>Die Kühe stehen auf mobilen Einzeltierplätzen und werden mittels unter Flur verlegter Schleppketten zu den einzelnen Stationen des Fütterns, Wiegens, Melkens und Entmistens gefahren. Dieses System erlaubt eine exakte Einzeltierhaltung und eine ständige Erfassung aller für das Herdenmanagement wichtiger Daten</p>	<p>Hoher technischer Aufwand und außerordentlich hoher Kapitalbedarf; vorerst nur Forschungszwecken vorbehalten</p>

2.3.5 Vergleich der Stallformen für die Milchviehhaltung

Die Auswahl geeigneter Stallsysteme kann nur aufgrund einzelbetrieblicher Anforderungen erfolgen. Als Hauptpunkte müssen dabei beachtet werden:

Tierleistung – Untersuchungen über die Höhe der Milchleistung ergaben keine gesicherten Unterschiede zwischen den einzelnen Stallformen, auch nicht zwischen Anbinde- und Laufstall. Lediglich bei der Umstellung vom Anbinde- zum Laufstall muß mit einem kurzfristigen Leistungsabfall gerechnet werden, wie aus der Abb. 426 hervorgeht. Dagegen scheint in einigen Laufställen ein etwas höherer Aufwand an Grundfutter (bis zu 5%) erforderlich zu sein, der allerdings auch durch fehlerhafte Fütterungstechnik verursacht werden kann.

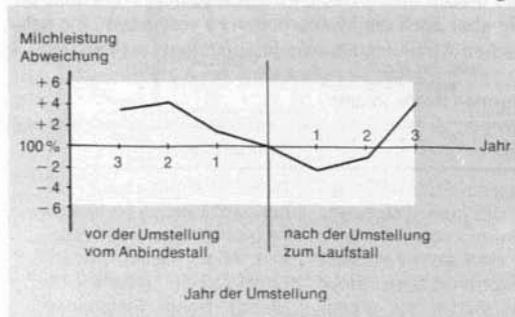


Abb. 426 Milchleistung vor und nach der Umstellung auf die Laufstallhaltung (Jahr der Umstellung = 100%)

Eindeutige Unterschiede sind in der Fruchtbarkeit gegeben. Das bessere Erkennen der Brunst in der Herde führt nachweisbar zu kürzeren Zwischenkalbezeiten. Umgekehrt sind in Laufställen häufiger Klauenerkrankungen festzustellen.

Arbeitszeitbedarf – Große Unterschiede zwischen den einzelnen Stallformen und ihrer Mechanisierung bestehen dagegen beim Arbeitszeitbedarf, wie am Beispiel von Anbindestall mit Gitterrost und Liegeboxenlaufstall gezeigt wird (Abb. 427 und Abb. 428).

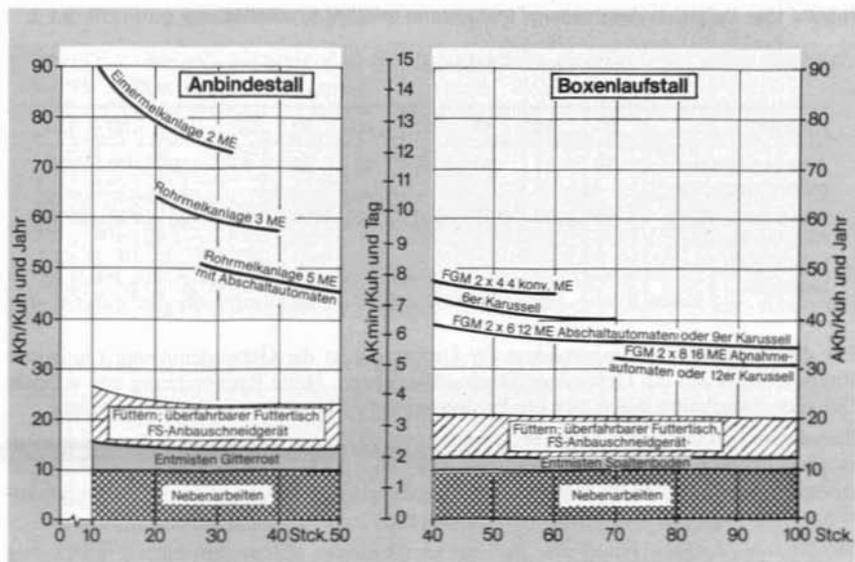


Abb. 427 und 428 Arbeitszeitbedarf in der Milchviehhaltung in Abhängigkeit von Aufstallung und Melktechnik (ganzjährige Stallhaltung)

Der Arbeitszeitbedarf im **Anbindestall** mit Gitterrostaufstallung wird entscheidend vom Melkverfahren und der Herdengröße bestimmt. Beim Einsatz der Eimermelkanlage mit zwei Melkzeugen beträgt der Zeitbedarf in Beständen von 10–30 Kühen zwischen 90 und 75 AKh pro Kuh und Jahr. Die Rohrmelkanlage mit drei Melkeinheiten verringert diesen Wert bei einer Herdengröße von 20–40 Kühen auf 65–60 AKh je Kuh und Jahr. Bei Verwendung von fünf Melkzeugen mit Abschaltautomatik läßt sich der Gesamtarbeitszeitbedarf bei über 30 Kühen auf 55 AKh je Kuh und Jahr reduzieren.

Ähnliche Zusammenhänge gelten für den **Laufstall**. Während im Laufstall mit einem 2 × 4-Fischgrätenmelkstand mit vier Melkzeugen und einer Bestandsgröße von 20–60 Kühen der Gesamtarbeitszeitbedarf bei 55–45 AKh pro Kuh und Jahr liegt, vermindert sich dieser beim Einsatz größerer Melkstände mit 2 × 6 Buchten und 12 Melkeinheiten mit Abschaltautomaten bei Tierzahlen von 40–100 auf etwa 40–35 AKh pro Kuh und Jahr. Die Abnahmeautomatik im 2 × 8-Fischgrätenmelkstand mit sechzehn Melkzeugen oder im 12er Karussell ermöglicht es, den Gesamtarbeitszeitbedarf bei Beständen ab 100 Kühen sogar auf etwa 30 AKh je Tier und Jahr zu senken.

Ein Vergleich des Gesamtarbeitszeitbedarfes zwischen Laufstall und Anbindestall zeigt, daß bei Herden ab etwa 40 Kühen die Laufstallhaltung bei entsprechender Mechanisierung einen geringeren Arbeitszeitbedarf je Kuh und Jahr erfordert. Nicht berücksichtigt ist dabei der größere Arbeitskomfort des Laufstalles.

Der **Freßboxenlaufstall** nimmt im Arbeitszeitbedarf eine Zwischenstellung zwischen Anbinde- und Liegeboxenstall ein.

Kapitalbedarf – Ein weiterer, wesentlicher Gesichtspunkt für den Vergleich der verschiedenen Stallsysteme ist der Kapitalbedarf für Gebäude, Inneneinrichtung und Maschinen. Hier zeigt sich, daß bei guter Raumausnutzung und bei Erstellung von Leichtbauten der Kapitalaufwand für die Gebäude gesenkt werden kann. Gute Möglichkeiten dazu bietet der Liegeboxenlaufstall mit getrennten Funktionsbereichen (Außenfütterung), der aber nicht in allen Klimatalagen der Bundesrepublik Deutschland erstellt werden kann. Hohe Kapitalaufwendungen erfordert der geschlossene Liegeboxenlaufstall und der Freßboxenstall bei wärmege-dämmten Gebäuden.

Tabelle 136: Vergleich verschiedener Stallsysteme in der Milchviehhaltung

Bauart:	Anbindestall		Freiboxenstall		Liegeboxenstall					
					geschlossen			mit Laufhof		
Kuhzahl:	20	40	40	60	40	80	120	40	80	120
Arbeitszeitbedarf (AKh/Kuh und Jahr)	66	61	50	45	44	36	35	48	40	38
Kapitalbedarf (DM) für Stallgebäude	4700	4400	5100	4600	5000	4500	4000	4100	3700	3200
Eignung für Altgebäude			+	+	-	-	-	+	+	+

Für die Baugestaltung, insbesondere für Umbauten, ist die Gebäudenutzung (umbauter Raum je Kuh) und das Gebäudeprofil ausschlaggebend. Hohe Raumnutzung und schmale Gebäudequerschnitte lassen hier den Freiboxenstall als besonders geeignet erscheinen.

Zuordnung – *Anbindeställe* haben bei Herden unter 40 Kühen, soweit eine Aufstockung nicht möglich ist, nach wie vor große Bedeutung. In vielen Fällen ist es möglich, vorhandene Anbindeställe mit geringem Kapitalaufwand durch verbesserte Kurzstände und teilautomatisierte Melkzeuge arbeitswirtschaftlich zu sanieren.

Geschlossene Liegeboxenlaufställe sind bei spezialisierten Milchviehbetrieben mit künftig mehr als 40 Kühen zu empfehlen. Durch kapitalsparende Hüllen ist trotz höheren Platzbedarfes eine möglichst geringe Gebäudebelastung anzustreben.

Laufställe mit Laufhöfen sind als Umbaulösungen nur in besonders günstigen Klimagebieten sinnvoll.

Freiboxenställe eignen sich gut für den Umbau vorhandener Anbindeställe bei Herden über 40 Kühen. Bei Neubauten wird diese Stallform von Landwirten bevorzugt, welche besonderen Wert auf eine Einzeltierbeobachtung legen und dafür einen etwas höheren Arbeitsaufwand in Kauf nehmen.

Tabelle 137: Zahl der erforderlichen Tierplätze in der Milchviehhaltung (nach ALB Bayern)

Tiere: Produktionsrichtung	Kühe ¹⁾	Kälber ²⁾		Jungvieh weiblich			Mastbullen		GV insgesamt
		bis 4 Wochen	bis ca. 4 Monaten	5. mit 15. Monat	16. mit 26. Monat	tragende Kalbinnen (Färsen)	130-350 kg LG	350-550 kg LG	
Milchvieh ohne Nachzucht	10	1,5	3	-	-	-	-	-	13
Milchvieh mit Be- standsergänzung - 4jähr. Umtrieb - 3jähr. Umtrieb	10	1,5	3	2,5	2,5	1	-	-	17
	10	1,5	3	3,3	3,3	1,2	-	-	19
Milchvieh mit Auf- zucht aller weib- lichen Rinder	10	1,5	3	4,5	4,5	1,5	-	-	21
Milchvieh mit Auf- zucht aller weib- lichen und Mast aller männlichen Rinder	10	1,5	3	4,5	4,5	1,5	2,2	2,2	24

¹⁾ In Laufställen sind zusätzlich 0,5 Abkalbe- und Krankenplätze für je 10 Kuhplätze vorzusehen

²⁾ bei kontinuierlicher Abkalbung

2.3.6 Planung von Milchviehställen

Grundlage der Gebäudeplanung ist die Ermittlung des *Raumbedarfes*. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

- ▶ Bestimmung der Zahl der erforderlichen Tierplätze (vgl. Tabelle 137, S. 362)
- ▶ Auswahl der Futterration (vgl. Tabelle 138) und Bestimmung des *Futterlagerraumbedarfes* nach folgender Formel:

$$\text{Futterlager-} = \text{Tierplätze} \times \text{Futterbedarf (dt/Jahr)} \times \text{Bruttolager-} \\ \text{raum (m}^3\text{)} \quad \text{(Tab. 137)} \quad \text{u. Tierplatz) (Tab. 138)} \quad \text{bedarf (m}^3\text{/dt)} \\ \text{(Tab. 139)}$$

- ▶ Errechnung des erforderlichen Dunglagers für Flüssig- oder Festmist (vgl. Abschnitt 6).

Tabelle 138: Beispielsrationen und Futterbedarf je Tierplatz und Jahr (nach ALB Bayern)

Grundfutter: Ration für	angewelkte Grassilage		Maissilage		Zuckerrüben- blattsilage		Heu	
	kg/ Tag	dt/ Jahr	kg/ Tag	dt/ Jahr	kg/ Tag	dt/ Jahr	kg/ Tag	dt/ Jahr
Kühe und hochtragende	25	55,9	–	–	–	–	5	11,0
Kalbinnen (Färsen)	20	44,0	15	33,0	–	–	3	6,6
	–	–	10	22,0	20	44,0	6	13,2
weibliches Jungvieh	10	22,0	–	–	–	–	3	6,6
5. mit 15. Monat	7,5	16,5	4,5	9,9	–	–	1,5	3,3
	–	–	3,5	7,7	10	22,0	1,5	3,3
weibliches Jungvieh	14	30,8	–	–	–	–	4	8,8
16. mit 26. Monat	10	22,0	5	11,0	–	–	1	2,2
	–	–	5	11,0	20	44,0	1	2,2
Kälber bis ca. 4 Monate	–	–	–	–	–	–	0,5	1,8

Unterstellungen: 220 Winterfuttertage bei Kühen und weiblichem Jungvieh.

365 Futtertage bei Kälbern bis ca. 4 Monaten, ganzjährige Belegung des Stallplatzes. Bei Maissilagefütterung an Kühe während der Weideperiode zusätzlich bis zu 14,5 dt/Kuhplatz und Jahr.

Tabelle 139: Brutto-Lagerraum für Futtermittel

Futtermittelart	Raumgewicht (dt/m ³)	Raumbedarf ¹⁾ (m ³ /dt)
Heu: Langgut (Qualität gut – sehr gut) ²⁾	0,7–1,2	1,70–1,00
Häckselgut (5 cm)	0,9–1,2	1,30–1,00
HD-Ballen, ungeschichtet	1,3–1,7	0,90–0,70
HD-Ballen, geschichtet	1,6–2,0	0,80–0,60
Belüftungsheu	1,2–1,7	1,00–0,70
Heuturm	1,5–1,8	0,80–0,70
Trockengrün-Cobs	5,0–6,0	0,20–0,17
Silage: Anweilsilage (35–25% TS)	5,5–7,0	0,20–0,16
Maissilage (28–20% TS)	6,0–7,5	0,18–0,15
Zuckerrübenblattsilage	8,5–9,5	0,13–0,12
Futterrüben	6,3–7,0	0,16–0,14
Kraftfutter, geschrotet	5,5–6,5	0,22–0,14
Trockenschnitzel	3,2–3,5	0,38–0,34

¹⁾ Lagerraum beinhaltet nicht den Raum für die Technisierung der Ein- und Auslagerung ²⁾ Lagerhöhe 2–6 m

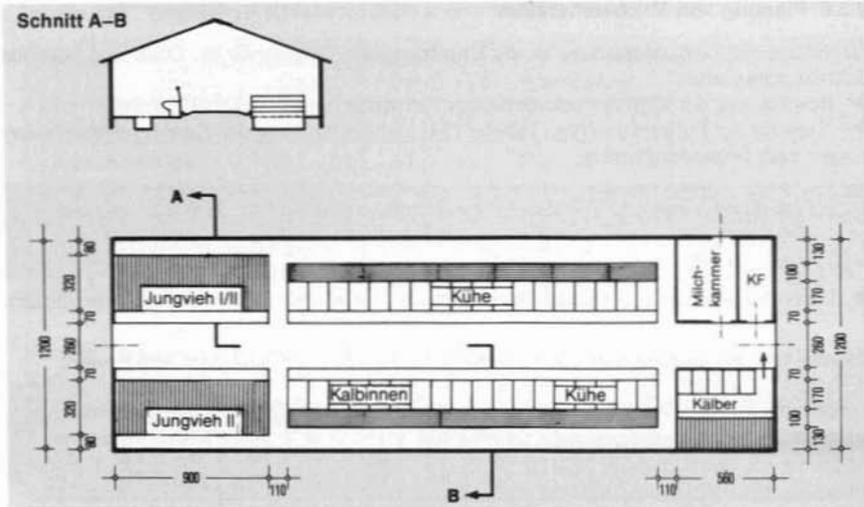


Abb. 429 Anbindestall für 30 Milchkühe mit Aufzucht aller weiblichen Tiere (Maße in cm)

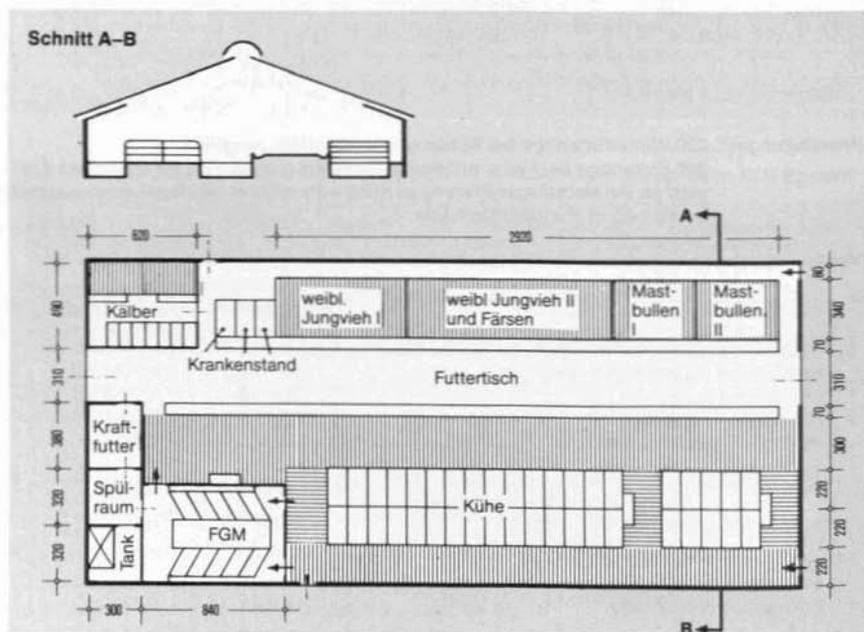


Abb. 430 Zweireihiger Liegeboxenlaufstall für 40 Milchkühe mit voller weiblicher Nachzucht und Mast (Maße in cm)

Schnitt A-B

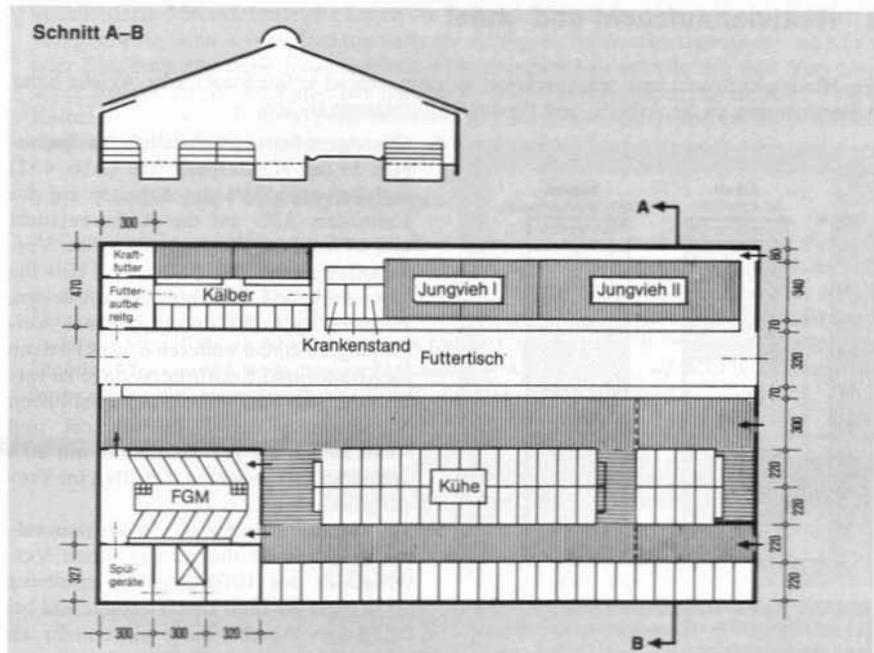


Abb. 431 Dreireihiger Liegeboxenlaufstall für 60 Milchkühe mit Aufzucht zur Bestandsergänzung (Maße in cm)

3 Rindviehaufzucht und -mast

Die Rindviehaufzucht und -mast verlagert sich zunehmend in Spezialbetriebe, welche hohe Anforderungen an die Arbeits- und Produktionsverfahren stellen:

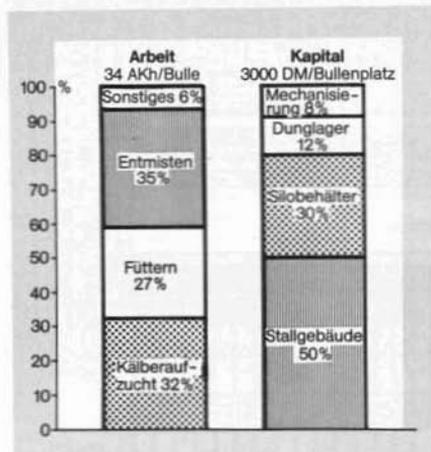


Abb. 432 Zusammensetzung des Arbeitszeit- und Kapitalbedarfes in der Bullenmast (Handarbeitsstufe im Anbindestall)

► **Günstige arbeitswirtschaftliche Bedingungen:** In der Handarbeitsstufe (Abb. 432) entfallen etwa 35% der Arbeiten auf das Entmisten, 32% auf die Kälberaufzucht und 27% auf die Fütterungsarbeiten. Vordringlich ist bei der Bullenmast also die Mechanisierung der Entmistungsarbeiten, zweckmäßigerweise durch strohlose Aufstallung. In einem weiteren Schritt ist dann die Grund- und Kraftfuttermittel vorlage zu verbessern. Bei der arbeitswirtschaftlichen Verbesserung der Kälberaufzucht und -mast stehen die Tränkearbeiten mit 90% Anteil an den gesamten Arbeiten im Vordergrund.

► **Ökonomisch tragbarer Investitionsaufwand,** der unter durchschnittlichen Verhältnissen bei 10jähriger Abschreibung nicht mehr als 1500 DM/Tierplatz und bei 25jähriger Abschreibung nicht mehr als 2500 DM betragen soll. Kapitaleinsparungen (Abb. 432) sind durch einfache Flachsilos und billige Gebäudehüllen möglich.

► **Optimale Voraussetzungen** für hohe Produktionsleistungen: Wie die Kostenstruktur in Abb. 361, S. 302 zeigt, entfallen davon allein $\frac{1}{3}$ auf die Fütterung. Alle Stallformen müssen deshalb beste Voraussetzungen für hohe Tierleistungen und Futterverwertung bieten. Bei der Futterkonservierung und -vorlage sind Fütterungsverluste möglichst auszuschließen.

► **Kälberverluste** müssen unbedingt vermieden werden, da das für die Bullenmast aufgezoogene Kalb ein weiteres Drittel der Produktionskosten verursacht.

3.1 Kälberaufzucht und Kälbermast

In der Kälberaufzucht und Kälbermast sind folgende Produktionsabschnitte zu unterscheiden, die durch verschiedene Haltungs- und Fütterungsverfahren gekennzeichnet sind:



Abb. 433 Haltungs- und Fütterungsverfahren in der Kälberaufzucht und -mast

Spezialisierte Milchviehbetriebe halten die Kälber bis zu einem Alter von 2–4 Wochen und veräußern sie dann – vom Zuchtmaterial für die eigene Nachzucht abgesehen – an Kälber- oder Rindermastbetriebe, wozu spezielle Aufstallungsformen erforderlich sind. Von besonderer Bedeutung für die Kälberhaltung sind die Fütterungsverfahren, da sie den Erfolg der Kälberaufzucht entscheidend bestimmen und 90% der Gesamtarbeitszeit auf Futteraufbereitung und Futtervorlage entfallen.

3.1.1 Tränke- und Fütterungsverfahren

Kälberaufzucht und Kälbermast unterscheiden sich vor allem durch die zu verabreichenden Futterstoffe. In der Kälberaufzucht ist man bestrebt, die Kälber möglichst früh von der Milch zu entwöhnen und die Aufnahme von Kraftfutter und Heu, später auch Silage, zu fördern. Hierzu sind die Buchten mit Heuraufen und Krippen auszustatten. In der **Kälbermast** kommt es darauf an, daß die als Alleinfutter verabreichte Milchaustauschränke den Tieren in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht. Lagerung, Aufbereitung und Warmwasserbereitstellung müssen die unterschiedlichen Tränkeverfahren berücksichtigen.

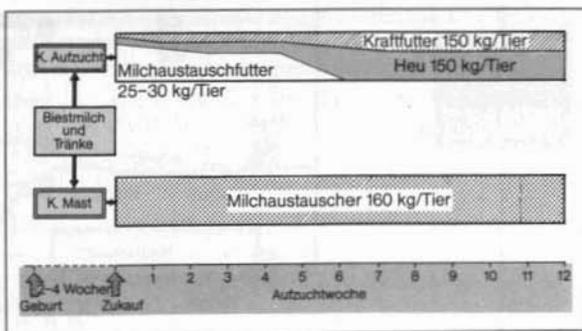


Abb. 434 Übersicht über die Fütterungsabschnitte und Fütterung bei Kälberaufzucht und -mast

Tabelle 140: Richtwerte für den täglichen Wasserverbrauch und Energiebedarf bei Warmtränke (Warmwasserbereitung von 10° auf 60° C, Wärmeverluste 10%)

Kontinuierliche Stallbelegung	Wasserverbrauch l/Tag	Warmwasserbedarf l/Tag	Energiebedarf kWh/Tag
Aufzucht:			
20 Kälber	50	25	1,9
40 Kälber	100	50	3,4
60 Kälber	150	75	5,0
80 Kälber	200	100	6,7
Mast:			
50 Kälber	460	230	15,5
100 Kälber	920	460	31,0
150 Kälber	1380	690	46,5
200 Kälber	1840	920	62,0

Tränkeverfahren – Die Verfahren zur Fütterung mit Milchaustauscher lassen sich in Eimertränke, Automatentränke und Kalttränke gliedern (Abb. 435, S. 368).

Bei der **Eimertränke** wird die halbe oder ganze Tagesration bei wenigen Kälbern von Hand gleich im Eimer, bei allen anderen Verfahren arbeitssparend in einem Mixer aufbereitet. Diese haben ein Fassungsvermögen von 100–300 l und sind mit einem elektrisch betriebenen Quirl ausgestattet. Der Ablaufhahn ist etwas über Eimerhöhe angeordnet.

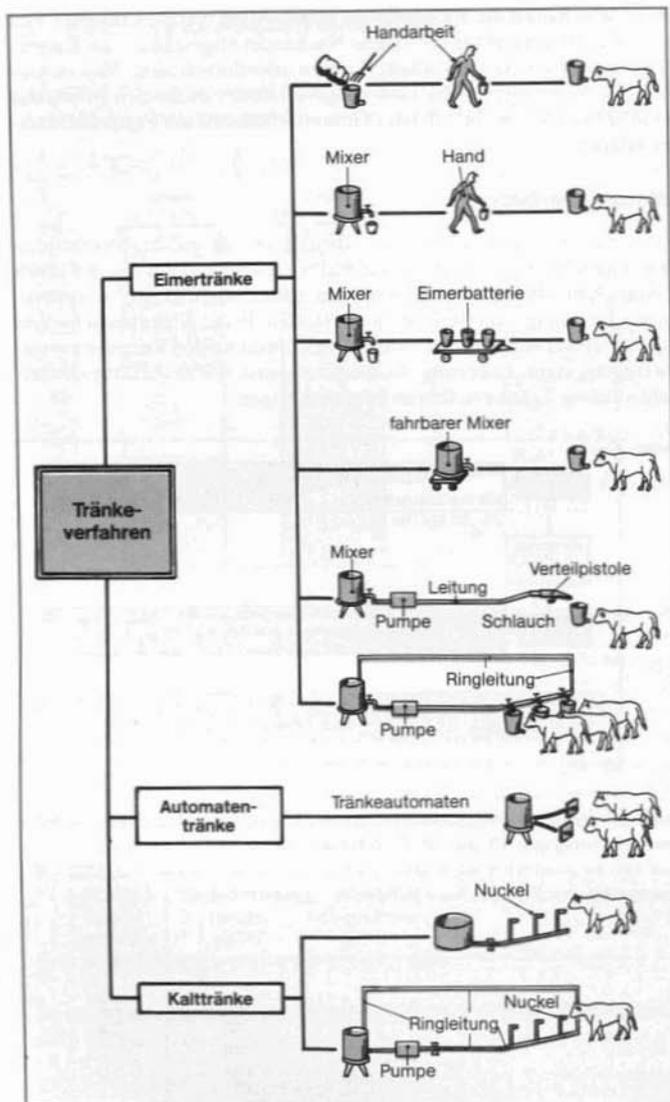


Abb. 435 Fütterungsverfahren für die Kälberaufzucht und -mast

Zur Tränkevorgabe dienen Spezialeimer mit Nuckel, welche zwar teuer und etwas schwerer zu reinigen sind, aber ein zu hastiges Saufen verhindern. An der Bucht werden die Eimer leicht und sicher in spezielle Eimerhalterungen so eingehängt, daß die Kälber den Eimer während des Tränkens nicht herausstoßen.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Eimertränkeverfahren ergeben sich hinsichtlich des Transportes der Tränke zu den Kälbern:

- ▶ Bei geringen Mengen werden die Eimer am Mixer abgefüllt und entweder zu den Kälbern getragen oder mit einem Wagen gefahren.
- ▶ Der Mixer läßt sich auch mit einem Fahrgestell ausstatten und in den Stall fahren (Abfüllen der Eimer im Stall).

- ▶ Bei großen Tränkemengen löst man das Transportproblem mit Pumpe (ca. 0,5 kW) und Schlauch mit Zapfpistole bzw. fest verlegter Rohrleitung mit Hähnen über der Eimerhalterung. Die Eimer werden vor dem Tränken bereits an den Buchten befestigt und nachher zum Reinigen wieder herausgenommen. Das Leitungssystem ist zu spülen.

Automatenränke – Der Tränkeautomat rührt die Warmränke in kleinen Mengen bei Bedarf frisch an. Je nach Größe reicht ein Gerät für 15–40 Kälber (25 Kälber je Sauger). In jeder Gruppenbucht stehen den Kälbern ein oder zwei Sauger zur Verfügung, die immer zugänglich und voll funktionsfähig sein müssen. Beim Tränkeautomaten bleibt neben einigen Kontroll- und Wartungsarbeiten lediglich das Auffüllen des Vorratsbehälters mit Milchaustauschpulver.

Kaltränke – Bei der Kaltränke wird versucht, die arbeitswirtschaftlichen Vorteile der Automatenränke zu nutzen, den hohen technischen Aufwand und die Störanfälligkeit des Gerätes aber zu vermeiden. Dieses Fütterungsverfahren basiert darauf, daß die Zubereitung der täglichen Tränkemenge für alle Kälber nur einmal und auf Vorrat erfolgt, wozu die Tränke haltbar sein muß. Zu diesem Zweck wird den Spezialmilchaustauschern konzentrierte Ameisensäure zugegeben. Im Gegensatz zur Automatenränke ist eine vollmechanische Tränkegabe nicht nur bei Gruppen-, sondern auch bei Einzelhaltung möglich.

Die Kaltränke ermöglicht durch die Aufbereitung auf Vorrat neue Techniken:

- ▶ Für *kleinere Bestände*: Anrühren in säurefesten Vorratsbehältern, Schlauchverbindung zu den Saugern an den Kälberbuchten. Die Kälber saugen die Tränke aus dem Vorratsbehälter. Ein Rückschlagventil sorgt dafür, daß die Milch direkt am Sauger steht. Der Vorratsbehälter befindet sich auf gleicher Ebene wie die Kälber. Bei Gruppenhaltung reicht ein Sauger für 3–4 Kälber.
- ▶ Für *größere Bestände*: Vorratsbehälter mit Ringleitung, Pumpe und Saugern. Die Pumpe wird in Zeitabständen von 20–30 Minuten jeweils für fünf Minuten in Betrieb gesetzt (automatische Zeitschalteinrichtung), damit die Kälber ständig frische Milch zur Verfügung haben.

Vergleich der Tränkeverfahren – Bei einem Vergleich der Tränkeverfahren interessiert neben dem Arbeitszeitbedarf vor allem der Aufzucht- bzw. Mastserfolg. Die wichtigsten Beurteilungskriterien sind in Tabelle 141 gegenübergestellt:

Tabelle 141: Vergleich der Tränkeverfahren

Verfahren	Arbeitszeitbedarf (AKh/Kalb)	Aufzucht- und Mastserfolg	Zuordnung	Bucht
Eimer/Hand	4,0	sehr gute Kontrolle der aufgenommenen Milchmenge; Standardverfahren für Aufzucht und Mast	bis 20 Kälber	Einzel- und Gruppenhaltung
Eimer/Mixer	3,0		ab 20 Kälber	
Eimer/Schlauch	2,5		ab 100 Kälber	
Automatenränke	1,0	keine Kontrolle der aufgenommenen Tränke beim Einzeltier; unterschiedliche Entwicklung der Gruppe	Gruppen ab 15 Kälbern erforderlich; nur in Einzelfällen üblich	Spezialbucht für Gruppenhaltung
Kaltränke	1,0	möglichst frühes Umstellen erforderlich; sorgfältige Tierbeobachtung notwendig; Vorsicht beim Umgang mit konz. Ameisensäure	ggf. für Kälberaufzucht beim Erzeuger, da hier frühes Umstellen möglich	Einzel- und Gruppenbucht

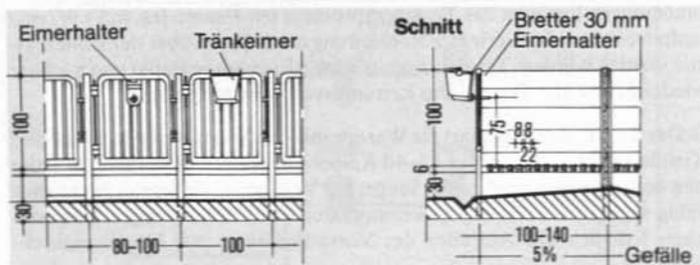


Abb. 436
Einzelbox für
Aufzuchtälber
(nach ALB Bayern)

3.1.2 Haltung der Biestmilchkälber

Die Aufzucht der Biestmilchkälber erfolgt beim Milchviehhalter in Einzelboxen (Abb. 436), in denen Kälber gegebenenfalls auch bis zu 12 Wochen gehalten werden können (erforderliche Maße: 100 cm breit, 140 cm lang). Bei 14-tägiger Biestmilchaufzucht genügt eine Breite von 80 cm und eine Länge von 120 cm. Einzelbuchten sind mit wegnehmbaren Kraftfuttermischern und Heuraufen auszustatten.

Den Fußboden der Boxen bildet ein in 30 cm Höhe angeordneter Holzrost mit 8 cm breiten Auftritten und 2 cm breiten Schlitzen. Weichholz muß nach etwa zwei Jahren erneuert werden. Anfangs wird der Rost reichlich mit Stroh abgedeckt. Der Kälberharn sickert nach unten durch. Deshalb bleibt das Tierlager bei geringem Einstreubedarf stets trocken. Der Stallboden muß unter der Boxe ein starkes Gefälle aufweisen, damit der anfallende Schmutz mühelos abgespritzt werden kann. Die Seiten- und Rückwände der Kälberboxe sind aus hygienischen Gründen geschlossen (kunststoffbeschichtete Hartfaserplatten). Dadurch wird auch der Zugluft vorgebeugt.

Die Biestmilchkälberbuchten sind dem Milchviehstall räumlich zugeordnet und sollten über kurze Wege von den Milchräumen aus erreichbar sein. In kleineren Beständen genügt dafür ein geschützter Platz im Kuhstall. Dabei vertragen auch neugeborene Kälber bei reichlicher Einstreu Temperaturen von 10–12° C ohne jeden Nachteil. Während ausgesprochener Kälteperioden mit geringeren Stalltemperaturen empfiehlt es sich, am ersten und eventuell auch am zweiten Lebenstag der Kälber Infrarotstrahler einzusetzen, ähnlich wie im Ferkelstall. Sehr nachteilig für die Kälber sind feuchte Ställe mit über 80% relativer Luftfeuchte. Aus diesem Grund setzen sich vor allem in größeren Betrieben vermehrt abgeschlossene Kälberställe durch. Dabei wird allerdings eine Heizung erforderlich (vgl. a. Planungsbeispiel Milchvieh Abb. 429–431, S. 364–365).

3.1.3 Haltung von Aufzuchtälbern

Aufzuchtälber können sowohl in Anbindeställen als auch in Gruppenbuchten gehalten werden.

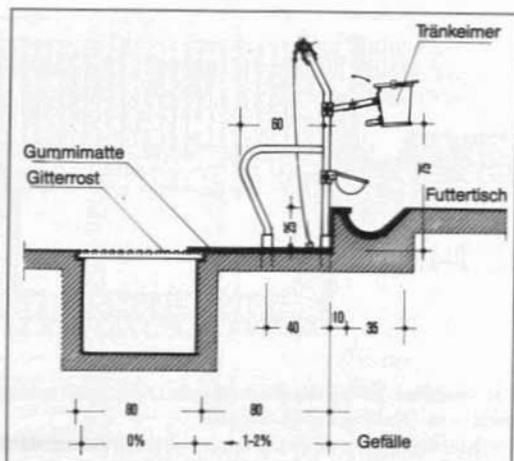
Anbindehaltung – In Milchviehbetrieben mit weniger als 20 Kühen und bei gleichmäßig über das Jahr verteilter Abkalbung ist es meist nicht möglich, in Gewicht und Alter ausgeglichene Gruppen von mindestens 4–5 Kälbern zu bilden. In diesen Fällen werden die Kälber einzeln gehalten, sei es in größeren Einzelbuchten (vgl. Abb. 436) oder in Anbindeställen.

Bewährt hat sich die *Anbindehaltung mit Einstreu* in einer Art Mittellangstand für Kälber. Der Stand hat ein gruppen- und einzellabsperrbares Freßgitter mit hochklappbaren Eimerhaltern. Nach dem Tränken können die Kälber vorteilhaft im Freßgitter festgehalten werden, wodurch zusammen mit einer Trockenfuttermischvorlage das gegenseitige Besaugen vermindert wird.

Mit geringerem Arbeitsaufwand können Aufzuchtälber nach dem Prinzip der Grabner-Anhängung auf Kurzständen gehalten werden, wobei ein gegenseitiges Ansaugen nicht möglich ist. Zur Vermeidung von Querliegen und damit verbundener Verschmutzung ist eine seitliche Abtrennung vorgesehen. Für Kälber bis zu einem Gewicht von 150 kg ist eine Standbreite

von 70 cm notwendig. Bei einstreuloser Haltung wird ein wärmedämmender elastischer Bodenbelag erforderlich (Abb. 437). Das können ebenso wie bei der Aufstallung von Milchvieh Gummi- oder Kunststoffmatten sein. Ein befriedigendes Sauberhalten einstreuloser Kurzstände ist nur bei weiblichen Kälbern möglich. Für männliche Kälber empfiehlt es sich, reichlich einzustreuen oder zusätzlich einen Harnrost einzurichten.

Abb. 437 Kurzstandanbindestand mit Gitterrost für Kälber (nach ALB Bayern) (Maße in cm)



Gruppenhaltung – Die Gruppenhaltung von Kälbern spart Platz und Arbeit. Die gleichzeitige Verabreichung von Heu, Silage, Kraftfutter und Wasser wird gegenüber der Einzelhaltung wesentlich erleichtert. Freilaufende Kälber halten sich sauberer als angebundene. Gruppeneinteilungen mit 4–10 Kälbern, je nach Bestandsgröße, haben sich bewährt.

Die Einrichtung verschließbarer Krippengitter (Freßplatzbreite 35–40 cm) ist notwendig, damit die Kälber nach der Eimer-Milchtränke für 15–20 Minuten festgehalten und mit Trockenfutter versorgt werden können. Dies ist zur Verminderung des gegenseitigen Besaugens nötig und führt zudem zu einem ungestörten Saufen. Für jede Bucht ist ein Tränkebecken vorzusehen.

Eingestreute Gruppenbuchten – Sie sind als Tief- und als Flachlaufställe üblich. In Tieflaufställen ist die gesamte Buchtenfläche von 1,2–1,5 m²/Tier eingestreut. Durch einen angehobenen Freßplatz können auch kleinere Kälber stets ungehindert zum Futter. Entmistet wird mit dem Frontlader nach dem Umställen, wozu die Buchtentrennwände auf einfache Weise zu entfernen sind.

Auch der sog. Flachlaufstall mit höher gelegenem Liegeplatz und vertieftem Mistgang ist gut für die Kälberaufzucht geeignet (Abb. 438 und 439). Auf dem Liegeplatz wird nur nachgestreut, aber nicht entmistet. Es bildet sich eine 10–15 cm hohe Einstreu-Dungmatratze, die von Kälbern allmählich in den Mistgang getreten wird. Der Mistgang wird mehrmals wöchentlich mit der Hand oder mit einem Flachschieber abgeschoben. Flachschieber können zu Verletzungen bei den Tieren führen.

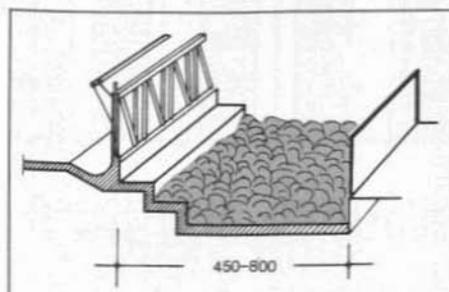


Abb. 438 Eingestreute Gruppenbuchten für die Kälberaufzucht: Flachlaufstall (Maße in cm)

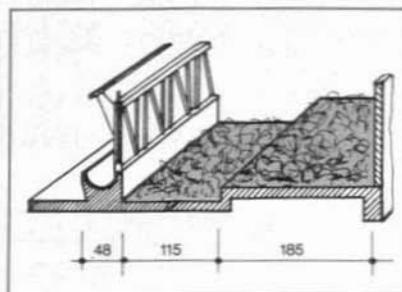
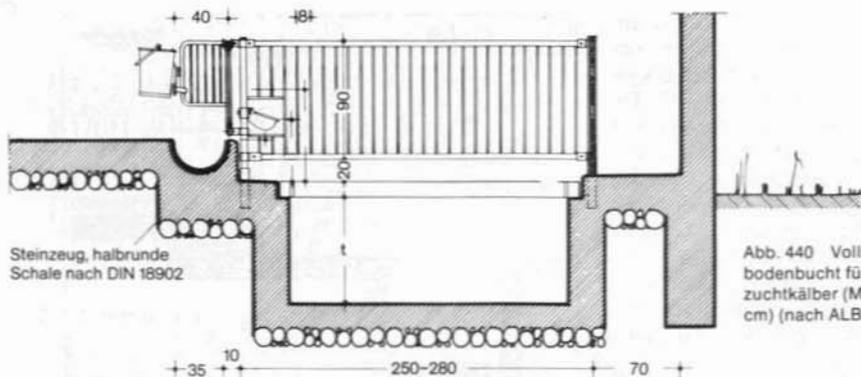


Abb. 439 Eingestreute Gruppenbuchten für die Kälberaufzucht: Tieflaufstall (Maße in cm)



Die **strohlose Vollspaltenbodenbucht** (Abb. 440) erlaubt eine dichtere Stallbelegung, da nur mehr $1 \text{ m}^2/\text{Kalb}$ benötigt werden.

Im Kälberstall mit Spaltenboden sollten wärmedämmte Balken verwendet werden. Bewährt haben sich Balken aus Bongossiholz, die zu Rosten verschraubt sind. Aber auch Balken aus Stahlbeton mit und ohne wärmedämmende Spezialzuschlagstoffe können verwendet werden.

Die Auftrittsweiten der Balken sollen 8–10 cm und die Schlitzweiten 2,5–3 cm betragen. Aufzuchtälber können ab 60 kg Gewicht ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit und Entwicklung auf Spaltenböden gehalten werden. Dabei ist allerdings eine Stallheizung notwendig. Bei fehlender Einstreu muß es möglich sein, die Temperatur für die jüngeren Kälber im Bereich von ca. 20°C zu halten, bei einer relativen Luftfeuchte von 60–80%. In der Endphase der Aufzucht kann die Temperatur auf etwa 16°C gesenkt werden. Die Luftgeschwindigkeit darf im Tierbereich $0,2 \text{ m/s}$ keineswegs überschreiten.

Um eine Luftzirkulation aus dem Kanal zu unterbinden, werden die Kanäle möglichst flach angelegt. Die Kanalsohle erhält ein Gefälle von $0,5\%$. Am Ende des Kanals befindet sich ein Schieber, der zur Entleerung herausgenommen wird.

Bei größeren Kälberställen sollte dieses Stauschwemverfahren für jedes Stallabteil getrennt möglich sein, da so beim Rein-Raus-Verfahren eine intensive Reinigung des Stallabteiles vor einer Wiederbelegung möglich wird.

Vergleich der Verfahren für die Kälberaufzucht – Als entscheidende Kriterien zur Beurteilung der Haltungsverfahren gelten Arbeitszeitbedarf, Raumanspruch und Aufzuchtergebnisse.

Arbeitszeitbedarf: Dieser wird bis zu etwa 30 Kälbern entscheidend von der Herdengröße bestimmt. Daher sollte bei der Kälberaufzucht für die Rindermast möglichst ein Bestand von 20 Tieren angestrebt werden. Zur Senkung des Arbeitszeitbedarfes trägt außerdem die einstreulose Aufstallung bei (Abb. 441).

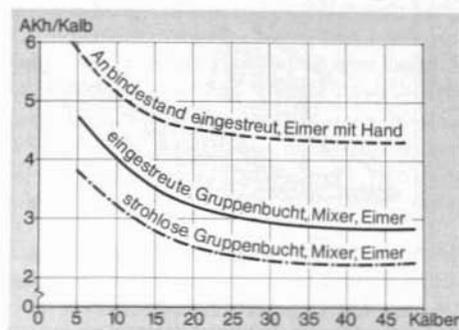


Abb. 441 Arbeitszeitbedarf in der Kälberaufzucht (12 Wochen)

Tabelle 142: Auswahlkriterien bei der Kälberaufzucht

Verfahren	Arbeitszeitbedarf (AKh/Tier) (bei 20 Kälbern)	Gebäudeanspruch (m ² /Tier)	Tierbeobachtung	Klimatisierungsanforderungen	Einrichtungsaufwand	
Anbindehaltung	eingestreut	5	++	+	gering	hoch
	strohlos	4,0	2,25	++	hoch	sehr hoch
eingestreute Gruppenbucht	3,5	1,20	+	gering	gering	
Vollspaltenbodenbucht	2,5	1,00	+	hoch	hoch	

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Eigenschaften ergibt sich bei den Verfahren der Kälberaufzucht folgende **Zuordnung**:

Anbindehaltung: Für Kälberaufzucht in Milchviehbetrieben mit kontinuierlichem Abkalben. In diesen Betrieben können meist keine ausgeglichenen Gruppen zusammengestellt werden.

Gruppenbucht eingestreut: Für die periodische Aufzucht von Zukaufkälbern im Rein-Raus-Verfahren bei vorhandenen Gebäuden.

Vollspaltenbodenbucht: Für die Aufzucht von Zukaufkälbern in spezialisierten Rindermastbetrieben. Dabei werden die Kälber frühzeitig an die spätere Haltung im Vollspaltenbodenstall gewöhnt (Klauen!).

Bei der **Planung** von Kälberaufzuchtställen ist von folgenden Grundsätzen auszugehen:

- ▶ Ab 40 Kälberplätzen ist ein abgetrennter Kälberaufzuchtstall erforderlich.
- ▶ Die Reinigung und Desinfektion von Stalleinrichtungen, Lauf- und Liegeflächen sowie Flüssigmistkanälen muß nach jedem Gruppenwechsel möglich sein. Größere Kälberaufzuchtställe werden dazu in mehrere Stallabteilungen gegliedert.

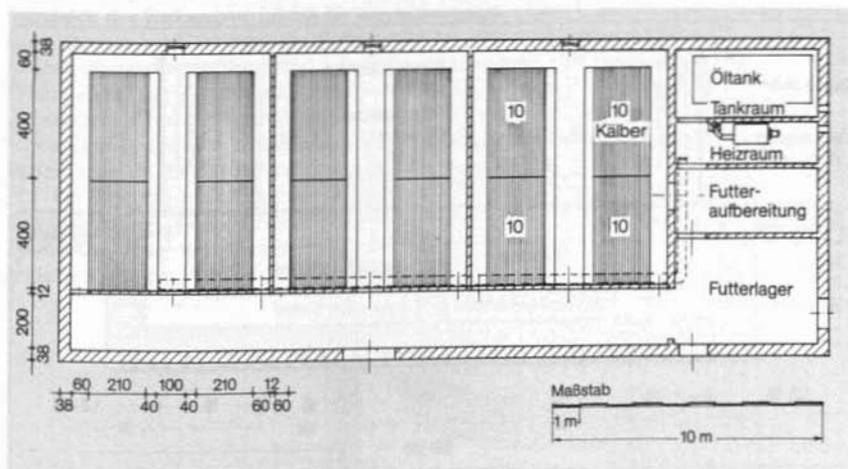


Abb. 442 Kälberaufzuchtstall für Gruppenhaltung und Eimertränke (Maße in cm)

- ▶ Kälberställe sind so zu planen, daß die Wege zwischen Futterlagerraum und Stall möglichst kurz sind.
- ▶ Kälberställe müssen wegen der erforderlichen hohen Stalltemperaturen geheizt werden können. Weiterhin ist auf eine besonders gute Wärmedämmung zu achten.

Raumprogramm – Die Aufzucht von im Alter von 14 Tagen zugekauften Kälbern erfordert für 10 Mastbullenplätze (Mastperiode 445 Tage) folgende Aufzuchtplätze:

	kontinuierliche Aufzucht	periodische Aufzucht 1mal im Jahr
Aufzuchtbuchten 14 Tage bis ¼ Jahr	2	7

3.1.4 Haltung von Mastkälbern

Die Kälbermast ist zu einem spezialisierten, flächenunabhängigen Betriebszweig mit hohem hygienischem Risiko und erhöhten Umweltproblemen geworden. Dazu trägt vor allem die wenig artgemäße ausschließliche Fütterung mit Milchaustauschern ohne Rohfutter bei, die notwendig ist, um das auf dem Markt erwünschte weiße Fleisch zu erzeugen. Folgende besonderen Anforderungen werden deshalb an Mastkälberställe gestellt:

- ▶ *Strohlose Aufstallung*, damit die Kälber keine Rohfaser aufnehmen.
- ▶ *Stallheizung* auf 23–20° C in der Anfangsmast, auf 16–18° C gegen Mastende. Dabei muß eine relative Luftfeuchtigkeit von 60–80% eingehalten werden. Dies ist wegen der hohen Tränkemengen schwierig zu erreichen.
- ▶ *Keine Zugluft*, da die durch die Fütterungsmethode ständig »schwitzenden« Kälber gegen Zugluft besonders anfällig sind.

Ein ausreichend dimensionierter Luftraum von 5–7 m³ je Kalb, eine Stallhöhe von 3 m und eine sehr gute Wärmeisolierung des Gebäudes ($k < 0,5$) erleichtern die schwierige Klimagegestaltung.

Einzelhaltung von Mastkälbern – Die Einzelhaltung der Mastkälber auf Rostboden überwiegt. Dabei werden die Kälber in 70 cm breiten Ständen angebunden. Die Seitenabtrennungen aus verzinktem Stahlrohr müssen, damit das Kalb ungehindert liegen kann, eine Bodenfreiheit von 25 cm aufweisen.

Der vordere Buchtenboden wird bis zu 70 cm Länge geschlossen ausgeführt. Brauchbare Bodenbeläge sind Speziallestriche, Spezialbodenplatten und Hartholz, z. B. Bongossi. Beson-

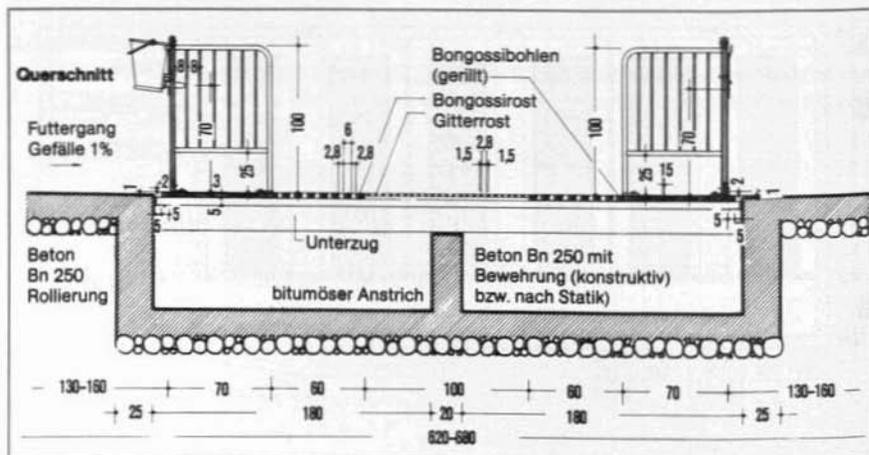


Abb. 443 Einzelhaltung von Mastkälbern (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

ders bei Estrichen ist durch sachgemäße Herstellung auf Rutschfestigkeit zu achten. Der perforierte Fußboden wird vorteilhaft als Kombirost ausgeführt. Breite, gerillte Bongossibohlen im Tierbereich erleichtern dem Kalb das Stehen und Liegen. Der anschließende Gitterrost mit schmalen Stäben fördert die Kotdurchlässigkeit und damit die Sauberkeit des Standes.

Boxenanordnungen mit gemeinsamem Mistgang lassen sich sehr gut sauberhalten. Ein späterer Übergang zur Gruppenhaltung – auch von Aufzuchtkälbern – ist mit sehr geringem Aufwand möglich. Aufstallungen mit gemeinsamem Futtergang verkürzen die Wege bei der Fütterung.

Gruppenhaltung von Mastkälbern – Für die Gruppenhaltung von Mastkälbern sind *Vollspaltenbodenbuchten* gebräuchlich, wobei 1,2–1,3 m² Buchtenfläche je Tier erforderlich sind (vgl. Abb. 442, S. 373).

Die Haltung von Mastkälbern auf Spaltenboden setzt fehlerfreie Bauausführung und ein optimales Stallklima voraus. Der perforierte Fußboden muß – wie auch für die Kälberaufzucht – trittsicher, kantenfrei und mit geringen Maßtoleranzen planeben verlegt sein. Die Auftrittsbreiten der Balken, z. B. aus Bongossiholz, sollen 8 cm nicht überschreiten. Wegen der besonderen Kotkonsistenz von Mastkälbern ist sonst eine verstärkte Verschmutzung zu befürchten. Die Spaltenbreite kann 2,5 bis maximal 3 cm betragen.

Die Gruppenhaltung mit Eimertränke erfordert für jedes Mastkalb einen eigenen Tränkeplatz mit etwa 50 cm Breite sowie verschließbare Krippengitter. Maximale Arbeitseinsparungen ermöglichen Tränkeautomaten. Diese stehen zwischen zwei Buchten und können 15–40 Kälber bedienen.



Abb. 444 Mastkälber auf Spaltenboden mit Automatentränke

Vergleich der Haltungsverfahren für die Kälbermast – Ein wesentliches Beurteilungskriterium ist auch bei Verfahren der Kälbermast der *Arbeitszeitbedarf* (Abb. 445). Die Unterschiede zwischen den Verfahren werden vor allem durch die Tränkeverfahren verursacht. Während bei der Eimertränke etwa 3,0–3,5 AKh je Mastkalb erforderlich sind, kann der Arbeitsbedarf bei Automatentränken auf 1,5–2,0 AKh je Mastkalb gesenkt werden. Zwischen Einzel- und Gruppenhaltung ergeben sich dagegen nur geringe arbeitswirtschaftliche Differenzen, da Zeiteinsparungen bei der Gruppenhaltung durch höheren Aufwand für die Tierbeobachtung wieder ausgeglichen werden.

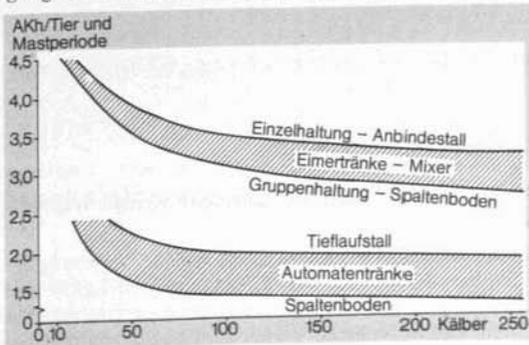


Abb. 445 Arbeitszeitbedarf in der Kälbermast

Tabelle 143: Vergleich von Aufstallungsformen und Fütterungsverfahren der Kälbermast

Verfahren	Arbeitszeitbedarf (AKh/Tier) (bei 50 Kälbern)	Gebäudeanspruch (m ² /Tier)	Tierbeobachtung	Masterfolg
Einzelhaltung mit Eimertränke	4,0	1,80	++	+
Gruppenhaltung (Spaltenboden) mit Eimertränke	3,5	1,40	+	+
Gruppenhaltung mit Automatentränke	1,5	1,30	-	unterschiedliche Entwicklung in der Gruppe; positiv bei Tiefstreu; dabei aber geringere Fleischqualität

Wichtiges Beurteilungskriterium aber bleibt der **Masterfolg**, der in Gruppenhaltung auf Spaltenboden und Automatentränke mit größerem Risiko verbunden ist. Die Einzelhaltung mit Eimertränke wird aus diesen Gründen meist vorgezogen. Abb. 446 zeigt dafür ein Planungsbeispiel. Wie bei der Kälberaufzucht sollten größere Ställe zur besseren Reinigung und Desinfektion in mehrere getrennte Bereiche unterteilt werden.

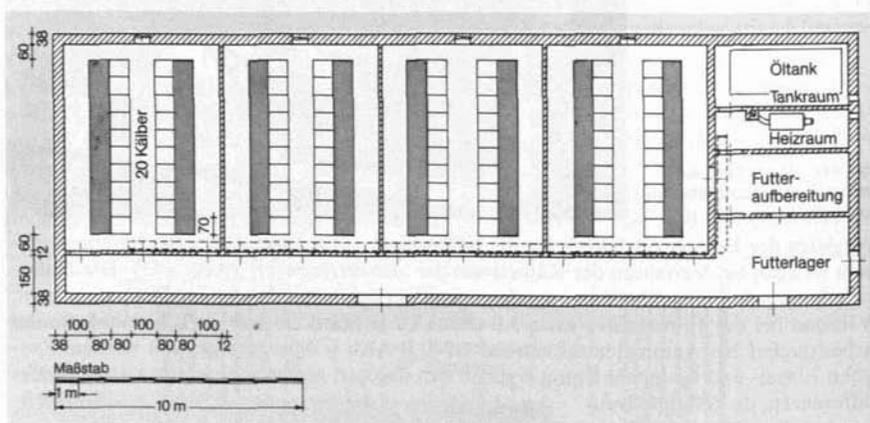


Abb. 446 Kälbermaststall für Einzelhaltung und Eimertränke (Maße in cm)

3.2 Mastbullenhaltung

Die Haltungsverfahren der Bullenmast werden in Einzel- und Gruppenhaltung (Abb. 447) eingeteilt:

Die **Einzelhaltung** erfordert die genaue Anpassung des Standes an das starke körperliche Wachstum der Bullen. Deshalb sind unterschiedliche Anbindestände für die verschiedenen Altersgruppen erforderlich. Weiterhin ist auf eine gute Harnableitung von der Liegefläche zu achten. Der wesentliche Vorteil der Einzelhaltung liegt darin, daß das Herdenverhalten

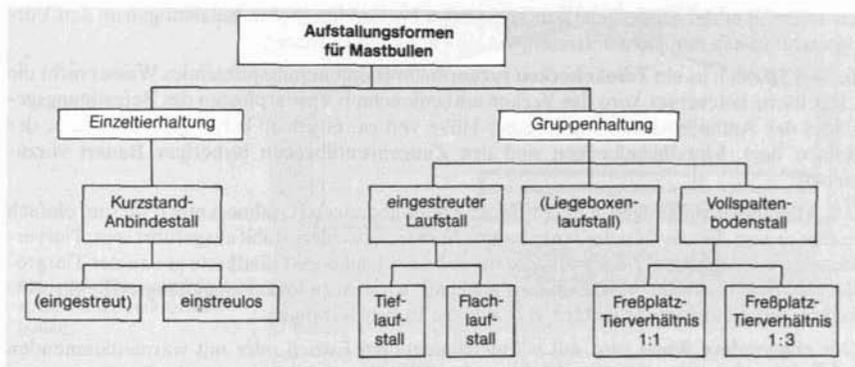


Abb. 447 Aufstallungsformen für Mastbullen

ausgeschaltet ist. Dies ist vor allem bei Magerviehzukauf (250–400 kg Lebendgewicht je Tier) aus unterschiedlichen Beständen von Bedeutung.

Die **Gruppenhaltung** setzt voraus, daß sich die Tiere bereits im Kälberalter aneinander gewöhnen. Dabei sind Gruppen von 6–15 Tieren in einheitlicher Größe zu bilden. Dies ist nur in großen spezialisierten Bullenmastbetrieben bzw. Betriebszweigen möglich.

3.2.1 Anbindeställe

Die Einzeltierhaltung von Mastbullen wird in Anbindeställen durchgeführt. Der früher häufig verwendete Mittellangstand eignet sich für die modernen Schnellmastverfahren nicht mehr. Nur der Kurzstand stellt sicher, daß Futter auf Vorrat gegeben werden kann und die Tiere ständig Zugang zur Tränke haben. Bei eingestreuten Kurzständen ist es schwierig, den Harn von der Liegefläche abzuleiten. Deshalb sind nur mehr einstreulose Kurzstände zu empfehlen (Abb. 448).

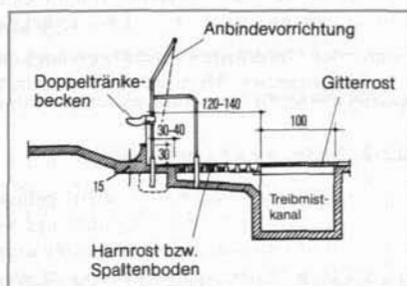


Abb. 448 Einstreuloser Kurzstand für Mastbullen (Maße in cm)

Die Abmessungen des Kurzstandes werden von der Tiergröße bestimmt, wobei zwei Gewichtsklassen unterschieden werden.

Tabelle 144: Abmessungen von einstreulosen Kurzständen für Mastbullen (nach OBER und KOLLER)

Gewichtsentwicklung (kg)	Kurzstand (Standlänge cm)	Standbreite (cm)
bis 300	120	70– 80
bis 600	140	90–100

Da beim Kurzstand die Bewegungsabläufe »Ruh«-, »Fressen« und »Koten« auf eng begrenztem Raum stattfinden, ist auf eine besonders sorgfältige Ausführung der Kurzstanddetails zu achten.

Die **Krippe** ist in den Bewegungsbereich der Tiere einbezogen, wobei hohe Massivkrippenwände das Auf- und Abliegen behindern. Soweit keine flüssigen Futtermittel verabreicht werden, können sie durch flexibles Material ersetzt werden. Insbesondere bei Zweinutzungsrasen kommt es außerdem darauf an, daß die Krippenschale nicht zu tief liegt (Schalenboden

ca. 15 cm über der Liegefläche), da sonst beim Fressen überhöhte Belastungen an den Vorderextremitäten der Tiere auftreten, die zu Verletzungen führen.

Je zwei Ständen ist ein **Tränkebecken** zuzuordnen. Damit herausspritzendes Wasser nicht die Liegefläche befeuchtet, wird das Becken am senkrechten Vorderpfosten des Befestigungsgerüsts der Anbindevorrichtung in einer Höhe von ca. 60 cm so befestigt, daß es über der Krippe liegt. Mittelhebelbecken sind den Zungenventilbecken bisheriger Bauart vorzuziehen.

Als **Anbindevorrichtungen** genügen Senkrechtanbindungen (Grabnerkette); sie sind einfach und preiswert. Für die Mastbullehaltung sollten sie besonders stabil ausgeführt sein. Tierverletzungen lassen sich vermeiden, wenn die halsumschließende Gliedkette genau der Tiergröße, also dem wachsenden Halsumfang angepaßt wird. In zu locker eingehängten Senkrechtketten besteht zudem die Gefahr, daß sich die Bullen verfangen.

Der **einstreulose Stand** wird mit wärmedämmendem Estrich oder mit wärmedämmenden Spezialplatten belegt. Die Oberfläche muß griffig sein, darf aber keine scharfen Kanten und Grate aufweisen.

Der **Harnableitungskanal** wird mit einem Metall- oder Betonrost abgedeckt. Neuerdings verwendet man hierfür auch kurze Spaltenbodenbalken.

Am Ende der Standfläche schließt sich der Gitterrost an, der aus U-Stäben mit einer Auftrittsweite von 18–20 mm und einer Schlitzweite von 35–40 mm besteht.

Unter dem Rost befindet sich ein rechteckiger Kanal, der i. d. R. auf das Fließmistverfahren, seltener auf das Stauschwemmverfahren eingerichtet ist. Verschiedentlich wird auf Harnableitungsschächte verzichtet und der Kanal bis unter die Harnroste vorgezogen.

Hinter den Gitterrosten schließt sich noch ein Gang mit einer Breite von ca. 1 m an. Er dient zum Umtreiben der Tiere wie auch zur Durchführung von Kontroll-, Reinigungs- und Pflegearbeiten.

3.2.2 Eingestreute Laufställe

Eingestreute Laufställe stellen relativ geringe bauliche Anforderungen und eignen sich deshalb besonders für die Nutzung von Altgebäuden. Je nach Einstreumenge und Entmistungssystemen ist zwischen Tief- und Flachlaufställen zu unterscheiden.

Tiefaufstall – Im Tiefaufstall (Abb. 449) dient die gesamte Bucht als Lauf- wie auch als Liegefläche. Sie ist eingestreut. Das frische Einstreumaterial wird auf die vorhandene Mistmatratze verteilt. Das Entmisten erfolgt periodisch mit Frontlader nach einem Handlungsabschnitt bzw. bei Mastende. Breite Tore und herausnehmbare Buchtenabtrennungen sind dafür notwendig.

Die *Buchtenabmessung* wird bestimmt

- ▶ von der Tierzahl in der Gruppe,
- ▶ von der Freßplatzbreite für das Einzeltier (ohne Umtrieb 70 cm),
- ▶ vom Flächenbedarf je Tier (6–8 m²/GV).

Der Einstreubedarf hängt von der Belegdichte ab (Beispiel: Bei 6 m²/GV bis zu 15 kg pro Tag, bei 8 m²/GV 5–6 kg pro Tag). Das Mistpolster unter den Tieren wächst während der Handlungsperiode ständig an. Um die Erreichbarkeit des Futters zu gewährleisten, verwendet man höhenverstellbare Krippen oder Betonstufen am Freßplatz.

Da höhenverstellbare Krippen nicht ausreichend stabil zu befestigen sind, haben sich Betonstufen (60 x 60 cm) besser bewährt. Wegen des hohen Strohverbrauches, der selbst in Getreidebaubetrieben bereits als Belastung empfunden wird, kann der Tiefaufstall nur als Stallsystem zur vorübergehenden Unterbringung kleiner Gruppen von Tieren sinnvoll sein, nicht aber im spezialisierten Bullenmastbetrieb.

Flachaufstall – Im Flachaufstall (Abb. 450) sind Liegefläche und Freßplatz getrennt. Da 60% des Kotes beim Fressen anfallen, kann damit sehr viel Stroh eingespart werden. Allerdings muß der *Freßplatz* täglich abgeschoben werden. Das Profil wird deshalb so angelegt,

Abb. 449 Querschnitt durch einen Tieflaufstall für Mastbullen

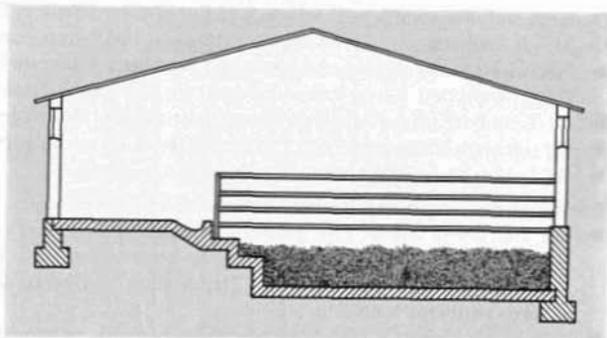
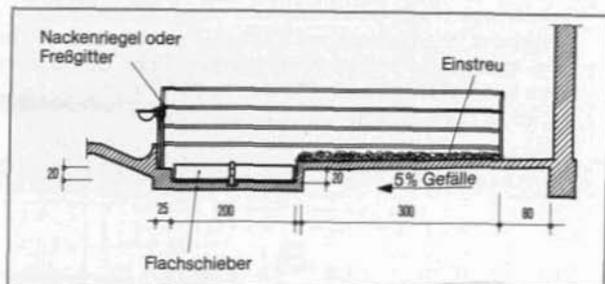


Abb. 450 Querschnitt durch einen Flachlaufstall für Mastbullen (Maße in cm)



daß entweder mit dem Schlepper oder in größeren Beständen mit einer Flachschieberanlage entmistet wird.

Die anschließende Liegefläche wird gegenüber dem Freßplatz höher gelegt und mit einem Gefälle zu dieser Fläche versehen. Die Liegefläche erhält eine Einstreuschicht, die im Gegensatz zum Tieflaufstall nur eine dünne Matratze bildet, die von den Tieren in Richtung des Gefälles allmählich heruntergetreten wird.

Die Abmessungen der Buchten werden den Tiergrößen bzw. Gewichtsabschnitten angepaßt (vgl. Tab. 145). Ein Gang hinter den Buchten erleichtert die Einstreu- und Treibarbeiten. Von der Einstreumenge hängt einerseits die Sauberkeit der Tiere, andererseits aber auch die Mistkonsistenz ab. Bis ca. 0,5 kg kurz gehäckseltes Stroh je GV und Tag kann Flüssigmist bereitet werden. Festmist entsteht ab einer Einstreumenge von mindestens 1,5–2 kg je GV und Tag.

Tabelle 145: Buchtenmaße des Flachlaufstalles

Tiergewicht (kg)	Liegefläche (m ² /Tier)	Buchtentiefe (cm)	Freßplatzbreite (cm/Tier)	Freß- und Mistplatztiefe (Mindestmaße) (cm)
130–350	1,00–1,50	250–280	40–55	180
über 350	1,50–2,10	280–300	55–70	200

3.2.3 Vollspaltenbodenstall

Beim Vollspaltenbodenstall stehen, liegen und fressen die Rinder in einer einstreulose gehaltenen Bucht, deren Boden aus Spaltenbodenbalken oder -rosten besteht (Tab. 146, S. 382). Durch den Spaltenboden fließt der Harn ab, während der Kot von den Tieren durchgetreten wird.

Dadurch entfallen sämtliche Einstreu- und Entmistungsarbeiten. Diese arbeitssparende Haltungform wird von den Tieren aber nur dann gut verkräftet, wenn

- ▶ durch ausgewogene Futterrationen und reichliche Futtervorlage sowie durch richtigen Umgang mit den Tieren Ruhe innerhalb der Tiergruppe gewährleistet ist,
- ▶ die Tiere bereits im Aufzuchtstadium an den harten Boden gewöhnt werden,
- ▶ die Buchtenabmessungen den Erfordernissen der Tiere angepaßt sind,
- ▶ die Spaltenbodenfläche sorgfältig ausgeführt wurde.

Buchtenabmessungen und Buchtenform werden bestimmt von:

- ▶ *der Tierzahl je Bucht:* Die günstigste Gruppengröße liegt zwischen 8 und 15 Tieren. Kleine Gruppen erfordern eine stärkere Unterteilung des Stalles und damit höheren Kapitalbedarf. In Gruppen über 15 Tieren steigt die Unruhe der Tiere und die Tierbeobachtung wird erschwert;
- ▶ *dem Flächenbedarf je Tier:* Die Sauberhaltung der Bucht erfordert deren dichte Belegung. Trotzdem muß jedem Tier eine ausreichende Liegefläche und ein entsprechender Bewegungsraum beim Fressen zur Verfügung stehen. Je nach Tiergröße sind die in Abbildung 451 gezeigten Flächen erforderlich. Beim Umtriebsverfahren beanspruchen die Tiere in der Anfangsmast (150–300 kg LG) 1,6 m², bei der Endmast (300–600 kg LG) 2,2 m² an Buchtenfläche.

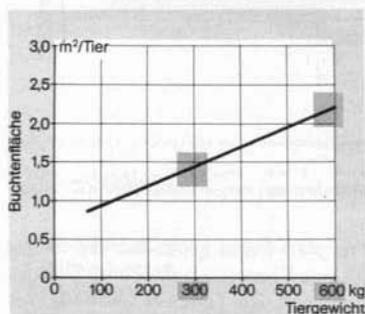


Abb. 451 Flächenbedarf bei der Bullenmast auf Vollspaltenboden (nach HAMMER und MITTRACH)

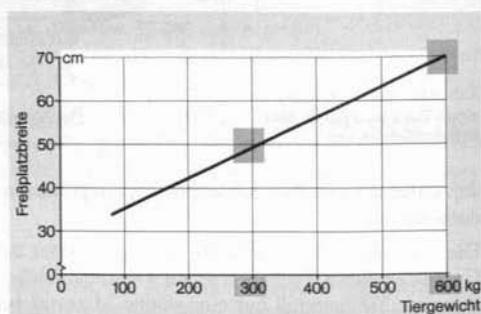


Abb. 452 Freßplatzbreite für Mastbullen in Abhängigkeit vom Tiergewicht

Das Umtreiben macht Arbeit und ist nicht ungefährlich, weswegen häufig darauf verzichtet wird und von Mastbeginn an 2,2–2,3 m² Buchtenfläche/Tier bereitgestellt werden. Der Stallflächenanteil erhöht sich damit um ca. 20%. Ein Treibgang hinter den Buchten mit 80 cm Breite ist aber in jedem Fall zu empfehlen;

- ▶ *der Freßplatzbreite:* Diese ist ebenfalls vom wachsenden Tier abhängig (Abb. 452). Bei Umtriebbuchten werden in der Anfangsmast 50 cm und in der Endmast 70 cm Freßplatzbreite notwendig, bei Rein-Raus-Buchten ist von vornherein eine Freßplatzbreite von 70 cm erforderlich;
- ▶ *vom Freßplatz- : Tierverhältnis:* Neben den üblichen Buchten mit *einem* Freßplatz je Tier ist bei der Bullenmast auch eine Vorratsfütterung mit eingeschränkter Freßplatzzahl möglich (Freßplatz- : Tierverhältnis von 1:2 bis 1:3). Dadurch verringert sich der Futtertischanteil und damit der Stallflächenbedarf je Tier merklich. Der Liegeflächenanspruch je Tier wird durch längere Buchten ausgeglichen. Ein ungehinderter Zugang zum Futter für alle Tiere ist in diesen schmalen Buchten nur möglich, wenn je Bucht mindestens 15 Bullen gemäset werden.

Aus den genannten Zusammenhängen sind die in Abbildung 453 dargestellten **Buchtenformen** beim Vollspaltenbodenstall üblich.

Die *Trennwände der Buchten* bestehen aus verzinkten Rohrkonstruktionen bzw. aus Profilmetalteilen. Die Rückwand sollte wenigstens im unteren Teil dicht sein, damit der Kot nicht auf den Gang gedrückt werden kann. Für die Buchtenabtrennung zur Krippe genügen bei

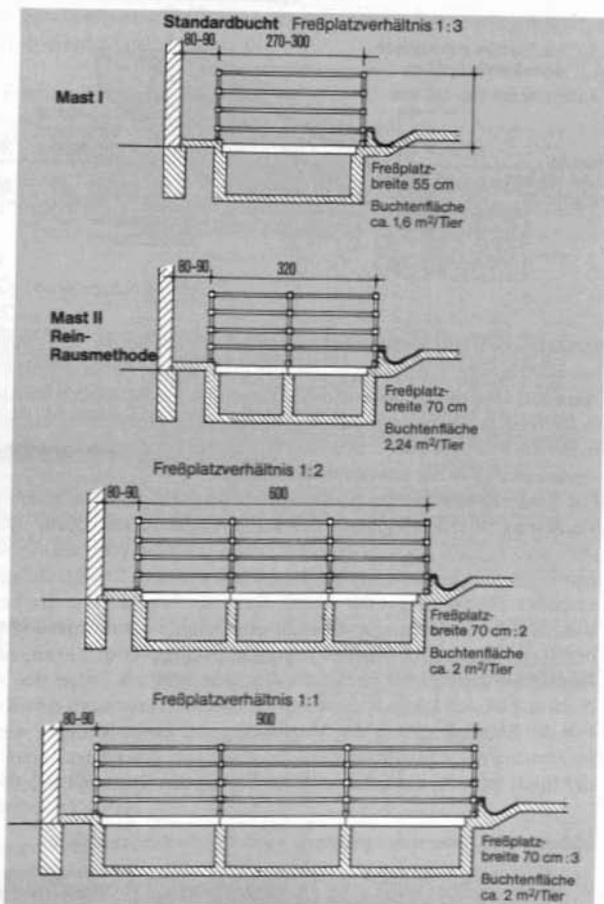


Abb. 453 Buchtenformen für die Bullenmast (Maße in cm)

Vorratsfütterung von kurzgehäckselttem Mais einfache Nackenriegel. Bei langfaserigem Futter (z. B. Heu) sind allerdings Freßgitter erforderlich (vgl. Abschn. 2.2.3, Tab. 116, S. 328 f.). Mit absperbarem Freßgitter können die Tiere zu Reihenbehandlungen festgelegt werden.

Bei den *Krippen* kommt es darauf an, daß der tiefste Punkt in der Schale 20 cm über dem Standplatz der Tiere liegt, um Überlastungen an den Vorderbeinen zu vermeiden. Als Schalen sind U- bzw. Reformschalen (vgl. Tab. 114, S. 327) üblich. Sie können bei einem Freßplatz- : Tier-Verhältnis von 1:1 das Futtervolumen von 0,05 m³ pro Freßplatz aufnehmen. Bei einem Freßplatz- : Tier-Verhältnis von 1:3 müssen je Freßplatz aber 0,15 m³ hineingegeben werden. Durch Abschrägungen gegenüber dem höher liegenden Futtertisch oder durch Schrägbretter kann das Volumen entsprechend erhöht werden.

In jeder Bucht sollten den Tieren mindestens eine, besser aber zwei *Tränken* zugänglich sein. Die Becken werden in die seitlichen Buchtenwände so eingebaut, daß sie entweder vom Futtergang oder vom Treibgang gut einzusehen und zu reinigen sind.

Der *Spaltenboden* ist wichtigster Bestandteil dieses Haltungssystems und erfüllt folgende Funktionen (Abb. 454):

- ▶ Ableitung des Harns,
- ▶ Durchtreten des Kotes, wozu eine entsprechend dichte Belegung erforderlich ist,
- ▶ Liegefläche für die Tiere,
- ▶ trittsichere Lauffläche.

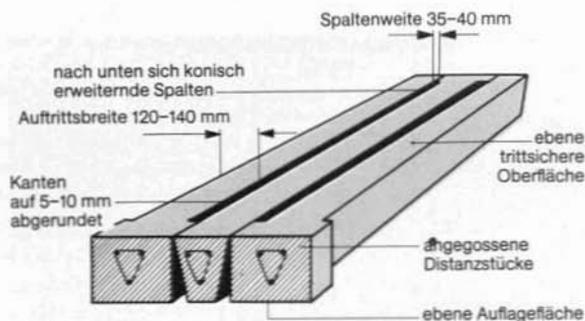


Abb. 454 Anforderungen an einen Rinder-spaltenboden

Spaltenboden (für Bullenmast ausschließlich aus Beton) kann aus Einzelbalken, Verbundbalken oder Spaltenrosten bestehen. Die qualitativen Anforderungen, insbesondere in statischer Hinsicht, sind in der DIN 18 908 festgelegt. Spaltenböden werden von Betonfertigteilm-Herstellern nach geprüften Statiken fabriziert. Die Herstellung unterliegt der Güteüberwachung. In der Bullenmast haben sich Balken mit einer Auftrittsbreite von 12–14 cm und der Spaltenweite von 3,5–4 cm besonders bewährt.

Die Spaltenbodenfläche muß absolut eben sein. Dies setzt die sorgfältige Ausführung und Verlegung (Auflageflächen!) der Balken oder Roste voraus. Die Balken dürfen also weder verwunden noch nach oben oder unten gewölbt sein. Einzelbalken müssen absolut sicher aufliegen. Die Schlitzkanten dürfen keine scharfen Stellen aufweisen, sei es aufgrund unsachgemäßer Herstellung oder durch Kantenabbrüche. Die Balkenoberfläche muß trittsicher sein. Dieser Forderung entspricht eine leichte Strukturierung (z. B. von einem Schalungsbrett). Zu raue Oberflächen führen zu Klauenverletzungen, zu glatte sind die Ursache von Knochenbrüchen und ähnlichen Verletzungen als Folge des Ausgleitens einzelner Tiere. Nach unten sich konisch erweiternde Spalten verbessern den Kotdurchlaß.

Für die Standsicherheit der Mastbullen sind kurze Schlitzte, wie sie bei Verbundbalken und Spaltenrosten angetroffen werden, günstiger. Allerdings verschlechtert sich mit abnehmender Spaltenfläche auch die Selbstreinigung des Spaltenbodens.

Tabelle 146: Beurteilungskriterien von Spaltenbodenbelägen

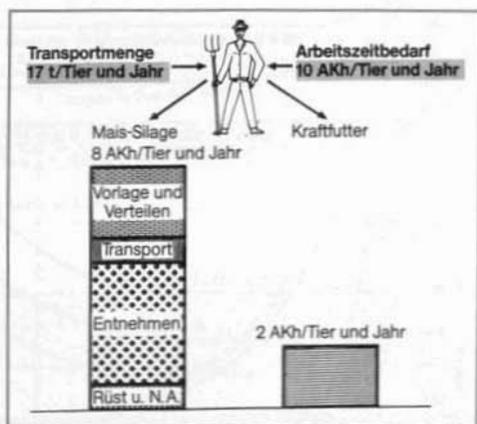
Form:	Einzelbalken	Verbundbalken	Spaltenrost
Vergleich verschiedener Spaltenbodenausführungen (Maße in cm)			
Auftrittsbreite (cm)	14	14	15
Spaltenweite (cm)	4	4	4
Spaltenlänge (cm)	voll	50	80
Bodenfläche/Element (m ²)	0,54	1,08	3,53
Spaltenflächenanteil (%)	20	18	14
Gewicht/Element (kg)	140	250	700
Beurteilung	leichter zu verlegen; gute Selbstreinigung;	Verlegen erschwert; gute Standsicherheit;	Verlegen nur mit Kran möglich; gute Standsicherheit

Zur **Dungbeseitigung** unter dem Spaltenboden können die in folgender Tabelle gegenübergestellten Entmistungsverfahren dienen (vgl. Abschn. 6).

Tabelle 147: Entmistungsverfahren für Mastbullenställe

Verfahren	Merkmale	Vor- und Nachteile	Zuordnung
Speicher-Zirkulationsverfahren	Lagerung im Stall in tiefen Kanälen (ca. 3 m)	gefährliche Gasentwicklung beim Aufrühren; evtl. Kapitaleinsparungen möglich; kein zusätzlicher Grubenraum	bei beengten Hoflagen; bei bebaubarem Untergrund (sorgfältige Handhabung erforderlich)
Stauschwemmverfahren	Güllezwischenlagerung im Kanalsystem	Wasserzusatz zum Ausspülen der Güllereste oder Rückspüleleitung	für Bullenmast weniger geeignet; günstig für Kälberaufzuchtställe
Fließverfahren	kontinuierliches Abfließen der Gülle aus dem Kanalsystem	sichere Funktion, vollständige Entleerung der Kanäle schwierig	Standardverfahren für Bullenmast in Anbinde- und Laufstallhaltung
Mechanische Unterflur-entmistung	Flachschieberentmistung unter Spaltenboden, gerade Mistachsen	hoher Kapitalbedarf, Probleme bei Reparaturen, geringe Kanaltiefe	für Umbau bei flachen Fundamenten, hohem Grundwasserstand oder felsigem Untergrund

Abb. 455 Zusammensetzung der Fütterungsarbeiten in der Bullenmast



3.2.4 Fütterungsverfahren für die Bullenmast (vgl. Abschn. 2.2)

Die Fütterungsarbeiten beanspruchen in der Rindermast auf Vollspaltenböden 60–80% der gesamten Stallarbeiten. Davon trägt allein die Silageentnahme 50%, die Silagevorlage 30%. Eine durchgehende Mechanisierung vom Futterlager bis hin zur Krippe ist deshalb anzustreben.

Stationäre Fütterungsverfahren erfordern eine kontinuierliche Zuteilung, wie dies bei Hochsilofräsen möglich ist. Zudem muß, um Mechanisierungskosten zu sparen, der Silobehälter in unmittelbarer Nähe des Stalles stehen. Aus diesen Gründen hat eine stationäre Fütterungsmechanisierung nur bei beengten Gebäudeverhältnissen Eingang gefunden.

Die **Selbstfütterung** aus dem Flachsilo ist an Laufställe mit Laufhof gebunden. Diese Stallform erfordert zusätzliche Entmistungsarbeiten und erschwert die Gruppeneinteilung erheblich. Für eine intensive Rindermast ist deshalb die Selbstfütterung nicht geeignet.

Mobile Fütterungsverfahren sind nicht ortsgebunden, können deshalb größere Entfernungen zwischen Stall und Futterlager überbrücken und auch in mehreren Ställen eingesetzt werden. Vielseitigkeit und die universellen Einsatzmöglichkeiten haben dazu geführt, daß Frontlader, Blockschneidegerät, Futtermittel- und Futtermischwagen in der Rindermast bevorzugt werden. Besondere Bedeutung haben dabei schleppergezogene *Futtermischwagen* gefunden (vgl. Tab. 118, S. 331), da sie aus Silage, Preßlingen, Heu, Gras und Kraftfutter eine aufgewertete Futtermischung herstellen und innig miteinander vermengen, so daß bei den Tieren die

mischwagen möglich. Bei Beständen ab 100 Tieren kann der Arbeitsaufwand bei diesem Verfahren für das Füttern auf annähernd 1,5 AKh/Tier und Mastperiode gesenkt werden.

Für eine *ökonomische Beurteilung* sind die verfahrensspezifischen Kosten wichtig, wobei Arbeits- und Maschinenkosten zu erfassen sind. Schwierig gestaltet sich die Ermittlung spezifischer Baukosten, beispielsweise für einen breiten Futtertisch; deshalb wurden sie in den Kosten der Arbeiterledigung in Abbildung 457 vernachlässigt.

Auf Grund dieses Kostenvergleiches ist folgende *allgemeine Zuordnung* der Fütterungsverfahren für die Bullenmast möglich:

- ▶ bis 100 Masttiere: Frontlader oder Blockschneidegerät,
- ▶ von 100–200 Masttieren: Futtrerteil- oder Mischwagen mit Frontladerbefüllung,
- ▶ über 200 Masttiere: Flachsilofräse und Futtermischwagen.

Stationäre Fütterungssysteme für die Bullenmast sind nur dann kostengünstig, wenn speziell bei Umbauten vorhandener Gebäude eine bessere Gebäudenutzung ermöglicht wird.

3.3 Vergleich und Planung von Verfahren der Rindermast

Der Vergleich der verschiedenen Haltungsverfahren für die Rindfleischherzeugung beruht auf einer Reihe von Kriterien, deren Wichtung in den einzelnen Betrieben unterschiedlich ist nach:

- ▶ Arbeitszeitbedarf,
- ▶ Kapitalbedarf,
- ▶ Masterfolg.

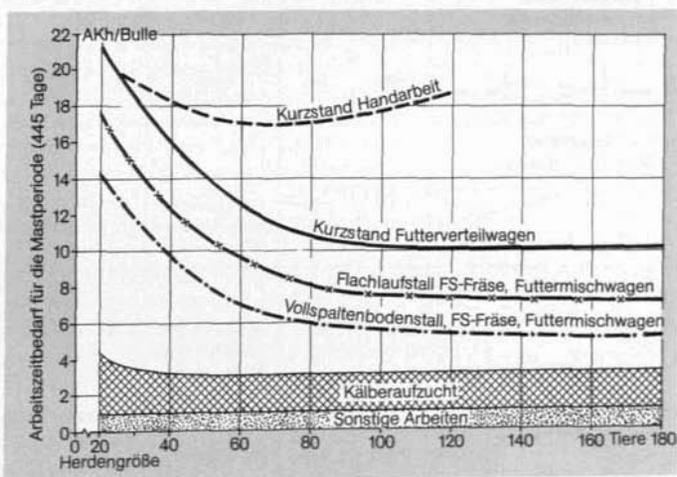


Abb. 458 Arbeitszeitbedarf in der Bullenmast (16 kg Maissilage, 1,5 kg Kraftfutter pro Tier und Tag; überfahrbarer Futtertisch)

Der **arbeitswirtschaftliche Vergleich** (Abb. 458) zeigt drei wesentliche Einflußfaktoren:

- ▶ die *Herdengröße*: Sie bestimmt – ausgenommen bei Handarbeit – bis zu 80 Tieren entscheidend den Arbeitsaufwand je Tier. Darüber hinaus ermöglichen größere Herden nur mehr geringe Zeiteinsparungen;
- ▶ die *Mechanisierung der Fütterung*, wobei der Übergang von der Handarbeit zu einer vollmechanisierten Fütterung den Arbeitszeitbedarf je gemästetem Bullen um 8 Stunden senkt (vgl. Abb. 456);
- ▶ die *Stallform*, wobei – vollmechanisierte Fütterungsverfahren und Herden ab 80 Bullen vorausgesetzt – im Anbindestall 10 AKh/Bulle, im Flachlaufstall etwa 7,5 AKh/Bulle und im Vollspaltenbodenstall nur mehr 5,5 AKh/Bulle notwendig sind.

Der **Kapitalbedarf** für das Stallgebäude wird von der benötigten Stallgrundfläche und dem Innenausbau bestimmt. Die Aufstellung zeigt, daß hinsichtlich *Neubauten* Anbindeställe infolge des großen umbauten Raumes und der erforderlichen Wärmedämmung den höchsten Kapitalbedarf haben. Flachlaufstall und Vollspaltenbodenstall mit einem Freßplatz für jedes Tier nehmen eine mittlere Stellung ein. Durch eingeschränkte Freßplatzzahlen kann – Bestandsgrößen ab 200 Bullen vorausgesetzt – spürbar an Baukosten gespart werden. Bei *Umbauten* vorhandener Anbindeställe ist der Flachlaufstall deutlich billiger als der Vollspaltenbodenstall. Berücksichtigt man jedoch die erforderliche Stallbreite, so zeigt sich, daß der Flachlaufstall nur in reichlich dimensionierte Mittellangstand-Ställe oder Scheunen einzubauen ist. Im Gegensatz dazu paßt das Profil des Vollspaltenbodenstalles gut in bisherige Rindvieh-Anbindeställe. Die billigste Lösung für die Nutzung vorhandener Scheunen ist der Tieflaufstall, der allerdings häufig wegen des hohen Strohbedarfes ausscheidet.

Tabelle 148: Vergleich verschiedener Stallformen für die Bullenmast (ohne Futterlager und Dungstätte)

Stallform	Kapitalbedarf f. Gebäude DM/Tierplatz		Wärmedämmung des Gebäudes	Stallfläche m ² /Tier	AKh/Tier und Jahr (100 Tiere)	Sonstiges
	Neubau	Umbau				
 Anbindestall	2200		erforderlich	7	2,2 – 10	keine Rangkämpfe
 Liegeboxenstall mit Außenfütterung Tieflaufstall	900	500	nicht erforderlich	3,2	8,0	schwieriges Entmisten
 Liegeboxenstall mit Innenfütterung	2000	300	erforderlich (ausgenommen mildes Klima)	6	7,0	–
 Flachlaufstall	1550	250	erforderlich (ausgenommen mildes Klima)	5	7,5	–
 Vollspaltenboden 1:1	1500	600	erforderlich	3,7	5,5	–
 Vollspaltenboden 1:3	1000	–	erforderlich	2,9	5,0	schwierige Tierkontrolle, große Gruppen

Zu den Gebäudepreisen kommt bei der Bullenmast ein nicht unerheblicher Kapitalbedarf für die Futter- und Güllelagerung (Tab. 149). Hier können, unabhängig vom Stallsystem z. B. durch die Wahl von Flachsilos, die Kapitalaufwendungen für die Bullenmast verringert werden.

Tabelle 149: Futter- und Güllelagerung in der Mastbullenhaltung

	m ³ /Mastplatz	DM/m ³	DM/Mastplatz
Futterlagerung			
Flachsilo	10	40	400
Hochsilo	10	80	800
Güllelagerung			
Tiefbehälter mit befahrbarer Decke	4	100	480
Hochbehälter	4	50	200

Bei einem Vergleich der **Futterverwertung** und des **Fleischzuwachses** bei der Bullenmast zwischen den einzelnen Stallformen bestehen bei intensiver Maissilagemast in Verbindung mit der Frühentwöhnung der Kälber und einer rechtzeitigen Gruppenbildung keine nennenswerten Unterschiede. Bei Magerviehzukauf und unausgeglichene Tiergruppen sind meist im Anbindestall bessere Mastergebnisse zu erzielen.

Eine allgemeine **Zuordnung der Haltungssysteme** für die Rindermast ist wie folgt möglich:

- ▶ Der Kurzstand-Anbindestall hat in zwei Betriebstypen seine Berechtigung, wo eine ausgeglichene Mastgruppenbildung ausscheidet:
 - bei wenig Jung- und Masttieren in Ergänzung zur Milchviehhaltung,
 - bei Zukauf von Magervieh unterschiedlicher Größe.
- ▶ Tieflaufställe – auch in verbesserter Form – sind für die Rindermast nur bei vorübergehender Unterbringung in vorhandenen Scheunen zu empfehlen.
- ▶ Der Flachlaufstall erweist sich wegen seines einfachen Profils und geringer Umbaukosten als günstig, sofern ein ausreichend breites, wärmedämmtes Gebäude verfügbar ist.
- ▶ Der Vollspaltenbodenstall mit einem Freßplatz- : Tier-Verhältnis von 1:1 ist die Standardlösung für die Mastbullenhaltung in den Betrieben mit bis zu 200 Tieren. Alle Tiere können gleichzeitig fressen, wodurch in Verbindung mit der kleineren Tiergruppe und der geringeren Buchtentiefe die ständige Tierkontrolle erleichtert wird. Außerdem können die Futtermittel ohne Einmischen verabreicht werden.
- ▶ Der Vollspaltenbodenstall mit eingeschränkten Freßplätzen (Freßplatz- : Tier-Verhältnis 1:2 bis 1:3) ermöglicht deutliche Kapitaleinsparungen. Allerdings ist die Tierkontrolle besonders sorgfältig vorzunehmen, da nicht alle Mastbullen gleichzeitig fressen, die Gruppen größer und die Buchten tiefer sind. Wegen der eingeschränkten Freßplatzzahl müssen Grund- und Kraftfutter intensiv vermischt werden. Dies erfordert einen Futtermischwagen. Fütterungstechnik, Gruppengröße und Gebäudeform (Breite über 20 m) machen den Vollspaltenbodenstall mit eingeschränkten Freßplätzen für jene Betriebe geeignet, die im Neubaufall bei über 200 Mastbullen Gruppen mit 15–20 Tieren eininstallen können.

Der **Planung von Rindermastställen** muß die Ermittlung des Raumbedarfs vorausgehen. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

- ▶ Bestimmung der Zahl der erforderlichen Tierplätze (Tabelle 150),
- ▶ Auswahl der Futtermittellagerung (Tabelle 151) und Bestimmung des Futterlagerraumbedarfs mit Hilfe des Raumgewichtes der einzelnen Futtermittel (Tabelle 152),
- ▶ Errechnung des Lagerraumbedarfes für Flüssig- und Festmist (Tabelle 149).

Tabelle 150: Erforderliche Tierplätze bei intensiver Bullenmast (4maliger Kälberzukauf)

	Kälber bis 130 kg LG	Mastbullen I 130–300 kg LG	Mastbullen II 300–550 kg LG
Für 100 Mastbullen sind erforderlich	25–30	55	45

Tabelle 151: Futterlagerraumbedarf in der Bullenmast

Fütterungs- bzw. Mastabschnitt	Heu		Silage		Kraftfutter kg/Tag
	kg/Tier u. Tag	dt/Jahr u. Tierplatz	kg/Tier u. Tag	dt/Jahr u. Tierplatz	
Kälberaufzucht 14 Tage bis 1/4 Jahr	1,5	5,4	—	—	1,0
Maissilage-Mast Anfangsmast (bis 300 kg)	—	—	12	44	0,5
Endmast (300–550 kg)	—	—	22	81	1,8
Rübenblatt-Mast Anfangsmast (bis 300 kg)	3,5	12,6	—	—	2,5
Endmast (300–550 kg)	1,5	5,4	25	90	3,5

Tabelle 152: Raumgewichte und Bruttolagererraum

Futtermart	Raumgewicht dt/m ³	Bruttolagererraum ¹⁾ m ³ /dt
Heu lang	0,7–1,2	1,7–1,0
Heu Ballen	1,3–1,7	1,3–1,0
Maissilage	6,0–7,5	0,18–0,15
Zuckerrübenblattsilage	8,5–9,5	0,13–0,12
Kraftfutter geschrotet, pelletiert	5,5–6,5	0,19–0,22

¹⁾ Raumgewicht zuzüglich Zuschläge für Arbeitsflächen

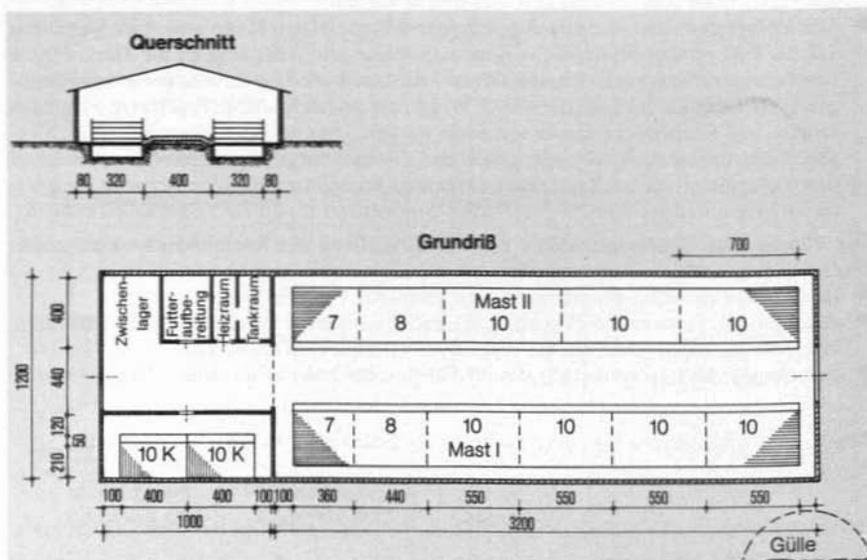


Abb. 459 Vollspaltenbodenstall für 100 Mastbullen: Freßplatzverhältnis 1 : 1, einmaliger Umtrieb (für Kälber 20 Plätze, für die Anfangsmast 55 Plätze, für die Endmast 45 Plätze) (Maße in cm)

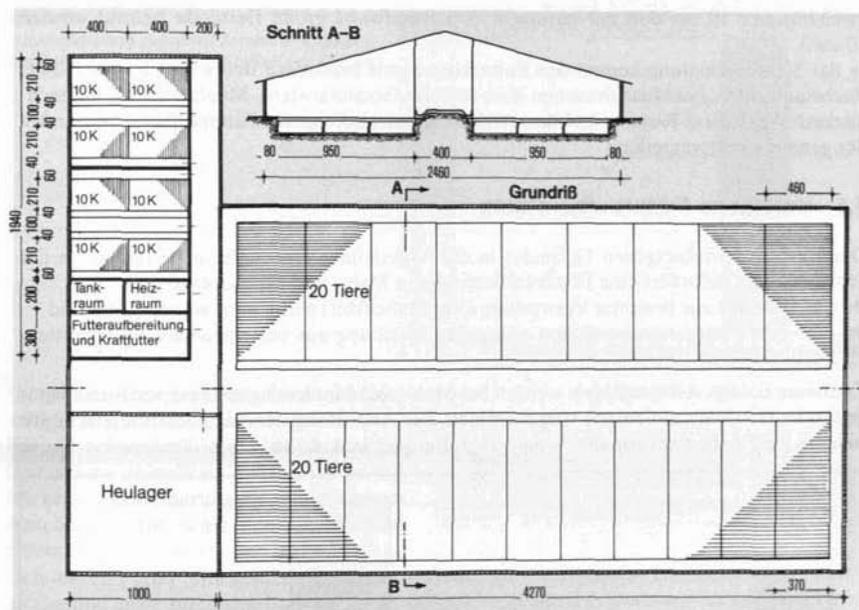


Abb. 460 Vollspaltenbodenstall für 400 Mastbullen: Freßplatzverhältnis 1 : 3, kein Umtrieb (für Käiber 80 Plätze, für Masttiere I und II 400 Plätze) (Maße in cm)

4 Schweinehaltung

In der Schweinehaltung ist die Arbeitsteilung und Spezialisierung bereits weit fortgeschritten. Man unterscheidet

- ▶ Schweinezuchtbetriebe,
- ▶ Ferkelerzeugerbetriebe,
- ▶ Schweinemastbetriebe,

die unterschiedliche Anforderungen an die Mechanisierung und an die Stallsysteme stellen.

Tabelle 153: Kennzeichen verschiedener Verfahren der Schweinehaltung

	Schweinezucht (Stamm-, Herd- buchzucht)	Ferkelerzeugung	Schweinemast
Produkt	Jungeber Jungsauen	Ferkel	Mastschweine
Arbeitsaufwand Mechanisierbarkeit Stallsystem	hoch gering stark untergliedert	hoch gering untergliedert	gering gut einheitlich

Zucht- und Ferkelerzeugerbetriebe sind durch einen hohen Arbeitsaufwand je Tier gekennzeichnet, da durch den hohen Anteil der Nebenarbeiten der Mechanisierungseffekt gering bleibt. Weiterhin sind Stallsysteme erforderlich, die in mehrere Bereiche (für niedertragende Sauen, ferkelführende Sauen, Jungsauen und Eber) gegliedert sind. In der Schweinemast dagegen wird mit einem einheitlichen Stallsystem gewirtschaftet, welches besser zu

mechanisieren ist, so daß mit geringem Arbeitsaufwand große Bestände betreut werden können.

In der Schweinehaltung kommt den Futterkosten eine besondere Bedeutung zu (Anteil bei Zuchtsauen 40%, bei Mastschweinen über 50% der Gesamtkosten). Möglichkeiten, auf technischem Wege diese Kosten zu senken, bestehen in der hofeigenen Futteraufbereitung und in der genauen Futterzuteilung.

4.1 Hofeigene Futteraufbereitung

Der Einsatz betriebseigenen Getreides in der Veredelungswirtschaft, insbesondere in der Schweinemast, erfordert eine Futteraufbereitung in Mahl- und Mischanlagen, da

- ▶ das Getreide zur besseren Verwertung (Verdaulichkeit) zerkleinert werden muß und
- ▶ eine den Fütterungsansprüchen angepaßte Mischung aus verschiedenen Futtermitteln herzustellen ist.

Zu diesen beiden Arbeitsgängen werden bei Mahl- und Mischanlagen Transporte und Mengen- oder Gewichtszuteilungen vorgenommen. Die Anordnung der einzelnen Bauteile ergibt sich aus dem Arbeitsprinzip der Anlage (vgl. Beispiel in Abb. 461).

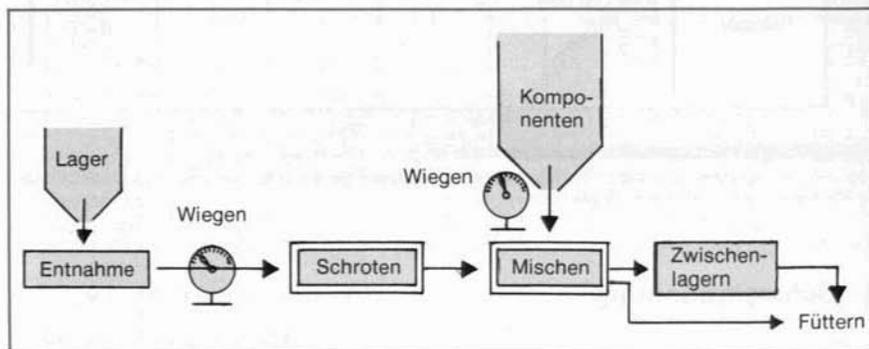


Abb. 461 Flußdiagramm für die Futteraufbereitung in einer absätzig arbeitenden Mahl- und Mischanlage

Das Schema zeigt die verschiedenen Arbeitsgänge und Funktionen, die von einer hofeigenen Futteraufbereitungsanlage zu verrichten sind:

- Zwischenlagerung des Getreides und weiterer Futterkomponenten,
- Entnahme der Futtermittel aus dem Lager und Gewichts-(Mengen-)bestimmung,
- Transport der Körnerfrüchte zur Schrotmühle,
- Schroten,
- Transport des Schrotes zum Mischer und Zuteilung weiterer Komponenten,
- Mischen,
- Entnahme und Transport der Futtermischung zum Futtermittellager,
- Lagerung des Futtermittels.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Mechanisierung des Schroten und des Mischens.

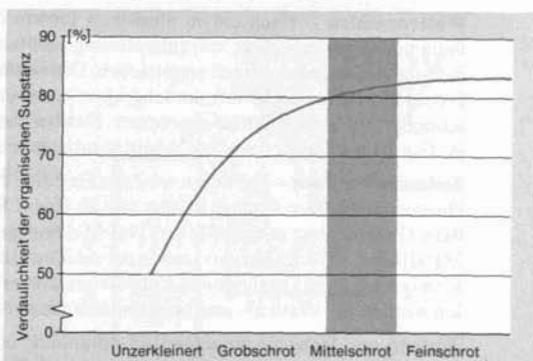
4.1.1 Schrotanlagen

Durch das Schroten des Getreides wird die Verdaulichkeit des Futters wesentlich erhöht (vgl. Abb. 462), da

- ▶ die schwerverdauliche Schale zerbrochen wird,
- ▶ die Oberfläche des Futters vergrößert wird, was ein besseres Einspeichern und eine bessere Enzymwirkung zur Folge hat,
- ▶ Kauenergie eingespart wird,
- ▶ Zusatzstoffe besser eingemischt werden können.

Abb. 462

Zusammenhang zwischen Zerkleinerungsgrad des Futters und der Verdaulichkeit von Getreide



Je nach Zerkleinerungsgrad unterscheidet man Grob-, Mittel- und Feinschrot.

Für die Schweinefütterung wählt man am besten eine *mittelfeine Schrotung*, da mit stärkerer Zerkleinerung die staubförmigen Anteile im Futter zunehmen. Dies führt zu einem erhöhten Staubanteil in der Stallluft,

zu höheren Futtermitteln, und schließlich werden die höheren Kosten für die feinere Zerkleinerung nicht durch eine bessere Verdaulichkeit ausgeglichen. Weitere wichtige Forderungen bei der Auswahl der Schrotmühlen sind die Funktionssicherheit, die Unempfindlichkeit gegen Fremdkörper und das unbeobachtete Leerlaufen der Mühle ohne Schaden.

Haferquetschen – Hier wird das Korn von zwei glatten Hartgußwalzen zerquetscht, von denen lediglich eine angetrieben wird. Da hierbei nur die Schale zerbricht, handelt es sich nicht um einen Schrotvorgang. Haferquetschen sind nur für das Zerkleinern von Pferdefutter geeignet, da hier ein Feinschrotanteil nicht erwünscht ist.

Grobschrot (Durchmesser 2,0 mm)
Mittelschrot (Durchmesser 1,5 mm)
Feinschrot (Durchmesser 1,0 mm).

Zerkleinerung durch:	Bauarten	Zerkleinerungsprinzip	Erforderl. Motorleistung kW je dt/h	Energiebedarf kWh/dt
Walzenmühlen Zerreiben oder Quetschen	Walzenbreiten 160 480 1/min	 Druck u. Relativgeschwindigkeit, Scherkräfte	0,7	0,4
Steinmühlen Zerreiben	 Druck Geschwindigkeit	Druck u. Relativgeschwindigkeit	1,5	1,0
Metallscheibenmühle Zerschneiden	 ca. 500 1/min	Relativgeschwindigkeit + Scherkräfte	1,3	0,9
Hammermühle Zerschlagen	 Umlaufgeschwindigkeit	Umlaufgeschwindigkeit	2,0	1,4

Abb. 463 Bauarten von Schrotmühlen

Walzenmühlen – Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten Walzenmühlen. Als Werkzeuge dienen zwei gegenläufige, schraubenförmig geriffelte Hartguß- oder Stahlwalzen. Beide Walzen sind verschieden schnell angetrieben. Das Drehzahlverhältnis liegt bei 1: 2,5 bis 1: 3. Das Getreide wird in den Riffeln der langsamer laufenden Walze gehalten und von den Riffeln der schneller drehenden Walze abgeschert. Das bei diesem schnittähnlichen Vorgang entstehende Gut ist hart und griesig mit wenig Staubanteil.

Steinschrotmühlen – Bei ihnen wird das Getreide zwischen zwei Steinen mit rauher Oberfläche zerrieben. Der Antrieb erfolgt nur an einem Stein (»Läufer«), während der andere mit dem Gehäuse fest verbunden ist. Das Mahlgut gelangt über eine mittlere Öffnung auf die Mahlfläche, wird zerkleinert und durch die Zentrifugalwirkung nach außen befördert. Sternförmig nach außen verlaufende Luftfurchen unterstützen die Mahlwirkung. Steinschrotmühlen werden als Vertikal- und Horizontalläufer gebaut.

Walzen- und Steinschrotmühlen sind stör anfällig und haben schlechte Leerlauf Eigenschaften, so daß sie ständig beaufsichtigt werden müssen. Sie sind deshalb für automatische Schrot- und Mischanlagen nicht geeignet, obwohl sie hohe Leistungen erzielen (6 dt/h bei 5 kW Antriebsleistung).

Metallscheibenmühlen – Sie entsprechen im Aufbau den Steinmühlen. In der Metallscheibenmühle wird das Mahlgut zwischen Hartgußscheiben zerkleinert, die von scharfkantigen Rillen durchzogen sind. Eine der Scheiben ist fest montiert, während die andere auf der Motorwelle sitzt. Das Mahlgut wird in der Mitte eingespeist und von schaufelartigen Laschen auf der rotierenden Scheibe in die Mahlsteine geworfen. Nach außen hin verengt sich die Verzahnung der Metallscheiben, so daß nur zerkleinertes Gut durchtreten kann. Die Scheiben sind auf beiden Seiten mit Rollen ausgestattet, so daß sie nach Abnutzung einer Seite gewendet werden können. Das Schrot ist infolge der schneidenden Zerkleinerung durch Druck- und Scherkräfte von griesiger Beschaffenheit und mit wenig Staubanteil.

Im Gegensatz zu Hammermühlen haben Metallscheibenmühlen nur eine geringe Gebläsewirkung. Daher läßt sich wegen der geringen Sogwirkung auf der Einlaufseite keine Fremdkörperfangmulde anordnen. Beim Auslauf muß die fehlende Förderleistung bei Bedarf durch ein Zusatzgebläse ausgeglichen werden. Die geringe Luftförderung macht den bei Hammermühlen unerläßlichen Staubfilter mit Luftabscheider überflüssig, weshalb sich Metallscheibenmühlen gut für den direkten Einbau in Mischer eignen. Diese Mühlenbauart kann auch zur Zerkleinerung von Körnersilage eingesetzt werden.

Hammermühlen – Trotz höheren Stromverbrauchs und teilweise geringerer Leistung konnten sich nur solche Mühlenarten durchsetzen, die weitgehend ohne Aufsicht – auch bei



Abb. 464 Hammermühle (geöffnet)

feuchtem Gut bis zu 30% Wassergehalt – störungsfrei arbeiten. Die am meisten verwendete Bauart ist die Hammermühle. Der Name ist von den hammerartig ausgebildeten Werkzeugen abgeleitet, die an einem Rotor (Laufscheibe) pendelnd befestigt sind. Diese Hammer streichen mit großer Umlaufgeschwindigkeit (80 m/s und mehr) nur wenige mm an Pralleisten vorbei und zerschlagen dabei das Mahlgut. Die Feinheit des Schrottes wird durch das Auslaufsieb bestimmt (Normalschrot 4 mm Lochdurchmesser).

Der Zerkleinerungsvorgang dauert so lange, bis die Schrotteilchen fein genug sind, um die Siebmaschen passieren zu können. Bei flügelartiger Ausbildung der Rotorscheibe fördern die Hammermühlen das Gut bis zu 30 m.

Mittels eines Zusatzgebläses können sogar

Entfernungen bis zu 100 m überbrückt werden. Die Gebläsewirkung der Hammermühle verursacht auf der Eingabeseite einen Sog, so daß der Einlauf für das Getreide nicht unbedingt von oben erfolgen muß, sondern auch seitlich angebracht werden kann. Zur Absicherung gegen Beschädigung sollte im Zulauf eine Fremdkörperabscheidemulde angebracht sein (Abb. 465).

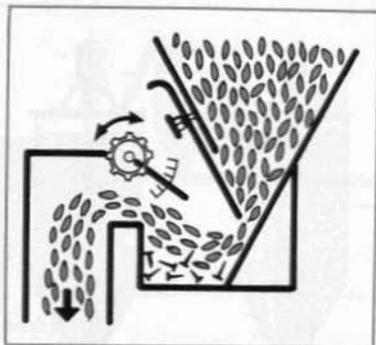


Abb. 465 Luftansauginspeisung mit Fremdkörpermulde

Begrenzender Faktor der Hammermühlen ist die Motorleistung. Zu hohe Zulaufmengen können zum Durchbrennen des Motors führen. Dies verhindert ein Motorschutzschalter. Eine Verbesserung stellt die Lastregelautomatik dar. Der Zulauf zur Mühle wird dabei über einen Stellmotor und die Stromaufnahme gesteuert. Die automatische Leerlaufabschaltung ermöglicht, daß die Mühle zwar von Hand in Betrieb zu setzen ist, sich aber dann, wenn kein Mahlgut mehr nachfließt, von selbst abschaltet (bewegliche Klappe im Zulauf, Abschaltung mit Verzögerung).

von selbst abschaltet (bewegliche Klappe im Zulauf, Abschaltung mit Verzögerung).

Tabelle 154: Eignung verschiedener Schrotmühlenbauarten – Zahlen in () für Mais

Bauart	Feuchtigkeit%	Störanfälligkeit	Leerlauf	für Mahl- und Mischanlagen geeignet
Haferquetschen	20	groß	empfindlich	nein
Walzenmühlen	bis 35 (40)	mittel	empfindlich	nein
Steinmühlen	bis 20	groß	empfindlich	nein
Hammermühlen	bis 30 (40)	gering	nicht empfindlich	ja
Metallscheibenmühlen	bis 25 (30)	gering	nicht empfindlich	ja

4.1.2 Futtermischer

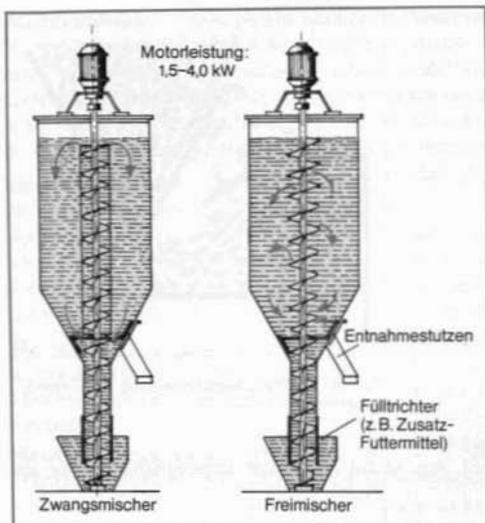
Getreideschrot muß in der Regel durch *zusätzliche Komponenten* zu einer vollwertigen Kraftfuttermischung aufgewertet werden. Dazu sind Mischanlagen erforderlich, die auch kleinere Komponentenanteile bis zu 1% gleichmäßig einmischen, wobei die Abweichungen aus einer Vielzahl von Proben nicht mehr als $\pm 5\%$ betragen soll. Kleinere Anteile unter 1% müssen vorgemischt werden (z. B. Mineralstoffe, Wirkstoffe usw.). Man unterscheidet zwei verschiedene Mischerbauarten:

- ▶ den Freimischer,
- ▶ den Zwangsmischer.

Diese portionsweise arbeitenden Mischer haben einen stehenden zylindrischen Mischbehälter, der sich nach unten verengt. In der Behältermitte ist senkrecht stehend eine Mischschnecke angebracht, die das Futter nach oben fördert. Anschließend wandert es am Behälterrand wieder abwärts und wird erneut durch die Mischschnecke nach oben gebracht.

Bei **Freimischern** ist die Mischschnecke nicht ummantelt, so daß das Gut an allen Stellen der Schnecke wieder zufließen kann. Deshalb ist hier eine Mischdauer von ca. 20 Minuten erforderlich. Dagegen verfügen **Zwangsmischer** über eine ummantelte Schnecke, in der das Gut zwangsweise nach oben gefördert und erst dort wieder ausgeworfen wird. Bei diesen Anlagen genügt eine Mischdauer von ca. 15 Minuten (Abb. 466, S. 394).

Für eine gleichmäßige Durchmischung sollten Durchmesser und Mischerhöhe ein Verhältnis von 1:1,5 nicht unterschreiten, damit ein ständiger Futterzulauf auch aus den Außenzonen zur Mischschnecke gewährleistet ist. Außerdem müssen Mischer mindestens bis zu 20% des



Fassungsvermögens aufgefüllt werden, so daß die Wahl der *richtigen Mischerhöhe* von besonderer Bedeutung ist. Das Fassungsvermögen der Mischer schwankt zwischen 3 und 30 dt. Die Antriebsleistung liegt dann bei 1,5-4 kW. Für den Einbau in eine Futteraufbereitungsanlage ist die Art der Beschickung und Entleerung von besonderer Bedeutung. Die meisten Mischer können durch einen speziellen Fülltrichter ebenerdig von unten und zusätzlich auch von oben befüllt werden. Mischer mit ausschließlicher Obenfüllung sind billiger.

Abb. 466 Bauarten von Futtermischern

4.1.3 Mahl- und Mischanlagen

Mahl- und Mischanlagen lassen sich nach ihrem Aufbau grundsätzlich in absätzig und kontinuierlich mischende Anlagen einteilen. Bei den absätzig mischenden Anlagen wird weiterhin nach der Anordnung des Mixers vor oder nach der Mühle unterschieden.

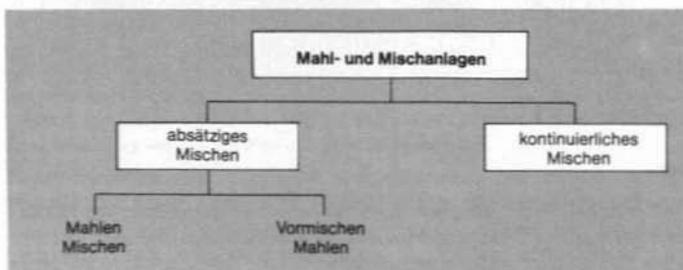


Abb. 467 Übersicht über Mahl- und Mischanlagen

Absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlagen gibt es als Kompaktanlagen, bei denen Mühle und Mischer integriert sind oder als größere Anlagen, deren besonderes Merkmal der zylinderförmige Mischer mit trichterförmigem Unterbau ist.

Größere absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlagen benötigen zum reibungslosen Ablauf Transport- und Dosiereinrichtungen sowie Zwischenlagerbehälter (Abb. 468).

Aus den Getreidebehältern wird das Gut über eine Durchlaufwaage der Schrotmühle zugeleitet und von dort in den Mischer befördert. Die Zugabe der gewogenen Komponenten zum Schrot erfolgt am Mischer. Eine weitere Fördereinrichtung transportiert das Mischfutter zu den Futtermittelsbehältern. Der Vorratsbehälter über der Schrotmühle muß auf das Fassungsvermögen des Futtermischers abgestimmt sein (20% weniger als der Mischer).

Das Fördern des Schrotes mit dem Mühlenluftstrom erfordert einen Luft- und Staubscheider, bestehend aus einem Zyklon und Filterschläuchen. Die Dimensionierung richtet sich nach der Mühlengröße. Bei Vormisch- und Mahlanlagen steht der Mischer vor der Mühle. In einem Freimischer mit Spezialeinsätzen werden Getreide und Komponenten gemischt und dann der Mühle zugeleitet. Ein Vorratsbehälter über der Mühle entfällt (Abb. 469).

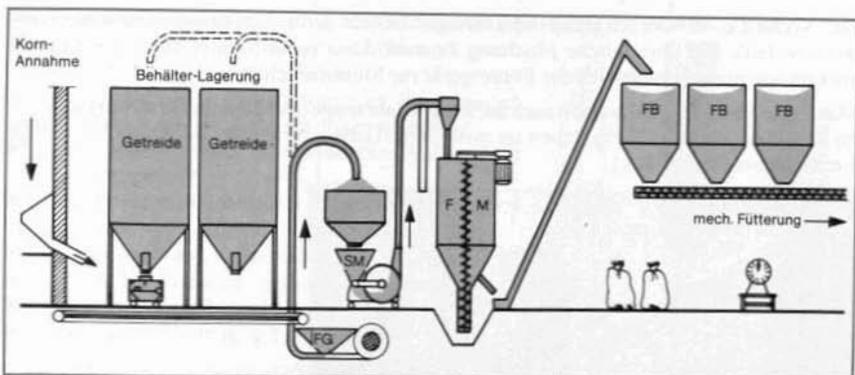


Abb. 468 Absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlage. SM Hammerschrotmühle, FM Futtermischer, FB Futterbehälter, FG Futtergebläse

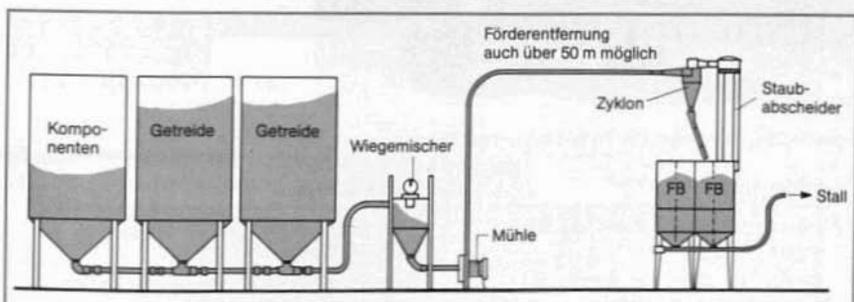


Abb. 469 Vormisch- und Mahlanlage, durch Wiegemischer und Motordrehschieber für automatischen Betrieb eingerichtet

Vormisch- und Mahlanlagen lassen sich durch motorisch betriebene Drehschieber an den Getreide- und Komponentenbehältern, die von einem Wiegemischer aus gesteuert werden, voll automatisieren. Das Mühlengebläse dient als alleinige Transportvorrichtung. Die einzelnen Teile einer Mischcharge werden vom Gebläse zum Mischer gesaugt und dort noch während des Befüllvorganges gemischt. Der Mahlvorgang setzt ca. 30 s nach Füllung des Mixers ein. Die Mühle saugt die Mischung an, mahlt und bläst das Gut zu den Futtervorratsbehältern.

Kontinuierlich arbeitende Anlagen stellen ebenfalls eine Vormischung her. Allerdings geschieht dies bereits bei der Entnahme aus den Getreide- bzw. Komponentenbehältern. Einzelangetriebene Dosierschnecken schleusen das Gut gleichzeitig in die Transporteinrichtung zur Mühle. Der Mischer entfällt.

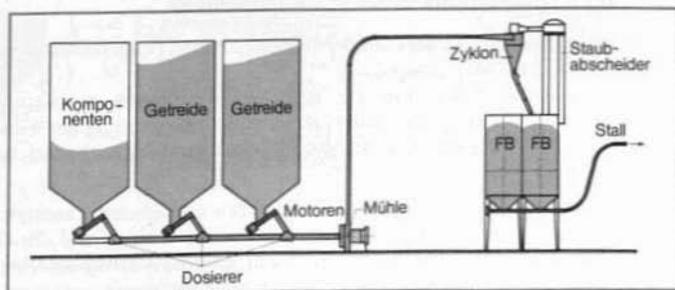


Abb. 470 Prinzip einer kontinuierlich arbeitenden Schrot- und Mischanlage

Der *Nachteil* kontinuierlich arbeitender Anlagen besteht darin, daß bei Störungen eine Komponente fehlt und eine falsche Mischung entsteht. Dies ist unbedingt durch Leermelder anzuzeigen, die eventuell auch das Fördergerät zur Mühle abschalten.

Mahl- und Mischanlagen können auch auf **Einachsfahrzeuge** oder **Kleinlastkraftwagen** aufgebaut werden. In dieser Form stehen sie meist durch Lohnunternehmer oder Maschinenringe zur Verfügung (Abb. 471).



Abb. 471 Fahrbare Mahl- und Mischanlage

Tabelle 155: Vergleich der Futterbereitungsanlagen

Art der Anlage	Eigenschaften
absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlage	Betrieb erfordert Überwachung, evtl. Handzuteilung
absätzig arbeitende automatische Vormisch- und Mahlanlage	einfache Anlage; Mischgenauigkeit vom Wiegemischer abhängig
kontinuierlich arbeitende Vormisch- und Mahlanlage	Mischgenauigkeit von Zuteilgeräten abhängig; vollautomatischer Betrieb

Tabelle 156: Kapitalbedarf von Mahl- und Mischanlagen

Art der Anlage	Kapitalbedarf (DM) ¹⁾
Kompaktanlage	4 500– 7 000
Absätzig arbeitende vollautomatische Anlage	8 000–15 000
Kontinuierlich arbeitende Anlage	12 000–15 000

¹⁾ ohne Lagerbehälter

4.2 Fütterungsverfahren in der Schweinehaltung

Der Fütterungsvorgang besteht aus dem Futtertransport (Lagerbehälter bzw. Zwischenlager bis Bucht) und der Futterzuteilung.

Die arbeitswirtschaftlichen Auswirkungen der Fütterungsmechanisierung sind bei Zucht- und Mast Schweinehaltung unterschiedlich. Die Mechanisierung der Fütterung vermindert insbesondere in der Mast Schweinehaltung den Gesamtarbeitszeitbedarf, bei der Zuchtsauenhaltung weniger.

Insbesondere vollautomatische Fütterungsanlagen ermöglichen raumsparende Buchtenanordnungen, indem sich der direkte Zugang zum Trog erübrigt und der Ganganteil am Gesamtflächenbedarf sinkt (Abb. 472). Eine positive Nebenwirkung besteht noch darin, daß bei platzsparenden Quertrogbuchten der Umtrieb erleichtert wird.

Die Stallflächeneinsparung liegt in der Größenordnung von knapp 20%. Somit ist ein Teil des höheren Kapitalbedarfes bereits wieder ausgeglichen.

An die mechanisierte Futtervorlage im Schweinestall sind demnach folgende Anforderungen zu stellen:

- ▶ Arbeitszeiteinsparung trotz erhöhtem Aufwand für Tierbeobachtung,
- ▶ geringer Kapitalbedarf, z. B. durch Einsparung von Gängen,
- ▶ genaue Zuteilung zur Reduzierung der Futterkosten,
- ▶ einfache Handhabung, einfache Einstellung,
- ▶ funktionssicherer Betrieb,
- ▶ keine Terminbindung zu Futterzeiten.

Bei der Mechanisierung der Schweinefütterung werden folgende Verfahren unterschieden (Abb. 473):

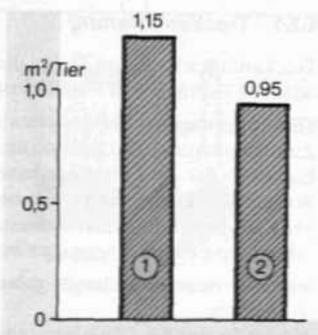


Abb. 472 Stallflächenbedarf bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren (Vollspaltenbodenbuchten)

- 1 Längströge, Fütterung von Hand
2 Quertröge, vollautomatische Fütterung

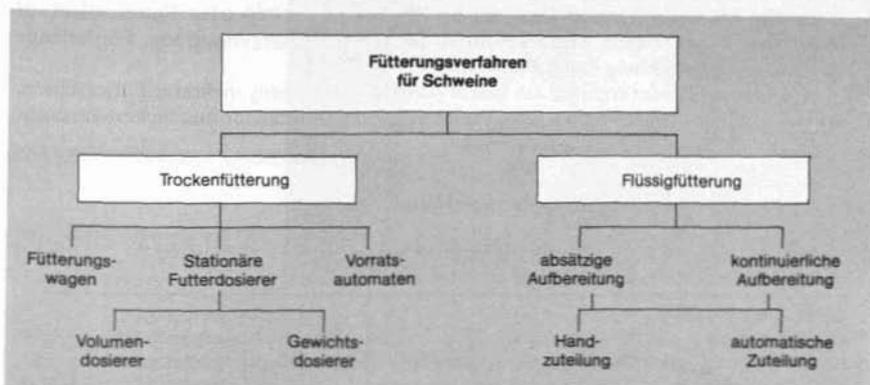


Abb. 473 Übersicht über die Fütterungsverfahren in der Schweinemast

Die Mechanisierung der Fütterungsverfahren richtet sich nach der Futterkonsistenz (mehlig-trocken oder flüssig, Fließfutter). Zwischen Fütterungsverfahren und Buchtenform besteht ein enger Zusammenhang. Während Fütterungswagen vorwiegend Längströge erfordern, kann bei Trocken- und Flüssigfütterungsanlagen das Futter auch in Quer- und Rundtrögen vorgelegt werden (Abb. 474).

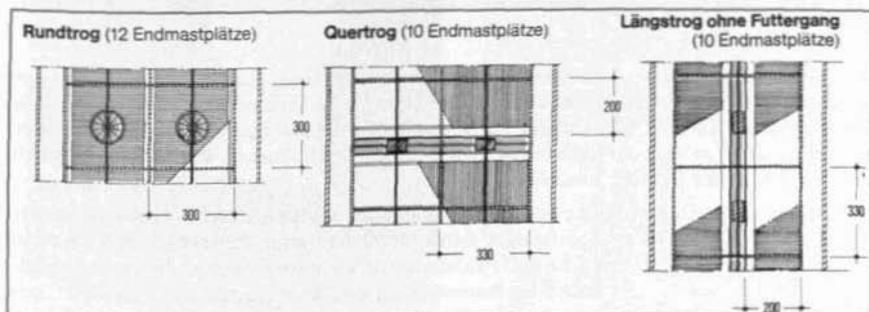


Abb. 474 Raumsparende Troganordnung (Maße in cm)

4.2.1 Trockenfütterung

Trockenfutter kann den Tieren durch mobile Futterverteilwagen, durch stationäres Dosieren oder auf Vorrat durch Futterautomaten vorgelegt werden.

Fütterungswagen – Sie bestehen aus einem Fahrgestell, dem Futtervorratsbehälter und der Zuteileinrichtung. Bei den von der Industrie angebotenen Wagen treibt ein batteriegespeister Elektromotor die Futterzuteileinrichtung an. Die Bedienungsperson zieht oder schiebt den Wagen. Die Dosierung erfolgt nach Volumen oder Gewicht. Die Verteilung des Futters im Trog hängt somit von der Bedienungsperson ab, was im Vertretungsfalle zu Schwierigkeiten führen kann. Fütterungswagen benötigen ausreichend breite Gänge (1,10–1,30 m).

Vorteile: nicht an Gebäude gebunden, daher auch in mehreren Ställen einzusetzen; wenig störanfällig.

Nachteile: nur für Längsbuchten; breite Futtergänge; Unruhe im Stall; keine Automatisierung möglich.

Stationäre Futterdosierer – Die Trockenfuttermahlvorlage eignet sich gut für die Vollmechanisierung. Die Anlagen bestehen aus Fördereinrichtungen und Zuteilgeräten an jeder Bucht.

Die wesentlichsten **Fördereinrichtungen** sind (vgl. Tabelle 157):

- ▶ **Drahtwendelförderer:** biegsam (Steigung bis 70%), von tiefer liegendem Futtereinlauf auf Höhe über Futterzuteiler, eigener Antrieb für jeden Versorgungsstrang, Förderlänge maximal 80 m, Steuerung durch Endabschalter.
- ▶ **Kettenförderer:** Förderkreislauf mit einem Antrieb, Versorgung mehrerer Futterachsen, senkrechter Futtertransport möglich, Steuerung über Zeitschalter und Sicherheitsnachlauf.

Tabelle 157: Fördereinrichtungen für Schweinefütterungsanlagen

Bauart	max. Länge	Steigung	Krümmradius	Eignung
Drahtwendelförderer (Mehlschlange) 	80 m	bis 70%	150 cm	bei wenigen, langen Futterachsen und direkter Vorratsbehälterzuordnung
Rohrkettenträger 	45 m	beliebig	30 cm	bei mehreren kurzen Futterachsen, auch bei ungünstigem Standort des Vorratsbehälters

Die **Zuteilgeräte** bestehen aus einem Vorratsbehälter, der eine Ration aufnimmt und zur Futterzeit seinen Inhalt in den Trog entleert. Da sämtliche Tiere einer Stalleinheit gleichzeitig Futter erhalten, entsteht während der Futtermahlvorlage keine unnötige Unruhe. Die Behälter werden unmittelbar nach der Entleerung wieder befüllt. Die Füllmenge der Behälter läßt sich nach Volumen oder Gewicht einstellen.

Bei **Volumendosierung** muß das Fassungsvermögen des Gefäßes durch Verschieben einer Wand, durch Anheben des Bodens oder durch Verändern eines Teleskoprohres begrenzt werden. Da die Futterrationen nach Gewicht angegeben sind, erfordert die erste Einstellung und jeder Wechsel der Futterzusammensetzung eine Eichung, um das Verhältnis zwischen Volumen und Gewicht zu ermitteln. Danach läßt sich auch bei geänderter Tierzahl in einer Bucht die richtige Einstellung über eine Umrechnung durchführen.

Abb. 475 Volumendosierung mit Zwischenbehälter: Mengenbegrenzung durch verstellbares Bodenblech (links) und verschiebbares Füllrohr (rechts)

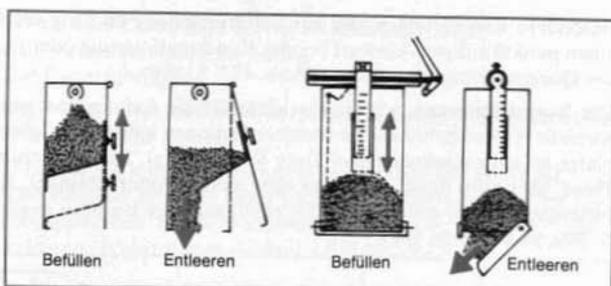
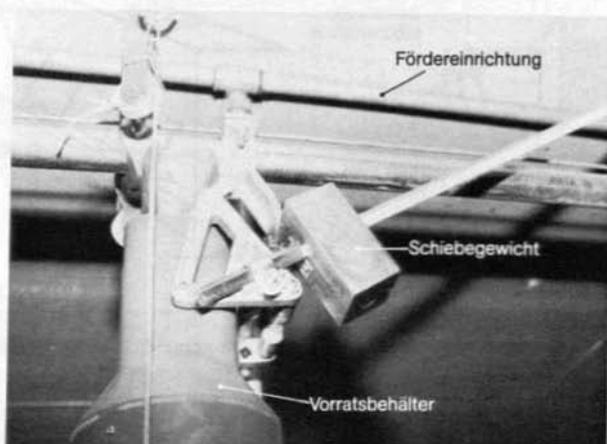


Abb. 476 Gewichtsdosierer



Bei *Gewichtsdosierung* (Abb. 476) kann die Futterration direkt am Zuteilgerät an einem Waagebalken durch Verschieben eines Gewichtes eingestellt werden. Der Waagebalken ist mit dem Zuteilbehälter verbunden und unterbricht dessen Befüllung, sobald die gewünschte Futterration den Behälter gegen die Waage nach unten drückt. Der Mechanismus der Gewichtsdosierung erfordert einen höheren technischen Aufwand als die Volumendosierung, erleichtert aber den Wechsel von Ration und Futtermittel.

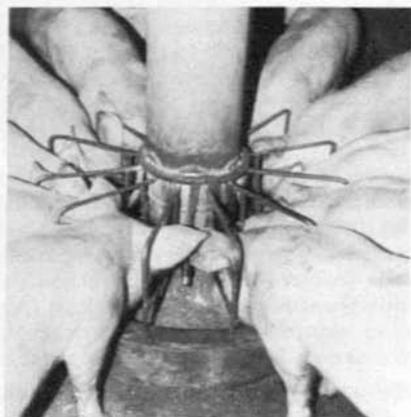
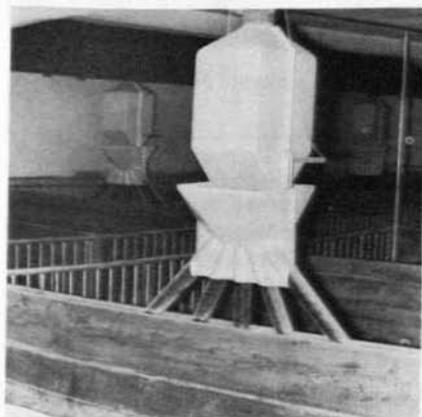


Abb. 477 Futterverteilung in Quer- bzw. Rundtrog

Besondere Einrichtungen sind zur Futterverteilung im Trog erforderlich. Dies kann durch einen punktförmigen Auswurf bei der Rundtrogfütterung oder durch seitliche Fallrohre bei der Quertrogfütterung erfolgen (Abb. 477, S. 399).

Die **Vorratsfütterung**, wie sie vor allem für die Anfangsmast von Bedeutung ist, erfordert spezielle Vorratsbehälter, die mehrere Rationen aufnehmen können. Die Anzahl der Freßplätze ist eingeschränkt (zwei Tiere je Freßplatz). Die Futterzubereitung erfolgt meist von Hand, aber auch durch stationäre oder mobile Futterzubringer. Automaten für die Vorratsfütterung können sowohl quer als auch längs der Buchten angeordnet werden (Abb. 477, S. 399, und Tabelle 158).

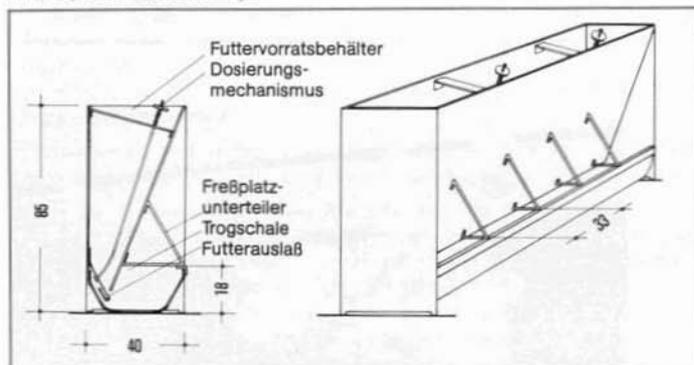


Abb. 478 Futterautomat für die Vorratsfütterung von Mastschweinen von 60–100 kg Lebendgewicht (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

Tabelle 158: Maßempfehlungen für Futterautomaten (nach ALB-Bayern)

	Höhe cm	lichte Weite der Trogschale cm	Freßplatzbreite cm	Höhe der vorderen Trogschalenkante cm
Saugferkel	40	20	14	10
Absetzferkel (bis 20 kg)	60	30	18	12
Vormast, Läufer (bis 40 kg)	70	30	23	15
Anfangsmast (bis 60 kg)	85	40	27	18
Endmast (bis 110 kg)	85	40	33	18

Vorteile der Vorratsfütterung: billige Mechanisierung; unkompliziert und wenig störanfällig; keine Zeitbindung; für Quer- und Längsaufstellung geeignet.

Nachteile der Vorratsfütterung: keine Rationierung, deshalb schlechte Futterverwertung.

4.2.2 Flüssigfütterung

Bei der Flüssigfütterung wird durch Wasser oder flüssige Futtermittel (z. B. Molke, Magermilch, Schlempe) das geschrotete Futter pumpfähig gemacht und über ein Leitungssystem zu den einzelnen Buchten gefördert. Das Verhältnis von Schrot zu Wasser liegt zwischen 1: 2,5 bis 1: 5. Bei geringerem Wasserzusatz besteht die Gefahr, daß sich das Futter im Trog nicht mehr genügend verteilt. Bei dem in der Praxis verbreiteten Mischungsverhältnis ist der normale Wasserbedarf der Tiere gedeckt (Abb. 479). Zusätzliche Tränkeeinrichtungen sind daher nicht erforderlich. Bei extremem Wasserbedarf an heißen Tagen kann bei Bedarf Wasser über die Fütterungsanlage verabreicht werden.

Flüssigfütterungsanlagen bestehen aus folgenden Einrichtungsteilen:

- Zentrale Misch- und Pumpstation,
- Ringleitungen (oder Stichleitungssysteme),

- Dosierventile an den Buchten oder Dosierkopf bei der Stichleitungsanlage.
- elektrische Schalteinheit für vollautomatische Zuteilung,
- Wasservorratsbehälter und Futterzubringer.

Absätze Futteraufbereitung – Das Futter wird entweder in einem versenkten Mischbottich oder in einem Rührbehälter portionsweise angerührt.

Mischbehälter können rund oder eckig sein und müssen bei zweimaliger Fütterung auf 5 l je Mastplatz ausgelegt sein. Die Behälter erhalten einen säurefesten Kunststoffanstrich und können auch versenkt angeordnet werden. Der Wasserzulauf sollte automatisch, durch einen Schwimmregler gesteuert, erfolgen (Wasservorratsbehälter erforderlich).

Abb. 479 Futter- und Wasseraufnahme bei Mastschweinen (Alleinfutter) (nach BLENDL)

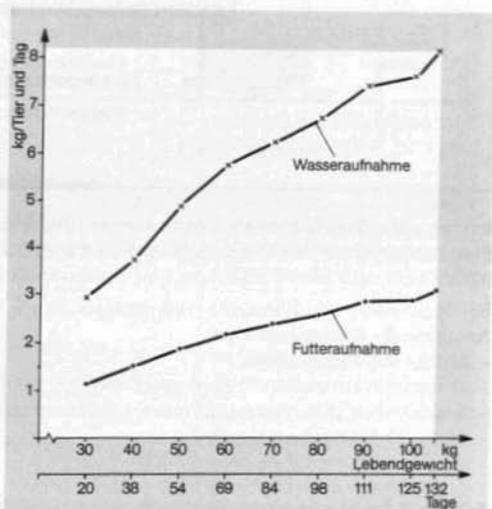
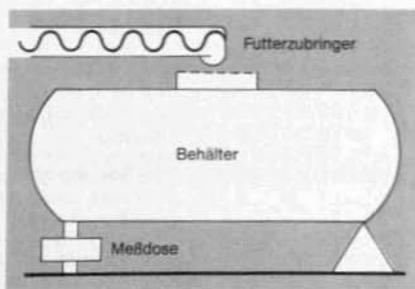
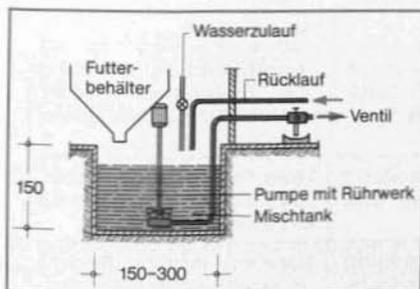


Abb. 480 (unten links) Absätze Futteraufbereitung mit versenkter Mischgrube; das Futter wird zugekippt (Maße in cm)

Abb. 481 (unten rechts) Absätze Futteraufbereitung in einem Mischbehälter; dieser steht auf elektrischen Wiegedosen, welche den Futterzulauf steuern



Zum **Futtertransport** in der Ringleitung werden entweder Kreiseltauchpumpen oder selbstansaugende Exzenterschneckenpumpen verwendet. Kreiselpumpen übernehmen gleichzeitig das Rühren und Fördern, Exzenterschneckenpumpen benötigen zusätzliche Rührreinrichtungen. Exzenterschneckenpumpen können im Gegensatz zu den Kreiselpumpen auch in längeren Leitungen einen gleichmäßigen Druck aufrechterhalten.

Kontinuierliche Futteraufbereitung – Bei diesen Geräten werden während der Fütterung die Futterkomponenten zugewogen, gemischt und umgepumpt. Kontinuierliche Futtermischer sind immer mit einer automatischen Futterzuteilung kombiniert (Abb. 482, S. 402).

Bei vollautomatischen Anlagen kann absatzig oder kontinuierlich gemischt werden. Die zuzuteilende Futtermenge läßt sich nach Zeit, Pumpenimpulsen oder mit Durchflußmesser vornehmen. Die beiden erstgenannten Systeme setzen eine gleichmäßige Förderung des Fut-

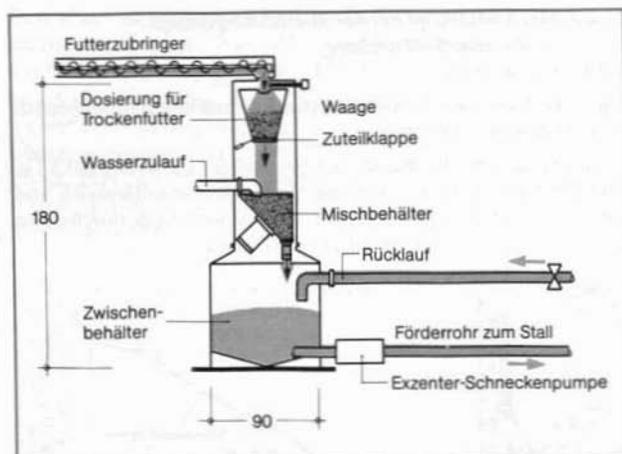


Abb. 482 Kontinuierlich mischende, vollautomatische Kompakt-Flüssigfütterungsanlage (Maße in cm)

ters zu allen Ventilen bzw. Trögen voraus (druckstabile Exzentrerschneckenpumpe). Der Futtertransport zu den Tieren geht entweder über Stichleitungen von einem Verteilkopf zu jeder Bucht oder über Ringleitung und Dosierventile (Tabelle 158a).

Bei der Planung von Flüssigfütterungsanlagen ist ein Vorratsraum vorzusehen, der folgende Anlagenteile aufzunehmen hat:

- Misch- und Pumpstation,
- Wasservorratsbehälter (Tagesbedarf etwa 7,5 l je Tier),
- Schalteinheit (Montagewand) (etwa 1,5 m breit),
- eventuell Futtermittellager.

Tabelle 158a: Möglichkeiten für die Flüssigfutterdosierung

Kennzeichen	Arbeitsweise	Bemerkungen
Schlauch und Pistole	Schlauch mit Pistole wird von Trog zu Trog gezogen, Zuteilung durch Öffnen des Pistolenventils	Mengenschätzung, Dosierung über Dosierpistole möglich, gefüllter Schlauch ist schwer zu bewegen
Ventile handbetätigt	Arbeitsperson geht von Bucht zu Bucht und öffnet bzw. schließt die Ventile	keine Dosierung, nur Schätzung, Bindung der Arbeitskraft an Fütterzeiten
Durchflußmessung, Monitor (Anzeige)	Arbeitsperson geht von Bucht zu Bucht, öffnet das entsprechende Ventil, beobachtet die Monitoranzeige und schließt nach Einlaufen der erforderlichen Menge	Dosierung möglich, Bindung der Arbeitskraft an Fütterungszeiten
Durchflußmessung, automatische Dosierventile	Anlage teilt vollautomatisch zu (Schaltung der Ventile über zentrale Steuerungseinheit und Durchflußmesser)	Dosierung ohne Bindung der Arbeitskraft an Fütterungszeiten

4.2.3 Vergleich der Fütterungsverfahren

In dem in der Tabelle 159 aufgeführten Vergleich sind der Arbeitsbedarf, der Kapitalbedarf, die Betreuung des Tierbestandes während der Fütterzeiten, die Einsparung an umbautem Raum und die Verwertungsmöglichkeit billiger Futtermittel zu berücksichtigen (Tabelle 159).

Tabelle 159: Vergleich von Trocken- und Flüssigfütterung (Stall mit 400 Mastplätzen)

Art der Fütterung	Trogform, Aufstallung	Arbeitszeitbedarf AKmin/10 Tiere und Tag	Kapitalbedarf DM/Mastplatz	Bemerkungen
Futterverteilwagen, geschoben	Längstrog	1,2	30	Bindung an Fütterzeiten, Längstrog
vollautomatische Volumendosieranlage	Quertrog; Längstrog	0,7	50–60	Umrechnung von Volumen auf Gewicht, bei Quertrog bis zu 20% Einsparung an umbautem Raum
vollautomatische Gewichtsdosieranlage	Längstrog; Rundtrog; Quertrog	0,6	70–80	bei Quertrog und Rundtrog bis zu 20% weniger umbauter Raum
Flüssigfütterung, Handzuteilung	Längstrog; Quertrog	2,0	30–40	Verarbeitung feuchter und flüssiger Futtermittel, Bindung an Fütterzeiten; verbesserte Zuteilung bei Monitoranlagen, bei Quertrog bis zu 20% weniger umbauter Raum
vollautomatische Flüssigfütterung	Längstrog; Quertrog	0,6	100–120	bei Quertrog bis zu 20% weniger umbauter Raum, einfache Anlagenerweiterung, Verarbeitung feuchter und flüssiger Futtermittel

Die Unterschiede im Arbeitszeitbedarf sind so gering, daß die Differenz zwischen handbedienten Einrichtungen und vollautomatischen Anlagen durch zusätzliche Tierbeobachtung beansprucht wird. An vollautomatischen Anlagen wird besonders geschätzt, daß die Bedienungsperson nicht unbedingt zur Fütterzeit anwesend sein muß.

Auch der Kapitalbedarf kann nicht für sich allein betrachtet werden, da bei vollautomatischen Anlagen platzsparende Troganordnungen zum Einsatz kommen, die den Kapitalbedarf für den umbauten Raum senken.

Die einzelnen technischen Lösungen lassen sich unter Einbeziehung der verschiedenen Eigenschaften folgendermaßen zuordnen:

- ▶ *Geschobener Futterverteilwagen mit elektrischer Zuteileinrichtung:* Nachträgliche, preiswerte Fütterungsmechanisierung für bereits bestehende Teil- und Vollspaltenbodenställe mit Längströgen und ausreichend breiten Futtergängen.
- ▶ *Vollautomatische Trockenfütterung:* Standardverfahren für die Trockenfuttermittelvorlage, für Betriebe mit mehr als 400 Mastplätzen, wegen einfacherer Einstellung vorwiegend Gewichtsdosierung; einfache Volumendosieranlagen für Zuchtsauenbetriebe.

- ▶ **Flüssigfütterung mit Handzuteilung:** Betriebe mit billigen Mischfutterkomponenten (z. B. Molke, Schlempe, Küchenabfälle) oder Feuchtmais. Zuteilung über Monitorkontrolle.
- ▶ **Vollautomatische Flüssigfütterung:** hoher Kapitalbedarf bereits für Misch- und Pumpstation; wegen starker Degression des Kapitalbedarfes nur für größere Anlagen (1000 Mastplätze).

4.3 Verfahren der Zuchtsauenhaltung

4.3.1 Allgemeine Anforderungen

Die Produktivität der Zuchtsauenhaltung wird u. a. bestimmt von

- ▶ der Zahl der betreuten Zuchtsauen je Arbeitskraft (arbeitswirtschaftliche Verbesserungen),
- ▶ der Zahl der aufgezogenen Ferkel je Sau (Verbesserung der Aufzuchtergebnisse).

Den **arbeitswirtschaftlichen Verbesserungen** sind durch einen hohen Aufwand an Nebenarbeiten (wie ständige Tierkontrolle, Decken, Umbuchten, Hygienearbeiten, Geburtshilfe usw.) gewisse Grenzen gesetzt, vor allem in kleinen Beständen. Eine Kostensenkung ist deshalb vor allem durch eine Bestandsausweitung und eine Spezialisierung auf bis zu 60 Sauen möglich.

Eine wesentliche Kostensenkung wird dagegen über die Verbesserung des Aufzuchtergebnisses erreicht. Drei Ferkel mehr je Sau und Jahr – das sind 1–2 Ferkel mehr je Wurf – führen zu einer Senkung der Ferkelkosten von 10% (Abb. 483 und 484).

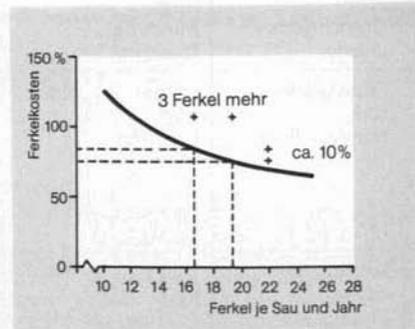
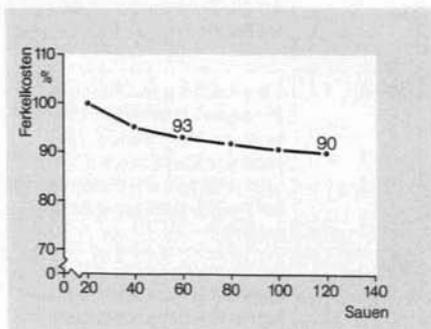


Abb. 483 und 484 Möglichkeiten der Kostensenkung in der Ferkelproduktion (nach STEFFEN und LOHMANN) links: durch Herdenaufstockung, rechts: durch bessere Aufzuchtergebnisse

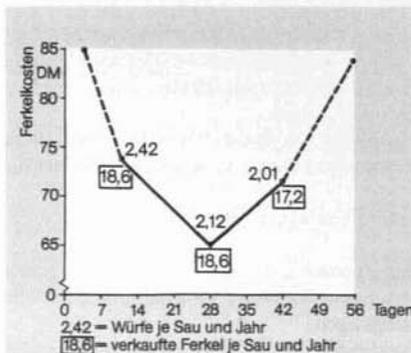


Abb. 485 Einfluß des Absetzzeitpunktes auf die Ferkelkosten (nach LORENZ, 1974)

Die **Verbesserung der Aufzuchtergebnisse** ist deshalb vorrangiges Ziel bei den Verfahren der Zuchtsauenhaltung. Höhere Ferkelzahlen je Sau und Jahr lassen sich erreichen durch

- ▶ Erhöhung der Zahl der Würfe je Jahr durch frühes Absetzen und hohe Konzeptionsrate (schnelles Belegen),
- ▶ Verringerung der Ferkelverluste.

Der Erhöhung der Zahl der Würfe je Jahr sind vor allem biologische Grenzen gesetzt. Allerdings kann gegenüber konventionellem Absetzen nach 6–8 Wochen durch früheres Absetzen das Aufzuchtergebnis um mehr als 1 Ferkel je Sau und Jahr gesteigert werden (Abb. 485).

Zur Erhöhung der Konzeptionsrate trägt das sichere Erkennen der rauschenden Sauen und deren schnelle Belegung bei.

Die Ferkelverluste liegen bei 9–12%. Diese Ferkelverluste setzen sich wie folgt zusammen (Abb. 486):

Mangelnde Ernährung führt bei Gruppenhaltung häufig zu tot oder lebensschwach geborenen Ferkeln.

Vor allem müssen Futterkämpfe zwischen den Sauen unterbunden werden. Dadurch werden das Abdrängen schwächerer Tiere beim Fressen, ihre mangelnde Ernährung und mechanische Verletzungen, die zu Totgeburten führen können, vermieden. Zahlreiche Betriebe sind daher bereits zur Einzelhaltung übergegangen. Bei Gruppenhaltung sollten unbedingt absperrbare Einzel-fressstände vorhanden sein.



Abb. 486 Ferkelverluste und Möglichkeiten zur Abhilfe

Bei laktierenden Sauen können zweckmäßige Abferkelstände die Verluste durch Erdrücken spürbar senken. Von großer Bedeutung für hohe Aufzuchtleistungen sind schließlich optimale Stalltemperaturen. Das gilt vor allem für die Ferkel. Allerdings unterscheiden sich Sau und Ferkel wesentlich in ihren Temperaturansprüchen, wie aus der Abbildung 488 hervorgeht.

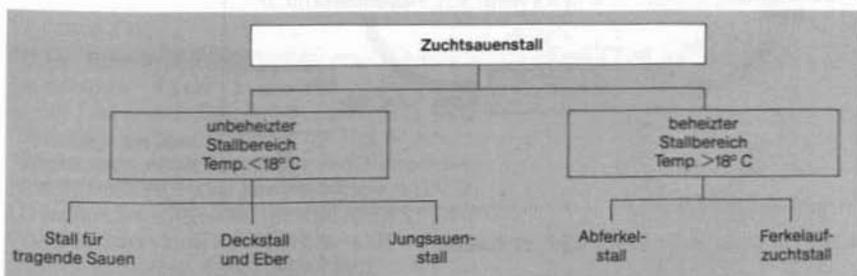


Abb. 487 Aufgliederung des Zuchtsalles

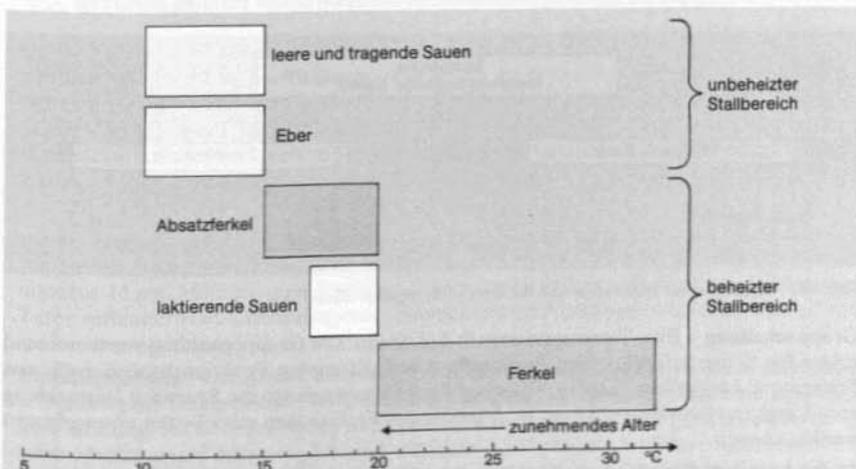


Abb. 488 Stalltemperaturbereiche in der Zuchtschweinehaltung

Aus den wirtschaftlichen und biologischen Gegebenheiten lassen sich folgende **Anforderungen** an die baulichen und technischen Einrichtungen ableiten:

- ▶ Verringerung des Arbeitsaufwandes im Bereich der Nebenarbeiten (z. B. vereinfachte Reinigung, leichtere Tierkontrolle und Deckarbeiten durch Deckzentrum),
- ▶ Erhöhung der Wurfzahlen je Jahr durch Einbau eines Ferkelstalles für früh abgesetzte Ferkel bzw. Verbesserung der Konzeptionsrate (sorgfältige Tierbeobachtung, Deckzentrum),
- ▶ verringerte Verluste durch technische Maßnahmen im Abferkelstall (z. B. Ferkelschutzbügel, Heizung des Ferkelplatzes) und durch Einzelhaltung tragender Sauen.
- ▶ Schaffung optimaler Temperaturen für die einzelnen Tiergruppen. Dies zwingt zu Unterteilung des gesamten Bestandes in einen beheizten und unbeheizten Stallbereich.

Sauen und Ferkel durchlaufen einen innerbetrieblichen Umbuchtzzyklus (Abb. 489), der schließlich auch das Raumprogramm beeinflusst (vgl. Abschn. 4.3.7).

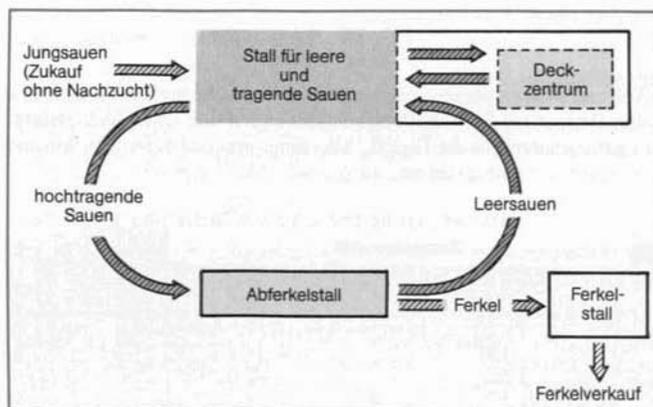


Abb. 489 Umstaltungsschema für eine Ferkelproduktionseinheit

4.3.2 Stall für leere und tragende Sauen

Leere und tragende Sauen werden in Gruppen oder einzeln aufgestellt (Abb. 490). Die verschiedenen Formen der eingestreuten Gruppenbuchten haben an Bedeutung verloren. Auch bei leeren und tragenden Sauen wird zunehmend die einstreulose Haltung bevorzugt.

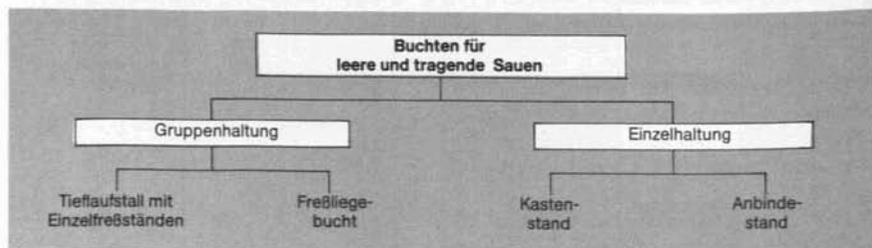


Abb. 490 Einteilung der Buchtenformen für leere und tragende Sauen

Gruppenhaltung – Eine Tiergruppe umfaßt 4–8 Sauen. Die Gruppenhaltung von leeren und tragenden Sauen erfordert eine Buchtenform mit getrennten Funktionsbereichen für das Fressen und Liegen bzw. Laufen. Während des Fressens müssen die Sauen zur Vermeidung von Rankämpfen völlig getrennt in absperrbaren Freßständen oder Boxen untergebracht werden können.

Tiefaufstall mit Einzelfreßständen: Die Buchtenform besteht aus Einzelfreßständen und einer anschließenden eingestreuten Liegefläche (Abb. 491). Sie läßt sich häufig ohne großen

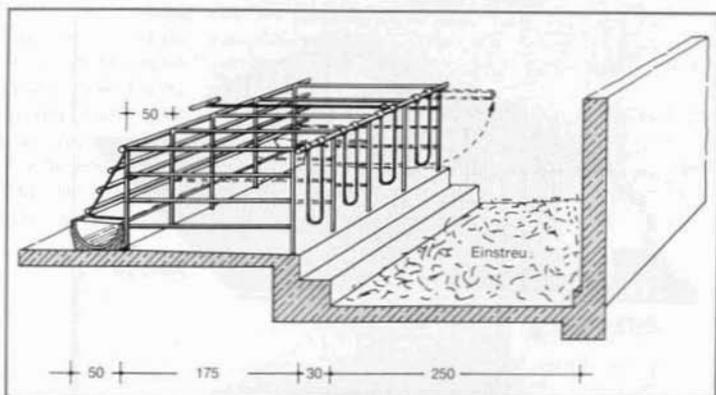


Abb. 491 Tief-
laufstall mit Ein-
zelfreßständen
(Maße in cm)

Bauaufwand in bestehenden Scheunen einrichten. Hier kann wegen des wärmenden Mistpolsters auf eine Wärmedämmung des Gebäudes verzichtet werden. In Abständen von 2–3 Monaten wird mit dem Frontlader entmistet. Dafür sind entsprechende Tore an beiden Seiten des Stalles vorzusehen. Zwischen Tiefeinstreu und Freßstand befinden sich Stufen, 15 cm hoch, 30 cm breit. Die eingestreute Liegefläche muß für die Frontladerentmistung mindestens 2,50 m breit sein (Stallflächenbedarf 2,50–3,00 m² je Tier, Strohhedarf bis 0,5 kg je Tier und Tag).

Diese Einzelfreßstände weisen eine Breite von mindestens 45 cm und eine Länge von 1,60–1,80 m auf. Die genaue Bemessung hängt von der jeweiligen Tiergröße ab. Der Boden des Freßstandes erhält ein Gefälle von 3‰ nach hinten. Für den Trog wird eine Halbschale mit 40 cm Durchmesser verwendet. Sie wird so verlegt, daß die Oberkante zur Freßstandseite ca. 20 cm über dem Boden liegt. Eine Einbuchtung hinter der Schale erleichtert den Tieren das Stehen beim Fressen. Der Buchtenbodenaufbau ist aus der Abb. 492 ersichtlich.

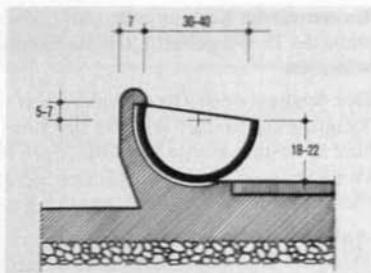


Abb. 492 Trogform und Buchtenbodenaufbau
für Zuchtsauen (Maße in cm)

Freßliegebucht: Diese Buchtenform besteht aus größeren Freßständen mit einer lichten Breite von 60–65 cm, in denen die Tiere ähnlich wie beim Kastenstand auch liegen können (Abb. 493). Bei Jungsaunen muß die Freßstandbreite noch um 10 cm reduziert werden, um zu verhindern, daß sich die Sauen im Stand umdrehen. Die Lauffläche ist mit Betonspaltenboden (Spaltenroste) ausgelegt. Der vordere planbefestigte Teil des Freßliegestandes muß wärmedämmend sein.

Funktionsmaße und Hinweise: Standabtrennung 100 cm hoch, im Kopfbereich der Tiere geschlossen, senkrechte Trennstäbe mit maximal 10 cm Abstand; Bodenabstand des Trennrahmens 15 cm. Mehrere quer über den Trennrahmen verlaufende Rohre und absperrbare Türen verhindern das Überspringen des Standes und das Abdrängen von schwächeren Tieren (Selbstfangvorrichtung).

Einzeltierhaltung – Die Einzeltierhaltung leerer und tragender Sauen ermöglicht eine intensive Nutzung der Stallgebäude. Außerdem bietet sie günstige Voraussetzungen zur individuellen Fütterung. Sie ist übersichtlich und erleichtert die ständige Überwachung der Sauen. Da keine Machtkämpfe mehr möglich sind, entfallen die Probleme der Gruppenzusammenstellung. Bei entsprechender Zuordnung von Fütterungs- und Entmistungssachsen ist der Arbeitsaufwand geringer als bei der Gruppenhaltung. Nachteilig ist die eingeschränkte Bewegungs-

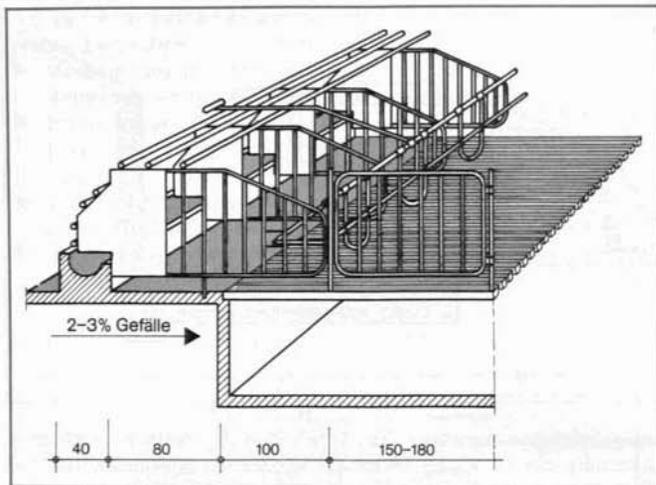


Abb. 493 Freßliegebucht (Maße in cm)

möglichkeit der Muttertiere. Trotzdem gewinnt die Einzeltierhaltung bei größeren Beständen zunehmend an Bedeutung. Die Einzeltierhaltung kann in Kasten- oder Anbindeständen erfolgen.

Kastenstände: Kastenstände (Abb. 494) entsprechen in Form und Abmessungen dem Freßstand der Freßliegebucht. Die Buchtentüren sind einzeln oder gruppenweise zu öffnen und zu schließen.

Der Spaltenboden (Rost) kann eben in den dahinterliegenden Gang übergehen oder als Kragrost ausgebildet sein. Da der Kot von den Sauen nicht vollständig durchgetreten wird, sind im erstgenannten Fall Öffnungen vorzusehen, durch die der Kot in den darunterliegenden Kanal von Hand abgeschoben werden kann. Bei der Ausführung mit Kragrost geschieht dies durch den Schlitz zwischen Gang und Rost.

Anbindestände: Im Anbindestand ist das Tier mit einem Hals- oder Schultergurt befestigt. Der Gurt bzw. Bügel muß leicht zu verstellen sein, um ihn dem Tier gut anpassen zu können. Mit dem Schultergurt lassen sich die Sauen im allgemeinen sicherer fixieren. Der halbschließende Teil geht in eine kurze Kette über, die in einem 25 cm hinter dem Trog vertieft

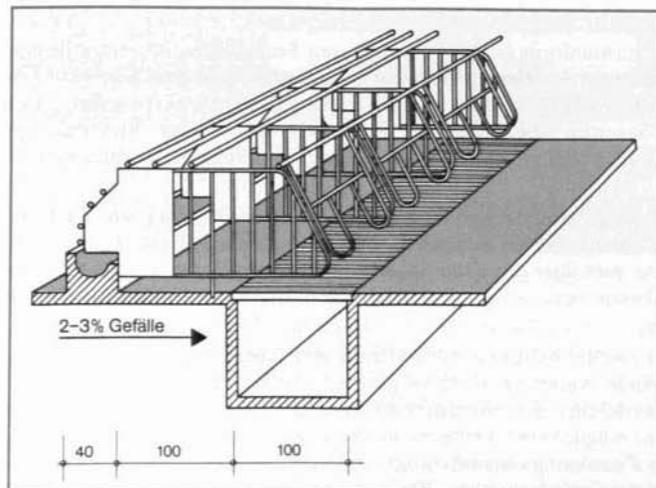


Abb. 494 Kastenstand mit Teilspaltenboden (Maße in cm)

angebrachten Bodenanker befestigt wird. Die Standbreite beträgt 55–65 cm. Der Trennrahmen ist im vorderen Bereich ähnlich ausgeführt wie beim Kastenstand. Er ist jedoch mit einer Länge von 120 cm – gemessen ab Troghinterkante – deutlich kürzer und ermöglicht durch abgeschrägte Bauweise das Decken im Stand.

Wegen der exakteren Fixierung der Sauen können Anbindestände sowohl als Kotgrabenstände mit oder ohne Einstreu als auch mit Teilspaltenboden (Roste) ausgeführt werden. Die planbefestigte Fläche erfordert eine Wärmedämmung. Der geringere Bewegungsspielraum der Sauen bewirkt, daß bei Spaltenboden weniger Kot durchgetreten wird als beim Kastenstand. Hier ist es besonders wichtig, daß Kotabwurfklappen oder -schlitze (Kragrost) vorhanden sind (Abb. 495).

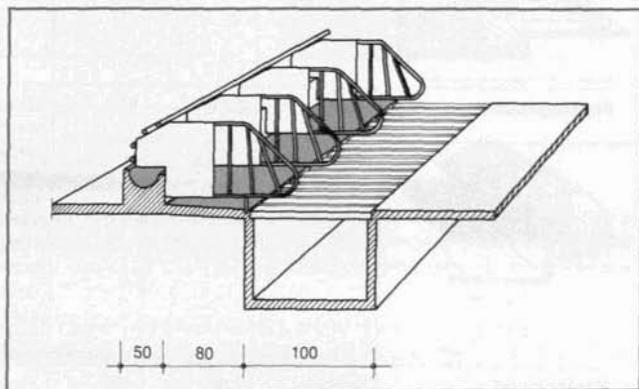


Abb. 495 Anbindestand mit Kragrost
(Maße in cm)

Vergleich der Verfahren – Der Vergleich der einzelnen Buchtenformen oder Stände läßt sich anhand der meßbaren Kriterien *Platzbedarf* und *Kapitalbedarf* (vgl. Tabelle 160, S. 410) und einiger subjektiver Maßstäbe durchführen. Der Vergleich beschränkt sich auf einstreulose Formen, da Tieflaufställe mit Einzelfreßständen bei Neu- und auch Umbauten ausscheiden und nur als einfacher Einbau in eine vorhandene Scheune erwogen werden können.

Der **Platzbedarf** hängt zwar unmittelbar mit dem **Kapitalbedarf** zusammen, gibt aber zusätzlich Hinweise über die Flächenausnutzung bei Einbau in vorhandene Gebäude. Bei beiden Kriterien schneidet die Freßliegebucht relativ ungünstig ab. Als besonders günstig erweist sich hier der Anbindestand, der auch in den weiteren Eigenschaften eine Reihe von Vorteilen aufzuweisen hat, die ihn zur bevorzugten Aufstallungsart für kleine wie für größere Bestände machen.

In größeren Beständen stellt sich die Frage der *Mechanisierung der Fütterung*. Da das Füttern gleichzeitig als Tierkontrolle anzusehen ist, bleibt der arbeitswirtschaftliche Effekt der höheren Mechanisierungsstufe gering. Der Kapitalbedarf vollautomatischer Fütterungsanlagen bewegt sich um 200 DM je Tierplatz. Er ist dann vertretbar, wenn gleichzeitig durch Wegfall eines Futterganges beträchtliche Raumeinsparungen möglich werden. Als Tränken dienen Sprühnippel, Zapfentränken oder Doppel-Tränkebecken. Letztere erfordern einen erhöhten Aufwand für deren Sauberhaltung.

4.3.3 Stall für Jungsaunen

Diese Haltungsperiode umfaßt den Gewichtsabschnitt von ca. 20–90 kg. Die Tiere kommen aus dem Ferkelstall und gehen nach dieser Haltungsperiode entweder in den Stall für leere Saunen oder in das Deckzentrum. Je nach Organisationsform kann diese Haltungsperiode im eigenen Betrieb ablaufen (eigene Nachzucht) oder in speziellen Zuchtbetrieben, aus denen die Jungsaunen dann zugekauft werden.

Die Haltung der Jungsaunen erfolgt in Gruppen von 6–12 Tieren. Auf diese Weise haben die Jungtiere ausreichend Bewegungsmöglichkeit. Hierfür eignen sich grundsätzlich die in der

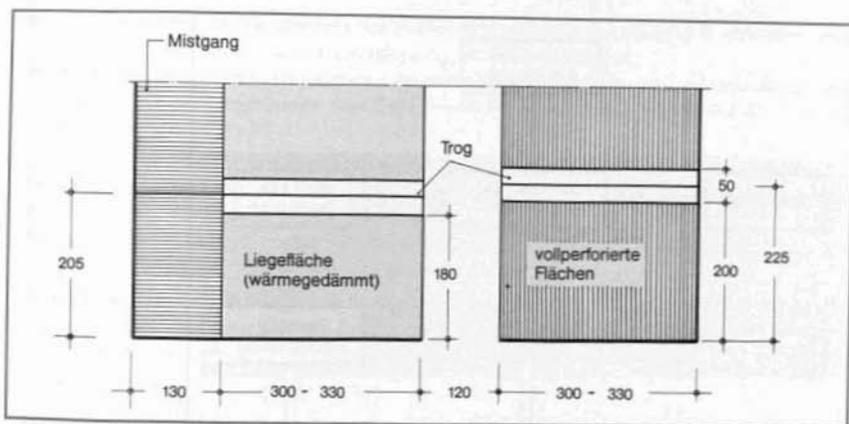


Abb. 496 Quertrögbuchten für Jungsauen (nach LORENZ, 1977) (Maße in cm)

Bei der einstreulosen Haltung von Jungsauen unterscheidet man teil- und vollperforierte Buchten (Abb. 496). Die teilperforierte Bucht gibt den Jungsauen eine planbefestigte und wärme gedämmte Liegefläche von ca. $0,6 \text{ m}^2/\text{Tier}$ mit einem zusätzlichen ca. $1,3 \text{ m}$ breiten Mistgang.

Vollperforierte Buchten sind kleiner ($0,60\text{--}0,65 \text{ m}^2/\text{Tier}$) und bilden bei sorgfältiger Wärmedämmung und guter Klimaführung eine ebenfalls den Bedürfnissen des Tieres angepaßte Umwelt.

Die perforierte Fläche besteht aus Spaltenrosten mit ca. $8\text{--}10 \text{ cm}$ Auftrittsweite, einer Spaltenweite von $2\text{--}2,5 \text{ cm}$ und einer Spaltenlänge von ca. 15 cm .

Zur Entmistung lassen sich das Stauschwemm- oder das Fließmistverfahren einsetzen. In jedem Fall ist das Kanalsystem absolut zugfrei auszuführen.

Die Futtervorlage erfolgt rationiert für den gesamten Tag in Futterautomaten oder mehrmals täglich durch stationäre Futterdosierer. Zur Trinkwasserversorgung eignen sich unmittelbar über der Trogschale montierte Sprühnippel oder am Mistgang bzw. an der Buchtenrückwand angebrachte Zapfentranken.

4.3.4 Deckstall

Ein gesonderter Deckstall empfiehlt sich in Herden ab 80 Sauen, da sich hier der Arbeitszeitbedarf senken und die Konzeptionsrate steigern lassen. Im Deckstall sind die Leersauen, die umrauschenden Sauen und die Eber untergebracht. Die Leersauen kommen aus dem Abferkelstall (Jungsauen aus dem Jungsaunenstall oder Zukauf) in eine Stimulierbucht neben den Eber. Gedeckt werden die rauschenden Sauen in der Eberbucht oder im Anbindestand (vgl. Abb. 497, S. 412).

Zu diesem Zweck weist der Deckstall folgende Buchten auf:

- ▶ für Jungsauen eine Gruppenbucht, in größeren Beständen mehrere Buchten, ca. 6 Tiere je Bucht mit teilperforiertem Boden,
- ▶ Eberbuchten (für 25–30 Sauen einen Eber), Einzellaufbucht mit teilperforiertem Boden, Buchtenfläche $4\text{--}7 \text{ m}^2$,
- ▶ für leere und gedeckte Sauen entweder Anbindestände, in denen auch gedeckt werden kann oder Freßliegebuchten.

Das genaue Raumprogramm eines Deckstalles hängt von der Zahl der Sauen, vom Absetzzeitpunkt, von der Stallbelegung (kontinuierlich oder rein-raus) und vom Anteil der künstlichen Besamung ab (Abb. 498, S. 412).

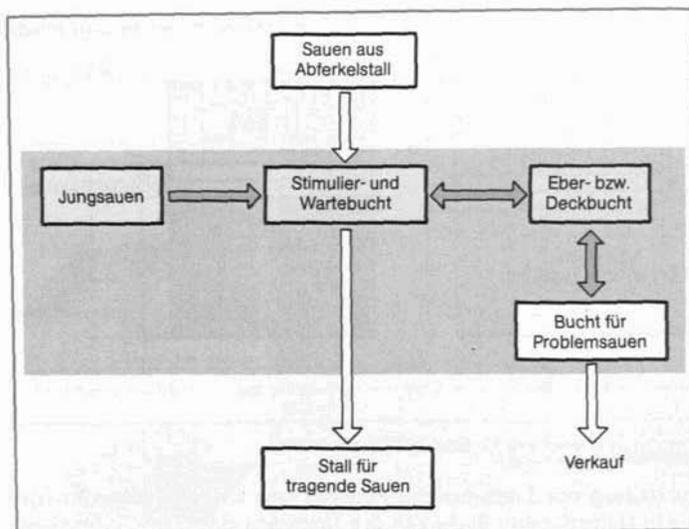


Abb. 497 Um-
buchtenschema für
das Deckzentrum

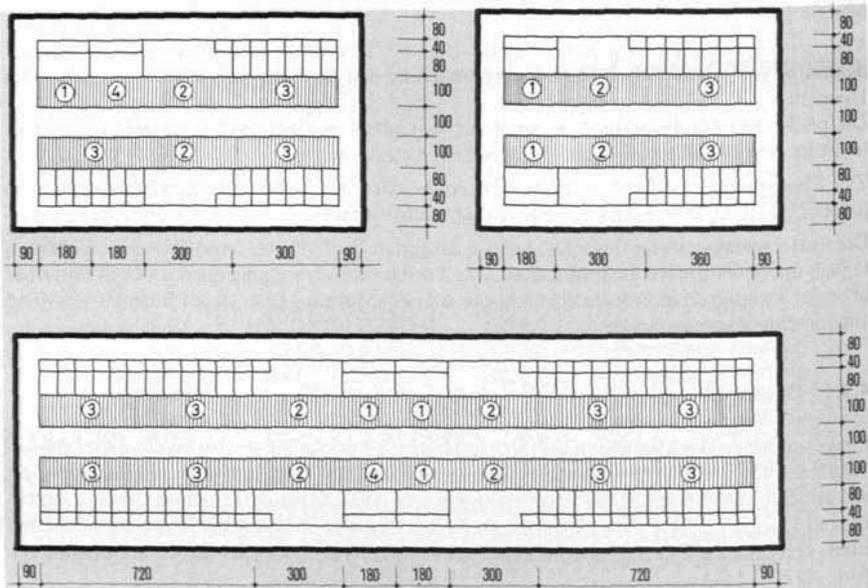


Abb. 498 Deckzentrum für ca. 50 Sauen (kontinuierliche Stallbelegung ohne künstliche Besamung) und für 75–80 Sauen (Rein-Raus-Stallbelegung und künstliche Besamung (nach LORENZ, 1977) (Maße in cm)

4.3.5 Abferkelstall

Während des Abferkels und der nachfolgenden Aufzucht werden besonders hohe Anforderungen an die Buchtenform, die Buchtenausstattung und das Stallklima gestellt.

- Buchtenform und -ausstattung sollten vor allem verhindern, daß Ferkel schon unmittelbar während des Abferkels oder später erdrückt werden. Von den bis zu 20% hohen Ferkelverlusten werden $\frac{1}{3}$ erdrückt, davon 75% in den ersten beiden Tagen.

- ▶ Zur Erhaltung der Gesundheit der Ferkel sind optimale hygienische Verhältnisse anzustreben, z. B. durch rasche Harnableitung, einfache Reinigung.
- ▶ Ferkel stellen in den ersten Lebenstagen sehr hohe Ansprüche an das Klima, die vor allem hinsichtlich der Umgebungs- und Bodentemperatur wesentlich über denen der tragenden Sauen liegen.

Zum Schutz der Ferkel vor dem Erdrücken dienen folgende Maßnahmen:

- ▶ Einengung des seitlichen Bewegungsbereiches beim Muttertier durch Ferkelschutzgitter,
- ▶ Fluchtwege für die Ferkel beiderseits des Schutzgitters,
- ▶ geheiztes Ferkelnest, damit sich die Ferkel nicht am Muttertier wärmen und sich nicht unnötig lang im Gefahrenbereich aufhalten.

Abferkelbucht – Sie ist dreigeteilt. Sie besteht aus einem Aufenthaltsbereich für das Muttertier mit Ferkelschutzgitter, einem Ferkelnest und einem schmaleren Fluchtbereich für Ferkel auf der anderen Seite des Ferkelschutzgitters.

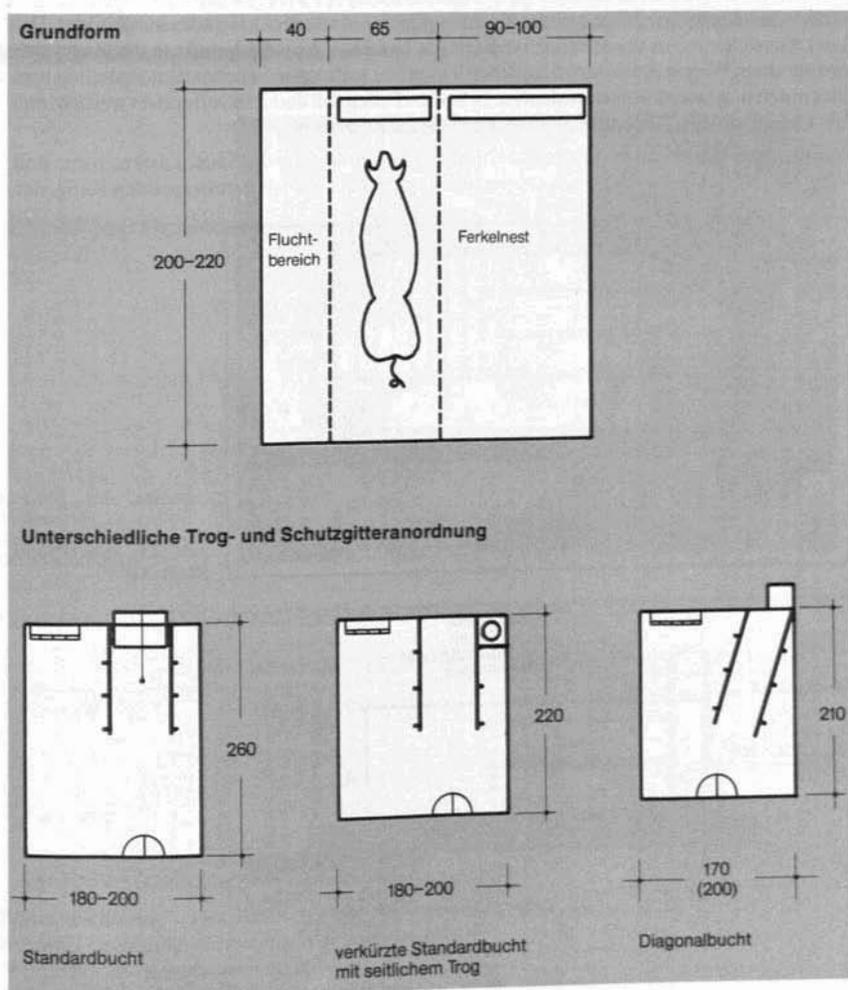


Abb. 499 Abferkelbucht (Maße in cm)

im hinteren Bereich ohne Verstrebung um die Sau herumgezogen ist. Dies erfordert, da die hintere Befestigung fehlt, eine bedeutend stabilere Ausführung des Sauenkastens. Der freitragende Kasten erleichtert aber das Arbeiten in der Bucht, da über den Freiraum hinter der Sau von einer Buchtenseite zur anderen gewechselt werden kann, ohne daß die Arbeitsperson die Bucht verlassen muß.

Mit dem seitlich schwenkbaren Sauenkasten kann außerdem das Muttertier während der Reinigungsarbeiten zur Seite geschoben werden. Bei einer anderen Ausführung läßt sich der Kasten hochklappen. Diese Lösung wird in Betrieben bevorzugt, die die Sau aus der Abferkelbucht herausnehmen und die Ferkel weiterhin in der Abferkelbucht aufziehen (kombinierte Abferkel-Aufzuchtbucht).

Anbinde-Abferkelbucht – Auch diese Form einer Abferkelbucht weist die genannte Dreiteilung auf. Durch die Anbindung des Muttertieres wird der Ferkelschutzkorb überflüssig. Das verbleibende Abweigeritter erfüllt nur noch Schutzfunktionen gegenüber den Ferkeln und schränkt die seitliche Bewegungsfreiheit des Muttertieres ein. Man unterscheidet fest montierte Schutzgitter und bewegliche Ferkelschutzbügel. Wegen größerer Stabilität werden feste Schutzbügel bevorzugt. Als Anbindevorrichtung dient in erster Linie der Schultergurt (Abb. 503). Die Halsanbindung läßt sich nicht bei allen Sauen durchführen und bedarf auch der ständigen sorgfältigen Anpassung.

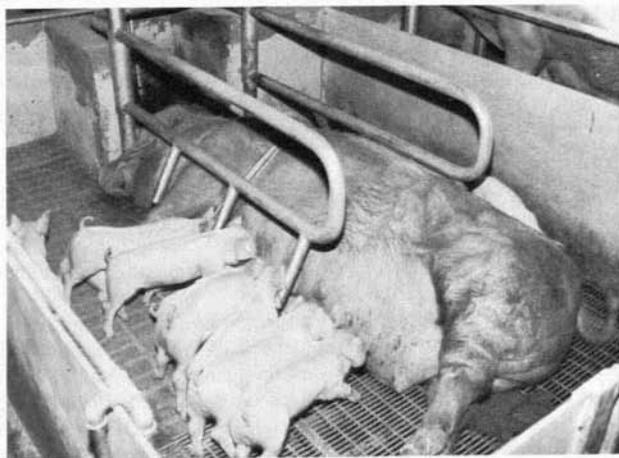


Abb. 503 Abferkelbucht mit Schultergurt-Anbindung und teilperforiertem Boden (Drahtrost)

Tabelle 161: Vergleich von Anbindebucht und Ferkelschutzkorb

	Anbindebucht	Ferkelschutzkorb
Vorteile	geringerer Kapitalbedarf (200 DM/Bucht), leichte Reinigung, übersichtliche Anordnung	mehr Bewegungsfreiheit für die Muttersau, kein Anbinden, leichteres Eingewöhnen von Jungsaunen
Nachteile	Jungsaunen müssen an das Anbinden gewöhnt werden; An- und Abbinden	höherer Kapitalbedarf (500 DM/Bucht)

Bodenausführung – Der Fußboden der Abferkelbucht sollte

- ▶ den Tieren möglichst wenig Wärme entziehen,
- ▶ keine Verletzungen hervorrufen,
- ▶ eine schnelle Harnableitung ermöglichen und leicht zu reinigen sein,
- ▶ arbeitssparende, stroharme bzw. strohlose Aufstallung ermöglichen.

In einstreuarmlen und verstärkt in einstreulosen Buchten fehlt die Feuchtigkeit aufnehmende Strohpolster. Für eine rasche Harnableitung ist daher unbedingt zu sorgen. Dies läßt sich am besten durch Einbau von *perforierten Fußböden* verwirklichen (Abb. 504).

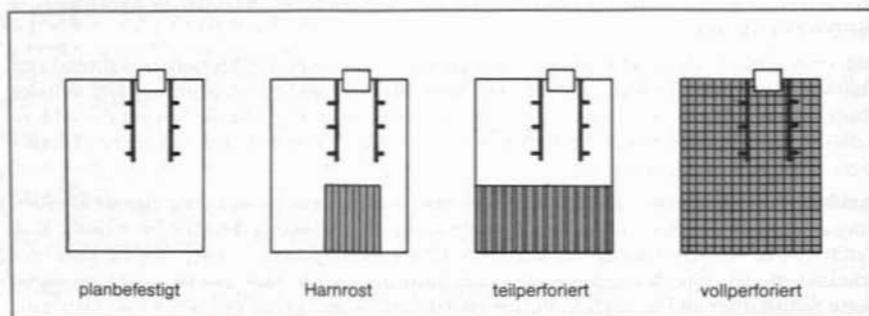


Abb. 504 Bodenausführung in Abferkelbuchten (nach LORENZ)

Die *planbefestigte Buchtenfläche* muß wärmedämmend sein (wärmedämmender Estrich, Spezial-Stallbodenplatten, Gußasphalt). Sau und Ferkel stellen gewisse Ansprüche an die Griffigkeit.

Harnroste verbessern die Harnableitung und bieten wegen ihrer geringen Fläche Ferkeln und Sau wie bei planbefestigten Buchten ein bequemes Lager, erfordern aber einen relativ komplizierten Ableitungsschacht. Planbefestigte Buchten mit und ohne Harnrost werden meist geringfügig eingestreut.

Bei der *teilperforierten Bucht* kann der Rost bis über die Hälfte der Liegefläche ausgedehnt sein. Unter dem Rost verläuft ein Kanal, entweder mit mechanischer Unterflurentmischung oder auf das Stauschwemverfahren eingerichtet. Von den verschiedenen Rostmaterialien eignen sich vor allem Drahtroste, Gußroste, Lochbleche und Betonroste. Die verschiedenen Roste unterscheiden sich in bezug auf Selbstreinigung, Tierfreundlichkeit, Haltbarkeit und Preis (vgl. Tabelle 162).

Bei der Abferkelbucht mit *vollperforiertem Boden* wird angestrebt, die Ferkel nicht im eigenen Abferkelstall umzusetzen, sondern in der Abferkelbucht bis zur 10. bzw. 15. Lebenswoche aufzuziehen. Damit wird zwar ein eigener Ferkelstall eingespart und den Ferkeln die Umstellung erspart. Dafür beanspruchen die Ferkel aber in der gleichen Zeitspanne den relativ teuer eingerichteten Abferkelstall. In den ersten Lebenstagen muß die Liegefläche für die Ferkel außerdem abgedeckt werden, da sonst die hohen Klimaansprüche nicht zu befriedigen sind. Auch im Bereich des Gesäuges des Muttertieres kann sich eine Abdeckung (z. B. mit Gummimatte) als erforderlich erweisen.

Tabelle 162: Vergleich von perforierten Böden (nach EICHORN und LORENZ, 1977)

Rostart	Merkmale	Vor- und Nachteile	Kapitalbedarf DM/m ²
Drahtrost	Draht 5–6 mm Schlitz 9 x 50 mm	gute Selbstreinigung, begrenzte Haltbarkeit	90–140
Lochbleche	Lochabmessungen 10 x 20 mm und 10 x 45 mm	stabil, geringere Selbstreinigung	80–200
Gußroste	Stabbreite 10–20 mm Schlitz 9 x 30 mm	gute Selbstreinigung, tierfreundlich, teuer	150–180
Betonroste	Stabbreite 55–80 mm Schlitz 16 x 200 mm	trittsicher, geringere Selbstreinigung, hoher Wärmeentzug, preisgünstig	45

Entmistungsverfahren für Abferkelställe – Bei *planbefestigter Ausführung* des Buchtenbodens wird der Mist über Türen oder anzuhebende Buchtenrückwände zum außerhalb der Bucht liegenden Mistgang geschoben. Der Abtransport des Mistes geschieht entweder in Handarbeit oder mit einer Entmistungsanlage. Hierfür eignen sich Schubstangen- oder Flachschieberanlagen, bei abgedecktem Mistgang aber vor allem auch preisgünstige Seilzugschrapper mit automatischer Rückführung (Abb. 505).

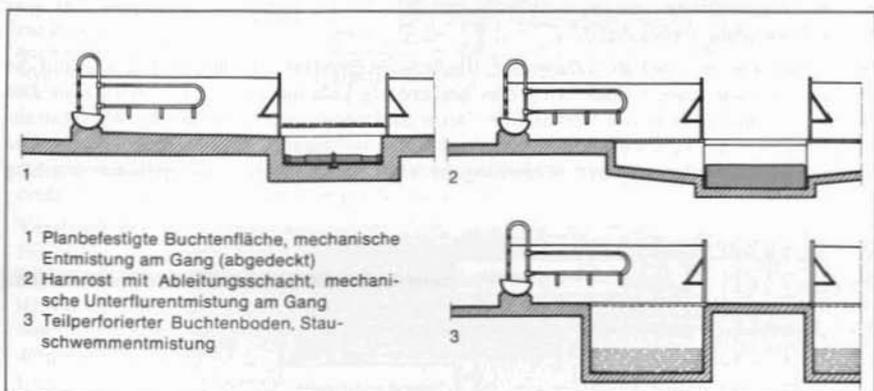


Abb. 505 Entmistung von Abferkelbuchten

Bei *teil-* oder *vollperforiertem Buchtenboden* werden vor allem Flüssigentmischungsverfahren eingesetzt. Das Stauschwemmenverfahren verdient vor dem Fließmistverfahren den Vorzug, da sich die Kanäle vollständig entleeren lassen. Bei konsequent durchgeführtem Rein-Raus-Verfahren ist das Kanalsystem so anzulegen, daß der Mist eines Stallabteils nicht durch ein anderes abfließt.

Zusatzheizung für Ferkel – Neugeborene Ferkel benötigen in den ersten Tagen Umgebungstemperaturen von ca. 30° C und bei einstreuloser Haltung Bodentemperaturen bis hinauf zur Körpertemperatur (vgl. Abb. 506). Mit zunehmendem Lebensalter können Umgebungs- und Bodentemperatur gesenkt werden. Der optimale Temperaturbereich für Muttersauen liegt dagegen bei 15–18° C. Da beide Forderungen nicht gleichzeitig zu erfüllen sind, wird die Raumtemperatur im Abferkelstall auf 15–18° C gehalten (in rauen Klimagebieten: Raumheizung) und der zusätzlich erforderliche Wärmebedarf der Ferkel durch lokale Heizquellen gedeckt.

An diese Zusatzheizung sind folgende Anforderungen zu stellen:

- ▶ Wirksamkeit im Ferkelbereich ohne Beeinträchtigung der Muttersau.
- ▶ gleichmäßige Temperaturverteilung über die gesamte Liegefläche der Ferkel (0,06 m² je Ferkel, ca. 0,6 m² je Wurf).
- ▶ einfache Temperaturregelung.
- ▶ Einhalten der eingestellten Temperatur.
- ▶ geringer Kapitalbedarf und geringe Kosten (Energiekosten).
- ▶ Einhaltung einschlägiger Vorschriften (Brandverhütung, VDE).

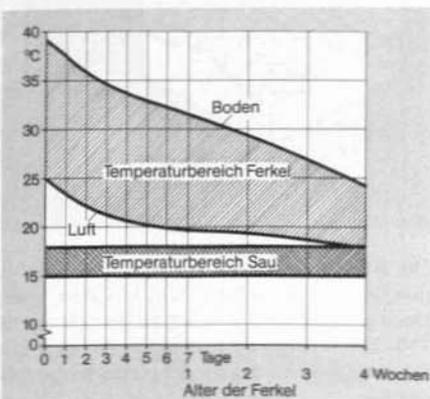


Abb. 506 Temperaturen im Abferkelstall (nach PFLUG, 1976 und LORENZ, 1977)

Die Temperaturabgrenzung des Ferkelbereiches gegenüber der Sau bewirkt, daß sich die Ferkel außerhalb der Säugezeiten gerne im behaglicheren Warmbereich aufhalten und so aus der »Erdrückungszone« von der Sau weggelockt werden. Außerdem wird durch zu hohe Umgebungstemperaturen die Milchleistung der Zuchtsau beeinträchtigt.

Hinsichtlich der technischen Ausführung lokaler Ferkelheizungen sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden:

- ▶ Strahlungsheizung (von oben),
- ▶ Bodenheizung (von unten).

Wärmestrahler senden Infrarotlicht aus, das beim Auftreffen auf den Boden bzw. auf die Tiere in Wärme umgewandelt wird. Die umgebende Luft erwärmt sich dabei kaum. Die Wärmeverteilung hängt vom Strahler ab. Beim *Elektroinfrarotstrahler* ist die Wärmestrahlung kreisförmig. Die höchsten Temperaturen liegen im Strahlungskern. *Gasinfrarotstrahler* liefern bei wesentlich höherer Wärmeabgabe eine gleichmäßigere Temperaturverteilung (Abb. 507).

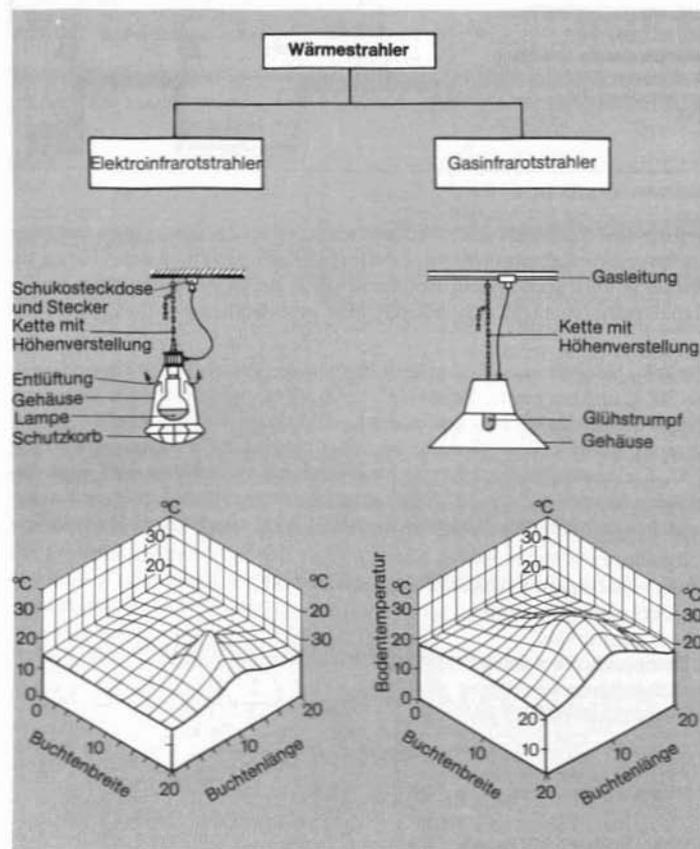
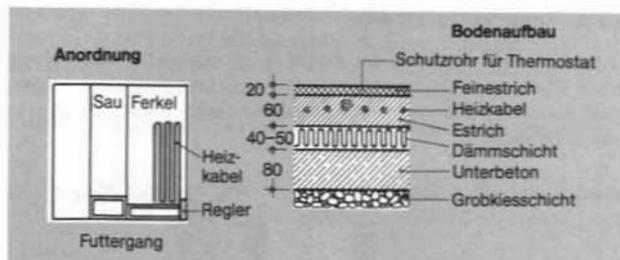


Abb. 507 Wärmestrahler: technische Ausrüstung und Wärmeverteilung (nach EICHORN, LORENZ und PFLUG)

Die **Bodenheizung** (Abb. 508) kann direkt mit elektrischem Strom oder – meist in Verbindung mit der Wohnhaus-Zentralheizung – mit Warmwasser versorgt werden. Die elektrische Bodenheizung ist einfacher zu installieren und leichter zu regeln. Die Heizleistung beträgt 150–180 W/m². Fest installierte Anlagen können durch Aufbinden von Heizkabeln auf das Baustahlgerüst der Bodenplatte hergestellt oder als vormontierte Einheiten zugekauft werden.

Abb. 508 Anordnung und Bodenaufbau einer fest eingebauten elektrischen Fußbodenheizung (Maße in cm)



Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich aus der Anlaufzeit, die die Bodenheizung benötigt, um die gewünschten Temperaturen zu erreichen, denn dazu müßte die Bodenheizung jeweils einen Tag vor dem Abferkeln eingeschaltet werden.

Vergleich der Ferkelzusatzheizungen: Trotz gleichmäßiger Wärmeabgabe und günstiger Energiekosten werden Wärmestrahler der Fußbodenheizung vorgezogen, was vor allem damit zusammenhängt, daß die hohen Klimaanforderungen von dieser Art der Heizung nur schwer zu erfüllen sind. Steigende Bodentemperaturen lösen Luftströmungen aus, die nur durch ein geschlossenes Ferkelnest zu beseitigen sind. Das Ferkelnest erschwert aber wiederum die Tierkontrolle.

Unter Einbeziehung der verschiedenen Eigenschaften (Abb. 509 und Tabelle 163) konkurrieren heute vor allem der Elektro- und der Gasinfrarotstrahler. Die einfachere Handhabung macht den Elektroinfrarotstrahler für jene Fälle geeignet, in denen noch eingestreut wird und damit keine sehr hohen Anforderungen an die Bodentemperaturen gestellt werden. Bei einstreuloser Haltung kann die hohe Wärmeabgabe des Gasstrahlers den Ferkeln die nötigen hohen Umgebungstemperaturen bei gleichmäßiger Verteilung bieten

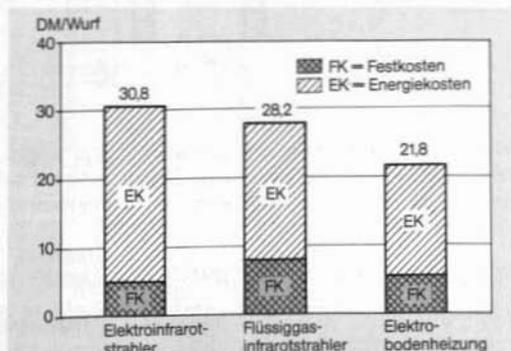


Abb. 509 Kosten der Ferkelheizung (nach LORENZ, 1977)

und darüber hinaus – sofern Klimazone und Wärmedämmung des Gebäudes dies zulassen – auch zur Deckung des Wärmedefizits im Stallraum beitragen.

Tabelle 163: Vergleich von Ferkelheizungen

Heizungsart	Merkmale	Vor- und Nachteile
elektrische Bodenheizung	150–180 W, Thermostatregelung oder Intervallschaltung	gleichmäßige Temperaturverteilung, kostengünstig, Zugluft (Konvektion), Anlaufzeit
Elektroinfrarotstrahler	250 W nicht regelbar	einfache Handhabung, ungünstige Temperaturverteilung
Flüssiggasinfrarotstrahler	700 oder 1400 W regelbar (50%)	relativ gleichmäßige Temperaturverteilung, aufwendige Installation, regelmäßige Pflege erforderlich

4.3.6 Ferkelaufzuchtställe

Durch früheres Absetzen der Ferkel in der vierten Lebenswoche muß das Raumprogramm eines Zuchtsauenstalles um einen spezialisierten Ferkelaufzuchtstall ergänzt werden, während beim konventionellen Absetzen nur einige Warte- und Verkaufsbuchten erforderlich waren (Abb. 510).

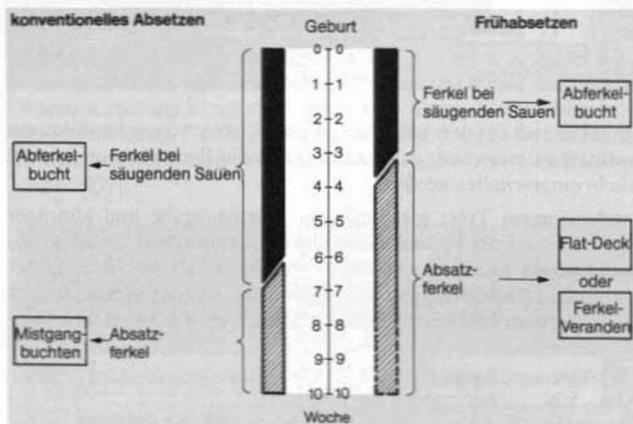
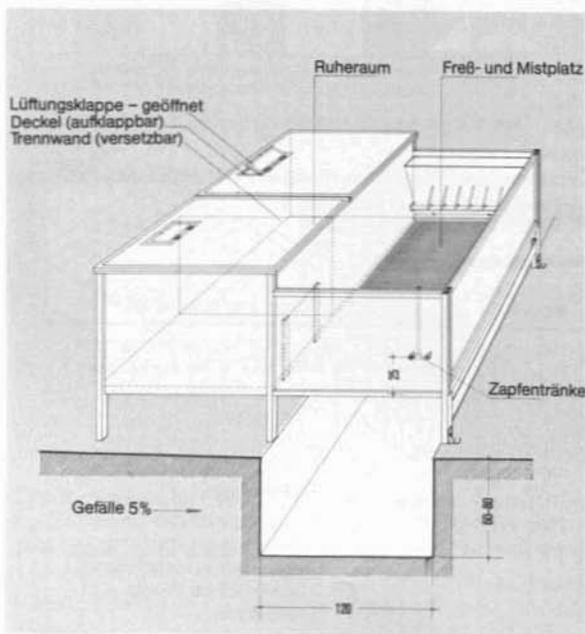


Abb. 510 Absetzen und Umbuchten der Ferkel

Wegen der hohen Anforderungen an die Umgebungstemperaturen wird der Ferkelstall als völlig abgetrenntes Stallabteil eingerichtet und zwar sollten zur gleichmäßigeren Belegung und um die Ställe regelmäßig räumen und reinigen zu können, möglichst zwei bis drei Räume verfügbar sein.



Frühabgesetzte Ferkel werden einstreulos aufgestellt, entweder

- ▶ in Verandahaltung oder
- ▶ in Ferkelbuchten (Flat Decks).

Abb. 511 Ferkelveranda (Maße in cm)

Bei der **Verandahaltung** sind Liege- und Lauf- bzw. Freßbereich getrennt. Der Liegebereich besteht aus einer geschlossenen Kiste mit Lüftungsklappen, der Laufbereich aus einer perforierten Fläche. Bei wärmedämmten Gebäuden ist keine Heizung erforderlich, da die Ferkel den Liegebereich selbst warmhalten (Abb. 511).

Bei den **Ferkelbuchten** werden hohe Anforderungen an das Raumklima und die Buchtenausbildung gestellt.

► **Buchtenabmessungen:**

0,01 m² je kg Lebendgewicht; 0,20–0,30 m² je Tier, möglichst quadratische Buchtenform (Breite mind. 1,2 m).

► **Buchtenboden:** vollperforiert oder teilperforiert (befestigter Boden bis 60–70 cm unter dem Trog, schon die kleineren Ferkel und verringert Futtermittelverluste), Gußroste (vgl. Tabelle 162).

► **Stallklima:** Gleichdrucklüftung mit Lufterwärmung oder Unterdrucklüftung und Wärmestrahler, Luftraum 1 m³/Ferkel, wegen gleichmäßiger Luftverteilung keine geschlossenen Buchtentrennwände (Abb. 512).

► **Fütterung:** Trog oder Futtermittelautomat, Trogkantenhöhe 13 cm über Standfläche, Freßplatzbreite 18 cm, bei Vorratsfütterung Freßplatz : Tier-Verhältnis = 1 : 3.

► **Tränke:** eine Zapfentränke je Bucht (bei sorgfältiger Reinigung auch Beckentränke), Niederdruckanlage mit Wasservorratsbehälter oder über Druckminderungsventil. Abstand zum Trog 85–90 cm, je nach Alter der Tiere höhenverstellbar im Bereich von 25–45 cm.

► **Entmistung:** Stauschwemmvorrichtung bzw. Lagerung für die gesamte Aufstallungsperiode im Kanal.

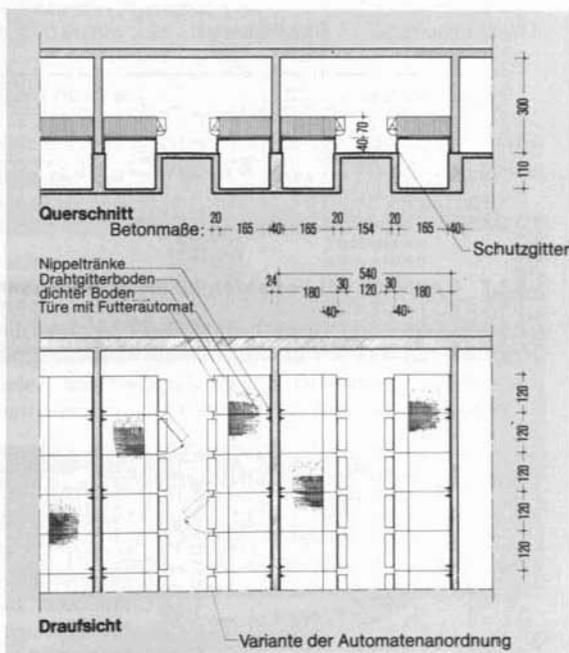


Abb. 512 Ferkelbuchten (Flat Decks) (Maße in cm)



Abb. 513 Flat-Deck-Bucht mit Drahtrostboden, Gittertrennwänden und Gasinfrarotstrahler

Die verschiedenen Eigenschaften (Tabelle 164) bestimmen weitgehend den Einsatzbereich. Ferkelveranden eignen sich demnach für Betriebe mit einer geringeren Zahl von Zuchtsauen und vorhandenem umbauwürdigem Altbauvolumen. Bei Neubau und Beständen von mehr als 80–100 Zuchtsauen wird der Boden- bzw. Flat-Deck-Haltung der Vorzug gegeben.

Tabelle 164: Vergleich der Buchtenformen für Absatzferkel

Buchtenform	Kapitalbedarf DM/Ferkel	Vorteile	Nachteile
Ferkelveranda	225	einfache Einrichtung	hoher Platzbedarf; schwierige Tierkontrolle; höherer Arbeitsaufwand
Ferkelbucht (Flat Decks)	210	gute Übersicht; gute Tierkontrolle	Heizung erforderlich; Güllekanal notwendig

4.3.7 Vergleich der Verfahren für die Zuchtsauenhaltung

Auch bei der Zuchtsauenhaltung muß bei der Auswahl geeigneter Verfahren die einzelbetriebliche Situation berücksichtigt werden, wobei der Einbau in eventuell vorhandene Gebäude besondere Beachtung verdient. Als allgemeine Anhaltspunkte für eine Auswahl können aber auch hier bei annähernd gleicher Produktionsleistung Arbeitszeitbedarf und Kapitalbedarf dienen.

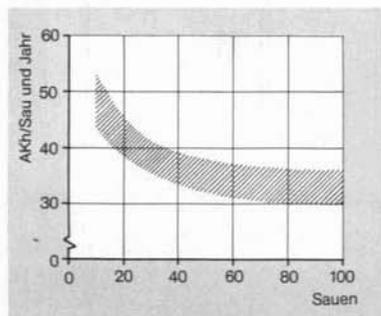


Abb. 514 Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit von der Bestandsgröße

Arbeitszeitbedarf – Er wird vor allem von der Herdengröße und der Mechanisierung und erst in zweiter Linie von der Buchtenform bestimmt (Abb. 514).

Eine Reduzierung des Arbeitszeitbedarfes ist zu erreichen, indem auf Einstreu verzichtet, das Frühabsetzen der Ferkel eingeführt und automatisch gefüttert wird.

Kapitalbedarf – Er wird bei verschiedenen Verfahren vom Platzbedarf der einzelnen Aufstallungsformen und den technischen Einrichtungen bestimmt (Tabelle 165).

Tabelle 165: Kapitalbedarf einer Stalleinheit für 100 Zuchtsauen (nach EICHHORN, 1974)

	Stallplätze	DM/ Stallplatz ¹⁾	DM insgesamt	Anteil (%)
Abferkelstall	27	4600	124 200	35
tragende Sauen einschl. Eber und Deckzentrum	89	1400	124 600	35
Ferkel	291	380	110 580	30
			359 380	

¹⁾ Ausgangsdaten plus Baupreissteigerung 30%

Der Kapitalbedarf je Zuchtsauenplatz liegt demnach in der Größenordnung von 3200 DM. Diesen Daten ist die kontinuierliche Stallbelegung unterstellt. Beim Rein-Raus-Verfahren muß ein Zuschlag von ca. 10% gegeben werden.

4.3.8 Raumprogramm und Planungsbeispiele

Das Raumprogramm für einen Zuchtsauenbetrieb umfaßt

- ▶ Stallräume, z. B. Abferkelstall, Stall für leere und tragende Sauen, Deckzentrum, Ferkelstall,
- ▶ Lagerräume für Futter, Mist, Einstreu,
- ▶ Nebenräume für Futteraufbereitung, Heizung, Hygieneeinrichtungen, Sanitärräume.

Durch die Unterteilung des Bestandes in Haltungsgruppen entsteht ein differenziertes Raumprogramm für den eigentlichen Stall, welches von einer Reihe von Einflußgrößen abhängt (Abb. 515).

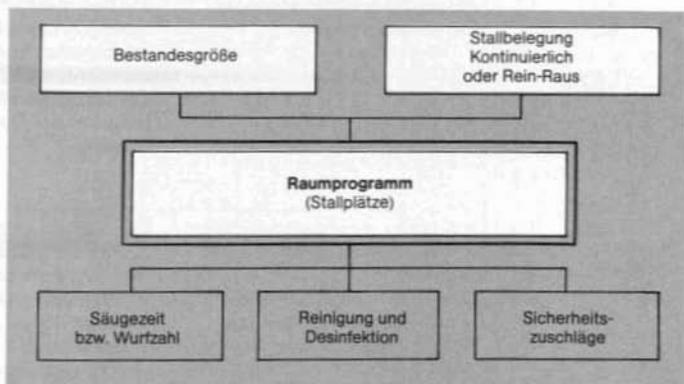


Abb. 515 Einflußgrößen auf das Raumprogramm

Abb. 516 Aufteilung der Zwischenwurfzeit



Die Grundlage des Stallraumprogrammes bildet der **Produktionsablauf** (Abb. 516). Je nach Säugezeit und Zeitspannen für Reinigung bzw. Desinfektion ergeben sich daraus unter Berücksichtigung von Sicherheitszuschlägen die einzelnen Umbuchzeitpunkte und somit der prozentuale Anteil der Plätze für die Haltungsgruppen.

Die Dauer der Trächtigkeit liegt im Durchschnitt bei 115 Tagen und schwankt zwischen 106 und 128 Tagen. Die Zwischenwurfzeit läßt sich verkürzen, wenn die Ferkel früher abgesetzt werden (nach 3–4 Wochen) und durch sorgfältige Brunstbeobachtung die Güstzeit (Schwankung der Güstzeit 5–28 Tage) auf durchschnittlich 2 Wochen gebracht wird.

Beim kontinuierlichen Umtrieb werden die Sauen innerhalb der Produktionseinheit einzeln umgesetzt, während beim Rein-Raus-Verfahren das Umbuchten gruppenweise erfolgt (Tabelle 166). Die Gruppengröße liegt bei den üblichen Bestandsgrößen zwischen 4 und 12 Sauen. Wegen der individuellen Unterschiede in Säuge- und Güstzeit erfordert das Rein-Raus-Verfahren Sicherheitszuschläge, die einen um ca. 5% erhöhten Stallflächenbedarf ergeben.

Tabelle 166: Vergleich zwischen kontinuierlichem und Rein-Raus-Verfahren (nach VAN DEN WEGHE, 1977)

	Kontinuierliches Verfahren	Rein-Raus-Verfahren
Prinzip	Laufende Zu- und Ausgänge von Tieren in den einzelnen Hal- tungs- und Produktionsphasen.	Der Sauenbestand ist in Grup- pen aufgeteilt. Innerhalb einer Sauengruppe durchlaufen die Tiere gemeinsam sämtliche Hal- tungs- und Produktionsphasen.
Vorteile	keine Arbeitsspitzen; optimale Nutzung der Stallab- teile; eingestreute wie einstreulose Verfahren möglich.	Unterbrechung der Infektions- ketten und des Infektionsdruk- kes durch gründliche Reinigung und Desinfektion; bessere Arbeitsorganisation; Wochenendarbeit kann redu- ziert werden; Stalltemperatur kann den An- sprüchen der Tiere angepaßt werden.
Nachteile	gründliche Reinigung und Des- infektion der Stalleinheit nicht möglich; Quarantäneabteil erforderlich; Krankheitsrisiko größer bzw. Krankheitsbekämpfung schwie- riger	nur in größeren Beständen (50 Sauen) durchführbar; hoher In- vestitionsmehraufwand in Be- ständen unter 100 Sauen; Arbeitsspitzen (Sonderarbeiten) an bestimmten Tagen; größerer Aufwand an Ebern oder künstliche Besamung erforder- lich.

Kontinuierliches Verfahren – Die Zahl der Stallplätze errechnet sich aus der Zahl der Sauen (Produktivsau), der Säugezeit und den verschiedenen Zuschlägen.

Die Stallplätze für leere und tragende Sauen werden aus der Gesamtzahl der Sauen abzüglich der Abferkelplätze zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 15% bestimmt (vgl. Tabelle 167).

Tabelle 167: Abferkelbuchten und Plätze für leere und tragende Sauen beim kontinuierlichen Verfahren in Abhängigkeit von der Säugezeit (nach BLENDL UND VAN DEN WEGHE, 1977)

Säugezeit Tage	Wurfzahl je Sau und Jahr	Abferkelbuchten für 100 Sauen	Plätze für leere und tragende Sauen
56	1,8	38	71
49	1,9	36	74
42	2,0	33	77
35	2,1	30	81
28	2,2	27	84
21	2,3	24	87

Bei den in Tabelle 168 angegebenen Werten wird auf ein eigenes Deckzentrum verzichtet und die Sauen werden in den Anbindständen gedeckt.

Tabelle 168: Stallplätze für den Zuchtsauenstall, Absetzen mit 28 Tagen, kontinuierliches Verfahren (nach VAN DEN WEGHE, 1977)

Stallplätze für	Sauenbestand (Produktivsauen)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
leere und tragende Sauen	16	25	33	41	—	—	—	—	—
Deckzentrum ¹⁾	—	—	—	—	14	16	19	21	23
tragende Sauen	—	—	—	—	37	43	48	54	61
laktierende Sauen	6	8	11	14	16	19	22	25	27
Eber	1	1	2	2	2-3	3	3-4	4	4-5
Ferkelaufzucht (bis 20 kg, 10 Ferkel je Wurf)	58	88	116	146	175	204	232	262	291

¹⁾ Verweildauer im Deckzentrum: 28 Tage

Tabelle 169: Stallplätze für den Zuchtsauenstall, Absetzen mit 42 Tagen, kontinuierliches Verfahren (nach VAN DEN WEGHE, 1977)

Stallplätze für	Sauenbestand (Produktivsauen)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
leere und tragende Sauen	16	23	31	38	—	—	—	—	—
Deckzentrum ¹⁾	—	—	—	—	13	15	17	19	21
tragende Sauen	—	—	—	—	33	39	44	50	56
laktierende Sauen	7	10	13	17	20	23	27	30	33
Eber	1	1	2	2	2-3	3	3-4	4	4-5
Ferkelaufzucht (bis 20 kg, 10 Ferkel je Wurf)	37	55	74	92	111	129	147	166	184

¹⁾ Verweildauer im Deckzentrum: 28 Tage

Betriebe mit Jungsauenzukauf richten im Bereich der tragenden Sauen oder im Deckzentrum einige Stallplätze für die deckfähigen Jungsauen ein. Bei eigener Nachzucht hängt die Zahl der Stallplätze von der Nutzungsdauer der Sauen und der Selektionsintensität ab (vgl. Tabelle 170).

Tabelle 170: Stallplätze für Jungsaufzucht bei unterschiedlicher Nutzungsdauer der Produktivsauen (4, 5 und 6 Würfe), bei einer Selektionsintensität von 1:3 und Eigenleistungsprüfung der Jungsauen (nach VAN DEN WEGHE, 1977)

Bestandesgröße an Sauen: Würfe:	20			40			60		
	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Jungsaufzucht ¹⁾	11	9	8	22-23	18	14-15	33-34	27	22
Jungsaufen ²⁾	3	2	2	4-5	4	3	7	6	4-5

¹⁾ 20-90/100 kg LG, etwa 4¹/₂ Monate im Bestand, Selektion vor dem Decken

²⁾ ab 90-100 kg LG, bis 1 Woche vor dem Abferkeln, etwa 4¹/₂ Monate im Bestand

Rein-Raus-Verfahren – Die Zahl der Stallplätze für das Rein-Raus-Verfahren richtet sich u. a. nach der Gruppengröße (Tabelle 171, S. 426).

Tabelle 171: Richtwerte für die Zahl der Stallplätze und Stallabteile für laktierende Sauen beim Rein-Raus-Verfahren (nach VAN DEN WEGHE, 1977)

Sauenbestand (Produktivsauen)	Zahl der			
	Sauen- gruppen ¹⁾	Stallabteile für lakt. Sauen	Abferkel- Aufzucht- buchten pro Abteil	Abferkel- Aufzucht- buchten insgesamt
48	8	4	6	24
56	8	4	7	28
64	8	4	8	32
72	8	4	9	36
80	8	4	10	40
88	8	4	11	44
96	8	4	12	48
108	12	6	9	54
120	12	6	10	60
132	12	6	11	66
144	12	6	12	72
156	12	6	13	78
168	12	6	14	84
180	12	6	15	90

¹⁾ Gruppeneinteilung nach einem Umtriebsintervall von 3 Wochen, Absetztermin zwischen 4. und 5. Woche, Ferkelaufzucht

Lagerräume – Der Raumbedarf für das Futterlager richtet sich nach dem Futterbedarf und den Raumgewichten (Getreideschrot ca. 0,182 m³/dt, Fertigfutter 0,170 m³/dt) (vgl. Tabelle 172).

Tabelle 172: Richtwerte für den Futterverbrauch (dt/Wurf bzw. je Sau und Jahr) und den Netto-Lagerraumbedarf (m³/Sau bzw. m³/Sau mit Nachzucht) für unterschiedliche Absetztermine und Fütterungsverfahren (nach VAN DEN WEGHE, 1977)

Fütterungs- verfahren	Futterverbrauch (in dt)								Nettolagerraum (m ³ /Sau bzw. m ³ /Sau mit Nachzucht)					
	je Wurf				je Jahr und				Alleinfutter insgesamt (ohne Nachzucht)	Alleinfutter insgesamt (mit Nachzucht)	Alleinfutter insgesamt (ohne Nachzucht) (3 Monate Lagerzeit)	Alleinfutter insgesamt (mit Nachzucht) (3 Monate Lagerzeit)	Grundfutter	Ferkelaufzucht einschl. Saugferkel (1 Monat Lagerzeit)
	Absetztermin in Tagen	Abges. Sauen (10 Tage)	Niedertragende Sauen (91 Tage)	Hochtragende Sauen (25 Tage)	Laktierende Sauen (10 Ferkel)	Ferkelaufzucht (bis 20 kg LG)	Eber ¹⁾	Jungsau bis zum Decken ²⁾						
Kraftfutter- alleinfütterung	21				0,116	0,238			9,50–10,00	13,25–14,50	0,46	0,55	–	0,08
	28				0,154	0,235			10,00–10,50	13,75–15,00	0,48	0,57	–	0,07
	35	0,25	1,82	0,63	0,193	0,228	11	2,70	10,50–11,00	14,25–15,50	0,50	0,59	–	0,06
	42				0,231	0,214			11,00–11,50	14,75–16,00	0,52	0,61	–	0,05
Kraftfutter- alleinfütterung für die Ferkel kombinierte Fütterung für Sauen, Jungsau und Eber	21				116	240			7,00– 7,50	8,50– 9,50	0,34	0,41	2,01	0,08
	28				154	220	730 ⁴⁾		7,50– 8,00	8,00– 9,00	0,36	0,43	1,94	0,07
	35	0,25	0,91 ¹⁾	0,50 ²⁾	193	200		1,89 ⁵⁾	8,00– 8,50	9,00–10,00	0,39	0,46	1,86	0,06
	42				231	180			8,50– 9,00	9,50–10,50	0,41	0,48	1,78	0,05

¹⁾ Zusätzlich 800 kg Saftfutter; ²⁾ Zusätzlich 168 kg Saftfutter; ³⁾ Nutzungsdauer der Altsauen 5 Würfe; ⁴⁾ Zusätzlich 2190 kg Saftfutter; ⁵⁾ Zusätzlich 675 kg Saftfutter; ⁶⁾ einschließlich Saugferkel; ⁷⁾ 1 Eber pro 20 Sauen, Futterbedarf je nach Alter und Leistung

Die Werte für die Dunglagerung werden allgemein im GV-Schlüssel angegeben. Zur Umrechnung gilt:

Ferkel (bis 10 Wochen oder 20 kg)	= 0,02 GV
Zuchtsau mit Ferkeln	= 0,5 GV
Zuchtsau, Zuchteber	= 0,3 GV
Jungsau (durchschnittlich)	= 0,12 GV

Tabelle 173: Richtwerte für die anfallenden Dung- und Jauchemengen bei verschiedenen Halungsverfahren (nach VDI-Richtlinie 3471)

Aufstallungsform	Stroh-einstreu (kg/GV u. Tag)	Harn-anteil im Festmist (kg/GV u. Tag)	Jauche (m ³ /GV)	Festmist je GV und Monat			
				Frisch-mist (dt)	nach 4monatiger Lagerzeit Verluste in‰	Menge (dt)	Flüssigmist (m ³) je GV und Monat
Dreiflächenbucht ¹⁾ für tragende Sauen	3,5	5	0,60	8,5	30	6,0	-
Tiefstall für tragende Sauen	8,0	25	-	15,9	30	11,1	-
Kombinierte Abferkel-Aufzucht-bucht ¹⁾	7,0	10	0,45	11,1	40	6,7	-
alle einstreulosen Verfahren	-	-	-	-	-	-	1,4

¹⁾ Diese Aufstallungsformen sind auch ohne Einstreu möglich

²⁾ Bei nicht überdachter Liegefläche und hohem Wasserverbrauch im Stall muß mit zusätzlichem Grubenraum für Regen und Reinigungswasser gerechnet werden

Nebenräume – In den Nebenräumen werden Geräte für die Futteraufbereitung und Futtervorlage, Waagen und verschiedene Hygieneeinrichtungen untergebracht. Der Raumbedarf umfaßt im einzelnen:

- ▶ Geräteraum (Stellfläche für Geräte wie z. B. auch Hochdruckreiniger) 10 m², Waage 1,5 x 2 m mit umlaufendem Gang,
- ▶ Waschstand für Sauenwäsche 4,5 m²,
- ▶ Sanitärräume für Stallpersonal bei größeren Anlagen (einschl. kleinem Büro) 10 m²,
- ▶ Heizraum bei zentraler Heizanlage und Tanklager nach Heizungsplanung (Anhaltswert 4–10 m²),
- ▶ Quarantänebuchten bei Großbeständen sowie Kadaverraum außerhalb des Stalles.

Planungsbeispiele – Bei der Planung von Ställen für die Ferkelproduktion besteht das Problem, das stark aufgegliederte Raumprogramm in einem Grundriß so zusammenzufügen, daß ein funktionsgerechter Ablauf aller Arbeiten gegeben ist. Dieser Planungsschritt erfordert eine Anpassung der einzelnen Räume, wobei die vorgegebenen Zahlen des Raumprogrammes unter Umständen eine Abänderung erfahren müssen. In der heute stärker verbreiteten Größenordnung von 60–100 Zuchtsauen bieten sich zwei Grundformen an:

- ▶ die Längsaufstallung und
- ▶ die kammartige Aufstallung.

Die **Längsaufstallung** (Abb. 517, S. 428) ist dann von Vorteil, wenn gerade Entmistungsachsen (mechanische Entmistung) oder Fütterungsachsen gefordert werden.

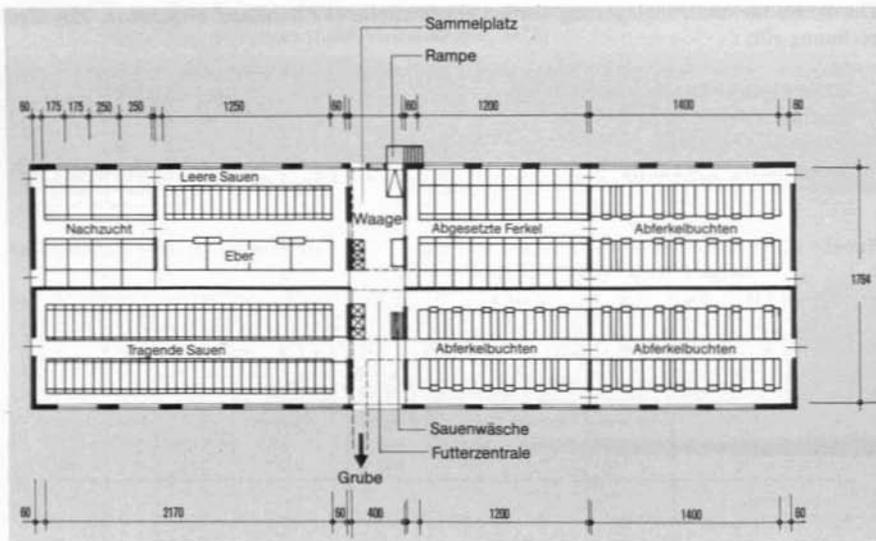


Abb. 517 Stall für 100 Zuchtsauen, Längsaufstallung (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

Der in Abb. 517 gezeigte Grundriß weist im einzelnen folgende Stallplätze auf:

40 Abferkelbuchten	4 Eberbuchten
62 Einzelstände für tragende Sauen	200 Ferkelplätze
18 Sauenplätze im Deckzentrum	40 Plätze für Jungsau-Nachzucht

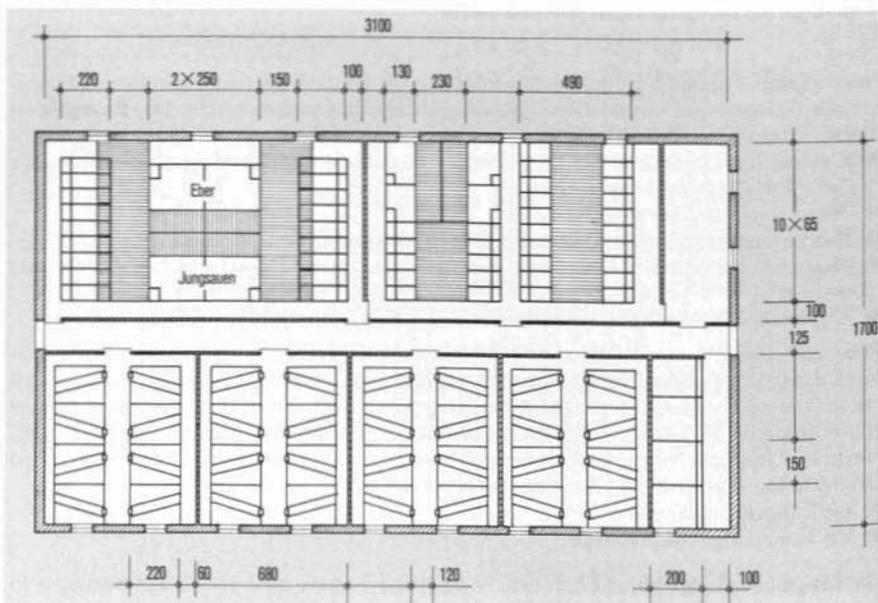


Abb. 518 Stall für 64 Zuchtsauen, Rein-Raus-Verfahren, Abferkel-Aufzuchtbuchten (nach VAN DEN WEGHE) (Maße in cm)

Dieses Raumangebot reicht bei kontinuierlicher Stallbelegung bei Absetzen der Ferkel mit 6 Wochen aus, wobei die Plätze für laktierende und tragende Sauen reichlich bemessen sind, die Plätze im Deckzentrum und für die abgesetzten Ferkel unter den in Tabelle 171 angegebenen Werten liegen. Die notwendigen Geräte und Einrichtungen befinden sich im Mitteltrakt, der gleichzeitig den Bereich mit den höheren Temperaturansprüchen (Ferkel und laktierende Sauen) von den restlichen Stallräumen trennt.

Die **kammartige Aufstallung** (Abb. 518) bietet sich an, wenn mehrere kleinere Stallräume wie beim Rein-Raus-Verfahren so aneinandergesetzt werden müssen, daß eine getrennte Entmischung der Stallräume möglich ist. Dies setzt die Flüssigentmischung voraus.

4.4 Verfahren der Schweinemast

4.4.1 Allgemeine Anforderungen

Der Erfolg der Schweinemast wird von der Futtermittelverwertung bestimmt, da 50% des Aufwandes auf das Futter entfallen. Die Futtermittelverwertung hängt neben der genetischen Veranlagung der Tiere in großem Umfang von den Umweltbedingungen ab, die wiederum technisch beeinflußt werden können. Folgende Punkte sind dabei besonders zu beachten:

- ▶ **Gezielte Fütterung** an einzelne Gruppen, die bei unseren Schweinerassen vorerst noch in abgewogenen Rationen erfolgen muß. Reine Vorratsfütterung (ad libitum) ohne Mengenbeschränkung führt zu schlechterer Futtermittelverwertung und zu Qualitätsminderung (Verfetten).
- ▶ Ein **optimales Stallklima** kann als wesentlicher Umweltfaktor ebenfalls Einfluß auf die Futtermittelverwertung nehmen. Als optimal ist eine Stalltemperatur von 15–20°C anzustreben (Anfangsmast bei ca. 20°C, Endmast bei 15°C). Durch gute Wärmedämmung und Lüftung der Gebäude sollte dieser Temperaturbereich möglichst während des ganzen Jahres eingehalten werden (vgl. »Grundlagen der Landtechnik«, Kap. 4).

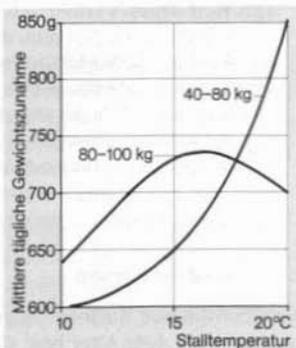
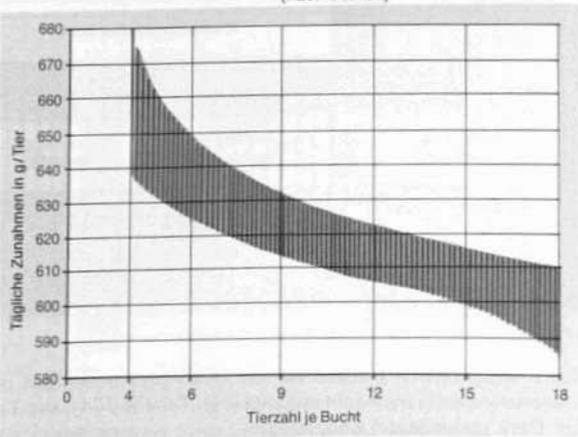


Abb. 519 Gewichtszunahme in Abhängigkeit von der Stalltemperatur (nach BLENDL)

Abb. 520 Tägliche Zunahmen in Abhängigkeit von der Mastgruppengröße

- ▶ Die **Einteilung** der Mastschweine in **Gruppen** hat ebenfalls großen Einfluß auf den Mastenerfolg. Wie aus Abb. 520 hervorgeht, ist bei sehr kleinen Gruppen die beste Futtermittelverwertung zu erzielen. Kleine Gruppen verursachen aber hohe Bauaufwendungen und einen höheren Arbeitszeitbedarf gegenüber großen Gruppen. In der Praxis muß deshalb ein Kom-



promi zwischen beiden Anforderungen gefunden werden. Die günstigste Gruppengröße liegt etwa bei der Wurfgröße von 10–12 Tieren, da hier auch Rankkmpfe zwischen den Mastschweinen eingeschränkt sind. Müssen Ferkel aus verschiedenen Würfen zusammengelegt werden, so sollte dies möglichst frühzeitig erfolgen.

- Die Wahl des richtigen Umbuchtverfahrens spielt ebenfalls eine große Rolle. Mastschweine stellen je nach Alter unterschiedliche Platzansprche. Je häufiger deshalb umgebuchtet wird, desto geringer ist der Stallflächenbedarf in der Mastschweinehaltung. Dem steht aber entgegen, daß häufiges Umtreiben zusätzliche Arbeit verursacht, eine erhöhte Infektionsgefahr in sich birgt und zudem die Futtermittelnutzung negativ beeinträchtigt wird.

Beim *Rein-Raus-Verfahren* wird dagegen der ganze Stall mit Ferkeln in kurzer Zeit befüllt, die dann nach der Mastperiode zum Schlachten abgegeben werden. Danach läßt sich der Stall sehr gut reinigen und desinfizieren. Vom hygienischen Standpunkt aus gesehen können damit beste produktionstechnische Voraussetzungen geschaffen werden. Das Rein-Raus-Verfahren scheidet jedoch in der Regel daran, daß es schwer ist, derartig große Partien von Ferkeln, die für das Auffüllen des Stalles erforderlich sind, auf einmal zuzukaufen. Außerdem kann der Stallraum nicht so intensiv genutzt werden wie in Ställen, in denen umgebuchtet wird.

Als *Kompromiß* bietet sich das *einmalige Umbuchten* während der Mastperiode an. Bei der Buchtenanordnung muß jedoch darauf geachtet werden, daß der Umtrieb keinen zu hohen Arbeitsaufwand verursacht.

All diese Forderungen müssen bei der Mechanisierung der Fütterung, bei der Wahl entsprechender Buchten, bei der Planung von Schweinemastanlagen berücksichtigt werden.

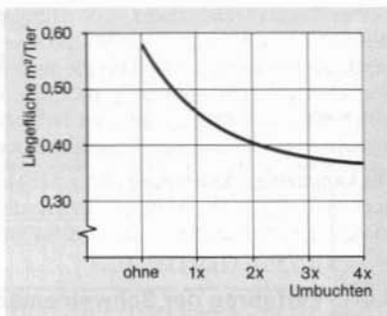


Abb. 521 Liegeflchenbedarf in Abhängigkeit vom Umbuchten

4.4.2 Buchtenformen

Buchtenform und Buchtenabmessungen werden von der Art der Futtermittelnutzung und der Entmischung sowie vom Alter bzw. Gewicht der Tiere bestimmt (Abb. 522).

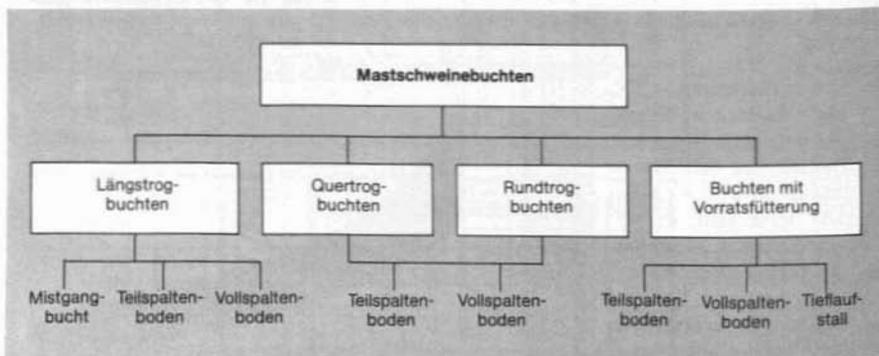


Abb. 522 Einteilung der Buchtenformen für Mastschweine

Einen wesentlichen Einfluß auf die Buchtenabmessungen nimmt die Freßplatzbreite, die wiederum vom Tiergewicht abhängt (vgl. Tabelle 174). Die Trogform ist den Erfordernissen der Tiere anzupassen (Abb. 523).

Tabelle 174: Freßplatzbreite in Abhängigkeit vom Tiergewicht

Mastperiode	Gewicht kg	Freßplatzbreite m/Tier
Vormast	25– 45	0,21
Anfangsmast	45– 65	0,27
Endmast	65– 85	0,29
	85–105	0,33

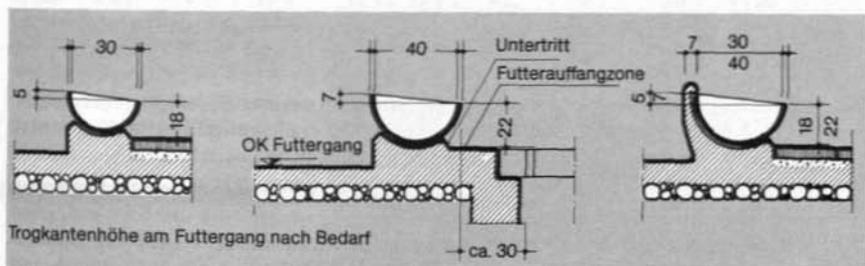


Abb. 523 Trogformen bei Längstroganordnung (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

Mistgangbucht – Bei Mistgangbuchten ist der Mistplatz für die Tiere deutlich von der Liegefläche abgesetzt und als Gang ausgebildet. Aufgrund eines angeborenen Instinktes beschmutzt das Schwein sein Lager nicht, sondern setzt Kot und Harn außerhalb ab. Dadurch können die Entmistungsarbeiten wesentlich vereinfacht werden. Die Sauberhaltung des Liegeplatzes wird zusätzlich gefördert, wenn die Mistgänge in einem dunkleren Stallbereich (meist Außenwand bei hochliegenden Fenstern) liegen, da die Schweine dunklere Zonen zum Abmisten bevorzugen.

Der Vorläufer moderner Mistgangbuchten ist die *dänische Aufstallung*, bei der der Mistgang durch Trennwände von der Liegefläche abgeteilt ist. Während des Entmistens kann man die Tiere auf der Liegefläche einsperren und den Mistgang ungehindert mit einer Schubkarre befahren. Bei dieser Buchtenform kann das Entmisten durch seilgezogene, handgeführte Schleppschaufeln auch nachträglich mechanisiert werden.

Bei der verbesserten Form der *Mistgangbucht mit mechanischer Entmistung* (Abb. 524) fehlt die Trennwand zwischen Liegefläche und Mistgang. Der Mistgang ist hier lediglich durch eine

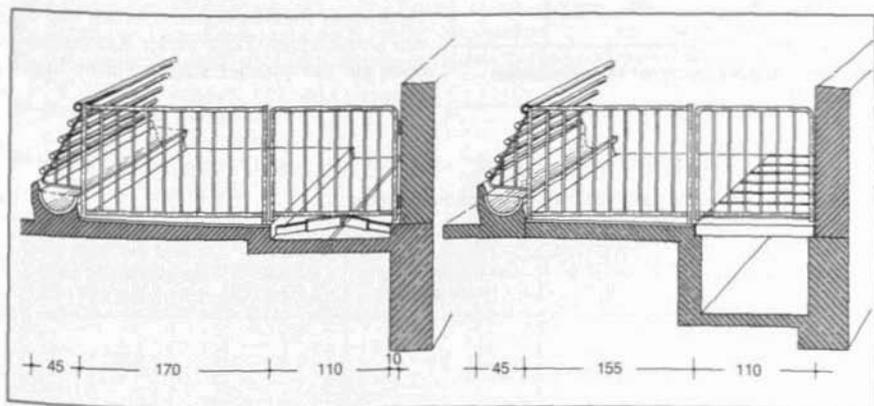


Abb. 524 Mistgangbucht: (l) mit Flachschieberentmistung, (r) mit Teilspaltenboden (Maße in cm)

Stufe von der Liegefläche abgesetzt. Die Höhe dieser Stufe wird vom Entmistungsgerät bestimmt und beträgt bei Flachschieberanlagen beispielsweise 15 cm. Die Bemessung von Liegefläche und Mistgangbreite ist aus der Tabelle 175 zu entnehmen.

Tabelle 175: Abmessungen von Mistgangbuchten

Gewichtsabschnitt	Troglänge cm/Tier	Liegeflächen-tiefe cm	Liegefläche m ² /Tier	Mistgangbreite cm
Anfangsmast bis ca. 65 kg	27	150	0,41	110
Endmast bis 105 kg	33	170	0,56	120

Mistgangbuchten können mit oder ohne Einstreu betrieben werden. Bei eingestreuten Buchten sind 0,5–1,5 kg Stroh je Tier und Tag erforderlich. Das ergibt einen täglichen Dunganfall von 2,5–4 kg je Tier sowie 3 l Jauche je Tier und Tag. Bei einstreulosen Mistgangbuchten ist darauf zu achten, daß die Liegefläche wärmedämmend ist (wärmedämmender Estrich oder Stallbodenplatten).

Zur Mechanisierung der Entmistungsarbeiten eignen sich Schubstangen- und Flachschieberanlagen. Letztere haben den Vorteil, daß sie in Ruhestellung außerhalb des Aufenthaltsbereiches der Tiere stehen und daß sich dadurch die Tiere nicht verletzen können.

Ein *Nachteil* der Flachschieber besteht darin, daß – bedingt durch das Interesse, welches die Tiere beweglichen Gegenständen innerhalb der Bucht entgegenbringen – Verletzungen während des Entmistens durch Einklemmen an der Buchtentrennwand nicht auszuschließen sind. Deshalb sollte der Flachschieber nur während der Futterzeiten eingeschaltet werden, damit die Tiere vom Mistgang fernbleiben.

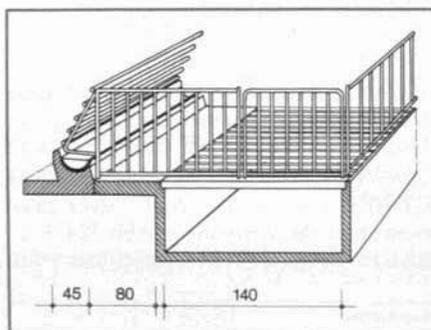


Abb. 525 Längstrogbucht mit Teilspaltenboden (Maße in cm)

Längstrogbuchten mit Teilspaltenboden – Sie haben sich ursprünglich aus den Mistgangbuchten entwickelt und waren in den Abmessungen diesen sehr ähnlich. Die Liegefläche war also so dimensioniert, daß alle Mastschweine einer Bucht auf der planbefestigten und wärmedämmten Fläche Platz hatten. Die Teilspaltenbodenbucht neuerer Art hat sich in den Abmessungen mehr der Vollspaltenbodenbucht genähert. Die planbefestigte Fläche ist soweit eingeschränkt, daß die Tiere beim Fressen sicherer stehen und die neu eingestellten Tiere in der Anfangsmast noch auf der planbefestigten Fläche liegen können (Abb. 525, Tabelle 176).

Tabelle 176: Abmessungen von Teilspaltenbodenbuchten

Gewichtsabschnitt	Troglänge cm/Tier	Tiefe der planbefestigten Fläche cm	Buchtenfläche m ² /Tier	Tiefe der Spaltenbodenfläche cm
Anfangsmast bis ca. 65 kg	27	80	0,49	100
Endmast bis 105 kg	33	80	0,73	140

Buchten mit Spaltenboden – Die Spaltenbodenfläche bildet einen Kompromiß aus tiergemäßer Bewegungs- und Liegefläche und Sauberkeit der Fläche. Bewährte Maße sind:

Auftrittsbreite	8 – 12 cm
Schlitzweite	2 – 2,5 cm

Die bauliche Ausführung von Spaltenböden ist in DIN 18 908 festgelegt. Als Material hat sich Stahlbeton in Form von Einzelbalken oder Rosten durchgesetzt. Roste weisen kürzere Schlitz auf, so daß die Tiere leichter Halt finden (Abb. 526).

Spaltenböden sind so auszuführen, daß sie griffig sind, den Tieren mit scharfen Kanten oder Graten keine Verletzungen zufügen und daß insgesamt eine ebene Fläche entsteht.

Entmistung: Unter dem Spaltenboden wird ein Kanalsystem für das *Fließmistverfahren* eingerichtet. Die Tiefe der Kanäle hängt von deren Länge ab (vgl. Tabelle 177).

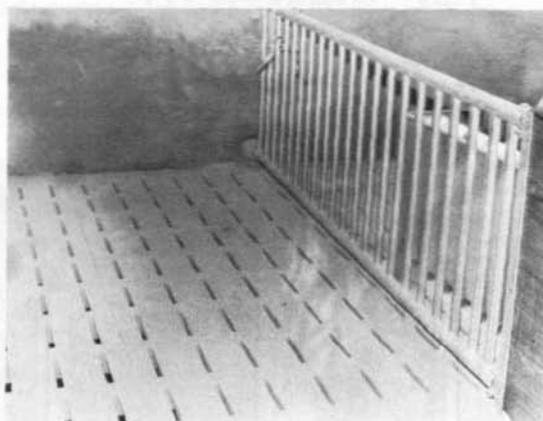


Abb. 526 Spaltenroste in einer Mastschweinebucht

Tabelle 177: Kanaltiefe bei Fließmistverfahren für Mastschweine (Lichtmaß ab Unterkante Spaltenboden)

Kanallänge m	15	20	25	30	35	40
Kanaltiefe cm	70	80	80	90	100	100

Die Kanäle haben ein rechteckiges Profil. Die Kanalsole ist eben. Am Ende jedes Kanalabschnittes befindet sich eine Stauanase, die eine Flüssigkeitsgleitschicht im Kanal hält.

Daneben läßt sich auch das *Stauschwemverfahren*, bei geringer Kanaltiefe auch die teurere und störanfälligere mechanische Unterflurventilierung einbauen. Das Speicherungsverfahren, also die vollständige Mistlagerung unter den Tieren, ist abzulehnen, da

- ▶ der nötige Lagerraum meist nicht billiger zu erstellen ist (tiefere Fundamente!),
- ▶ das Stallklima durch die Luftströmung aus tiefen (soeben entleerten) Kanälen beeinträchtigt wird,
- ▶ das Mischen des Flüssigmistes schwierig ist und
- ▶ dabei gefährliche Gase entstehen, die bereits nahezu gesamte Tierbestände vernichtet haben und ebenso zur Gefährdung des Personals führen.

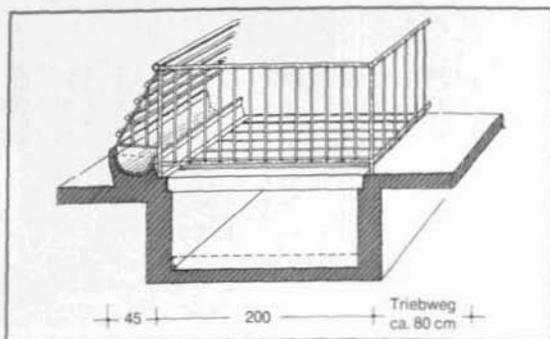


Abb. 527 Längstrogbucht mit Vollspaltenboden (Maße in cm)

Längstrogbuchten mit Vollspaltenboden – Die gesamte Buchtenfläche ist mit Spaltenboden ausgelegt, durch den die Schweine den Kot durchtreten. Dies läßt eine überaus dichte Stallbelegung zu (Abb. 527, Tabelle 178).

Tabelle 178: Abmessungen für Vollspaltenbodenbuchten

Gewichtsabschnitt	Troglänge cm/Tier	Buchtentiefe cm	Buchtenfläche m ² /Tier
Anfangsmast bis ca. 65 kg	27	140	0,46
Endmast bis 105 kg	33	200	0,66

Zu Spaltenboden und Entmistung gelten die bereits bei den Längstrogbuchten mit Teilspaltenboden gegebenen Hinweise.

Bei der Anordnung von Längstrogbuchten besteht das besondere Problem des Ein-, Aus- und Umtriebens der Tiere. Hierfür sind besondere Vorkehrungen zu treffen. Dazu werden entweder Stichgänge zu den Futtergängen oder eigene Treibgänge angeordnet, die zusätzlichen Platzbedarf verursachen (Abb. 528).

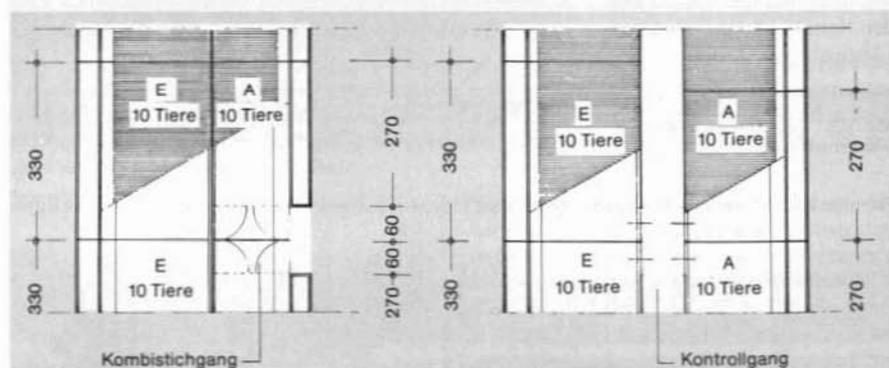


Abb. 528 Umtrieb bei Längstrogbuchten (Maße in cm); A = Anfangsmast; E = Endmast

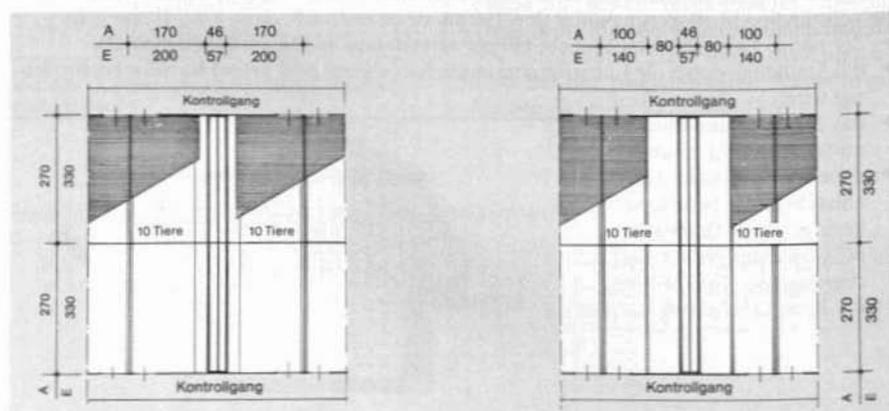


Abb. 529 Quertrogbuchten (nach ALB Bayern), rechts: mit Teilspaltenboden, links: mit Vollspaltenboden

Quertrogbuchten – Für Quertrogbuchten gelten prinzipiell dieselben Abmessungen (vgl. Tabelle 178). Auszunehmen ist der Trog, der von beiden Seiten, also von zwei Tiergruppen, benutzt wird. Gleichzeitig verringert sich auch der Anteil an Umtriebs- und Kontrollgängen (Abb. 529).

Bei der Quertrogbucht fehlt der direkte Zugang zum Trog. Diese Buchtenform setzt also eine mechanisierte Futtervorlage voraus, führt aber dann zu einer stallraumsparenden Anordnung. Für die beiderseitige Nutzung des Troges werden spezielle Trogformen eingebaut (Abb. 530).

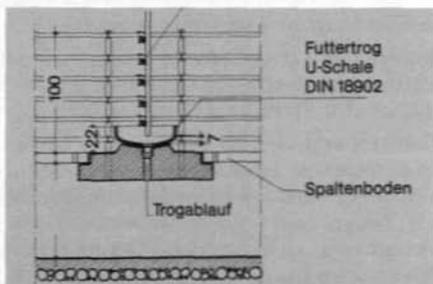


Abb. 530 Quertrog zwischen zwei Buchtenreihen (Steinzeug-U-Schale, Weite 40–50 cm, Flüssigfütterung) (Maße in cm)

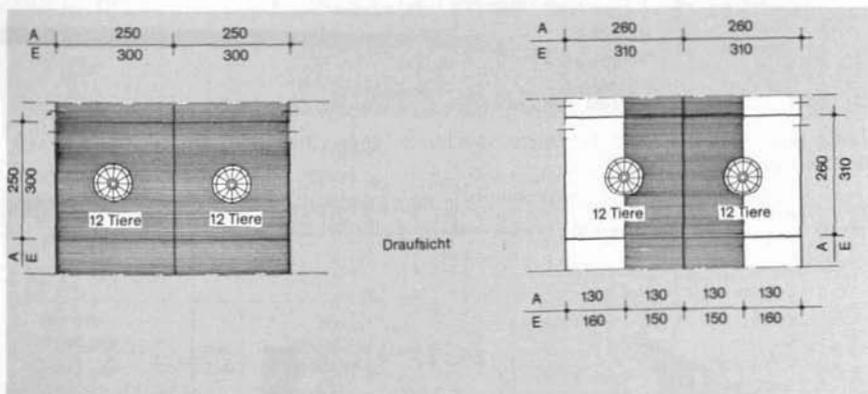


Abb. 531 Rundtrogbuchten (nach ALB Bayern) (Maße in cm): rechts: Teilspaltenboden, links: Vollspaltenboden

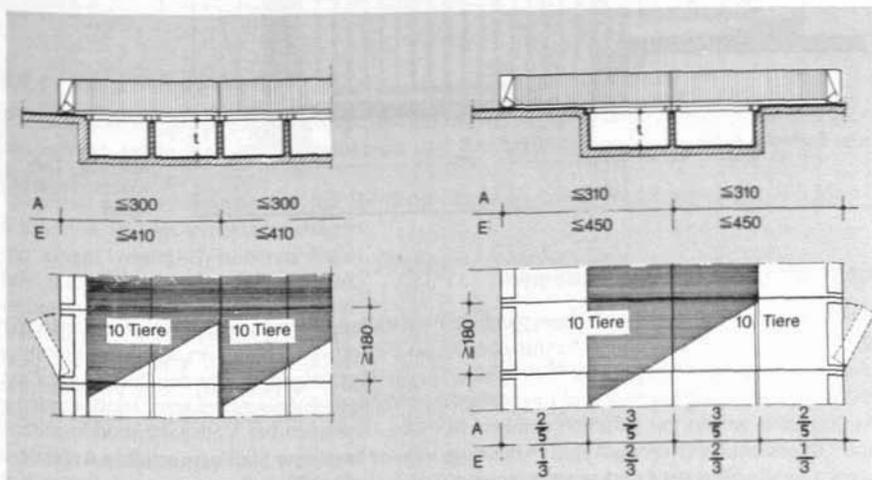


Abb. 532 Buchten für Vorratsfütterung (nach ALB Bayern) (Maße in cm): rechts: Teilspaltenboden, links: Vollspaltenboden

Rundtrogbuchten – Die Buchtenform wird von dem in Buchtenmitte angeordneten Trog, um den sich die Tiere während der Freßzeiten gruppieren, bestimmt (Abb. 531). Teil- und Vollspaltenbodenbucht unterscheiden sich in den Abmessungen.

Da auch hier der direkte Zugang zu den Trögen fehlt, ist diese Buchtenform unmittelbar an die Fütterungsmechanisierung gebunden.

Buchten für Vorratsfütterung – Bei Vorratsfütterung ist die Zahl der Freßplätze eingeschränkt. Im allgemeinen steht für je 3 Mastschweine ein Freßplatz zur Verfügung. Daraus ergeben sich eigene Buchtenformen mit Teil- oder Vollspaltenboden (Abb. 532).

Tiefstreubucht – Bei der Tiefstreubucht (Abb. 533) findet ähnlich wie beim Vollspaltenboden keine räumliche Trennung zwischen Laufbereich und Mistplatz statt. Die Einstreumatratze wird nicht erneuert, sondern durch ständiges Nachstreuen im Abstand von 2–4 Tagen verbessert. Daraus ergibt sich ein hoher Strohverbrauch: 3–4 kg pro Tier und Tag bzw. 5 dt je Mastschwein und Mastperiode. Um ein zu starkes Versumpfen der Buchtenfläche zu vermeiden bzw. um den Einstreubedarf in Grenzen zu halten, sind für den Platzbedarf folgende Werte einzuhalten:

Absatzferkel	0,7 m ²
Läuferschweine	1,0 m ²
Mastschweine	1,6–2,0 m ² .

Hinter dem Trog muß eine befestigte Standplatte angeordnet sein, die in Stufen in den Tiefstreubereich übergeht.

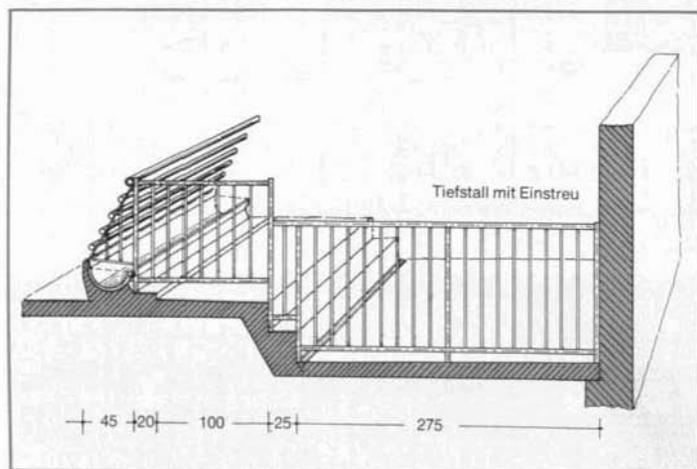


Abb. 533 Tiefstreubucht (Maße in cm)

4.4.3 Vergleich der Buchtenformen

Der wichtigste Maßstab für die Bewertung der Aufstallungsformen ist die tierische Leistung, die in den täglichen Gewichtszunahmen und in der Futtermittelverwertung zum Ausdruck kommt. Umfangreiche Auswertungen der Schweineerzeugerringe zeigen, daß in der Praxis gute Zunahmen in Mistgangbuchten und ungünstigste in Vollspaltenbodenbuchten erzielt werden. Andererseits zeigen gut geführte einzelne Betriebe, daß auch bei Vollspaltenbodenställen hohe Tageszunahmen möglich sind. Allerdings müssen bei dieser Stallform erhöhte Anforderungen an die Klimatisierung gestellt werden (vgl. Tabelle 179).

Darüber hinaus unterscheiden sich die verschiedenen Buchtenformen in ihrem Platzbedarf. Hier erweist sich die Vollspaltenbucht als besonders günstig.

Tabelle 179: Vergleich der Buchtenformen für Schweinemast

	Stallfläche (m ²)	Entmistungsverfahren	Fütterung	Bemerkungen
Längstrog:				
Mistgangbucht	1,29	Flachschieber	von Hand, Fütterungswagen, vollautom. Trockenfüt., Flüssigfütterung	höherer Stallflächenbedarf, keine Bindung an Fütterungsmechanisierung, schwieriges Ein- und Ausbuchten
Vollspaltenboden	0,99	Fließmist (Stauschwemm- und Speicherverfahren)		
Quertrog:				
Teilspaltenboden	0,92	Fließmist (Stauschwemmverfahren)	vollautom. Trockenfüt., Flüssigfütterung	mechanisierte Futtervorlage, auch als Längstrog ohne Futtergang, hohe Stallklimaanf., Teilspaltenboden: Verschmutzungsgefahr
Vollspaltenboden	0,85	Fließmist (Stauschwemm- und Speicherverfahren)		
Rundtrog:				
Teilspaltenboden	0,8	Fließmist (SSV)	vollautom. Trockenfütterung	mechanisierte Futtervorlage, bei Teilspaltenboden: Verschmutzungsgefahr, hohe Anforderungen an Stallklima
Vollspaltenboden	0,75	Fließmist (SSV, Sp. V)		
Vorratsfütterung:				
Teilspaltenboden	0,9	Fließmist (SSV)	Vorratsbehälter, automatische Zubringung	einfache Fütterungsmechanisierung, Masterfolg von Rasse und Futterzusammensetzung abhängig
Vollspaltenboden	0,63	Fließmist (SSV, Sp. V)		

4.4.4 Vergleich der Verfahren

Für eine abschließende ökonomische Beurteilung der verschiedenen Aufstellungs- und Mechanisierungsformen in der Schweinemast sind der **Arbeitszeit-** und der **Kapitalbedarf** von großer Bedeutung.

Dieser ist einmal abhängig von der Herdengröße (Abb. 534). Bei Herden unter 300 Mastschweinen ist das einzelne Schwein mit einem wesentlich höheren Kapital- und Arbeitszeitbedarf belastet, insbesondere bei hochmechanisierten Verfahren. Bei Neubauten sollte deshalb diese Grenze möglichst überschritten werden. Arbeitszeit- und Kapitalbedarf werden aber auch von

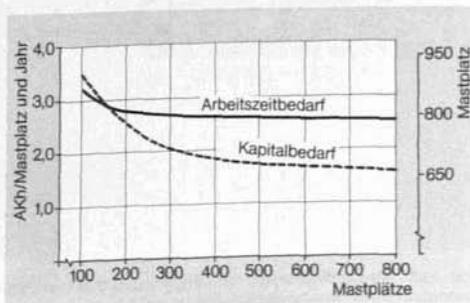


Abb. 534 Arbeitszeitbedarf und Kapitalbedarf in Abhängigkeit von der Bestandsgröße (Spaltenboden, automatische Trockenfütterung, Gleichdrucklüftung)

den Verfahren bestimmt, wie sie in Abb. 535 bei voller Auslastung einer Arbeitskraft wiedergegeben sind.

Somit läßt sich der *Arbeitszeitbedarf* von 6 AKh/Mastplatz und Jahr auf der Handarbeitsstufe durch die Mechanisierung der Futteraufbereitung, der Fütterung und der Entmistungsarbeiten auf etwa 2 AKh/Mastplatz und Jahr senken. Bei voller Spezialisierung auf die Schweinemast kann so eine Arbeitskraft (statt 350 bei Handarbeitsstufe) 1000 Mastschweine betreuen. Die Unterschiede im Arbeitszeit- und Kapitalbedarf innerhalb der hochmechanisierten Arbeitsverfahren sind dagegen von geringer Bedeutung, zumal hier die sonstigen Überwachungs- und Betriebsleiterarbeiten bereits den Hauptteil beanspruchen.

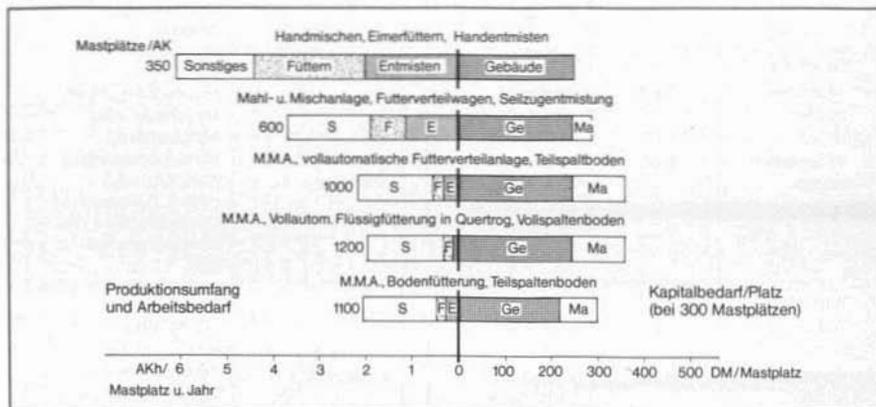


Abb. 535 Produktionsumfang und Kapitalbedarf bei verschiedenen Verfahren der Schweinemast

4.4.5 Planungsbeispiele

Das Planungskonzept wird wesentlich davon bestimmt, ob während der Mast umgebucht werden soll oder einheitliche Buchten mit Endmastabmessungen vorzusehen sind. Weiteren

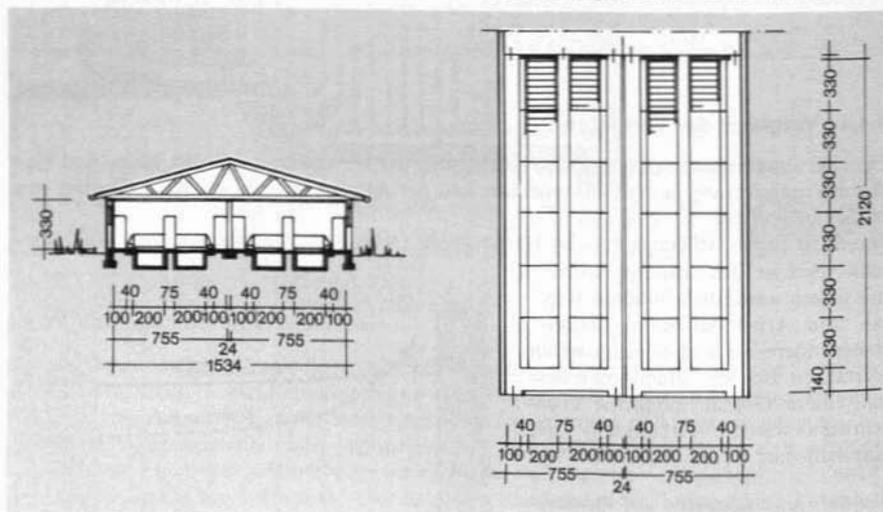


Abb. 536 Mastschweine stall mit Längstrogbuchten und Vollspaltenboden, Ein- und Austreiben über eigenen Treibgang (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

Einfluß auf die Anordnung übt selbstverständlich die Buchtenform aus. Insgesamt werden drei Planungsbeispiele für platzsparende Aufstellung von Mastschweinen dargestellt (vgl. Abb. 536, 537 und 538).

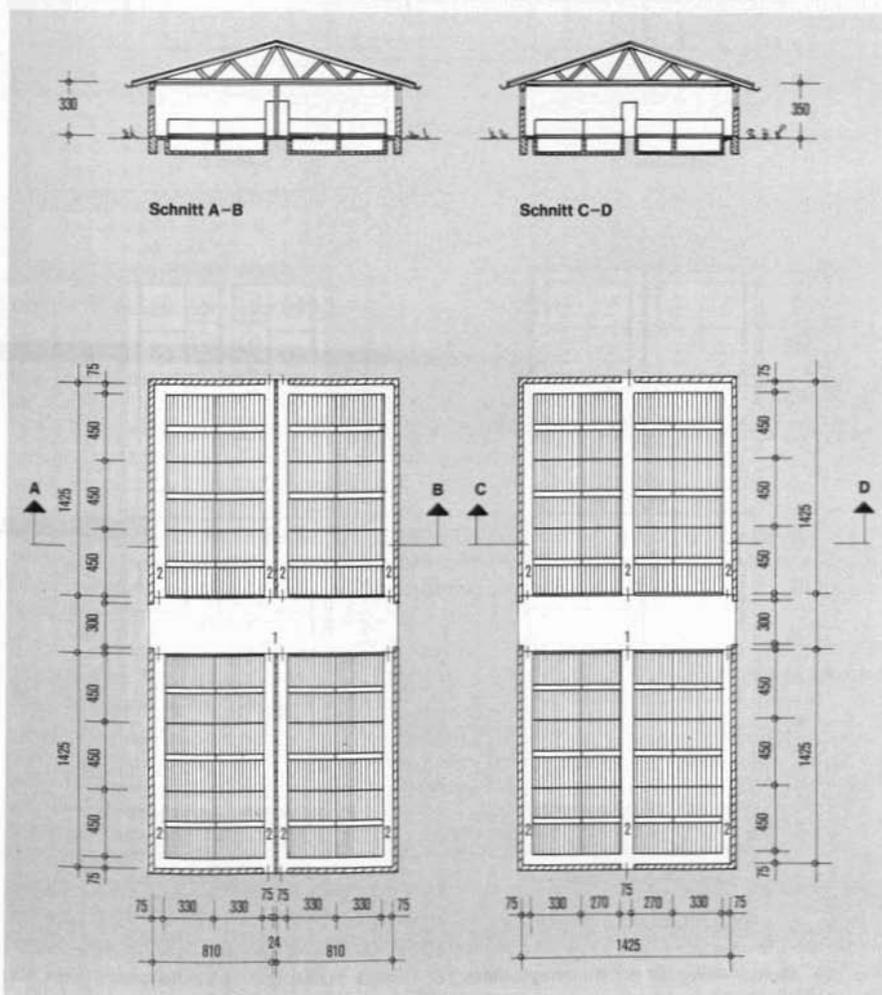


Abb. 537 Mastschweineestall mit Querbuchten (10 Tiere je Bucht) und Vollspaltenboden. links: ohne Umbuchten, rechts: mit Umbuchten (nach ALB Bayern) (Maße in cm)
1 Vorraum, 2 Kontrollgang

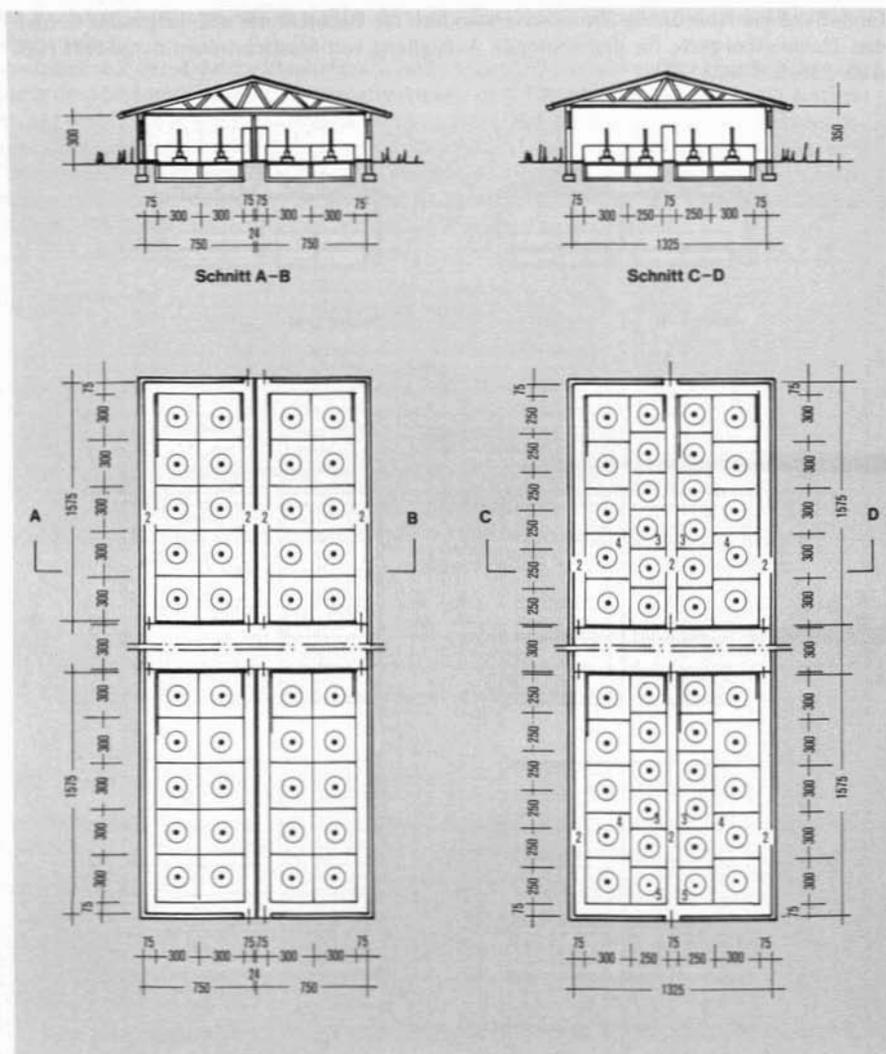


Abb. 538 Mastschweine Stall mit Rundtrogbuchten (12 Tiere je Bucht) und Vollspaltenboden (nach ALB Bayern) (Maße in cm)

1 Vorraum, 2 Kontrollgang, 3 Anfangsmastbuchten, 4 Endmastbuchten, 5 Reservebucht

5 Hühnerhaltung

Die Hühnerhaltung zählt zu den höchstmechanisierten landwirtschaftlichen Produktionszweigen. Mehrere Faktoren haben dafür günstige Voraussetzungen geschaffen:

- ▶ Flächenunabhängige Produktion,
- ▶ einheitliches, standardisiertes Futter,
- ▶ weit fortgeschrittene Züchtung, die zu einheitlichem Tiermaterial führte.

Diese Gründe haben auch eine starke Spezialisierung und Arbeitsteilung mit sich gebracht, die folgende Bereiche umfaßt:

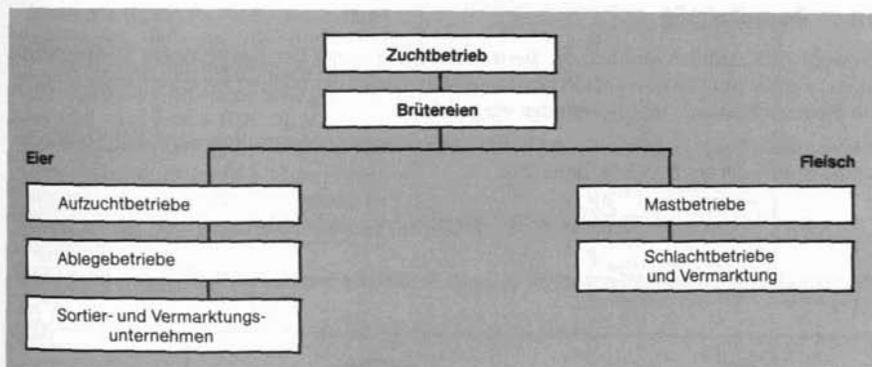


Abb. 539 Spezialbereiche in der Hühnerhaltung

5.1 Legehennenhaltung

In der Eierproduktion muß wegen des äußerst harten Wettbewerbes mit knappen Verdiensträumen gerechnet werden. Ziel des Hühnerhalters ist es, bei hoher Legeleistung mit möglichst geringen Kosten auszukommen. Die Produktionsleistung läßt sich im Bereich der Haltung durch optimale Umwelt beeinflussen:

- ▶ gutes Stallklima und richtige Beleuchtung,
- ▶ Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gaskonzentration, Lichtprogramm,
- ▶ Stalleinrichtung: Verletzungsfreie, schonende Eierbehandlung,
- ▶ richtige Futter- und Wasserversorgung.

Bei der Kostensenkung richtet sich das Interesse zunächst auf den Hauptkostenfaktor, die *Futterkosten*. Hier spielen neben der Futterverwertung vor allem die technisch beeinflussbaren Futterverluste eine Rolle.

Moderne Erkenntnisse der Tierernährung haben die extensive Form der *Legehennenhaltung mit Auslauf* völlig verdrängt und durch die *alleinige Stallhaltung* abgelöst. Die Stallhaltung stellt aber hohe Ansprüche an die Klimatisierung. So sind eine Stalltemperatur von 12–18° C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 65–75% während des gesamten Jahres einzuhalten. Außerdem ermöglicht die Stallhaltung durch künstliche Beleuchtung die Beeinflussung des Tagesrhythmus der Tiere, so daß hohe Leistungen zu erzielen sind (Abb. 540).

Bei der Stallhaltung von Legehennen unterscheidet man zwischen Bodenhaltung und Käfighaltung.

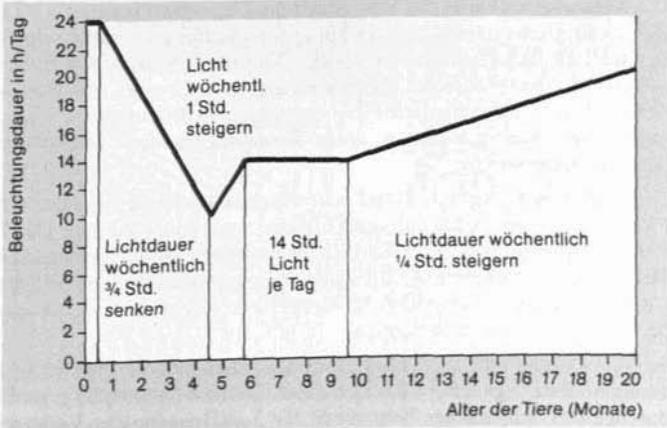


Abb. 540 Beleuchtungsprogramm (Beispiel) für Legehennenhaltung und Aufzucht

5.1.1 Bodenhaltung

Obwohl wirtschaftlich gesehen die Bodenhaltung nicht mit der Käfighaltung konkurrieren kann, wird sie mit Hinweis auf das bessere Wohlbefinden der Hühner vereinzelt insbesondere für kleinere Bestände in Altgebäuden vorgesehen.

Bei der Bodenhaltung können je m^2 Stallfläche 6 Hennen aufgestellt werden. Die Stallfläche selbst ist in mehrere Bereiche unterteilt:

Scharraum – Kotgrube – Legenester

Die verschiedenen Bereiche werden je nach Stallbreite unterschiedlich angeordnet (Abb. 541).

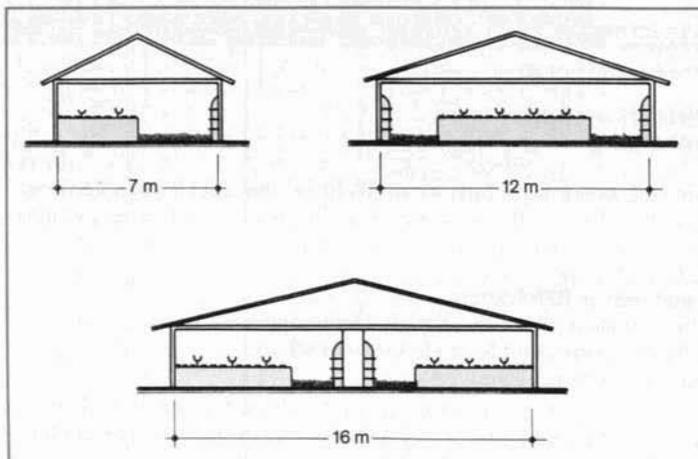


Abb. 541 Bodenhaltung von Legehennen (Anordnungsbeispiele)

Der **Scharraum** beansprucht etwa 30–50% der Stall-Grundfläche. Um die Tiere verstärkt zum Aufenthalt auf der Kotgrube zu zwingen, schränkt man den Scharraum ein und vergrößert die Kotgrube bis auf 70% der Stallbodenfläche. Eingestreut wird der Scharraum mit einem Gemisch von Hobelspänen und Strohhäcksel, welches allerdings schimmelfrei sein sollte. Wichtig ist, daß die Einstreu scharffähig bleibt und nicht fest wird. Bei falschen Einstreumaterialien und zu hoher Luftfeuchtigkeit verfestigt sich die Einstreu und muß umgestochen werden. Die Erneuerung der Einstreu erfolgt mit jeder neuen Stallbelegung.

Die **Kotgrube** besteht an der Vorderseite aus einer 70–100 cm hohen Trennwand aus imprägnierten Brettern oder Bohlen, die mit Lüftungsschlitzen versehen sind oder an der Oberseite durch ein Drahtgeflecht ersetzt werden. Abgedeckt wird die Kotgrube durch ein Spezialkotgrubengitter aus Stahldraht (Maschenweite 25 x 25 mm), das Eier und Hühner vom Kot trennt. Auf dem Drahtgeflecht sind die hölzernen Sitzstangen in einem Abstand von 35 cm angeordnet (5 x 6 cm Latten, obere Kante abgerundet). Je laufenden Meter Sitzstangen haben 4 Hennen Platz.

Die **Fütterung** erfolgt von Hand oder durch vollmechanische Fütterungsanlagen. In beiden Fällen sollten die Tröge auf der Kotgrube angeordnet werden. Das Futter wird zur freien Aufnahme verabreicht, wobei an den Freßrinnen 12 cm je Henne und bei Rundtrögen 8 cm je Henne Freßplatzbreite zur Verfügung stehen müssen. Ebenso wie das Trockenfutter sollte auch das Wasser jederzeit über der Kotgrube verfügbar sein, da Planschwasser in der Kotgrube weniger stört als im Scharraum.

Bei den **Legenestern** muß dafür gesorgt werden, daß die Tiere nicht unnötig aufsitzen. Bei den einfachen Legenestern hat sich das Abrollnest (Abb. 542) gegenüber dem Familiennest durchgesetzt. Ein solches Nest reicht für 3–4 Hennen. Zur Vollmechanisierung der Eier-

abnahme wird außerdem eine Anlage angeboten, bei der die Eier samt Nestestreu mittels Kettenkreisförderer sorgsam aus dem Stall gezogen werden. Auf einem Rost im Vorraum trennen sich Eier und Einstreu. Die Eier können bequem und schonend abgenommen werden, während die Einstreu in die Legenester zurückwandert.

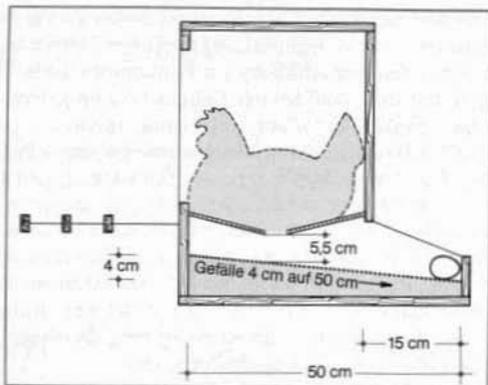


Abb. 542 Abrollnest (nach SCHOLTYSEK)

Vorteile: Größerer Bewegungsbereich für die Hühner, günstigeres Tierverhalten, 2% geringerer Anteil an Knick- und Brucheiern, einfache Mechanisierung möglich.

Nachteile: Hoher Platzbedarf (bei entsprechender Mechanisierung jedoch gleicher Kapitalbedarf wie Käfighaltung), 5–10% höherer Futterverbrauch, geringere Legeleistung, Hygieneprobleme und höherer Medikamentenverbrauch, 10mal höherer Anteil an Schmutzeiern.

5.1.2 Käfighaltung

Die Nachteile der Bodenhaltung – und hier vor allem die hygienischen Probleme – haben dazu geführt, daß in größeren Legehennenbeständen die Käfighaltung bevorzugt wird. Das Angebot an Käfigen reicht vom Einzeltierkäfig bis zum Koloniekäfig. Am gebräuchlichsten sind Käfige mit 2–5 Tieren, wobei sich aus verschiedenen Versuchen abzeichnet, daß bei einem Besatz von 3–4 Hennen je Käfig günstige Produktionsvoraussetzungen geschaffen sind. Die Käfigfläche muß auf die Anzahl der Tiere abgestimmt sein. Je Huhn werden 450 cm² Bodenfläche, eine Troglänge von mindestens 10 cm und eine Tränkestelle für je 2 Tiere je Käfig benötigt. Das vorherrschende Material bei Käfigen ist verzinkter Stahldraht. Mehr und mehr werden aber Kunststoffteile verwendet. Die Maschenweite des Käfigbodens sollte nicht unter 20 mm liegen, damit der Kot ungehindert durchfallen kann. Die wichtigsten Anforderungen an einen Legehennenkäfig sind in Abb. 543 zusammengefaßt.

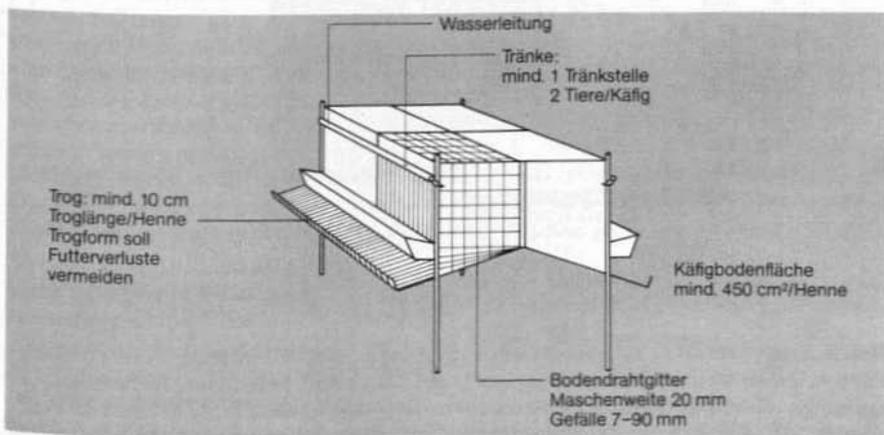


Abb. 543 Anforderungen an einen Legehennenkäfig

Die Mechanisierung der einzelnen Arbeiten für das Füttern, Entmisten und Eiersammeln erfordert bei der Käfighaltung allerdings höhere technische Aufwendungen. Während nämlich bei der Bodenhaltung die Funktionsbereiche für Entmisten, Füttern und Eiersammeln getrennt sind, muß bei der Käfighaltung an jedem einzelnen Käfig die Ausstattung für Füttern, Tränken und Eiablage vorhanden sein.

Als Tränkeanlagen sind Niederdrucksysteme zu bevorzugen, bei denen ein Zwischenbehälter den Druck reduziert. Über einen Schwimmer wird dabei ein gewisser Wasservorrat bereitgestellt, der Wasserausfälle überbrückt und eine vorbeugende Vitamin- und Medikamentenverabreichung ermöglicht. Als Tränken werden neben der sparsamen und sicheren Rinnentränke in den letzten Jahren vermehrt Nippeltränken verwendet, die eine laufende Frischwasserversorgung gewährleisten. Für je 2 Hennen in einem Käfig sollte ein Nippel bereitstehen. Die Anordnung der Nippel an der Vorderseite des Käfigs erleichtert die laufende Funktionskontrolle. Sie ist von besonderer Bedeutung, da mangelnde Wasserversorgung zu einem erheblichen Rückgang der Legeleistung führt.

Bei der Mechanisierung der Fütterungsarbeiten in Käfiganlagen bringt die täglich einmalige Vorratsfütterung Futtermittelverluste bis zu 4%. Deshalb wird eine mehrmalige Futtervorlage angestrebt, die durch mechanische Anlagen wesentlich erleichtert wird. In einer ersten Mechanisierungsstufe können batteriebetriebene Fütterungswagen eingesetzt werden, die an den Käfigen entlang zu schieben sind. Für eine automatische Fütterung sind Laufschienenverteilwagen und kontinuierlich arbeitende Trogförderer üblich. Laufschienenverteilwagen fahren, von einer Zeituhr gesteuert, an der Käfigreihe vorbei und befüllen aus einem Vorratsbehälter die verschiedenen Etagen gleichzeitig. Trogförderer (z. B. Trogketten) fördern das Futter direkt im Freßtrog. Hier kommt es teilweise zum Entmischen des Futters.

Bei der Käfighaltung unterscheidet man verschiedene Systeme, die vor allem durch ihre Zuordnung der Einzelkäfige gekennzeichnet sind (Abb. 544).



Abb. 544 Übersicht über verschiedene Käfiganlagen

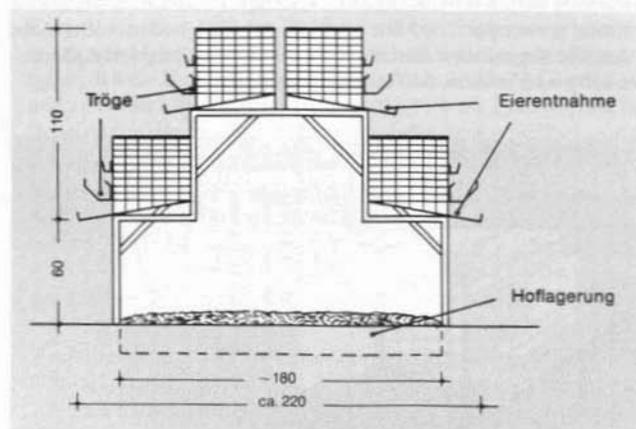


Abb. 545 Stufenkäfige (Maße in cm)

Stufenkäfige (Abb. 545), auch Kaskadenkäfige genannt, sind die einfachste Form der Käfiganlagen. Die stufenförmige Anordnung macht die Käfige beim Füttern und Eiersammeln gut zugänglich. Diese Arbeitsgänge müssen nicht mechanisiert werden. Der Kot lagert entweder während der Haltungsperiode unter den Käfigen oder wird mit einer Kotschieberanlage regelmäßig entfernt.

Vorteile: Gute Ausnutzung vorhandener Gebäude, da nicht an Mechanisierungsachsen gebunden; niedriger Kapitalbedarf; auch für kleinere Bestände geeignet.

Nachteile: Geringe Besatzdichte (bis 12 Hennen pro m² Stallfläche); ungünstiges Stallklima bei Dunglagerung im Stall.

Etagenkäfige vermeiden den Nachteil der geringen Besatzdichte. Bei ihnen sind die Tiere in drei Etagen übereinander angeordnet, wobei zwischen mittlerer und unterer Etage in der Mitte ein Spalt freibleibt, durch den der Dung abgeschoben werden kann und somit die Dunglagerung im Stall oder eine einfache Entmistungsanlage möglich wird. Dieses Abschieben des Dinges erfolgt jeweils nach mehreren Tagen. Die Besatzdichte beträgt 16–18 Hennen je m² Stallfläche (vgl. Abb. 546). Die Fütterung läßt sich über Fütterungswagen oder über Futterketten mechanisieren.

Vorteile: Gute Stallraumausnutzung, niedriger Kapitalbedarf;

Nachteile: Ungünstiges Stallklima bei Dunglagerung im Stall, Dungabschieben in Handarbeit.

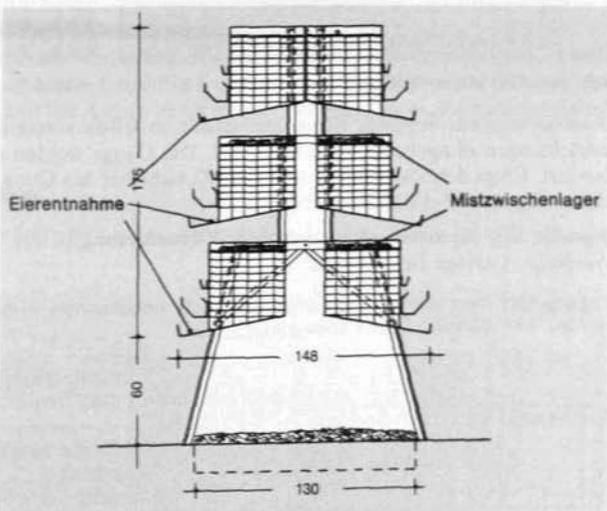


Abb. 546 Etagenkäfige
(Maße in cm)

Teil- und vollmechanisierte Batterien lassen sich sowohl vier-etagig mit einer Besatzdichte von 18–20 Hennen je m², besser aber dreistöckig mit 16–18 Hennen je m² anordnen. Drei Etagen sind übersichtlicher und erleichtern die Arbeit. Unter den einzelnen Käfigetagen läuft eine Entmistungsanlage (bissenweise Förderung) oder ein Kotband. Während die Mechanisierung der Fütterung einfach durchzuführen ist, benötigt das vollautomatische Eiersammeln einen hohen technischen Aufwand, da die Eier aus den verschiedenen Etagen auf ein Niveau gebracht werden müssen. Dies erfordert neben der Horizontalförderung auch eine Vertikalförderung. Insbesondere an den Übergängen besteht die Gefahr der Beschädigung der Eier. Der relativ hohe Arbeitsaufwand für das Eiersammeln von 6 AKmin/Henne und Jahr trägt dazu bei, daß dennoch in den größeren Batterieanlagen das Eiersammeln mechanisiert wird.

Vorteile: Gute Stallraumausnutzung (18–20 Hennen/m²);

keine Kotlagerung im Stall;

sparsamer Futterverbrauch.

Nachteile: Mindestgröße 3000 Tiere je Stall (2 Reihen, 30 m Mindestlänge);

Mechanisierung des Eiersammelns schwierig;

bei Vollmechanisierung störanfällig.

Bei den **Flat-Deck-Anlagen** (vgl. Abb. 548) liegen die Käfige in einer Ebene. Somit ist die Vollmechanisierung (Füttern, Tränken, Eiersammeln) einfacher durchführbar. An der Me-

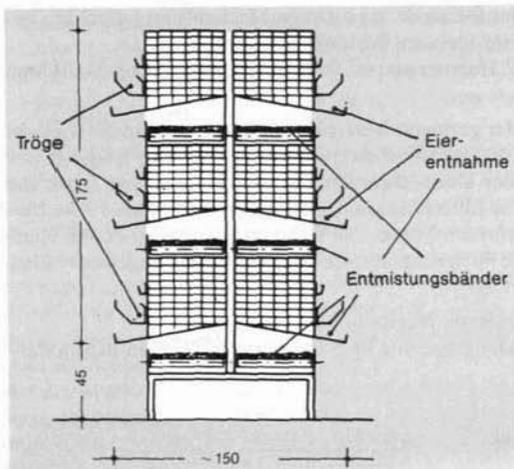


Abb. 547 Drei-Etagen-Batterie (Maße in cm)

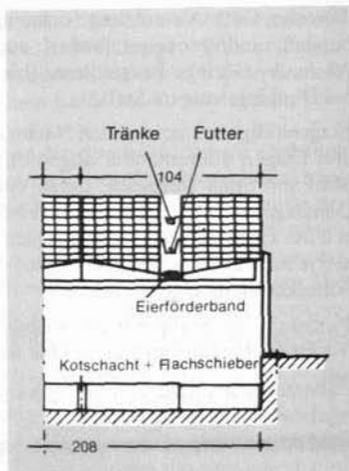


Abb. 548 Flat-Deck-Anlage (Maße in cm)

chanisierungsseite liegen die Käfige aneinander, so daß die verschiedenen Bänder und Förder-einrichtungen doppelseitig zu nutzen sind. Die Gänge werden nur zur Bestandskontrolle benutzt. Unter den Käfigen transportieren Kotschieber den Dung aus dem Stall. Die Besatz-dichte liegt bei 12–14 Hennen je m².

Vorteile: Gut mechanisierbar; einfachere Klimatisierung,

Nachteile: Geringe Besatzdichte.

Tabelle 180: Vergleich der Haltungssysteme für Legehennen, Angaben in () = Mechanisie-rung schwierig bzw. wenig sinnvoll

Systeme	Beleg-dichte (Hennen/m ²)	Mechanisie-rung	Hennen je AK	Kapitalbedarf (DM/Tierplatz)		Eignung
				Innen-einrich-tung	Gebäude	
Boden-haltung	6	Fütterung, Tränken, Entmistung, (Eierabnahme)	3000–5000	5–10	35	Herden bis 5000 Hennen in Alt-gebäuden
Stufen-käfige	10–12	Tränken, (Fütterung), (Entmistung)	3000–5000	10–15	25	Herden bis 5000 Hennen in Neu-bauten
Etagen-käfige	16–18	Tränken, (Fütterung), (Entmistung)	7000	15–20	15	Herden bis 7000 Hennen in Neu-bauten
Batterie	16–18	Fütterung, Tränken, Entmistung, Eierabnahme	bis 50 000	20–25	15	ab 5000 Hennen
Flat-Deck	12–14	Fütterung, Tränken, Entmistung, Eierabnahme	bis 50 000	20–25	20	ab 5000 Hennen

5.1.3 Vergleich der Haltungssysteme für Legehennen (vgl. Tabelle 180, S. 446).

Bei einem Vergleich und einer Zuordnung der Haltungssysteme für Legehennen muß vor allem die beabsichtigte Herdengröße beachtet werden. Für kleinere Herden unter 5000 Hennen, die in Betrieben mit Selbstvermarktung stehen und bei denen eine weitere Bestandsaufstockung nicht vorgesehen ist, sind Haltungsverfahren mit einer mittleren Mechanisierungsstufe auch in Zukunft zu empfehlen. Für Altgebäude können je nach vorhandener Gebäudekapazität Bodenhaltung oder Stufenkäfige eingesetzt werden. Bei Neubauten sollte wegen der besseren Raumausnutzung aber die Käfighaltung in Etagenkäfigen bevorzugt werden.

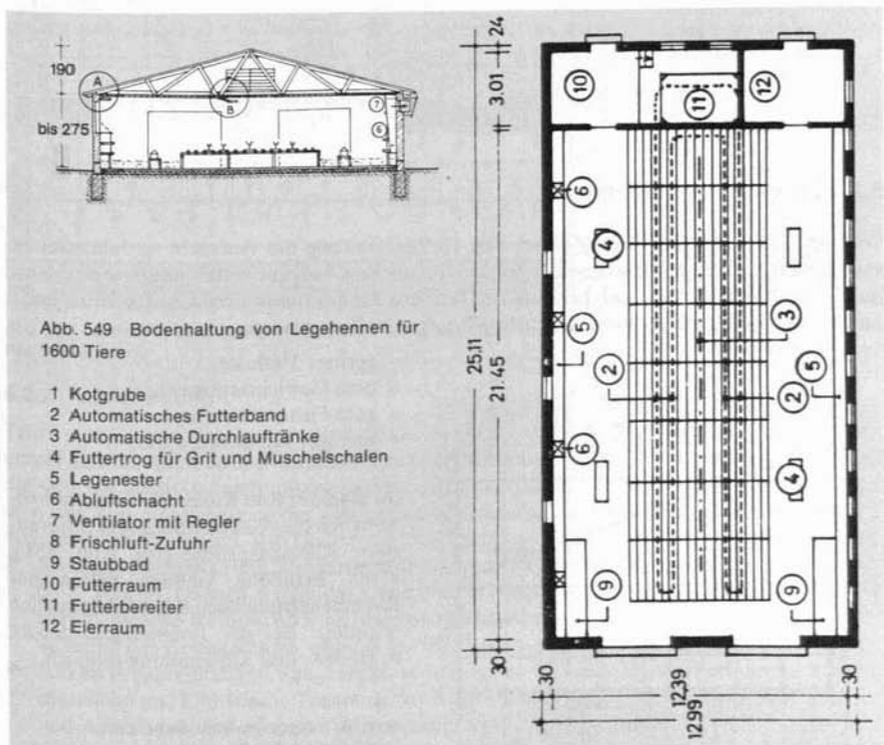
Für die spezialisierte Großherdenhaltung sind wegen der höheren Arbeitsproduktivität und der hohen Belegdichte trotz höherem Mechanisierungsaufwand Käfigbatterien vorteilhafter.

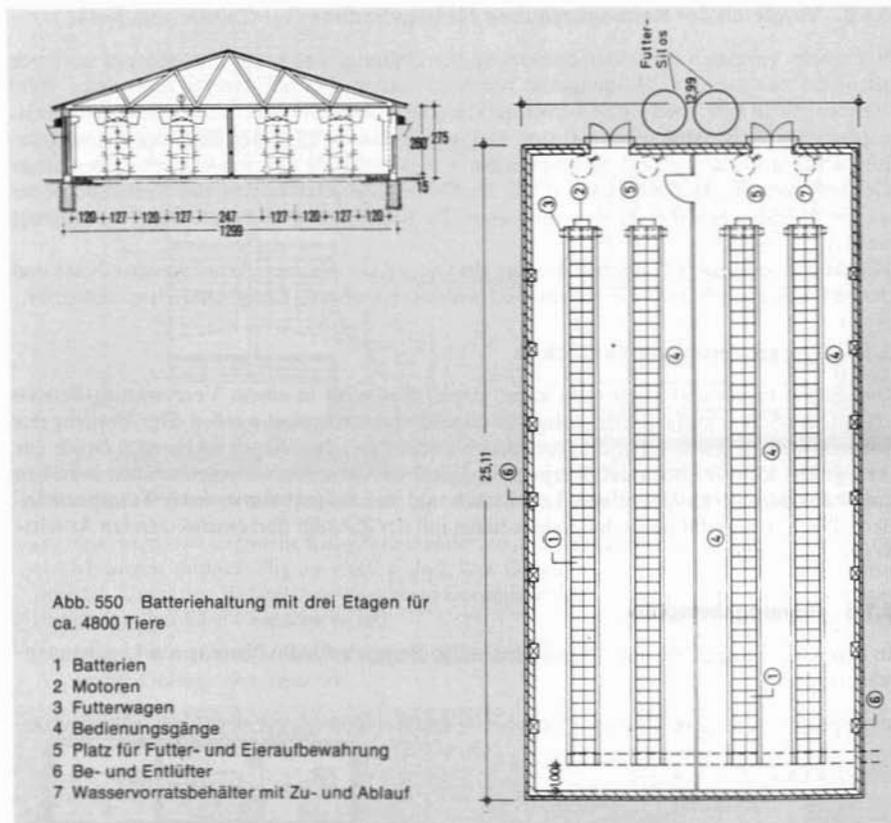
5.1.4 Eiersortieren und Verpacken

Das Eiersortieren und Verpacken kann, soweit dies nicht in einem Vermarktungsbetrieb erfolgt, durch teilautomatische Anlagen weitgehend mechanisiert werden. Der Vorgang des Sortierens gliedert sich auf in das Durchleuchten der Eier, das Wiegen und je nach Größe der Anlage das Kennzeichnen und Verpacken. Handelsübliche Eiersortiermaschinen bestehen daher aus dem Eierzulauf, einem Leuchttisch und den Sortierbahnen sowie Transportbändern. Die Leistungsfähigkeit der Anlage hängt mit der Zahl der dort einzusetzenden Arbeitskräfte zusammen.

5.1.5 Planungsbeispiele

In den Abbildungen 549 und 550 werden einige Beispiele für die Planung von Legehennenställen gezeigt.

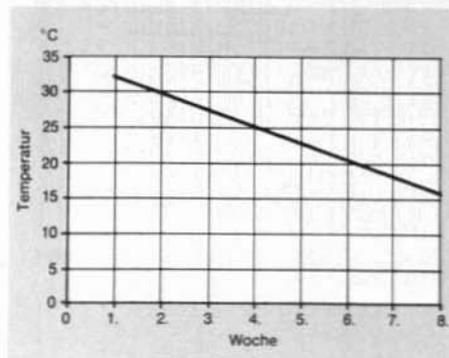




5.2 Junghennenaufzucht

Während früher in der kleinstrukturierten Geflügelhaltung die Aufzucht in Jahreszeiten verlegt wurde, in denen sie wegen der hohen klimatischen Ansprüche der Jungtiere problemloser durchzuführen war, besteht heute die Tendenz zur kontinuierlichen Aufzucht zu jeder Jahreszeit. Für die erfolgreiche Aufzucht gilt folgende Zielsetzung:

- geringe Verluste,
- gute Gewichtsentwicklung,
- gute Futtermittelverwertung,
- geringer Arbeitsaufwand.



Im Stadium vom Küken bis zur Legehähne haben die Aufzuchtstiere sehr differenzierte Klimaansprüche (vgl. Abb. 551), deren Erfüllung vielfach neben der Raumbeheizung auch lokale Heizquellen erfordert. Bei der Junghennenaufzucht ist Boden- und Käfighaltung möglich.

Abb. 551 Stalltemperaturen bei der Junghennenaufzucht

5.2.1 Bodenhaltung

Bei der Bodenhaltung hängt die *Besatzdichte* vom Alter der Küken oder Junghennen ab. Im einzelnen gelten folgende Raumansprüche:

- bis 8 Wochen 15–20 Küken je m²,
- bis 16 Wochen 8–10 Junghennen je m²,
- bis Legereife 6–8 Hennen je m².

Bei frühzeitigem Umstellen der Küken in den Ablegestall müssen bei Verwendung einer lokalen Heizquelle (z. B. Infrarot- oder Gasstrahler) die Küken durch einen Ring aus 80 cm hohen Hartfaserplatten räumlich eingeschränkt werden.

Die *Gruppengröße* hängt von der Leistung der lokalen Heizquelle ab (z. B. 1 Infrarotlampe, 250 W, für 75–80 Küken, Platten- oder Gasstrahler für 250–300 Küken). Während des Kükenstadiums ist vor allem darauf zu achten, daß Futter- und Tränkeaufnahme reibungslos vonstatten gehen. Handbefüllte Stülptränken leisten hier wertvolle Dienste, wenn sie sorgfältig gereinigt und regelmäßig mit frischem Wasser versehen werden.

Hinsichtlich der *Einstreu* gilt ähnliches wie bei den Legehennen: Sie muß scharffähig bleiben. Kurzes Strohhäcksel und Hobelspäne sind vorzuziehen. Die Einstreuhöhe sollte 25–30 cm betragen. Die Stallnutzung erfolgt nach dem Rein-Raus-Verfahren. Daher läßt sich die Entmistung einfach und kostengünstig nach der Aufstellungsperiode mit dem Frontlader oder ähnlichen Geräten durchführen.

Für die *Fütterungs- und Tränketchnik* ergibt sich daraus die Konsequenz, daß diese Einrichtungen nach der Aufstellungsperiode ohne größere Umstände aus dem Verkehrsbereich des Entmistungsgerätes entfernt werden können. Für diese Zwecke besonders gut geeignet sind Rohr-Rundtrojanlagen (vgl. Abb. 552 und 553). Je nach Alter der Tiere rechnet man einen Rundtrog für 30–40 Junghennen. Als Tränken dienen sowohl Rinnen- als auch Nippeltränken.

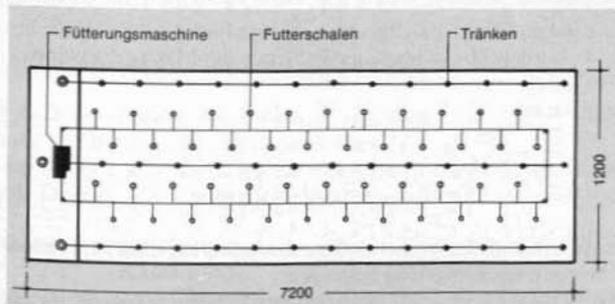


Abb. 552 Aufzucht- und Maststall mit Rohr-Rundfütterungsanlage für Junghennen (Maße in cm)

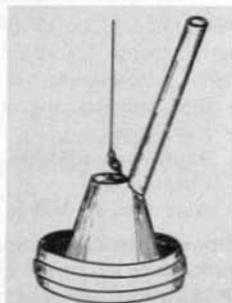


Abb. 553 Rundtrog der Rohr-Rundfütterungsanlage

5.2.2 Käfighaltung

Trotz starker Verbreitung der Bodenhaltung setzt sich in der Aufzucht die Käfighaltung immer stärker durch. In den letzten Jahren wurden hierzu verschiedene Verfahren entwickelt, die sich vor allem dadurch unterscheiden, daß innerhalb der verschiedenen Wachstumsstadien der Aufenthaltsbereich der Tiere gewechselt wird. Besonders deutlich wird das bei den kombinierten Verfahren, also Boden- und Käfighaltung. Folgende Verfahren bieten sich an:

- ▶ Küken in Bodenhaltung, Junghennen in Käfigen: Die Bodenhaltung erstreckt sich bis zur 6.–8. Woche. Danach erfolgt das Umstellen in Junghennenkäfige, in denen die Tiere bis zur 20. Woche bleiben, oder in Junghennen-Legehennen-Käfige, die den Hennen auch während des Legestadiums, also bis zur 90. Woche, als Aufenthaltsbereich dienen.
- ▶ Küken in Kükenkäfigen, Junghennen in Junghennenkäfigen: Dieses Verfahren setzt eine räumliche und klimatische Trennung der Bereiche voraus, ergibt aber bei hohem Kapital- und Arbeitsaufwand eine gute Ausnutzung der Anlagen.

- ▶ In der Aufzuchtbarriere bleiben die Tiere bis zur Legehennenreife (bis 20 Wochen). Die Küken werden in einer der Etagen aufgestellt und später mit zunehmendem Alter auf die restlichen Etagen verteilt.
- ▶ Mit Hilfe von verstellbaren Seitenwänden und Böden wird die ‚Kombi-Barriere‘ den verschiedenen Bedürfnissen während der gesamten Haltung bis zu 90 Wochen angepaßt. Es handelt sich also um eine Aufzucht- und Lege-Barriere. Der maximale Besatz entspricht dem in der Legehennenhaltung.

Nach der Reihenfolge der Verfahren erhöht sich der Einrichtungsaufwand, während gleichzeitig die Besatzdichte oder die Zahl der Umtriebe sinkt. Die Vorteile der beiden letztgenannten Verfahren zeigen sich vor allem in verbesserter Hygiene und im verringerten Arbeitsaufwand, da das Umsetzen der Tiere weitgehend bzw. ganz vermieden wird.

Wie bereits erwähnt, werden die Vorteile der Käfighaltung – wie z. B. geringere Krankheitsanfälligkeit, bessere Gewichtsentwicklung bei geringerem Futteraufwand, höhere Besatzdichte und verringerter Arbeitsaufwand – diesem Verfahren zu weiterer Bedeutung verhelfen. Dabei treten die verschiedentlich geäußerten Nachteile – spätere Legehennenhaltung nur in Käfigen, schlechtes Federkleid, Neigung zu Kannibalismus, Nervosität und höhere Ansprüche an das Stallklima – immer mehr in den Hintergrund.

5.3 Junghühnermast (Broilermast)

Ställe für die Junghühnermast entsprechen weitgehend denen der Aufzucht von Junghennen. Auch hier ist zwischen Bodenhaltung und Käfighaltung zu unterscheiden.

Hier herrscht die **Bodenhaltung** allerdings vor. Die Besatzdichte richtet sich nach der Mastdauer oder dem angestrebten Gewicht. Somit schwankt die Besatzdichte zwischen 14 und 20 Tieren je m². Für die Einrichtung gelten die im Abschn. 5.2, S. 448 dargestellten Einzelheiten.

Während sich durch vollautomatisches Füttern der tägliche Arbeitsaufwand auf Kontrollgänge reduzieren läßt, belastet den Mastbetrieb vor allem die bei Ende der Mastperiode anstehende Arbeitsspitze, verursacht durch:

- Einfangen der ausgemästeten Tiere,
- Entmisten,
- Reinigen und Desinfizieren,
- Einstreuen,
- Aufställen der Küken.

Obwohl eine Verstärkung des Arbeitskräftebesatzes für diese Zeit unvermeidlich ist, können verbesserte technische Einrichtungen zur Entlastung beitragen:

- ▶ Lichtstärkereduzierung zum besseren Einfangen, hochziehbare Fütterungsanlage, um die Frontladerentmistung zu ermöglichen;
- ▶ Förderbänder zum Transportieren der Fangkästen;
- ▶ Hochdruckreiniger zur schnellen Säuberung.

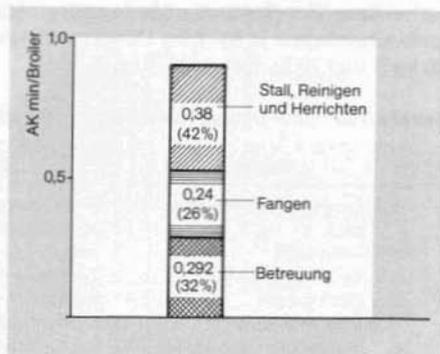
Mastkäfigsysteme gibt es in verschiedenen technischen Ausführungen:

- ▶ Käfige mit herausziehbarem Boden, so daß die Masttiere auf das Kotband fallen und damit zum Transportwagen befördert werden können,
- ▶ zweiteilige Käfiganlagen, deren mobiler Teil mit den Tieren herausgenommen und transportiert werden kann, während die Versorgungsleitungen im fest eingebauten Teil installiert sind,
- ▶ Käfige, die als komplette Einheit transportiert werden können.

Käfigsysteme konnten sich in der Mast bisher nicht durchsetzen. Dazu tragen vor allem die verstärkt auftretenden Verletzungen bei, die sich bei der Vermarktung störend auswirken können. Ein besonderer Vorteil des Mastkäfigsystems ergäbe sich, wenn damit gleichzeitig die Arbeitsspitze des Ausstallens abgebaut werden kann.

Die beiden letztgenannten Lösungen bringen vor allem organisatorische, kurzfristig auch ökonomische Probleme, da nicht nur die Schlächtereier, sondern alle mit ihr zusammenarbeitenden Mäster auf den mobilen Käfig umgestellt werden müßten.

Abb. 554 Arbeitszeitbedarf in der Broilermast (nach SCHOPFEL)



6 Verfahren für Fest- und Flüssigmist

Bei der tierischen Produktion fällt Dung als Nebenprodukt an (vgl. Tabelle 181).

Tabelle 181: Dunganfall in der Tierproduktion (in kg/GV und Tag)

Tierart	Kot	Harn	Flüssigmist	Festmist bei ... kg Einstreu		
				2	6	10
Rindvieh	30	20	50	30	40	50
Kälber	30	20	50	30	40	50
Schweine	19	21	40	30	40	50
Hühner (1000 Stück)			100			

Je nach Stallsystem und Einstreumenge fällt Fest- oder Flüssigmist an. Festmist entsteht durch die Bindung des Kotes und eines Teils des Harns mit Einstreu ab einer Menge von 2 kg/GV und Tag. Stallung hat einen nicht unerheblichen Gehalt an Pflanzennährstoffen (vgl. Tabelle 182). Die betriebseigene Verwertung ist deshalb die Regel.

Tabelle 182: Nährstoffgehalte von Fest- und Flüssigmist (Durchschnittswerte nach VETTER, KLASINK u. a.)

	N (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O (kg/m ³)
Frischer Festmist (7 dt/m³):			
Rindvieh	2,8	1,4	3,5
Schweine	3,9	5,3	3,5
Flüssigmist:			
Rindvieh (10% TM)	4,7	2,4	5,9
Schweine (10% TM)	6,7	5,8	3,7
Hühner (15% TM)	10,7	9,5	4,8

Probleme bestehen bei der Ausbringung dann, wenn Oberflächen- oder Grundwasser verunreinigt wird. Im allgemeinen besteht diese Gefahr nicht, wenn das übliche Maß der Düngung nicht überschritten wird, also die im Stallung enthaltenen Nährstoffmengen auf den Bedarf der Pflanzen abgestimmt sind.

In einer noch ausstehenden Aufbringungsverordnung des Bundes-Abfallbeseitigungsgesetzes wird für Jauche, Festmist und Flüssigmist das »übliche Maß der Düngung« bzw. die damit

verbundene Tier-Bestandsgröße festgelegt. Man erwartet eine Regelung von 3–4 Düngergroßvieheinheiten je ha. Eine Düngergroßvieheinheit entspricht einer Nährstoffmenge von 80 kg N und 70 kg P₂O₅ (vgl. Tabelle 183).

Tabelle 183: Einer Düngergroßvieheinheit entsprechende Tierplätze (nach Fuss)

Festmist	Flüssigmist	Geflügel
1,5 Rinder (ausgewachsen)	1 Rind (ausgewachsen)	100 Legehennen
3 Jungrinder	2 Jungrinder	200 Junghennen
4,5 Kälber (bis 3 Monate)	3 Kälber (bis 3 Monate)	300 Masthähnchen (-plätze)
3 Zuchtsauen	2 Zuchtsauen mit Nachzucht	1800 gemästete Hähnchen pro Jahr
7,5 Mastschweine	5 Mastschweineplätze	100 Mastputen (-plätze)
18 gemästete Schweine pro Jahr	12 gemästete Schweine pro Jahr	150 Mastenten (-plätze)
1,5 Pferde (ausgewachsen)		
4,5 einjährige Pferde		
9 Schafe		

6.1 Festmist

Bei Festmistbereitung werden Harn und Kot weitgehend getrennt abgeleitet. Die tägliche Einstreu bindet Kot und einen Teil des Harnes zu Festmist.

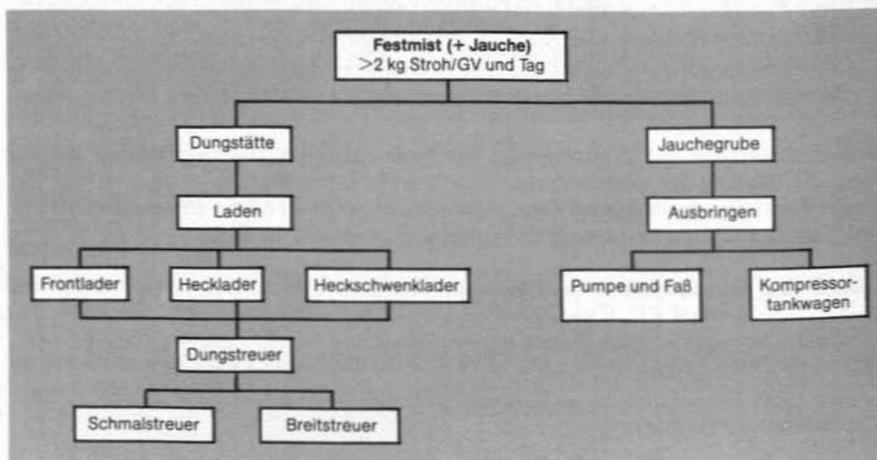


Abb. 555 Übersicht über Festmistlagerung und -ausbringung

Die erforderliche Dunglagerfläche richtet sich nach der Mistkonsistenz (stroh- oder kotreich, 500–1000 kg je m³), der Stapelhöhe, die über das Entmistungsverfahren vorgegeben ist (2,5–5 m) und der Lagerzeit. Im allgemeinen reicht eine Dungplatte mit 2 m² je GV aus. Bei 6monatiger Lagerzeit und strohreinem Mist kann aber auch eine Fläche von bis zu 4 m² je GV erforderlich werden. Die Dungplatte sollte ebenerdig angelegt und für das Laden des Mistes zumindest auf einer Seite zugänglich sein. Holzfashinen an den übrigen Seiten erleichtern das Stapeln (Abb. 556).

Der Harn muß aufgefangen und in eine Jauchegrube abgeleitet werden. Allgemein rechnet man mit einem Jauchelagerungsbedarf von 0,5 m³ je GV und Monat. Die Gesamtgröße der

Grube hängt von der Bestandsgröße und der gewünschten Lagerzeit ab (Planungszahl: $2 \text{ m}^3/\text{GV}$). Jauchehälter werden am zweckmäßigsten versenkt zwischen Stall und Dunglagerstätte angeordnet, damit von beiden Stellen die Flüssigkeit über das natürliche Gefälle der Grube zulaufen kann.

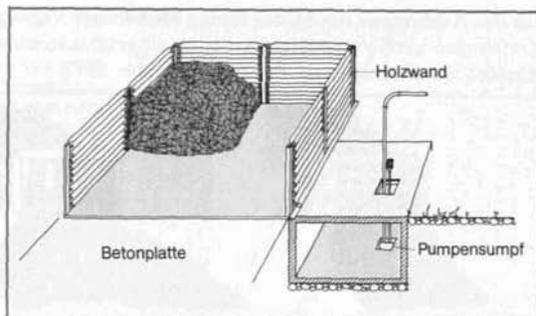


Abb. 556 Dungstätte für Festmist einschließlich Jauchegrube

Tabelle 184: Planungsdaten für die Festmistlagerung

Art der Lagerung	Größe bei ... kg Stroh/GV		Kapitalbedarf (DM)
	2	6	
Dungstätte (m^2) (3 Monate Lagerung)	1,5	1,5	50
Dungstätte (m^2) (6 Monate Lagerung)	3,0	3,0	100
Jauchegrube (3 Monate Lagerung)	1,5	1,5	100
Jauchegrube (6 Monate Lagerung)	3,0	6,0	200

Zum Laden des Mistes stehen fest installierte Greifer und Schlepperlader zur Verfügung. Stationäre **Greifer** lassen sich nur einseitig nutzen. Deshalb werden heute meist Schlepperlader bevorzugt.

Einfache **Hecklader** genügen in ihrer Ladeleistung nur in kleineren Betrieben. **Heckschwenklader** haben bei Schwergütern eine sehr hohe Ladeleistung und können unter Flur arbeiten (z. B. Gräben). Dagegen ist der **Frontlader** ein billiges und vielseitiges Ladegerät für alle Betriebe. Allerdings sind für dessen Einsatz genügend Rangierflächen und möglichst ebene Zufahrten zur Miststätte Voraussetzung.

Tabelle 185: Vergleich verschiedener mobiler Ladegeräte für Festmist

	Hecklader	Heckschwenklader	Frontlader
Ladeleistung (dt/h):	140–170	200–300	180–250
Güter:	Erde Mist	Mist Rüben u. Rübenblatt Erde	Mist Rüben u. Rübenblatt Erde Futter und Silage
Einsatzbedingungen:	eben	unter Flur	eben
Preis (DM):	2000,-	10000,-	4000,-
Bedienung:	schwierig	sehr leicht	mittel

Für das Ausbringen des Mistes finden **Miststreuer** Verwendung, die als Universalwagen mit Kratzboden auch zu anderen Arbeiten eingesetzt werden. Bei den Streuaggregaten unterscheidet man Schmal- und Breitstreuer (Abb. 557).

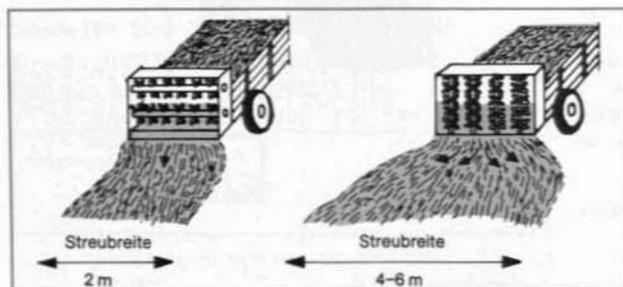


Abb. 557 Bauarten von Miststreuern: links: Schmalstreuer, rechts: Breitstreuer

Schmalstreuer sind mit liegenden Walzen ausgerüstet. Diese streuen nur so breit, wie der Wagen gebaut ist. Außerdem begrenzen sie die Ausladung des Wagens nach oben (deshalb häufig drei Walzen) und sind schwerzügiger. Im allgemeinen zeichnen sie sich aber durch ein sehr gleichmäßiges Streubild aus.

Breitstreuer, die in der Regel mit senkrecht stehenden Streuwalzen ausgestattet sind, erfordern geringere Antriebsleistungen und streuen auch höher ausgeladene Fuhren ohne Störung. Die Streubreite beträgt je nach Bauart 4–6 m.

Schmalstreuer sind vor allem für lange Schläge und für Ackerland, bei dem große Mengen ausgebracht werden, geeignet. So kann ein 3-Tonnen-Streuer bei einer Streubreite von 2 m und 300 dt Mist pro ha eine Schlaglänge von 500 m in einer Fahrt überstreuen. Ein Breitstreuer mit 6 m Streubreite würde nur 160 m weit kommen. Breitstreuer sind deshalb, um unnötige Fahrspuren zu vermeiden, vor allem für kurze Acker-Feldstücke oder für Grünland, auf das geringere Düngemengen gegeben werden, geeignet.

Die Mechanisierung der Jaucheausbringung bestand bisher aus einer Jauchepumpe und den Jauchefässern, die z. T. auf vorhandene Transportfahrzeuge aufgesetzt waren. Neuerdings werden zur Jaucheausbringung zunehmend preiswerte Kompressortankwagen eingesetzt.

Tabelle 186: Vergleich der Geräte für die Festmistausbringung

	Streuleistung (dt/min)	erforderliche Leistung (kW)	Kapitalbedarf (DM)
Miststreuer			
3 t Einachser	3–20	25	6000–6500
4 t Einachser	3–25	32	8000
6 t Zweiachser	3–25	50	14 500
Jauchepumpe	–	1–5	
Jauchefaß (3 m ³)	0,8–1,2	6–7 ¹⁾	5500–7000
Kompressortankwagen (3 m ³)	1,0–1,5	6–7 ¹⁾	6000–7000

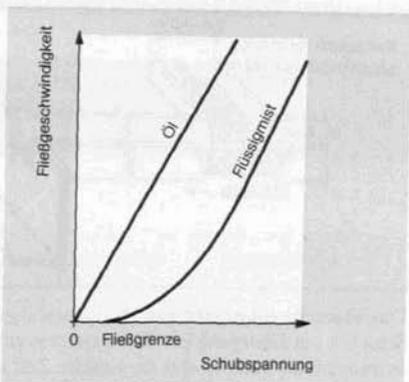
¹⁾ kW je m³ Fassungsvermögen

6.2 Flüssigmist

Bei Flüssigmist handelt es sich um ein Gemisch aus Harn, Kot, evtl. Wasser, Einstreu- und Futterresten. Hinsichtlich des Fließverhaltens und der Pumpfähigkeit ist Flüssigmist nicht mit anderen Flüssigkeiten vergleichbar, und zwar wegen folgender besonderer Eigenschaften:

- Quasiplastisches Verhalten: Die Fließfähigkeit ist bei üblichen Flüssigkeiten direkt abhängig von der Schubspannung, beispielsweise durch ein Gefälle oder durch einen Stau-

Abb. 558 Fließverhalten einer reinviskosen Substanz (Beispiel: Öl) und Flüssigmist; während bei Öl jeder Zuwachs der Schubspannung eine Geschwindigkeitsänderung auslöst, bewirkt bei Flüssigmist die Erhöhung der Schubspannung von 0 auf F noch keine Geschwindigkeitsänderung. Erst darüber setzt der Fließvorgang ein.



druck. Bei Flüssigmist muß die Schubspannung zuerst einen gewissen Wert übersteigen (10 N/m^2), bevor das Fließen einsetzt. Das weitere Fließverhalten läßt sich dann in einer Kurve darstellen. Die Fließgeschwindigkeit steigt bei höherer Schubspannung überproportional.

- ▶ Flüssigmist enthält Kolloide, die in ihren Solvathüllen Wasser aufnehmen. Konsistenz und Fließverhalten hängen davon ab, wieviel freies, nicht von den Solvathüllen gebundenes Wasser zwischen den festen Teilchen verfügbar ist. Diese Eigenschaft, die man Thixotropie nennt, bewirkt, daß Stoffe im Ruhezustand gelartig erstarren und sich in der Bewegung solartig verflüssigen. Stehende oder langsam fließende Gülle ist deshalb zähflüssiger als schnell fließende Gülle.
- ▶ Biologischer Abbau durch Lagerzeit und höhere Temperatur: Der Trockenmassegehalt bleibt dabei nahezu unverändert, während sich die Fließfähigkeit wegen dünnflüssigerer Konsistenz wesentlich verbessert.

Für die Planung und Ausführung von Flüssigmist-Ableitungs- und Lagerungssystemen lassen sich diese Eigenschaften in den Begriff »innere Reibung« zusammenfassen. Darüber hinaus wirkt sich jedoch auch noch die äußere Reibung (z. B. Kanalwände) hemmend auf den Abfluß aus.

Tabelle 187: Innere und äußere Reibung bei Flüssigmist

	Einfluß	Möglichkeiten der Reduzierung
innere Reibung	faserige Futterreste, Zeit und Temperatur, Mistanfall (Fließgeschwindigkeit!)	Futterreste sollen nicht in den Kanal gelangen; Konsistenzabbau mit zunehmender Verweildauer des Mistes im Kanal, tiefe Stalltemperaturen vermeiden
äußere Reibung	Anteil der Reibungsfläche, Oberflächengestaltung	glatte Wand- und Bodenflächen im Ableitungssystem, keine Hindernisse, große Rohrquerschnitte

6.2.1 Flüssigmistableitung aus dem Stall

Für die Ableitung des Flüssigmistes aus dem Stall sind folgende Verfahren üblich:

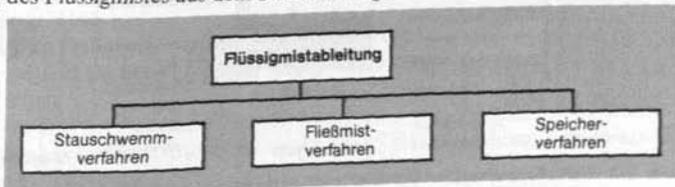


Abb. 559 Verfahren der Flüssigmistableitung

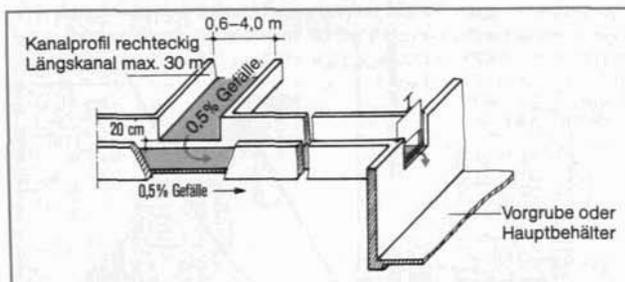


Abb. 560 Kanalsystem für das Stau-Schwemmvfahren

Das **Stauschwemmvfahren** (Kanalausführung vgl. Abb. 560) wird absätzig betrieben. Ein Schieber am Übergang des Kanalsystems zur Grube staut den Flüssigmist je nach Fassungsvermögen der Kanäle eine bestimmte Zeit auf. Um den vollen Staudruck des Flüssigmistes zum Entleeren nutzen zu können, sollte der Schieber möglichst schnell gezogen werden. Im Kanal verbleibende Dungreste werden mit Wasser oder über eine Rückspüleleitung mit Flüssigmist herausgespült. Dieser Wasserzusatz ist mit bis zu 20 l/Tier und Tag bei der Berechnung des erforderlichen Flüssigmistlagerraums zu berücksichtigen.

Das **Fließmistverfahren** arbeitet kontinuierlich und benötigt keinen Wasserzusatz. Über einer Flüssigkeitsgleitschicht bauen sich die festen Dungbestandteile so auf, daß deren Oberfläche vom Kanal Anfang bis zum Kanalende schräg abfällt. Dieser Anstau bewirkt einen hydrostatischen Druck, der eine Schubspannung aufbaut. Der Fließvorgang setzt ein, sobald die Schubspannung groß genug ist, um innere und äußere Reibung zu überwinden. Dung, der in den Kanal fällt, bringt eine entsprechende Menge am Kanalende zum Überlauf. Um die Flüssigkeitsgleitschicht zu erhalten, wird am Ende jedes Kanalabschnittes eine 10–15 cm hohe Staunase angebracht. Die Kanalsole weist kein Gefälle auf. Durch den schrägen Dunganstau, der für die Überwindung der Fließgrenze und das Abfließen erforderlich ist, müssen Kanaltiefe und -länge aufeinander abgestimmt werden (vgl. Tabelle 189).

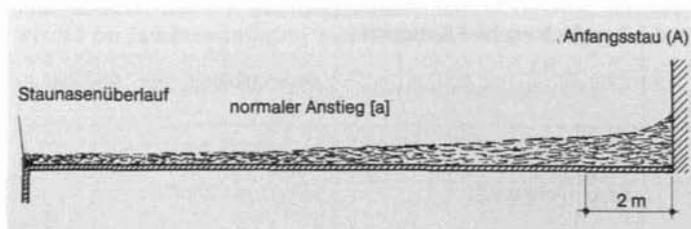


Abb. 561 Flüssigmistanstau beim Fließmistverfahren

Um Luftströmungen (Kaltluft, Gase) vom Flüssigmistbehälter zum Kanalsystem im Stall zu vermeiden, muß vornehmlich am Zulauf des Leitungsrohrs zur Grube ein Geruchsverschluß angebracht werden (Abb. 562).

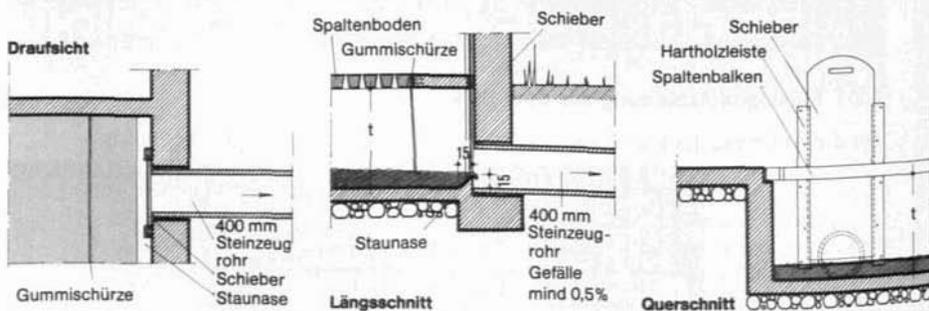


Abb. 562 Geruchsverschluß mit Schieber (nach ALB Bayern)

Die Kanaltiefe bzw. die Tiefe eines Kanalabschnittes läßt sich nach folgender vereinfachter Formel berechnen:

$$\begin{aligned} \text{Kanaltiefe (cm)} = & (\text{Kanallänge} - 2 \text{ m}) \times \text{normaler Dunganstieg (cm/m)} \\ & + \text{Anfangsstau (cm)} + \text{Stauansenhöhe (cm)} \\ & + \text{Überlaufhöhe (cm)} \end{aligned}$$

Tabelle 188: Kennwerte für die Berechnung

Stall für:	Anfangsstau (cm)	normaler Anstieg (cm/m)	Überlaufhöhe (cm)
Milchvieh	40	1,5	10–20
Rinder	55	2,0	10–20
Schweine	40	1,8	5–10

Tabelle 189: Mindestkanaltiefe (Abstand Unterkante Rost oder Spaltenboden bis Kanalsole) in cm (nach ALB-Bayern)

Stall für:	bei Kanallängen von ... Metern (m) bis ...					
	15	20	25	30	35	40
Mastbullen und Jungvieh (bei Maissilage- bzw. trockener Fütterung)	85	100	110	120	130	140
Milchkühe	75	80	90	100	110	120
Mastschweine	70	80	80	90	100	100

Lange Kanäle werden in Abschnitte aufgeteilt (Abb. 563), um

- ▶ Kanaltiefe zu sparen,
- ▶ die Gleitschicht auf der Kanalsole sicherer halten zu können und
- ▶ den Flüssigmiststrom zum Abreißen zu bringen.

Um das Fließmistverfahren funktions sicher einzurichten und betreiben zu können, sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

- ▶ *Verminderung der inneren Reibung:* Futterreste, insbesondere langfaserige Teile, sollten nicht in den Kanal gelangen. Dies ist zu verhindern, indem schmackhaftes und gut zerkleinertes Futter vorgelegt wird. Futterreste aus der Krippe oder den Trögen beseitigt werden und bei Rindern Freßgitter die Tiere während des Fressens an der Krippe halten.
- ▶ *Verminderung der äußeren Reibung:* Glatte Kanalseitenwände und Halten einer flüssigen Gleitschicht aus der ebenen Kanalsole durch 10–15 cm hohe Stauanase am Ende des Kanals oder Kanalabschnittes.

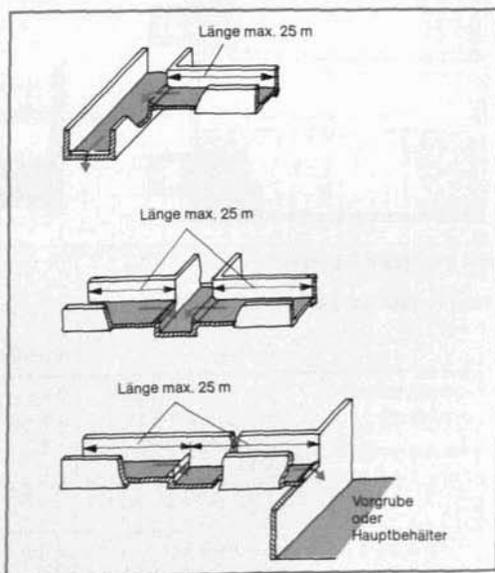


Abb. 563 Zuordnung von Fließkanälen

Bei schmalen Kanälen (unter 0,8 m Breite) und zäher Flüssigmistkonsistenz besteht die Gefahr, daß die Wandreibung zu groß wird und die Schubspannung nicht mehr ausreicht, den Fließvorgang auszulösen.

Anstelle des bei Längskanälen üblichen rechteckigen Kanalprofils können zur Querableitung auch Steinzeugrohre und -schalen eingesetzt werden (Abb. 564).

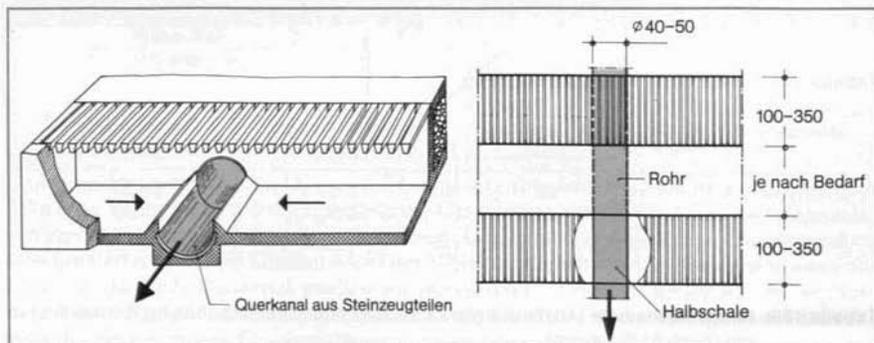


Abb. 564 Flüssigmist-Querableitung (Maße in cm)

Beim **Speicherverfahren** werden die unter dem Spaltenboden liegenden Kanäle so weit vertieft, daß sie den Flüssigmist für eine gesamte Lagerperiode aufnehmen können. Die Tiefe errechnet sich aus dem angestrebten Fassungsvermögen (vgl. Abschn. 6.2.2). An der Stallaußenseite werden ausreichend dimensionierte Pumpschächte angebracht, die auf den Einsatz leistungsfähiger Pumpen abzustimmen sind (Abb. 565).

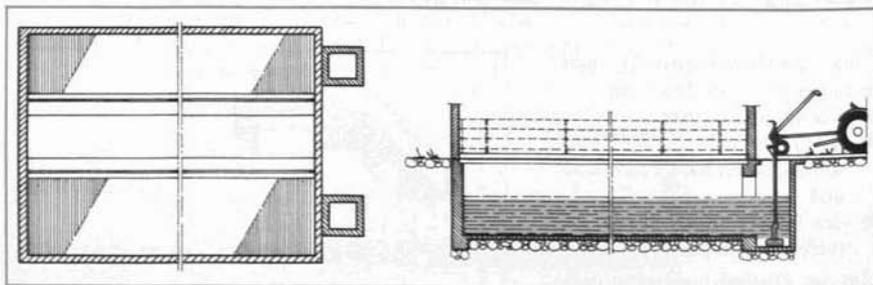


Abb. 565 Speicherverfahren

Tabelle 190: Vergleich der Flüssigmistmischungsverfahren

	Vorteile	Nachteile	Eignung
Stauschwemmverfahren	gute Stallreinigung wegen vollständiger Flüssigmistableitung	Wasserszusatz oder Umspülen	bei hohen hygienischen Anforderungen: Kälberställe, Ferkelställe, Zuchtsauenställe
Flüssigmistverfahren	funktionssicher, kein Arbeitsaufwand	keine vollständige Kanalentleerung	Mastställe für Rinder und Schweine, Milchviehställe
Speicherverfahren	kein zusätzlicher Platzbedarf für die Lagerung	schwierigere Handhabung bei der Entleerung	Mastställe mit Rein-Raus-Verfahren

Bei Schachttiefen von über 2 m ergeben sich Probleme, wenn bei tiefen Außentemperaturen die Speicher entleert sind, da es zu Kaltluftströmungen aus dem Lagerraum in den Tiefenbereich kommen kann und dabei auch Gase mittransportiert werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn vor dem Ausbringen des Flüssigmistes gemischt werden muß. Beim Mischvorgang werden giftige Gase frei. Es muß entweder durch entsprechende Frischluftzufuhr verhindert werden, daß es zu schädlichen Konzentrationen kommt oder die Tiere müssen aus dem Stall entfernt sein.

6.2.2 Flüssigmistlagerung

Die gezielte Anwendung des Flüssigmistes als Düngemittel erfordert dessen Lagerung bis zum passenden Anwendungszeitpunkt. Das Fassungsvermögen des oder der Lagerbehälter hängt neben der Lagerzeit von der Tierart und der Tierzahl ab. Der Nettolagerraum errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Flüssigmistlagerraum (m}^3\text{)} = \text{Tagesmenge/GV (m}^3\text{)} \times \text{Tierzahl in GV} \times \text{Lagerzeit in Tagen}$$

Der tägliche Flüssigmistanfall beträgt bei Rindern 50 l/GV (0,05 m³/GV) und bei Schweinen 40 l/GV (0,04 m³/GV). Der Tierbestand muß auf Großvieheinheiten umgerechnet werden. Die Lagerzeit richtet sich nach Betriebsorganisation und Anbauplan bzw. Grünlandbewirtschaftung (häufig 100–120 Tage). Zu der sich aus den einzelnen Werten errechnenden Flüssigmistmenge muß bei einigen Stallsystemen noch ein Zuschlag für Reinigungswasser gegeben werden. Erst dann liegt der Brutto-Lagerraum fest. Abb. 566 zeigt den erforderlichen Netto-Lagerraum bei verschiedener Tierzahl, Tierart und einer Lagerzeit von 100 Tagen.

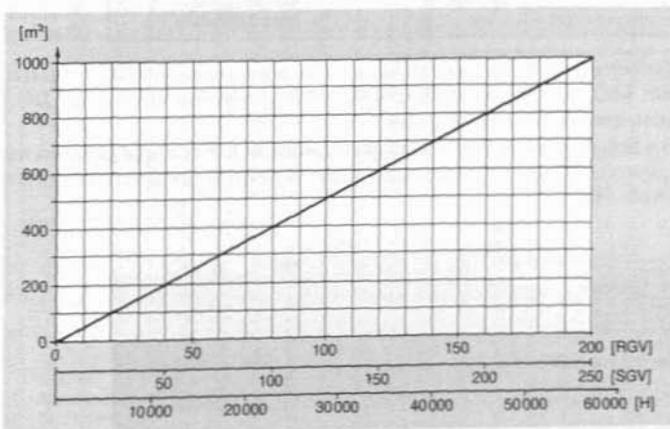


Abb. 566 Flüssigmistanfall bei Rindern (RGV), Schweinen (SGV) und Hühnern (H) an 100 Tagen

Flüssigmistbehälter müssen Grundwasserverschmutzung ausschließen. Diese Anforderung ist beim Behälterbau zu beachten.

Bei den Lagerbehältern unterscheidet man Tief- und Hochbehälter, die eine unterschiedliche Bauweise und Bedienung erfordern und entsprechende Rückwirkung auf die Mechanisierung haben.

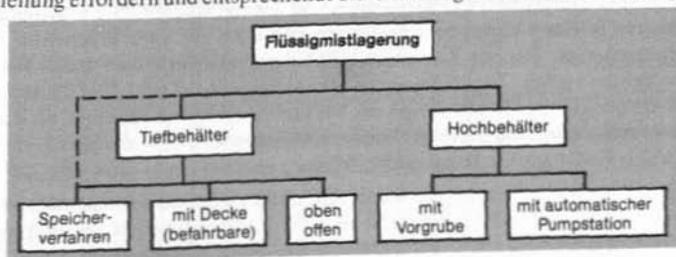


Abb. 567 Einteilung der Lagersysteme für Flüssigmist

Tiefbehälter (Einkammersystem) – Bei Tiefbehältern läuft der Flüssigmist direkt über einen Geruchsabschluß in den Behälter. Dadurch reduziert die Einlaufhöhe des Flüssigmistkanals das Fassungsvermögen um 20–25%, sofern nicht durch günstiges Gelände die Grube tiefer und damit der Einlauf höher liegen kann. Die Tiefe dieser Flüssigmistbehälter wird durch die Pumpenbauart begrenzt (häufig 2,5–4 m). Ein Pumpensumpf unter der Entnahmeöffnung ermöglicht die vollständige Entleerung.

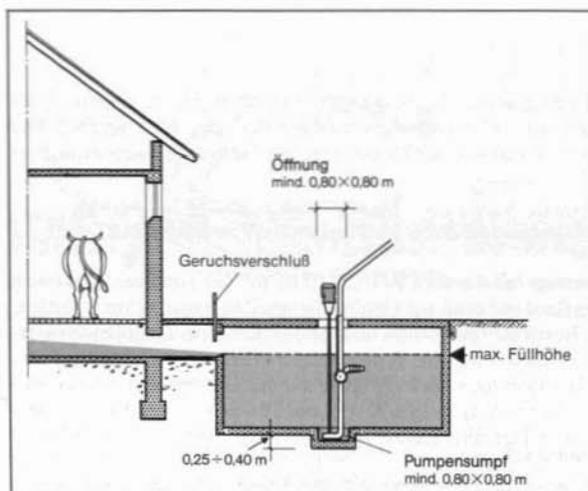


Abb. 568 Tiefbehälter für Flüssigmist

Tiefbehälter werden hauptsächlich in Ortbeton (monolithisch) hergestellt. Daneben eignen sich aber auch Betonschalungssteine ebenso wie Betonfertigteile. Die Form der Behälter kann rund oder auch eckig sein.

Bei Behältern ohne Decke muß dem Unfallschutz Rechnung getragen werden, indem der für spielende Kinder besonders gefährliche Bereich ab Behälterrand sorgfältig abgezäunt wird (Abb. 569).

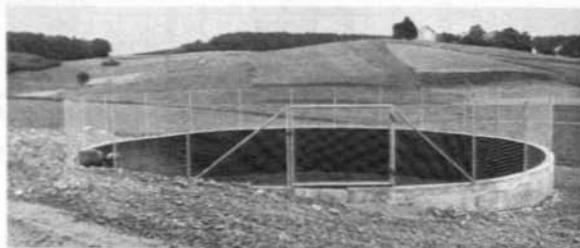


Abb. 569 Flüssigmistbehälter ohne Decke, mit Schutzzaun

Hochbehälter mit Vorgrube – Bei der Flüssigmistlagerung in Hochbehältern kann im Gegensatz zum Tiefbehälter der Lagerraum voll genutzt werden. Der Flüssigmist wird bei diesem System in einer Vorgrube aufgefangen und etwa alle zwei Wochen in den Hauptbehälter übergepumpt. Bei der Entnahme fließt der Flüssigmist über einen Rücklaufkanal in die Vorgrube zurück. Zum Homogenisieren (Vermischen) wird über die Behälterfülleitung und Rührereinrichtung Flüssigmist aus der Vorgrube so lange umgepumpt, bis der Hauptbehälterinhalt vollständig aufgeführt ist. Bei der Entnahme wird dann der Flüssigmist von der Vorgrube in den Tankwagen gepumpt (Abb. 570).

Beide Gruben sollten so zueinander angeordnet sein, daß die Länge des Rücklaufkanals 15 m nicht übersteigt und die Vorgrube an der Entnahmestelle gut angefahren werden kann. Als Rücklauf dient ein Steinzeugrohr mit 25–35 cm Durchmesser. Das Rücklaufrohr wird an

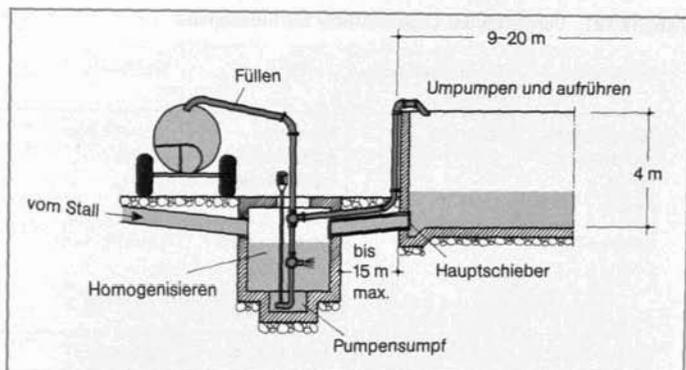


Abb. 570 Hochbehälter für Flüssigmist

der Innenseite des Hochbehälters mit dem Hauptschieber (z. B. Scheibendrehchieber) verschlossen. Eine davor angeordnete Fangmulde für Fremdkörper und Steine verhindert Störungen am Schieber. Am Ende des Rücklaufkanals in der Vorgrube befindet sich außerdem ein Not- und Regulierverschieber.

Neuerdings wird die Vorgrube durch einen kleinen Pumpschacht mit automatischer Pumpensteuerung ersetzt. Neben den Einsparungen im Kapitalbedarf entfällt vor allem auch das periodische Umpumpen. Da der vom Stall zulaufende Flüssigmist noch nicht entmisch ist, kann bei diesem System auf das sonst vor dem Umpumpen erforderliche und hohen Kraftbedarf verursachende Mischen verzichtet werden. Somit reichen bei Rinderflüssigmist Antriebsleistungen von 11–15 kW. Die Pumpeneinschaltzeiten werden über zwei im Pumpschacht oder im Flüssigmistableitungssystem höhenverstellbar angeordnete Elektroden geregelt.

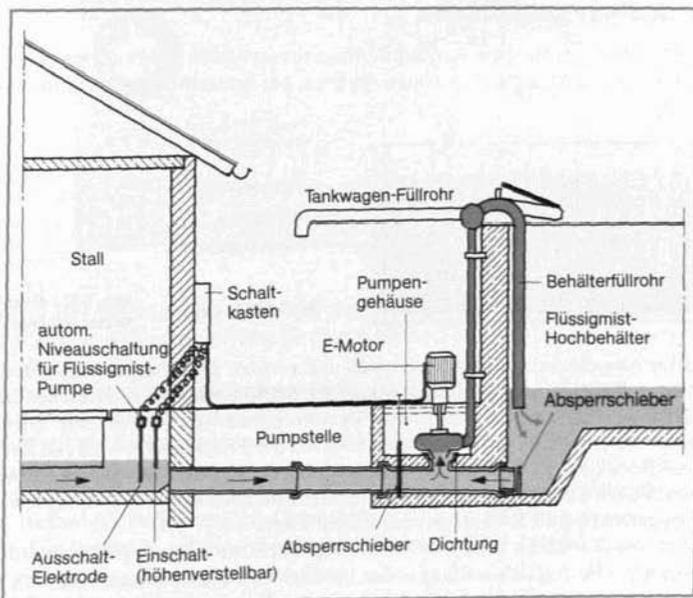


Abb. 571 Hochbehälter mit automatischer Pumpstation

Während für die Vorgrube die gleichen Materialien wie für den Tiefbehälter verwendet werden, sind bei Hochbehältern für die oberirdischen Teile neben Beton auch andere Materialien möglich. So haben sich z. B. Holz- und auch Metallbehälter einführen können. Bei Holzbehältern ist darauf zu achten, daß sie während der Sommerzeit nicht leerstehen. Metallbehälter brauchen einen widerstandsfähigen Korrosionsschutz (Verzinkung, Glasierung).

Tabelle 191: Vergleich der Lagersysteme für Flüssigmist

Behälterart	Kapitalbedarf ¹⁾ (DM/m ³)	Vorteile	Nachteile	Eignung
Tiefbehälter mit befahrbarer Decke	100–140	kein Umpumpen, kein Flächenbedarf	teurer Lageraum	enge Hofstelle, Gefälle zwischen Stall und Behälter
offener Tiefbehälter	40–50	geringer Kapitalbedarf, kein Umpumpen	Unfallgefahr	Gefälle vom Stall zum Behälter
Hochbehälter mit Vorgrube	50–70	volle Raumausnutzung	Arbeitsaufwand für Umpumpen	größere Anlagen über 300 m ³
Hochbehälter mit automatischer Pumpstation	40–50	volle Raumausnutzung, automatisches Umpumpen, geringerer Kapitalbedarf	kompliziertere Pumptechnik	größere Anlagen, für automatischen Betrieb

¹⁾ nur für Behälter

6.2.3 Flüssigmistentnahme

Flüssigmist von Rindern und Schweinen entmischt sich während der Lagerung. Bei Rindern bilden sich vorwiegend Schwimmschichten, bei Schweinen vorwiegend Sinkschichten (Abb. 572).

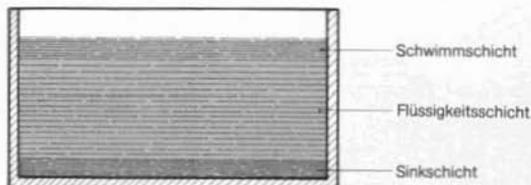


Abb. 572 Entmischung des Flüssigmistes während der Lagerung

Schwimmschichten sind rohfaserreich und verfilzt. Sinkschichten bestehen aus kleinstrukturierten Teilchen anorganischen Materials. Schwimmschichten erreichen bei normalem Rinderflüssigmist ohne Einstreu und Behälterhöhen von 4–5 m eine Dicke von ca. 0,3 m. Schwimmschichten verhindern das Abgasen des Flüssigmistes während der Lagerung in offenen Behältern. Zur vollständigen Entleerung der Behälter ist vor dem Entnehmen ein intensives Mischen erforderlich. Das Mischen läßt sich mechanisch, hydraulisch (mit Pumpen) und pneumatisch (mit Kompressoren) durchführen.

Zum mechanischen Mischen dienen Propellerrührwerke mit Elektromotor- oder Schlepperantrieb. Die Antriebsleistung sollte bei Elektromotoren mindestens 10 kW, bei Schleppern mindestens 20 kW betragen. Mechanische Rührwerke sind unhandlich und schwer einsetzbar.

Für das Homogenisieren werden zunehmend leistungsfähige Pumpen eingesetzt, so daß eigene Rührwerke nicht mehr erforderlich sind. Sie müssen folgende Anforderungen erfüllen (vgl. Abb. 573):

- ▶ Ausreichende Leistung beim Aufrühren,
- ▶ Unempfindlichkeit, Robustheit,
- ▶ leichte Handhabung,
- ▶ lange Lebensdauer,
- ▶ günstiger Anschaffungspreis.

Diese Anforderungen haben bewirkt, daß hauptsächlich zwei Pumpenbauarten in Flüssigmist eingesetzt werden:

- ▶ die Kreiseltauchpumpe,
- ▶ die Exzentrerschneckenpumpe.

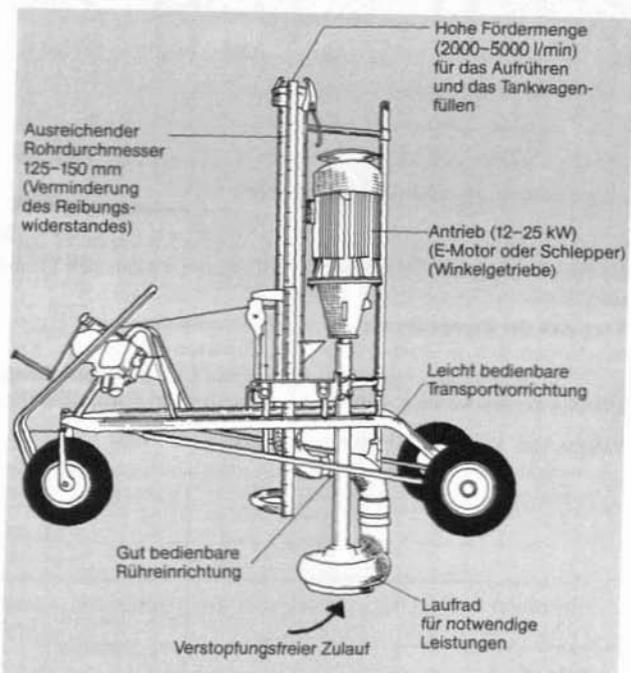


Abb. 573 Kreiseltauchpumpe mit Elektromotorantrieb

Kreiseltauchpumpen – Bei ihnen befindet sich der Pumpenkörper am unteren Ende des Pumpengestells. Er wird in den Flüssigmist versenkt. Somit wird ein Nachteil der Kreiselpumpen, die geringe Saugleistung, umgangen.

Kreiseltauchpumpen sind in zwei wesentlichen Ausführungen lieferbar:

- ▶ mit Elektromotorantrieb: Der E-Motor sitzt auf einer verkürzten Pumpenwelle. Die gesamte Pumpe ist auf ein Fahrgestell montiert. Antriebsleistung 6–25 kW;
- ▶ mit Umlenkgetriebe für Schlepperantrieb: Über Winkelgetriebe und Gelenkwelle können hohe Schlepperleistungen eingesetzt werden. Die Pumpenhöhe muß der Grubentiefe entsprechen, da wegen des begrenzenden Gelenkwinkelwinkels die Höhenverstellung eingeschränkt ist. Die Pumpe ist auf einer Lafette für Dreipunktanbau aufgebaut.

Die hohe Leistung der Kreiseltauchpumpen ist nur mit einem leistungsfähigen Antrieb zu erreichen. Außerdem sollte der Zulauf verstopfungsfrei und das Pumpenlaufrad auf die Antriebsleistung abgestimmt sein. Bei zäher Flüssigmistkonsistenz wird die Pumpenleistung von der Wandreibung in den Rohrleitungen beeinflusst. Ausreichende Rohrdurchmesser liegen bei 125–150 mm.

Exzentrerschneckenpumpen – Diese Pumpenart besteht hauptsächlich aus dem Rotor und dem Stator. Beim Rotor handelt es sich um einen korkenzieherartigen Metallkörper, der

außenliegende Stator besteht aus Gummi. Die Pumpe saugt selbst an. Durch die kompakte Bauweise ist sie leicht versetzbar und gleichzeitig gut geeignet für den Einbau in Pumpentankwagen (Abb. 574).

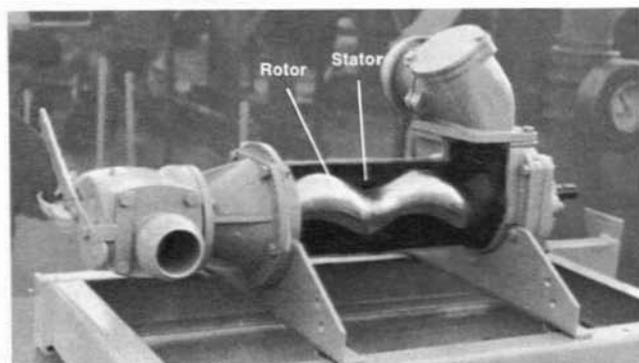


Abb. 574 Exzentrerschneckenpumpe

Der Gummistator ist ein Verschleißteil, dessen Einsatzdauer davon abhängt, wie sorgfältig die Handhabung erfolgt. Besonders schädigend wirken sich Fremdkörper und Trockenlauf aus.

Vergleich der Pumpenbauarten – Kreiseltauchpumpen und Exzentrerschneckenpumpen unterscheiden sich in ihren Pump- und Einsatzigenschaften. Kreiseltauchpumpen fördern große Mengen bei geringem Druck, während Exzentrerschneckenpumpen konstant höheren Druck erzeugen können, dabei aber eine geringere Förderleistung haben.

Tabelle 192: Vergleich der Pumpenbauarten

Pumpenart	1/min	Fördermenge (l/min)	Kapitalbedarf (DM)	Vorteile	Nachteile	Eignung
Kreiseltauchpumpe mit E-Motor-Antrieb: 6–25 kW	1460	1000–5000	6000–8500	unempfindlich; einfache Handhabung	begrenzte Leistung	für automatische Steuerung; für verschiedene Grubentiefen
Kreiseltauchpumpe für Schlepperantrieb: 25–55 kW	1620–1840	3500–7000	6000–8500	hohe Leistung	Höhenverstellung begrenzt; hohe Rüstzeit	für große Behälter und zähe Konsistenzen
Exzentrerschneckenpumpe mit Schlepperantrieb: 15–30 kW	bis 540	bis 2000	3500–5000	druckstabil; kompakt	empfindlich reagierend auf Fremdkörper und Trockenlauf	für Tankwageneinbau und stationärer Einsatz

6.2.4 Flüssigmistausbringung

Bei Tankwagen werden drei Bauweisen unterschieden:

- Kompressortankwagen,
- Pumpentankwagen,
- Schleudertankwagen.

Während Kompressortankwagen und Pumpentankwagen zum Aufrühren, Entnehmen, Transport und Verteilen des Flüssigmistes eingesetzt werden können, handelt es sich bei dem

Schleudertankwagen um ein Spezialfahrzeug, das nur für Transport und Verteilen geeignet ist.

Tankwagen werden mit Tankinhalten von 2–3 m³ hergestellt. Ab 5–6 m³ weisen die Fahrgestelle meist Tandemachsen auf. Kleinere Behälter bestehen vorwiegend aus Kunststoff (Ausnahme: Kompressor-tankwagen, Stahl), größere aus Stahl oder Holz.

Bei **Kompressor-tankwagen** besteht das Pumpaggregat aus einem Luftkompressor, der über einen Vierwegehahn beim Faßfüllen einen Unterdruck im Tank und damit eine Saugwirkung erzeugt. Beim Aufrühren drückt dieser Kompressor Luft in den Flüssigkeitslagerungsraum. Die Rührwirkung ist gering. Die Verteilbreite liegt bei 10 m. Die Verteilung erfolgt gleichmäßig.

Pumpentankwagen sind vorwiegend mit Exzentrerschnecken-pumpen ausgerüstet. Das Faß ist drucklos. Die Verteilbreite beträgt ca. 10 m.

Schleudertankwagen eignen sich nur für Transport und Verteilen von Flüssigmist. Sie werden mit einer Pumpe befüllt, die mit Schlepper oder Elektromotor angetrieben wird. Andererseits sind sie unkompliziert, da sie nur eine einfache Rührereinrichtung und den Schleuderradverteiler aufweisen (Abb. 577). Die Verteilgenauigkeit hängt vom Flüssigkeitsdruck und damit vom Füllstand im Faß ab. Sie ändert sich daher während der Entleerung.

Tankwagen lassen sich mit verschiedenen Verteileinrichtungen ausrüsten (Abb. 578).

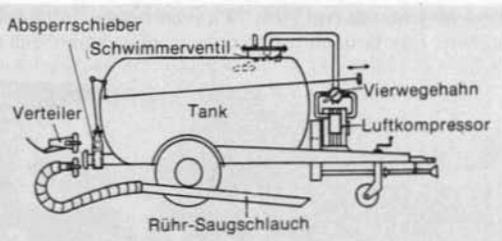


Abb. 575 Kompressor-tankwagen

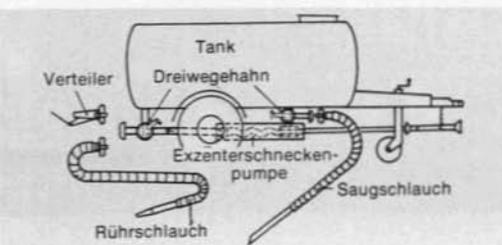


Abb. 576 Pumpentankwagen

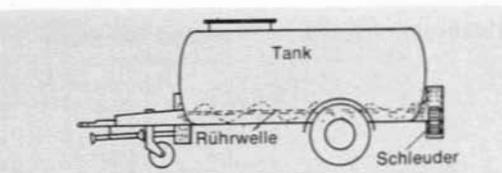
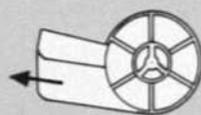


Abb. 577 Schleudertankwagen

a) für Schleudertankwagen



Schleuderteller
Streubreite < 8 m



Seitenstreuer
Streubreite < 6 m

b) für Pump- und Vakuum-tankwagen



Düse
Streuweite < 20 m

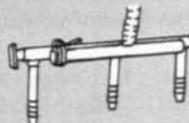


Düse mit Prallteller
Streubreite < 10 m

c) für Schleuder, Pump und Vakuum-tankwagen



Ablage im Boden zur
geruchlosen Ausbringung



Auslaufrohre
(Reihen-kulturen)

Abb. 578 Verteileinrichtungen für Flüssigmist

Bodeninjektoren (vgl. Abb. 579, links unten) dienen zum geruchsfreien Eintragen von Flüssigmist. Der Bodeninjektor besteht aus scharfartig ausgebildeten Röhren oder aus einer



Kombination von Bodenbearbeitungswerkzeugen mit eingebauten Ableitungsrohren. Die Geruchsfreiheit ist erreicht, wenn der Flüssigmist vollkommen mit Boden abgedeckt ist. Dieses Verfahren eignet sich nur für Ackerland. Es verursacht einen deutlich erhöhten Kraftbedarf (20–25 kW bei 2–2,5 m Arbeitsbreite). Der Füllstand im Tank muß unbedingt vom Fahrersitz aus zu kontrollieren sein.

Abb. 579 Tankwagen mit Bodeninjektor

Die wichtigsten Bewertungsdaten der verschiedenen Verfahren zur Flüssigmistausbringung gehen aus der Tabelle 193 hervor.

Tabelle 193: Vergleich der Flüssigmist-Tankwagen

Verteilwagen	AKh/ha	Landw. Leistung (m ³ /h) ¹	Kapitalbedarf (DM/m ³ Tankinhalt)	Vorteile	Nachteile	Eignung
Kompressor-tankwagen	1,25–8	6–40	2000–3000	unempfindlich, günstiger Kapitalbedarf, gute Verteilung	geringe Rührwirkung, Ankoppeln von verschmutzten Teilen	bei flüssigen Konsistenzen, sonst in Verbindung mit separatem Rührwerk
Pumpentankwagen	1,25–8	6–40	2750–4000	gute Verteilung, Einmann-Betrieb	empfindlich, Ankoppeln von verschmutzten Teilen	bei kleineren Behältern wegen begrenzter Rührwirkung
Schleuder-tankwagen	1,0–8	6–50	1500–2350	unempfindlich, einfache Handhabung	Verteilung nicht ganz gleichmäßig, nur in Kombination mit Pumpe	für größere Anlagen

¹⁾ bei Feldentfernung von 600 m

6.3 Vergleich der Verfahren für die Dunglagerung und Dungausringung

Ein Vergleich der Verfahren für Dunglagerung und Dungausringung umfaßt im engeren Bereich den Arbeits- und Kapitalbedarf von Fest- und Flüssigmistverfahren (Abb. 580 und Tabelle 194).

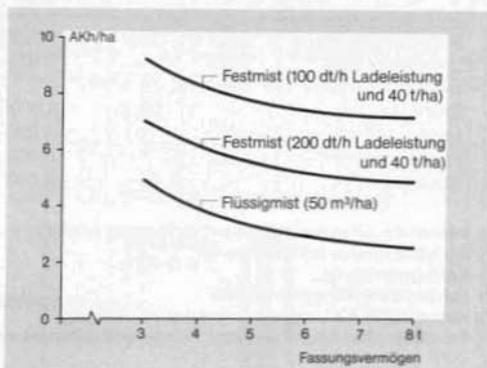


Abb. 580 Arbeitszeitbedarf bei der Dungausringung (Fest- und Flüssigmist), gleiche N-Düngung, Feldentfernung 1 km

Tabelle 194: Kapitalbedarf bei Dunglagerung und Ausbringung

Festmist	für 40 Kühe DM	Flüssigmist mit Vorgrube	für 40 Kühe DM
1. Geräte		1. Bauten und Pumpe	
a) Schubstange mit Hochförderer	11 000,- DM	a) Kotkanäle Roste Kanal zur Vorgrube	10 000,- DM
2. Bauten		b) Pumpe	7 000,- DM
a) Strohlager 12 m³/Kuh für 200 Tage	10 500,- DM	c) Flüssigmistbehälter oberirdisch, 6 m³/Kuh	15 000,- DM
b) Dungplatte 2 m²/Kuh für 200 Tage	6 500,- DM		
c) Jauchebehälter 2 m³/Kuh für 120 Tage	10 500,- DM		
2. Ausfuhr		2. Ausfuhr	
a) Frontlader	800,- DM	Schleudertankwagen	8 000,- DM
b) Stallmiststreuer	6 500,- DM		
Insgesamt:	45 800,- DM		40 000,- DM
je Kuhplatz:	1 145,- DM		1 000,- DM

Ein Vergleich der Verfahren für die Dunglagerung und -ausbringung, insbesondere ein Vergleich zwischen Fest- und Flüssigmistkette, darf nicht nur den eigentlichen Arbeitsgang einbeziehen, sondern muß die gesamte Stroh-Stallmistkette vom Feld über den Stall bis wieder auf das Feld berücksichtigen.

Die vielen Arbeitsglieder weisen bereits auf den hohen Transportaufwand bei der Festmistkette hin. Auch ein Vergleich des Arbeits- und Kapitalaufwandes zeigt erhebliche Unterschiede (s. Tabelle 195).

Tabelle 195: Arbeits- und Kapitalbedarf bei der Fest- und Flüssigmistkette (Beispiel: 40 Kühe)

Art der Arbeit	Festmist			Flüssigmist		
	Menge	AKh	Maschinen- ¹⁾ Baukapital (DM)	Menge	AKh	Maschinen- ¹⁾ Baukapital (DM)
Strohbergen (dt)	292	20,8	11 000 ²⁾	–	–	–
Lagerraum (m ³)	292	–	5 840	–	–	–
Einstreuen (dt)	292	73	–	–	–	–
Entmisten (dt)	–	29,2	2 000 ³⁾	–	17,3	4 000 ⁴⁾
Lagerung (m ²)	80	–	4 000	240 ⁵⁾	–	12 000
Ausbringen (m ³)	80	–	6 000	–	–	–
Ausbringen ⁶⁾	–	91	8 000	–	49	10 000

¹⁾ Maschinen voll eingesetzt, vielseitige Nutzung möglich

²⁾ Hochdruckpresse mit Ballenwerfer

³⁾ Seilzugentmistung

⁴⁾ Sonderaufwendungen für Kanäle

⁵⁾ Hochbehälter mit Vorgrube, viermonatige Lagerung

⁶⁾ Frontlader, Stallungstreuer bzw. Pumpe, Schleudertankwagen

Die Flüssigmistkette ist demnach bei Neubauten immer günstig. Bei vorhandener Mechanisierung für die Strohbergung und verfügbarem Scheunenraum ist im Einzelfall die Berechtigung der Festmistkette abzuwägen. Das gilt vor allem für Umbaumaßnahmen. Es wäre jedoch falsch, eine teure Baumaßnahme auf die wesentlich kürzer beschriebene Mechanisierung abzustimmen.

6.4 Dungbehandlung und Immissionen

Durch die Vergrößerung der Tierbestände entstehen in dicht besiedelten Gebieten Probleme, die vor allem mit der Abfallverwertung aus der Tierproduktion zusammenhängen:

- ▶ Bei der Dungalagerung kommt es zur Entwicklung von unangenehm riechenden Gasen,
- ▶ die Ausbringung von Stallung auf landwirtschaftliche Nutzflächen führt ebenfalls zur Geruchsbildung,
- ▶ Krankheitserreger treten massiert auf und kommen in einen verkürzten Kreislauf.

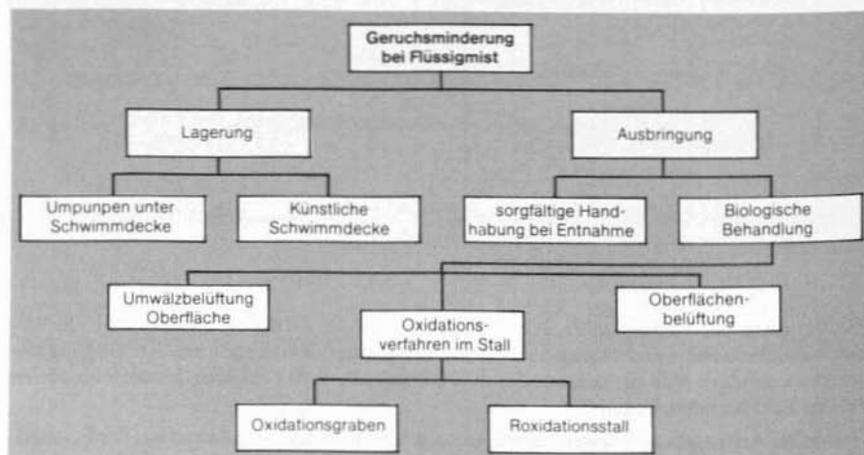


Abb. 581 Übersicht über die Möglichkeiten der Geruchsminderung bei Flüssigmist

Eine Geruchsminderung wird bereits mit einfachen Maßnahmen bei der Dunglagerung und -handhabung erreicht. Sorgfältiger Umgang im Bereich der Umpump- und Befüllstation (z. B. kein Überlaufen bei der Tankwagenbefüllung) trägt zur Verbesserung bei. Flüssigmist ohne Schwimmdeckenbildung (z. B. bei Schweinen) verursacht bei Windlagen Geruchsimmissionen, die durch nachträgliches Auftragen einer Schwimmdecke aus langem Stroh stark gemindert oder ganz beseitigt werden.

Beim Umpumpen vom Ableitungssystem bzw. von der Vorgrube in den Hochbehälter sollte der Flüssigmist nicht auf, sondern unter die Oberfläche des bereits im Behälter befindlichen Flüssigmistes gepumpt werden. Hersteller von Flüssigmisteinrichtungen bieten entsprechende technische Lösungen an (Abb. 582).

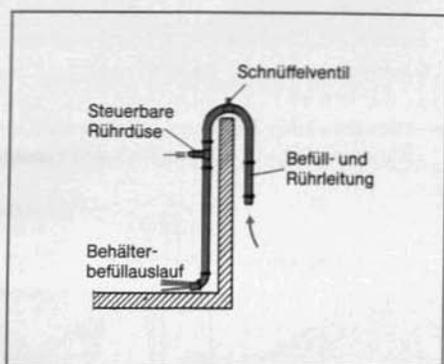


Abb. 582 Umpump- und Rührereinrichtung zum Einleiten des Flüssigmistes unterhalb der Schwimmdecke (nach ZEISIG und LANGENEGGER)

Zur Geruchsminderung trägt außerdem eine sorgfältige Planung bei. Die Behältergröße sollte nicht zu knapp sein, um den Ausbringetermin in Zeitspannen legen zu können, die sich durch Wetterlage und Windrichtung besonders dafür eignen. Auch das unverzügliche Einarbeiten in den Boden gehört zu den geruchsmindernden Maßnahmen.

Die biologische Behandlung von Flüssigmist trägt gleichzeitig mit der Verringerung der organischen Substanz zur Geruchsreduzierung und nach entsprechend intensiver Behandlung zur Geruchsbeseitigung bei. Aerobe, also sauerstoffliebende Mikroorganismen, die im Flüssigmist bereits vorhanden sind, werden durch Eindringen von Luftsauerstoff zur Vermehrung angeregt. Sie verzehren dabei die vorhandene organische Substanz und produzieren Bakterieneiweiß, Energie in Form von Wärme und anorganische Abbauprodukte (Abb. 583).

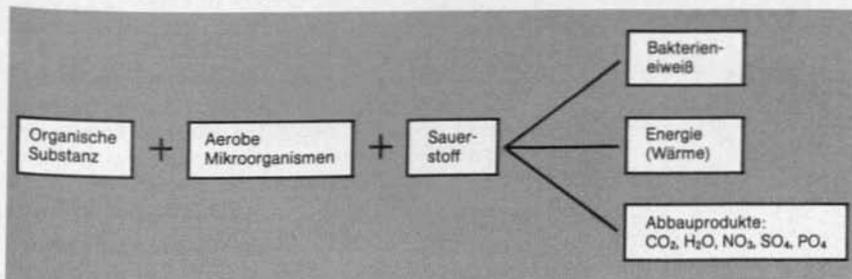


Abb. 583 Schematische Darstellung des Abbauprozesses bei der biologischen Behandlung von Flüssigmist

Behälterbelüftung – Geräte zum Eintragen des Luftsauerstoffes gibt es in zwei Bauprinzipien:

- Oberflächenlüfter wirbeln den Flüssigmist mittels Laufrad durch die Luft, wobei er sich mit Luftsauerstoff anreichern kann. Das Laufrad hält außerdem den Flüssigmist in Bewegung (Abb. 584).

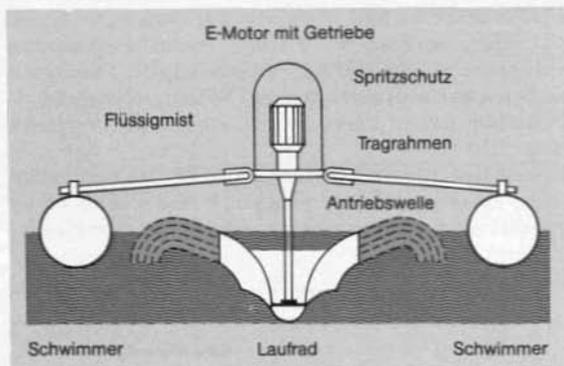


Abb. 584 Oberflächenlüfter

- Umwälzbelüfter leiten den Luftsauerstoff unter die Flüssigkeitsoberfläche mit Hilfe der Rührwerkzeuge ein, die zugleich den Flüssigmist umwälzen (Abb. 585).

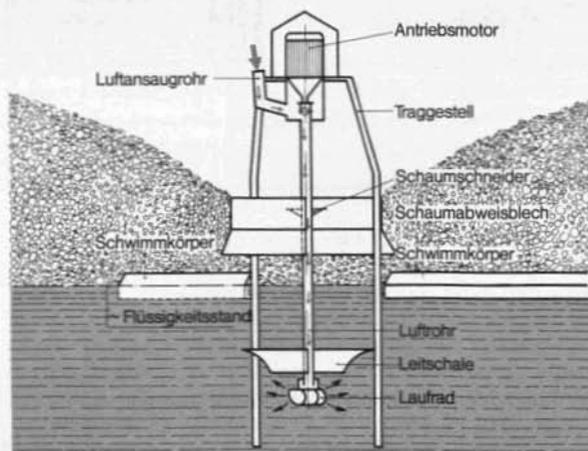


Abb. 585 Umwälzbelüfter

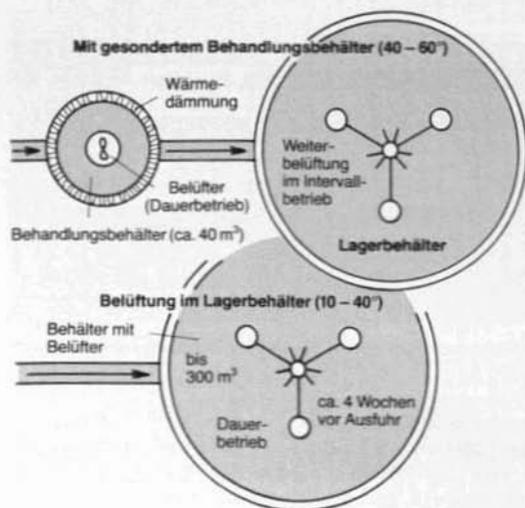


Abb. 586 Flüssigmistbehandlung in gesondertem Behandlungsbehälter und im Lagerbehälter

Tabelle 196: Vergleich von Oberflächenbelüfter und Umwälzbelüfter

	Prinzip	Vorteile	Nachteile
Oberflächenbelüfter	Flüssigmist wird durch die Luft geschleudert und dadurch mit Sauerstoff angereichert	geringerer Kraft- und Energieaufwand	zu starke Abkühlung während der kalten Jahreszeit
Umwälzbelüfter	Sauerstoffeintrag in Flüssigmist über eine Hohlwelle und Laufrad	bei normalen Wintertemperaturen kein Einfrieren des Mediums	höherer Kraft- und Energieaufwand; starke Erwärmung im Sommer

Belüftung im Stall – Die biologische Behandlung des Flüssigmistes kann auch unmittelbar im Stall eingesetzt werden (Beispiele: Oxydationsgraben, Roxidationsstall; Abb. 587 und 588, S. 472).

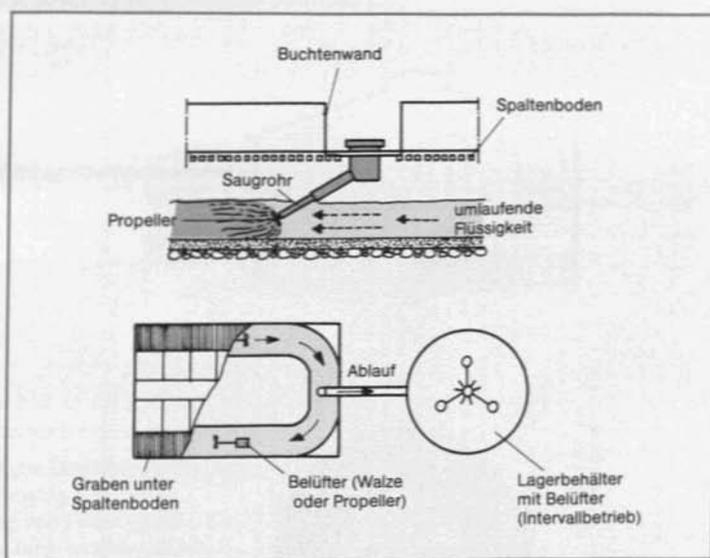


Abb. 587 Oxydationsgraben; oben Schnitt, unten Draufsicht

Diese Verfahren stellen besonders hohe Anforderungen hinsichtlich der Handhabung. So ist darauf zu achten, daß der Trockenmassegehalt nicht wesentlich über 2% ansteigt. Tritt dies ein, so muß entweder mit Wasser verdünnt werden, was zusätzliche Kosten für Wasser, Lagerung und Ausbringung verursacht, oder es bedarf der Entnahme von Feststoffen aus einem Absetzbecken am Rand des Grabens (zusätzlich: Feststoffpumpe, Absetzbehälter) (vgl. Tabelle 197, S. 472).

Sonstige Behandlungsverfahren – Extrem zähe Flüssigkeitskonsistenzen bzw. hoher Rohfaseranteil erschweren die biologische Behandlung. Mit speziell für diesen Zweck entwickelten **Trenneinrichtungen** (Separatoren) wird vor der Einlagerung versucht, den Feststoffanteil abzuspalten. Wegen der hohen Kosten kommen derartige Anlagen derzeit nur für Betriebe in Frage, die eine weitgehende Aufbereitung und Klärung des Flüssigmistes herbeiführen müssen.

Lagunenlagerung und **Dungtrocknung** konnten sich nicht einführen. Die Lagunenlagerung erfordert einen hohen Flächenbedarf, während die Dingtrocknung mit steigenden Energiekosten unwirtschaftlich geworden ist.

Tabelle 197: Vergleich der Verfahren zur Flüssigmistbelüftung

Verfahren	Anschlußwert (kW)	Leistungsbedarf (kW/m ²)	Anlaufzeit (Tage) ¹⁾	zusätzliche Wirkungen
Oberflächenbelüftung	2,2	1,5-4	7-28	Verbesserung der Stallluft in Verbindung mit Umspülverfahren
Umwälzbelüftung	a) mit gesond. Belüft.-Behält.	3-5	40-60	Abtötung der Salmonellen
	b) Belüftung im Lagerbeh.	3-5	ca. 12	Abtötung der Salmonellen bei über 38° C
Oxydationsgraben	1,5-4	50-60	4-14	Verbesserung der Stallluft

¹⁾ abhängig von Außentemperatur

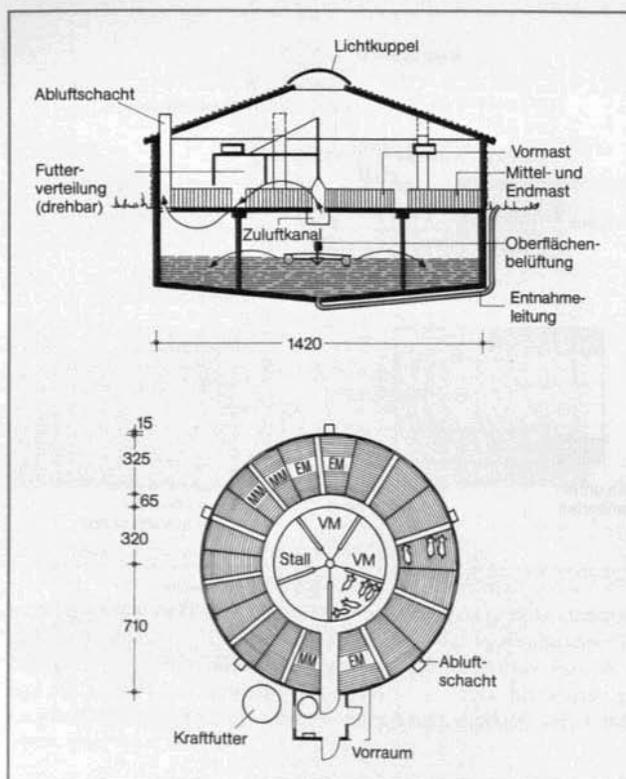


Abb. 588 Roxidationsstall; oben Schnitt, unten Draufsicht (Stallboden) (Maße in cm)

1 Landwirtschaftliches Bauwesen

Das landwirtschaftliche Bauwesen unterliegt, vergleicht man traditionelle Bauernhöfe mit neu erstellten Anlagen, einem deutlich sichtbaren Wandel. Ursachen sind

- ▶ die Einführung neuer Arbeitsverfahren,
- ▶ die Verwendung neuerer Baustoffe,
- ▶ der Einsatz neuerer Konstruktionen,
- ▶ die stärkere Funktionstrennung (z. B. Gärfuttersilo statt deckenlastiger Lagerung).

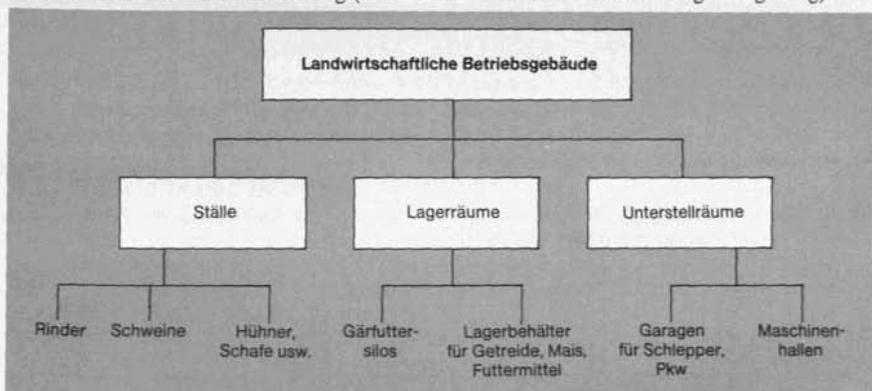


Abb. 589 Anforderungen an landwirtschaftliche Betriebsgebäude

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude (vgl. Abb. 589) dienen

- ▶ der Unterbringung von Tieren,
- ▶ der Lagerung von Futtermitteln und Verkaufsprodukten und
- ▶ der Unterstellung von Maschinen.

Aus der Nutzungsart ergeben sich für landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterschiedliche Funktionen und Anforderungen:

Schutzfunktion: Schutz vor Witterung (Kälte, Wärme, Regen, Sonneneinstrahlung, Blitz usw.), vor Diebstahl, vor Ungeziefer.

Arbeitsfunktion: optimale arbeitswirtschaftliche Bedingungen (z. B. Inneneinrichtung, Anordnung der Gebäude zueinander, Türöffnungen, Belichtung, Stützenfreiheit).

Dazu sollten die Betriebsgebäude kostengünstig zu erstellen und zu unterhalten sein. Stallgebäude müssen darüber hinaus gewährleisten, daß die Tiere ihre Leistung voll entfalten können.

1.1 Wärmehaushalt

Bei wärmegedämmten Gebäuden (Stallungen) kommt dem **Wärmeschutz** der raumumschließenden Bauteile besondere Bedeutung zu. Er soll

- ▶ zur Aufrechterhaltung der im Innenraum erforderlichen Temperaturen beitragen (in beheizten Ställen: Heizkostensparnis);

- ▶ Oberflächenkondensat (Tauwasser), also das Ablagern von Wassertropfen an Wänden und Decken, verhindern. Die warme Stallluft ist mit Wasserdampf beladen, der an den kälteren Bauteilen kondensiert und als Wassertropfen sichtbar wird;
- ▶ Kernkondensat (Kondenswasser), das im Innern von Bauteilen auftritt, vermeiden. Es ist zunächst nicht sichtbar, kann den Bauteilen aber erheblichen Schaden zufügen;
- ▶ Frostschäden verhindern.

Deshalb sind Bauteile so auszubilden, daß sie den Wärmeaustausch zwischen Innen- und Außenluft möglichst verhindern und einen Temperatenausgleich durch Wärmespeicherung herbeiführen.

Der Wärmeaustausch oder auch Wärmedurchgang kann in beiden Richtungen erfolgen. Er wird durch die Wärmedämmung der Bauteile und durch die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen bestimmt. In dicht belegten Stallungen besteht ein Temperaturgefälle von innen nach außen. Im Winter ist man darauf bedacht, Wärmeverluste zu vermeiden. Im Sommer dagegen muß Wärme aus dem Innenraum abgeführt werden.

Die Bedeutung der Wärmedämmung läßt sich am besten anhand der Wärmebilanz aufzeigen:

$$\text{Wärmeproduktion der Tiere } (Q_{T1}) = \text{Wärmeverluste der raumumschließenden Bauteile } (Q_B) + \text{Wärmeverluste durch Luftwechsel } (Q_L)$$

Die **Wärmebilanz** ist ausgeglichen, wenn die Wärmeverluste durch Bauteile und Luftwechsel der Wärmeproduktion der Tiere entsprechen. Reicht dagegen die Wärmeproduktion der Tiere nicht aus, um die Verluste durch Bauteile und Lüftung zu decken, so muß entweder die Wärmedämmung erhöht oder zugeheizt werden.

Tabelle 198: Wärmeleistung, Wärmeverluste über Lüftung und Restwärme von Rindern und Schweinen (nach MITTRACH, 1976)

Tierart	Wärmeleistung (Q_{T1}) W/Tier	Wärmeverluste (max.) über Lüftung (Q_L) W/Tier bei t_a			Restwärme (Q_R) W/Tier bei t_a		
		-12° C	-14° C	-16° C	-12° C	-14° C	-16° C
Kuh 600 kg LG $t_i = 10^\circ \text{C}$	989	738	763	778	251	226	211
Mastrind 400 kg LG	768	562	577	590	206	191	178
Mastrind 600 kg LG $t_i = 16^\circ \text{C}$	989	714	733	749	275	256	240
Mastkalb 100 kg LG	262	274	281	287	-12	-19	-25
Mastkalb 200 kg LG $t_i = 18^\circ \text{C}$	454	445	456	465	9	-2	-11
tragende Sauen 200 kg LG $t_i = 12^\circ \text{C}$	342	245	273	279	97	69	63
Sauen (200 kg LG) mit Ferkel $t_i = 18^\circ \text{C}$	342	309	326	340	33	16	2
Mastschwein 60 kg LG	140	106	112	117	34	28	23
Mastschwein 100 kg LG $t_i = 16^\circ \text{C}$	198	159	168	176	39	30	22

t_i = Temperatur innen - t_a = Temperatur außen

Der Wärmeverlust hängt demnach vom Flächenanteil des betreffenden Bauteils, von seinem k-Wert und der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur ab.

Allerdings besteht bei Bauteilen mit ungünstigem k-Wert unabhängig vom Flächenanteil die Gefahr der Bildung von Oberflächenkondensat, da bei niedrigen Außentemperaturen die Temperatur auf der innenliegenden Oberfläche des Bauteils soweit fallen kann, daß der Taupunkt unterschritten wird und der in der Stallluft enthaltene Wasserdampf sich auf dem Bauteil niederschlägt (z. B. Schwitzwasserbildung an Fenstern, an nicht wärmegeprägten Türen).

Tabelle 199: Notwendige k-Werte zur Erlangung tauwasserfreier Oberflächen der Stallbauteile (nach MITTRACH, 1976)

Stall- temperaturen t_i (°C)	Außentemperaturen (t_a) und relative Stallluftfeuchten i							
	-10° C		-12° C		-14° C		-16° C	
	70%	80%	70%	80%	70%	80%	70%	80%
10	1,60	1,02	1,45	0,93	1,34	0,85	1,23	0,78
11	1,54	0,97	1,41	0,88	1,29	0,81	1,20	0,76
12	1,48	0,94	1,36	0,86	1,26	0,79	1,16	0,73
13	1,43	0,91	1,31	0,83	1,22	0,77	1,13	0,71
14	1,38	0,87	1,28	0,80	1,19	0,74	1,10	0,70
15	1,33	0,84	1,23	0,78	1,14	0,72	1,07	0,67
16	1,29	0,81	1,20	0,76	1,12	0,71	1,05	0,66
17	1,24	0,80	1,16	0,74	1,09	0,70	1,02	0,65
18	1,21	0,77	1,14	0,72	1,06	0,67	1,00	0,63

1.2 Baustoffe und Bauteile

Das Angebot an Baustoffen und Bauteilen wird immer größer. Die sinnvolle Nutzung dieses Angebotes verlangt genaue Kenntnis der Eigenschaften und auch der Anforderungen, die vom Baustoff bzw. vom Bauteil erwartet werden müssen (vgl. Tabelle 200).

Tabelle 200: Bauteile, deren Aufgaben und Baustoffbeispiele

Bauteil	Aufgaben	Baustoffe
Wand	Schutz vor Niederschlägen, Wind; statische Funktion; Wärmeschutz, Wärmespeicherung	z. B. Ziegelmauerwerk, Betonsteinmauerwerk, Holz, Kunststoffe mit anderen Baustoffen
Decke	Tragfähigkeit; Wärmeschutz	z. B. Holz, Kunststoff, Beton, Aluminium, Mineralfaser
Dach	Schutz vor Niederschlägen, Sonneneinstrahlung	z. B. Holzkonstruktion, Einklebung mit Wellasbestzement, Aluminium, Ziegel
Fenster	Lichtdurchlässigkeit; Schutz vor Niederschlägen, Wind, Wärmeschutz; Notlüftung	z. B. Glas, Plexiglas, Kunststoff, Holz, Beton
Tore, Türen	Zugang für Menschen, Tiere; Einfahrt für Maschinen; Fluchtweg; Witterungsschutz, Wärmeschutz	z. B. Holz, Metall, Kunststoff, Mineralfaser

1.2.1 Eigenschaften der Baustoffe

Den universell einsetzbaren Baustoff gibt es nicht. Im allgemeinen hat jeder Baustoff (Abb. 590) schwerpunktmäßig einige Eigenschaften in sich vereint, die ihn dann für bestimmte Einsatzbereiche prädestinieren.

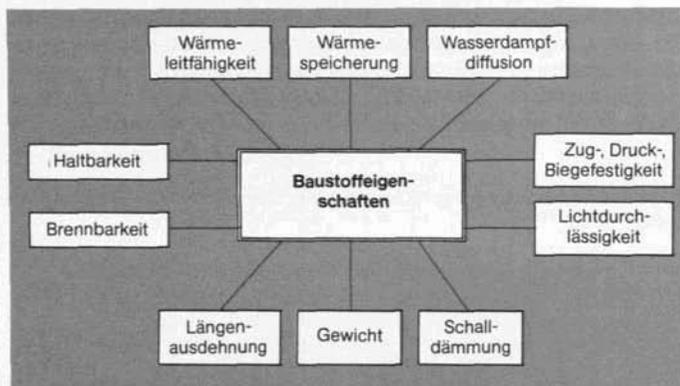


Abb. 590
Baustoffeigenschaften

Wärmeschutz – Zur Beurteilung des Wärmeschutzes wird neben der Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes auch dessen Wärmespeichervermögen und indirekt auch die Wasserdampfdiffusion herangezogen (vgl. Tab. 201).

Tabelle 201: Wärmeleitzahl und Rohgewichte verschiedener Baustoffe (MV = Mischungsverhältnis)

Baustoff	Rohgewicht kg/m ³	Wärmeleitzahl λ in W/m K	Baustoff	Rohgewicht kg/m ³	Wärmeleitzahl λ W/m K
Natursteinmauerwerk	2500	2,32	Zementmörtel (MV 1:4)		1,39
Ziegelmauerwerk	1000	0,41	Stahl		58,00
Kalksandsteinmauerwerk	1800	1,04	Kupfer		383,00
Gasbeton	800	0,40	Aluminium		204,00
Stampfbeton	1800	1,51	Zinkblech		69,80
Stahlbeton	2200	2,04	PVC	1100	0,046
Stahlbeton (hochwertig)	2400	2,09	Bitumenpappe		0,170
Bimsbeton	1000	0,35	Glas		0,810
Blähton			Holzwoolleleichtbauplatten		0,080
haufwerkporig	1000	0,53	Minerale Dämmstoff		0,046
Blähton mit geschl. Gefüge	1400	0,64	Polyester m. Glasgewebe		0,046
Eichenholz		0,21	Polyester m. Glasmatte		0,046
Fichtenholz		0,14	Polystyrol Hartschaum		0,040
Sperrholz (wetterfest)		0,14	Korkstein expandiert	120	0,046
Kalkmörtel (MV 1:4)		0,87	Foamglas		0,056

Längenausdehnung – Im Zusammenhang mit dem Wärmeschutz muß eine andere Eigenschaft der Baustoffe gesehen werden, die Längenausdehnung. Sie wäre nahezu unbedeutend, wenn die landwirtschaftlichen Betriebsgebäude einheitlich aus nur einem Baustoff bestünden. Weil aber

- ▶ die Kombination von Baustoffen unerlässlich ist und
- ▶ die Unterschiede zwischen höchster Sommer- und tiefster Wintertemperatur doch beträchtlich sind,

müssen Baustoffe auch in der Längenausdehnung zusammenpassen oder das Einwirken der hohen Temperaturen verhindert werden (vgl. Tabelle 202).

Brandschutz – Im Rahmen des Brandschutzes werden Baustoffe und Bauteile nach deren *Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme* beurteilt. Dies gilt besonders für Brandwände, die bei Gebäuden mit einer Länge von mehr als 40 m in einem Abstand von bis zu 30 m

vorzusehen sind. Besonders voluminöse Gebäude (Bergeräume) werden in Brandabschnitte mit maximal 5000 m³ umbauten Raum unterteilt.

Tabelle 202: Längenausdehnung einiger Baustoffe bei Erwärmung um 100 K

Baustoff	Längenausdehnung (mm/m)
Ziegelmauerwerk	0,5
Stahlbeton	1,2
PVC	12–18
Polystyrol-Hartschaum	7,0

1.2.2 Beton

Beton entsteht aus Zement, Wasser und verschiedenen Zuschlägen. Nach der Rohdichte unterscheidet man Schwerbeton, Normalbeton und Leichtbeton. *Schwerbeton*-Zuschläge sind Schwerspat, Eisenerz, Stahlsand und Stahlschrot. Bei *Leichtbeton* dienen als Zuschlag Naturbims, Hüttenbims, Blähton und Blähschiefer. *Normalbeton* – wenn keine Verwechslungsgefahr besteht auch einfach als Beton bezeichnet – hat als Zuschlag natürliches Gestein wie z. B. Sand, Kies oder Brechsand. Er gelangt hauptsächlich bei tragenden Konstruktionsteilen zur Anwendung (z. B. bei Fundamenten und Stützen). Wegen geringer Wärmedämmung (vgl. Abschn. 1.2, S. 475) eignet er sich als Wandbaustoff nur bei mehrschichtigem Aufbau in Verbindung mit wärmedämmendem Material.

Beton hält Druckbelastungen gut, Zugbelastungen kaum stand. Hierfür ist eine Stahlbewehrung erforderlich: Das ergibt *Stahlbeton*. Durch Vorspannen des Stahls kann die Festigkeit des Bauteils noch erhöht werden und es entsteht *Spannbeton*. *Transportbeton* ist einbaufertiger Beton, der zumeist in Transportmischern geliefert wird.

Die Eigenschaften des Zementes sind in der DIN 1164 festgelegt. Sie unterstehen der Überwachung. Besonders wichtig ist die Druckfestigkeit. Die einzelnen Festigkeitsklassen sind an den Farben der Säcke oder bei losem Zement an dem mitgelieferten Begleitblatt erkenntlich (Z 25 violett, Z 35 hellbraun, Z 45 grün, Z 55 rot).

Tabelle 203: Einteilung des Betons in Betongruppen und Festigkeitsklassen

Gruppe	Herstellung	Festigkeitsklasse	Verwendung
B I	darf von jedem hergestellt und eingebaut werden	B 5	nur unbewehrter Beton
		B 10	
		B 15	bewehrter und unbewehrter Beton
		B 25	
B II	darf nur von besonderen Firmen eingebaut werden	B 35	bewehrter und unbewehrter Beton
		B 45	
		B 55	

Die Zahl in der Bezeichnung der Festigkeitsklasse stellt die Mindestdruckfestigkeit dar, die jeder Prüfwürfel nach 28 Tagen erreicht haben muß.

1.2.3 Mauerwerk

Mauerwerk besteht aus Mauersteinen und Mörtel. Das Mauerwerk hat seine besondere Bedeutung bei der konventionellen Bauweise.

Die **Stärke des Mauerwerks** richtet sich nach den Anforderungen (z. B. Wärmedämmung, Tragfähigkeit). Außenwände werden auf die erforderliche Wärmedämmung ausgelegt. Die daraus resultierende Stärke der Mauer reicht für statische Funktionen in der Regel aus.

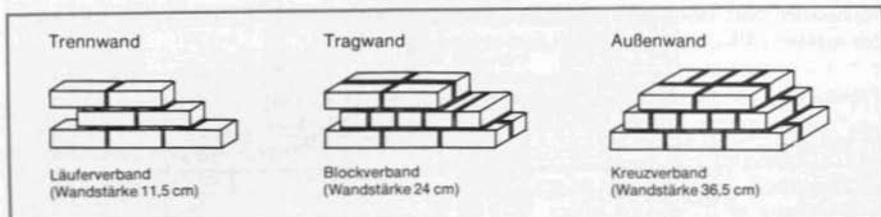
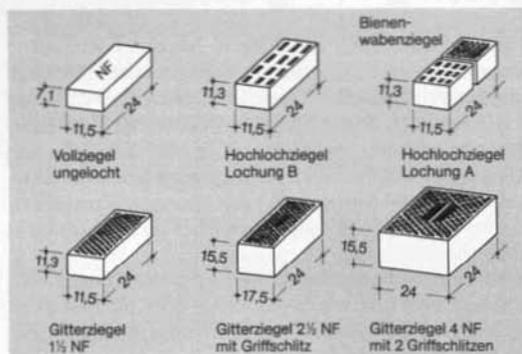


Abb. 591 Mauerverbände (Normalsteine) unterschiedlicher Funktion

Die **Steine eines Mauerwerks** werden in Verbänden gemauert, um die statische Festigkeit durch Verzahnung der Steine ineinander zu erreichen (Abb. 591).



Die Mauer besteht aus gebrannten, mörtelgebundenen oder natürlichen Steinen. Neben den hauptsächlich verwendeten **Ziegelsteinen** werden **Kalksandsteine**, **Leichtbetonvollsteine** und **Leichtbetonhohlblocksteine** verarbeitet.

Abb. 592 Formate von Ziegelsteinen

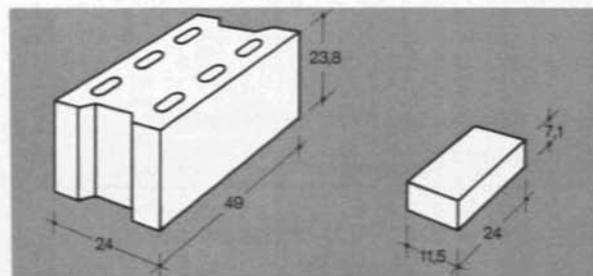


Abb. 593 Vergleich des Normalformates mit den Richtmaßen des Leichtbeton-Hohlblocksteines (L = 50 cm, B = 25 cm, H = 23,8 cm; Normalmaße siehe Zeichnung)

Der **Mörtel** verbindet die Steine zur Mauer. Er besteht aus einem **Bindemittel** (Kalk, Zement, Gips), **feinkörnigen Zuschlagstoffen** (reinen Sanden) und **Wasser**. Die Wahl des Bindemittels richtet sich nach der Druckbelastung des Mauerwerks. Für Mauerwerk verwendet man hauptsächlich Kalkmörtel.

1.2.4 Holz und Holzverbindungen

Da zahlreiche landwirtschaftliche Betriebe Wald besitzen, gehört der Baustoff »Holz« seit jeher zu den im landwirtschaftlichen Bauwesen stark verbreiteten Materialien.

Seine **Vorteile** sind folgende:

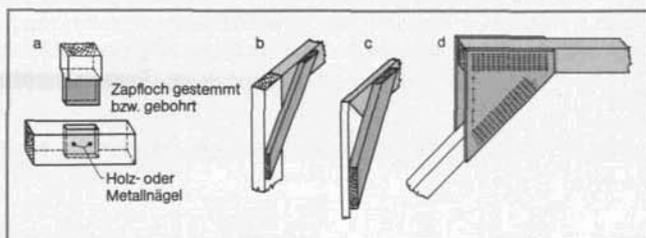
- ▶ Gute Festigkeitseigenschaften (wichtig für die Anwendung bei tragenden Teilen, z. B. Dachkonstruktion),
- ▶ gute Wärmedämmung, daher als Wand- und Deckenbaustoff geeignet,
- ▶ leichte Verarbeitung, was im Selbstbau besonders wichtig ist,
- ▶ begrenzte Feuchtigkeitsspeicherung.

Holzverbindungen – Bei der Verarbeitung von Holz kommt den Verbindungen besondere Bedeutung zu. Bei der Verwendung von Holz für Konstruktionen wurden bisher nur die handwerklichen Verbindungen der Zimmerer genutzt. Hierbei wird nicht geleimt, sondern überwiegend mit *Schlitz und Zapfen* bzw. *Bolzen* befestigt.

Nagelverbindungen erfordern demgegenüber keine handwerklichen Fähigkeiten. Es genügen einfache Werkzeuge wie Hammer und Säge, weswegen diese Art der Holzverbindung im landwirtschaftlichen Bauwesen gewisse Vorteile bringt. Nagelverbindungen sind haltbar. Es ist aber zu beachten, daß die Haltbarkeit bei längs zur Faser eingeschlagenen Nägeln um 50% unter derjenigen bei quer zur Faser eingeschlagenen Nägeln liegt.

Nagelverbindungen werden neuerdings wieder verstärkt bei Holzbauelementen eingesetzt. Mit Knotenplatten aus wetterfest verleimtem Sperrholz lassen sich z. B. stützenfreie Starrahmenkonstruktionen herstellen, bei denen die Hölzer stumpf gestoßen und mit Knotenplatten und Nägeln biegesteif verbunden sind (Abb. 594).

- Abb. 594
Holzverbindungen
a) mit Schlitz und Zapfen
b) stumpfer Stoß gerade
c) stumpfer Stoß auf Gehrung
d) Sperrholz-Knotenplatte



Stumpf aneinandergestoßene Hölzer können auch mit *Holzverbindern aus verzinktem Stahlblech* verbunden werden. Dies geschieht entweder durch Einschlagen von verzinkten Nägeln in die im Holzverbinder vorgesehenen Löcher oder durch werkseitiges Einpressen von Nagelplatten (Abb. 595 und 596).

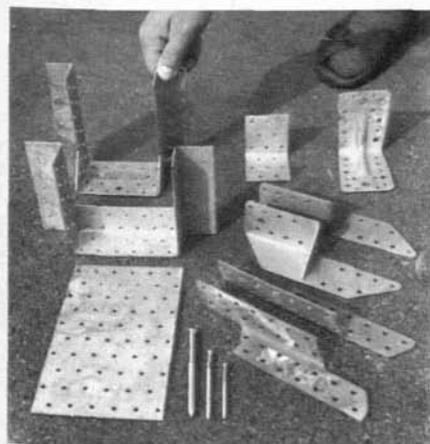


Abb. 595 Verzinkte Holzverbinder: mit Nägeln zu befestigende, verzinkte Lochplatten (HVV-Verbinder)

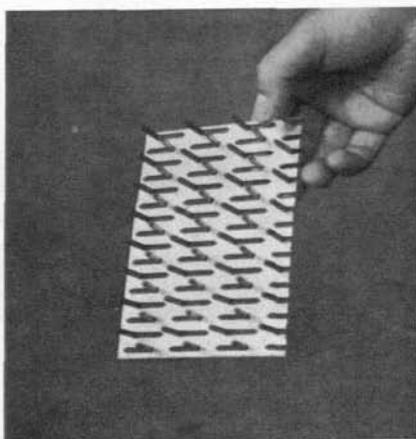


Abb. 596 Verzinkte Holzverbinder: Nagelplatte (Gang-Nail-Platte)

Vereinzelt werden im landwirtschaftlichen Bauwesen auch *Leimbinder* eingesetzt. Sie eignen sich vor allem für stützenfreie Gebäude größerer Spannweite, z. B. für zwei- und mehrreihige Stallgebäude und Maschinenhallen.

1.2.5 Kunststoffe und organische Dämmstoffe

Der Einsatz von Kunststoffen im landwirtschaftlichen Bauwesen wird dann wirtschaftlich, wenn möglichst mehrere Eigenschaften des teuren Materials nutzbar sind. Während die

Verwendung auf Innenseiten von Gebäuden kaum Probleme aufwirft, ist bei Außenseiten zu beachten, daß die Sonneneinstrahlung (UV-Licht) und Temperaturunterschiede (bis zu 60 ° C) Veränderungen hervorrufen können. Auch für statische Belastung zeigen Kunststoffe wenig Eignung.

Andererseits sind Kunststoffe leicht, daher gut transportierbar und einfach zu handhaben. Besonders wichtig ist auch die Korrosionsfestigkeit. Die hauptsächliche Anwendung liegt bei Folien (Auskleidungen, Abdeckungen) und Hartschäumen für die Wärmedämmung.

1.2.6 Baumetalle

Zu den Baumetallen werden, neben Eisen und Stahl, Aluminium und Zink, ferner – bei geringerer Bedeutung für das landwirtschaftliche Bauwesen – Kupfer, Blei, Zinn, Chrom und Nickel gerechnet.

Beim Stabstahl unterscheidet man zwischen glattem Rundstahl und den sich besser mit dem Beton verbindenden Rippenstählen. Baustahlmatten bestehen aus zusammengeschweißten Bewehrungsstählen (glatt, profiliert oder gerippt). Es gibt daneben auch Matten aus Betonrippenstählen, die z. B. mit Kunststoffmuffen zu sog. Verbundstahlmatten zusammengefügt sind.

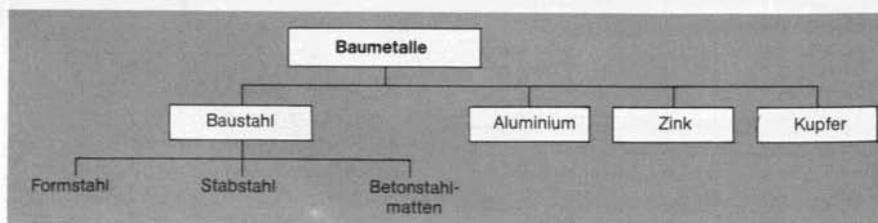


Abb. 597 Baumetalle und ihre Verwendung

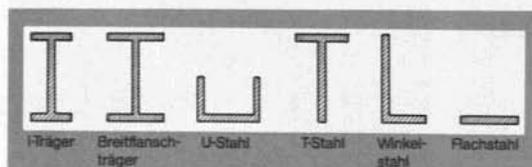


Abb. 598 Verschiedene Arten von Stahlprofilen

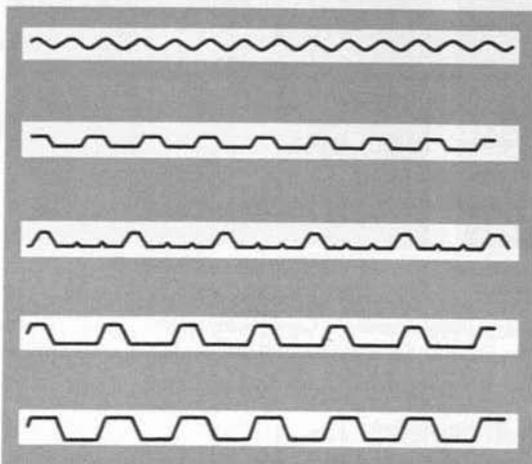


Abb. 599 Verschiedene Arten von Aluminiumprofilen

Im konstruktiven Bereich wird **Stahl** auch als Formstahl eingesetzt. Die unterschiedlichen Profilträger (Abb. 598) werden durch Schrauben, Nieten oder Schweißen verbunden. Für intensiven Korrosionsschutz muß gesorgt werden (Verzinkung, Rostschutzanstriche).

Aluminium wird im landwirtschaftlichen Bauwesen vorwiegend für Bedachungen (Profiltafeln), z. T. als Fassadenelemente und als Innenverkleidung bzw. in Form von Dichtungsbahnen und Folien als Dampfbremse eingesetzt. Weitere wichtige Eigenschaft: Reflexion der Wärmestrahlung.

Zink erhält seine besondere Bedeutung im Bauwesen durch den Korrosionsschutz von Stahlteilen (Verzinkung):

- ▶ Feuerverzinkung: Schmelztauchverfahren
- ▶ elektrolytische Verzinkung (galvanisches Verfahren)
- ▶ Spritzverzinkung, Zinkstaubanstriche

1.2.7 Dacheindeckungen

Das Dach schützt das Gebäude vor Regen und Schnee. Im landwirtschaftlichen Bauwesen werden vorwiegend *Kaltdächer* verwendet. Hierbei liegt unter der Dachhaut ein durchlüfteter Dachraum. Die Dachhaut bzw. das zur Eindeckung verwendete Material bestimmt die Dachneigung (vgl. Tabelle 204).

Dachform, Dachneigung und das Material der Eindeckung (Farbe, Struktur) bestimmen wesentlich das Aussehen eines Gebäudes.

Tabelle 204: Dacheindeckungen

Dachdeckung	Dachneigung in Grad
Schiefer	30–50
Ziegel	20–60
Betondachstein	20–60
Papp-Deckungen	3–30
Wellasbestzementtafeln	5–30
Metalldeckungen	3–25

1.2.8 Decken

Dachkonstruktion, Eindeckung und Decke stehen in enger Beziehung und sind aufeinander abzustimmen. Dachziegel sollten z. B. auf Ober- und Unterseite annähernd gleichen Temperaturen ausgesetzt sein, um die Gefahr von Frostschäden zu vermeiden. Dies erfordert das sogenannte *Kaltdach*, bei dem sich auf der Unterseite der Dachhaut ein belüfteter Raum befindet (Abb. 600 und Abb. 601). Die richtig angeordnete Hinterlüftung stellt sicher, daß eindringende Feuchtigkeit schadlos abtransportiert wird.

Bei *Warmdächern*, die im landwirtschaftlichen Bauwesen kaum Bedeutung haben, entfällt die Hinterlüftung der Dachhaut. Dach und Decke sind ohne Zwischenraum miteinander verbunden.

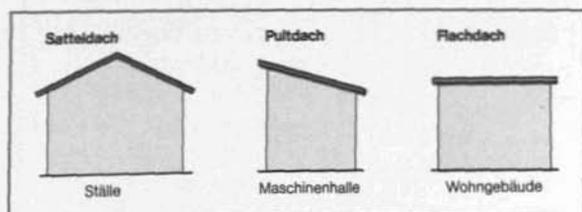


Abb. 600
Beispiele von Dachformen

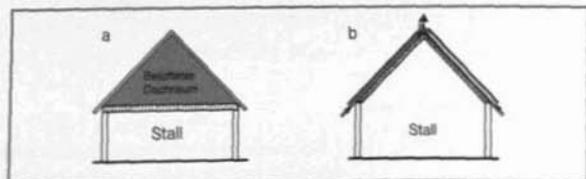


Abb. 601 Kaltdach
a) mit ebener Decke
b) mit schräger Decke

Bei Gebäuden mit wärmegeämmten Innenräumen kommt der Decke wegen ihres hohen Flächenanteils besondere Bedeutung zu (vgl. Abb. 602). Durch die starke Verbreitung des Flachbaus und die Entwicklung moderner Dämmstoffe konnten die Decken vereinfacht und verbilligt werden. An Decken werden aus der Sicht der Landwirtschaft folgende Anforderungen gestellt:

- ▶ Wärmedämmung,
- ▶ Haltbarkeit und günstiger Preis,
- ▶ einfache Pflegemöglichkeiten.

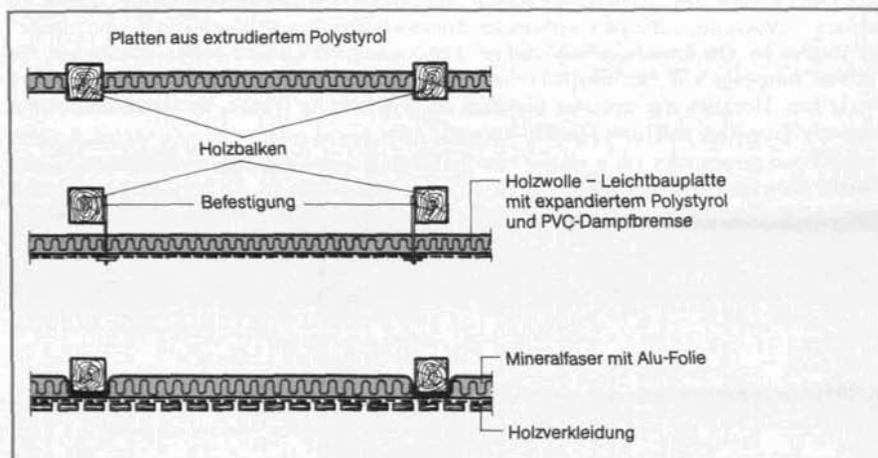


Abb. 602 Aufbau verschiedener Holzbalkendecken

Tabelle 205: Dämmstoffe für Stalldecken (nach ENGLERT, 1978)

Dämmstoffe	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit (in W/mK)	erforderliche Dämmstoffdicke für einen Wärmedurchlaßwiderstand von $1,22 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (in cm)	ungefähre Materialkosten für eine dämmende Verkleidung mit $1,22 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (in DM/m ²)	Arbeitsgänge
Alu-kaschirt Polyurethan (Eurothane U/AL)	0,029	3,5	20,50	1
expandiertes Polystyrol (Isotex-WD-Platten)	0,041	5,0	21,50	1
extrudiertes Polystyrol (Styrodur, Styrofoam)	0,041	5,0	17,30	1
Mineralfasern	0,041	5,0	14,10 ¹	3
Superlite-Staubex	0,046	5,6	13,05 ¹	3

¹ inclusive Dampfsperre aus 0,2 mm PE 1,00 DM/m², Holzverkleidung 7,00 DM/m²

1.2.9 Türen und Tore

Türen und Tore für landwirtschaftliche Betriebsgebäude werden den Anforderungen angepaßt und können z. T. in Normgrößen bezogen werden (Abb. 603).

Während bei kleineren Garagen in erster Linie *Kipptore* verwendet werden, kommen bei Stalltoren und Toren für Maschinenhallen sowohl *Schiebetore* als auch zweiteilige Flügel Tore zum Einbau. Außentüren von Ställen und anderen Warmbereichen müssen wärmegeämmt sein.

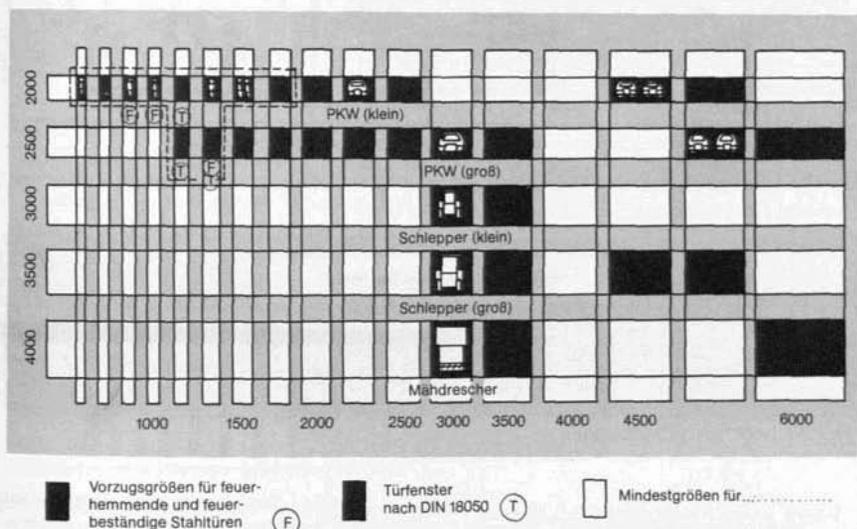


Abb. 603 Höhen und Breiten für Tore und Türen an landwirtschaftlichen Gebäuden (nach MITTAG)

1.2.10 Fenster

Fenster dienen bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden überwiegend der Belichtung und werden in der Größe auf diesen Zweck ausgerichtet und angeordnet. In der Schweine- und Hühnerhaltung werden Fenster aus Rationalisierungsgründen und zur besseren Stallruhe eingespart. Hühner unterliegen besonderen Belichtungsprogrammen, die sich am besten mit Kunstlicht einstellen lassen. Wegen besserer Stallübersicht, Tierkontrolle und Sauberhaltung sollte nach Möglichkeit auf das natürliche Tageslicht verzichtet werden. Je nach Raumnutzung liegt die Gesamtfensterfläche zwischen 5 und 20% der Bodenfläche des Raumes.

Bei wärmegeämmtten Räumen (Stallräume, andere, geheizte Räume) sollte die Zuteilung der Fensterfläche sparsam erfolgen. Fenster weisen selbst in geämmtter Ausführung einen hohen Wärmedurchgang auf (Hitze im Sommer, Wärmeverluste im Winter). Bei dem in der Bundesrepublik Deutschland vorherrschenden Klima kann nicht mit einem Wärmegewinn durch die eintretende Wintersonne gerechnet werden. Für Ställe kann mit einem Wert von ca. 10% der Bodenfläche gerechnet werden.

Stallfenster sollten wegen der Wärmeverluste und der Bildung von Oberflächenkondensat mit möglichst guter Wärmedämmung versehen sein (z. B. Isolierglas, Kunststoffdoppelstegplatten). Das gilt ebenso für Fensterstock und Fensterrahmen.

Stallfenster sollten nur in Notfällen als Lüftungselement Verwendung finden, z. B. wenn die Lüftungsanlage ausfällt. Fenster sind als Zuluftelement ungeeignet. Auf komplizierte Schwenkeinrichtungen kann daher verzichtet werden. Für die Notlüftung und Säuberung genügt es, wenn Fenster herausnehmbar sind.

1.3 Bauweisen

1.3.1 Allgemeines

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude werden sowohl konventionell, mit vorgefertigten Teilen und in Selbsthilfe erstellt. In Abb. 604 sind Beispiele dieser Bauweisen gegenübergestellt.

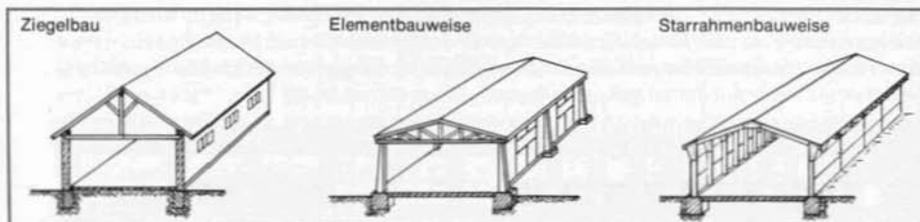


Abb. 604 Gegenüberstellung von Bauweisen nach der Art der Herstellung

Für alle Konstruktionen und Bauweisen gilt, daß sie auf die auf sie wirkenden Kräfte und Lasten mit ausreichender Sicherheit einzurichten sind.

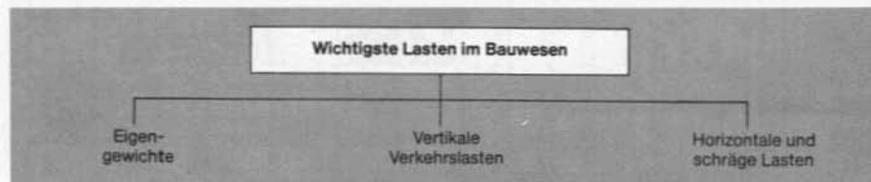


Abb. 605 (oben) Lasten im Bauwesen

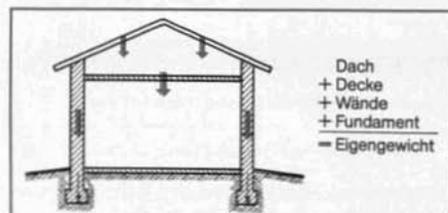


Abb. 606 (links) Eigengewicht eines Gebäudes

Unter *Eigengewicht* versteht man diejenigen Gewichte (Kräfte), die vom Baukörper selbst ausgehen (z. B. Gewicht der Wände, Decken, Fundamente usw.). Für die statische Berechnung werden die benötigten Werte aus DIN 1055 Bl. 1–5 entnommen.

Die vertikalen Lasten entstehen durch die Gebäudenutzung, z. B. durch Personen, Tiere, Lagerung von Getreide, Futtermittel, Unterstellung von Maschinen, Fahrzeugen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um wechselnde und bewegliche Lasten, zu denen auch die Schneelast gezählt wird. Bei den im landwirtschaftlichen Bauwesen vorherrschenden Flachbauten sind es vor allem die in raueren Klimatalagen herrschenden Schneelasten, die besonderen Einfluß auf die konstruktiven Teile der Gebäude haben.

Tabelle 206: Beispiele für regional bedingte Schneelasten (aus Schneelastzonen-Karte DIN 1055)

Ort	Geländehöhe (m über NN)	Schneelastzone	Schneelast (kN/m ²)
Oldenburg	<50	II	0,75
Straubing	330	III	0,75
Landsberg	600	I	0,85
Weilheim	560	II	1,05
Regen	600	III	1,60
Sonthofen	740	III	2,30

Neben den vertikalen Eigen- und Verkehrs-lasten wirken auf Gebäude und Bauteile auch *horizontale und schräg gerichtete Kräfte*. In diesem Zusammenhang sind für landwirtschaftliche Betriebsgebäude vor allem die Windlasten zu nennen (Abb. 607).

Die Windkräfte greifen nicht in vertikaler Richtung, immer aber im rechten Winkel zur Bauteilfläche an (Sog, Druck). Dies gilt ebenso für Quer- wie auch für die Längsseiten der Gebäude. Während in Querrichtung die tragende Konstruktion die Kräfte vielfach ohne

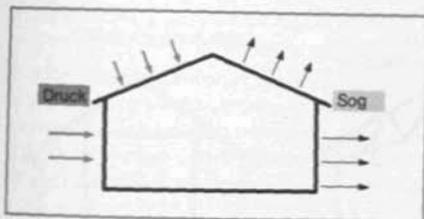


Abb. 607 Einwirken von Windkräften auf Gebäude

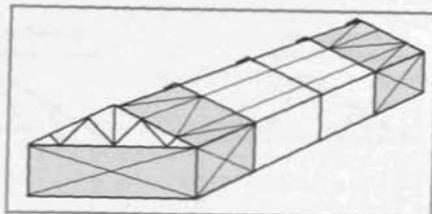


Abb. 608 Windverband eines Gebäudes

Schwierigkeiten aufnehmen kann und lediglich gegen das Abheben zu sichern ist, muß im Wand- und Deckenbereich oft zusätzlich eine Aussteifung vorgesehen werden (Skelettbauweise, Rahmenbau) (Abb. 608).

Dabei genügt im Normalfall die sorgfältige Aussteifung der Giebel- und angrenzenden Wand- bzw. Dachflächen, um das gesamte Gebäude gegenüber den Windlasten zu stabilisieren. Die Größe dieser Windlasten schwankt bei senkrechten Flächen zwischen 5 und 130 kN/m².

Bauwerke mit genügend steifen Wänden und Decken (z. B. bei konventioneller Bauweise) müssen vielfach nicht auf Windlasten untersucht werden. Bei den bei Ställen häufig auftretenden langen Seitenwänden muß das Mauerwerk mit Stahlbetonstützen und Ringanker ausgesteift werden (Abb. 609).

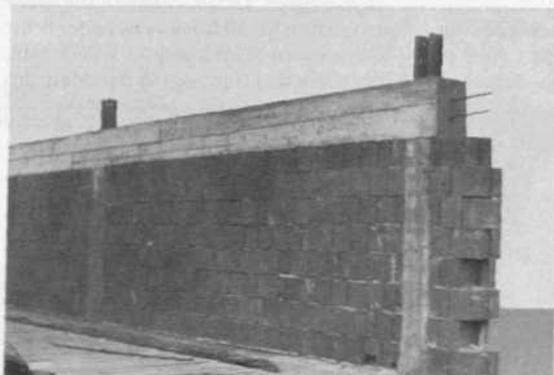


Abb. 609 Aussteifung eines Ziegelmauerwerkes mit Stahlbetonstützen und Ringanker

Weitere Belastungen entstehen durch Erd- und Wasserdruck. Bei den nicht unterkellerten landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden werden diese Kräfte weniger wirksam. Schräge Lasten treten allerdings durch schiefe Kranzüge auf (Greiferhallen) und bedürfen der entsprechenden Absicherung, was zur erheblichen Verteuerung derartiger Einrichtungen führt.

1.3.2 Stallgebäude

Die Gebäudeabmessungen werden dem Funktionsverlauf angepaßt (vgl. Kap. 4, Abschn. 1.8). Stallgebäude werden als Flachbauten und vorwiegend wärmedämmend ausgeführt. Dies gilt auch für Rinderställe, obwohl z. B. Kühe relativ geringe Ansprüche an die Stalltemperaturen stellen. In kontinentalen Klimazonen sind es nicht nur die tiefen Außentemperaturen, die den Tieren zusetzen können, und denen z. B. bei der Schweinehaltung durch Zuheizen entgegengetreten werden kann, sondern die hohen Sommertemperaturen, auf die die Tiere mit Leistungsrückgang reagieren.

Insbesondere bei den empfindlicheren Tierarten (z. B. Schweinen) ist die **konventionelle Bauweise** immer noch geschätzt. Sie verbindet bei richtigem Einsatz der Baustoffe gute Wärmedämmung mit Wärmespeichervermögen, wodurch die Außentemperaturen nur stark gedämpft und phasenverschoben einzuwirken vermögen. Die Wände bestehen aus Mauerwerk. Der Dachstuhl wird entweder als Zimmermannskonstruktion, immer häufiger aber mit vorgefertigten Holzfachwerkbändern ausgeführt (Abb. 610).



Abb. 610 Konventionelle Bauweise mit unterschiedlicher Dach- bzw. Deckenkonstruktion (nach ALB)

Konstruktionen mit ebener Stalldecke erfordern für die notwendigen Stallhöhen entsprechende Traufhöhen bzw. einen hohen Aufwand für die Wandbauteile. Einsparungen ergeben sich bei Bindern mit angehobenem Untergurt. Noch günstiger sind Ständerkonstruktionen, wobei die eingebauten Stützen aber einer späteren Nutzungsänderung entgegenstehen können.

Vorteile der konventionellen Bauweise: Einsatz von Eigenleistungen, massive Bauteile.

Nachteile: Lange Abschreibung, Einzelplanung.

Beim Bauen mit **vorgefertigten Teilen** treten an die Stelle des Mauerwerks Wandteile, die entweder nur Schutzfunktion (Skelettbauweise) oder Schutz- und Tragfunktion (Tafel- oder Plattenbauweise) übernehmen (Fundamente: konventionell). Der Vorteil dieser Bauweise gegenüber dem konventionellen Bau liegt in der deutlich kürzeren Bauzeit.

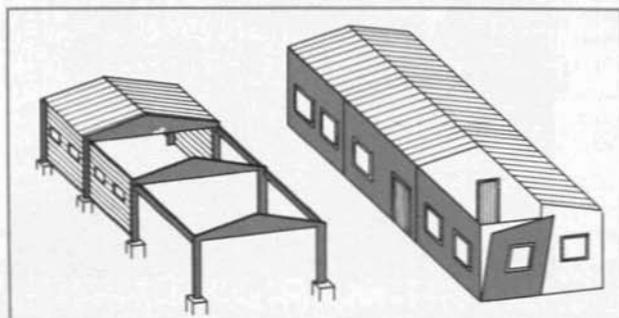


Abb. 611
links: Skelettbauweise,
rechts: Tafelbauweise

Bei der *Skelettbauweise* übernimmt die tragenden Funktionen ein Gerippe aus Holz, Beton oder Stahl. Die Ausfächung der Wände kann mit verschiedenen Baustoffen oder Baustoff-

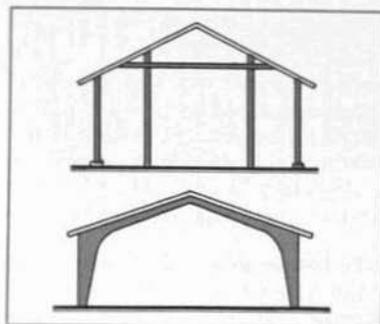


Abb. 612 Holzkonstruktion für Skelettbauweise;
oben: Ständerkonstruktion mit Holzstützen
unten: Leimbinderkonstruktion



Abb. 613 Starrahmenbauweise

kombinationen, die als Platten vorgefertigt sind, erfolgen. Die Auswahl und Stärke der einzelnen mit der Platte verarbeiteten Baustoffe richtet sich nach der Beanspruchung.

Bei der *Tafelbauweise* ist die Wandscheibe zusätzlich als tragendes Element ausgebildet. Für wärmegeämmte Stallgebäude werden vorwiegend Baustoffkombinationen verwendet, bei denen ein Holzrahmen innerhalb der Tafel hauptsächlich die Tragkraft liefert.

Die Tafelbauweise wird aber auch bei Beton- und Ziegelfertigbau verwendet, da die massigen Wandbauteile von vornherein die auftretenden Lasten aufzunehmen vermögen. Darüber hinaus gibt es auch Vollholzkonstruktionen in Tafelbauweise, bei denen die Kräfte über das Wandelement abgeleitet werden.

Die starken jahreszeitlichen Schwankungen des Arbeitskräftepotentials in der Landwirtschaft machen den Einsatz von *Eigenleistungen beim Bau von landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden möglich, sofern die Bauweisen den Einsatz bautechnisch ungeschulter Arbeitskräfte zulassen. Der Zweck dieser Maßnahme, die Verringerung der Baukosten, darf allerdings nicht zu Lasten der vom Gebäude erwarteten Funktionen gehen.*

Der Einsatz von Eigenleistung ist bisher bereits bei konventionellen Bauweisen stark verbreitet. Neuerdings bieten Hersteller von vorgefertigten Gebäuden »Montage-Pakete« an, die ebenfalls die Verwendung eigener Arbeitskräfte zulassen. Durch die Entwicklung von Bauweisen, bei denen der Bau weitgehend dem Landwirt ermöglicht wird, können zusätzlich Baukosten eingespart werden (Beispiele: Starrahmenbauweise Abb. 614, Mantelbetonsteinbauweise Abb. 615).

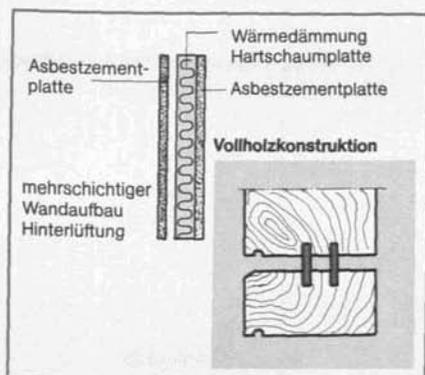


Abb. 614 Wandaufbau für nichttragende Wände



Abb. 615 Mantelbetonsteinbauweise

1.3.3 Bau von Maschinenhallen und Lagerräumen

Die vorweg beschriebenen Bauweisen werden in vereinfachter Form auch für Maschinen- und Lagerhallen eingesetzt, mit dem Unterschied, daß diese Gebäude, von Speziallagern z. B. für Kartoffeln abgesehen, keine Wärmegedämmung erfordern. Dies begünstigt Skelettbauweisen aus Holz, Stahl und Stahlbetonfertigteilen.

Maschinenhallen sollten in Grundfläche, Höhe und Konstruktion sorgfältig auf den Maschinenpark abgestimmt werden.

Für die Unterstellung von Großmaschinen (Mähdrescher, Vollernter) und großen Transportfahrzeugen sind 12,5–15 m breite Hallen vorzusehen, die von beiden Längsseiten über Tore befahrbar sind (Abb. 616, S. 488).

Für kurze Maschinen und Geräte (z. B. Einachs-Anhänger, Dreipunktanbaugeräte) genügen einseitig erschlossene Pultdachhallen, zum besseren Schutz vor Witterungseinflüssen mit Vordach und Schiebetoren ausgestattet (Abb. 617, S. 489).

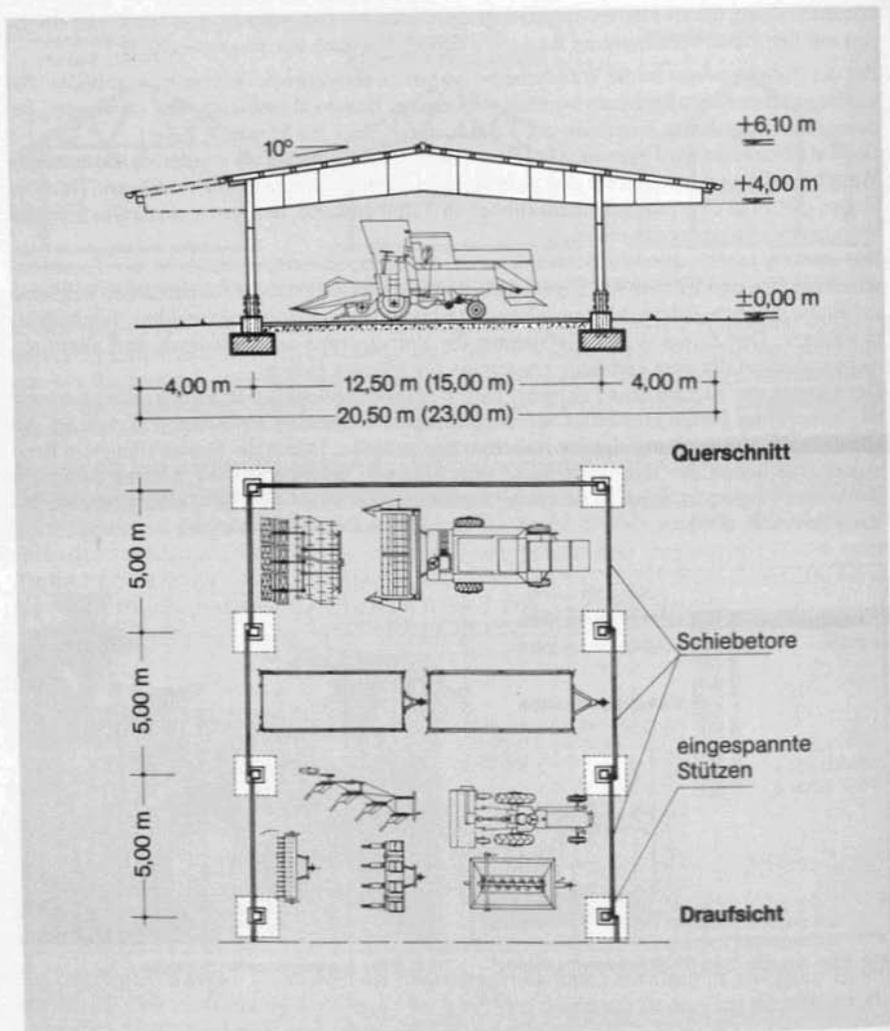


Abb. 616 Satteldach-Maschinenhalle mit Vordach (nach ALB Bayern)

In Grünland- und Futterbaubetrieben werden zur Futtereinlagerung Spezialgebäude verwendet, die wegen der stark auf die Technik ausgerichteten Form in den jeweiligen verfahrenstechnischen Kapiteln beschrieben sind.

1.4 Stall-Lüftung

1.4.1 Allgemeine Anforderung

Bei der Stallhaltung entstehen Gase, die teils von Tieren erzeugt, teils bei der Zersetzung von Kot und Harn gebildet werden (Tab. 207). Außerdem wird die Stallluft mit Wasserdampf angereichert, während gleichzeitig der Sauerstoffgehalt durch den Verbrauch der Nutztiere sinkt.

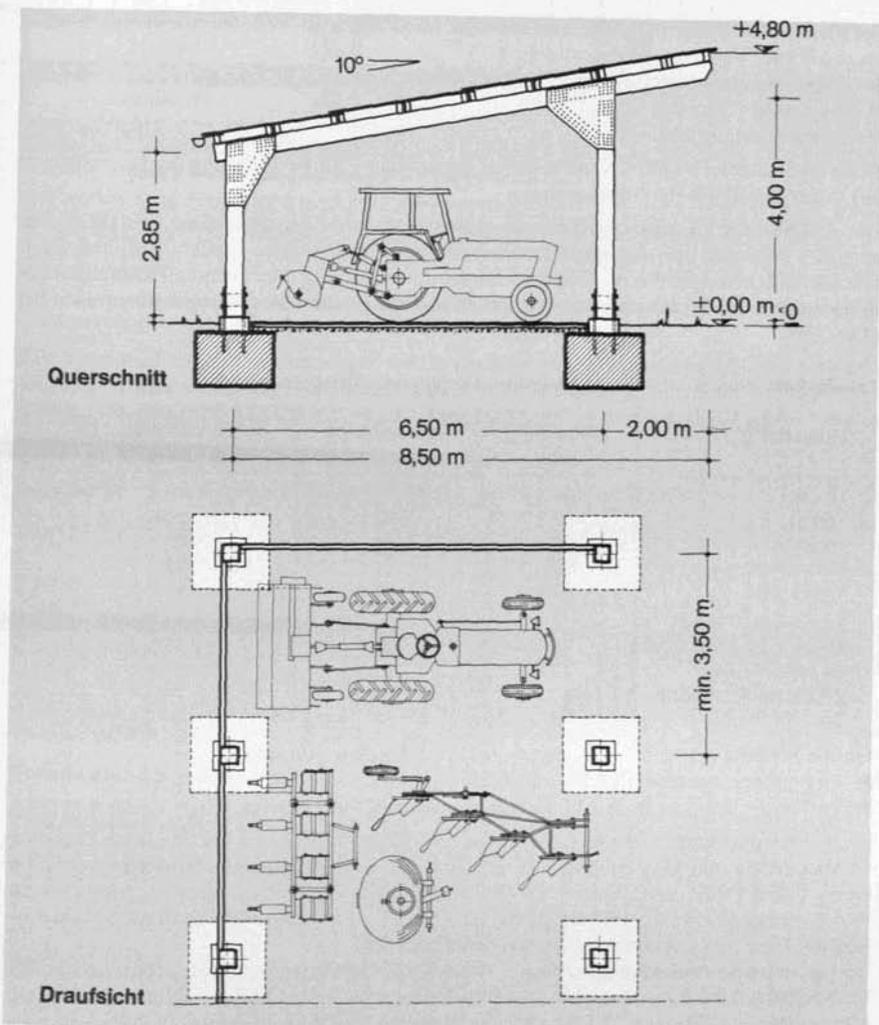


Abb. 617 Pultdach-Maschinenhalle, Starrrahmenkonstruktion für den Selbstbau (nach ALB Bayern)

Tabelle 207: Im Stallbereich hauptsächlich entstehende Gase und zulässige Konzentration

Bezeichnung	Entstehung	zulässige Konzentration nach DIN 18 910
NH ₃ Ammoniak	bakterielle Zersetzung der Fäkalien	bis 0,05 l/m ³
H ₂ S Schwefelwasserstoff	Fäulnis der organischen Substanz	max. 0,01 l/m ³
CO ₂ Kohlendioxid	Atmungsluft der Tiere	35%

Die Gase erzeugen bei Überschreitung der zulässigen Konzentration Schäden bei den Tieren (Reizung der Schleimhäute, z. T. Erregung des zentralen Nervensystems) und verursachen

Schäden an Gebäuden. Die Bildung der Gase muß daher so weit wie überhaupt möglich eingeschränkt werden, und zwar durch

- ▶ Hygienemaßnahmen: Sauberhaltung des Stalles, regelmäßige Reinigung,
- ▶ sorgfältige Fütterung,
- ▶ Abtransport des Mistes.

Diese Maßnahmen tragen – wenn auch nur geringfügig – zur Reduzierung des Geruchs-niveaus in der Stallabluft bei (Immissionen).

Die **Aufgabe der Lüftungseinrichtungen** besteht nun darin, daß diese Gase, vor allem aber auch der Wasserdampf, abtransportiert werden und eine geregelte Frischluftzufuhr erfolgt. Die ebenfalls erzeugte Wärme muß im Sommer durch Lüftung oder eventuell Kühlung abgeführt werden, im Winter trägt sie zur Erhaltung des gewünschten Temperaturniveaus bei (Tab. 208).

Tabelle 208: Wärme- und Wasserdampfproduktion verschiedener Tierarten

Tiergattung	Tiergewicht (kg)	Wärmeabgabe je Tier (W)	Wasserdampf-abgabe je Tier (g/h)
<i>Rinder:</i>			
Kälber	100	261	106
Jungvieh	300	621	230
Milchkühe	600	986	356
Mastbullen	400	766	314
<i>Schweine:</i>			
Mastschweine	60	139	59
tragende Sauen	150	269	102
Sauen mit 10 Ferkeln	200	341	145

Für die Stalllüftung ergeben sich daraus zwei verschiedene Aufgaben:

- ▶ im Sommer: hauptsächlich Wärmeabfuhr,
- ▶ im Winter: hauptsächlich Abfuhr von Wasserdampf und Gasen.

Die Hauptaufgabe *im Sommer* besteht also in einem »Kühleffekt«, bei dem allerdings eine Temperaturabsenkung im Stallbereich nicht unter Außenlufttemperaturen möglich wird. Die hierzu erforderliche hohe Luftmenge (Maximalluft-rate) richtet sich nach der produzierten Wärmemenge, die wiederum von Tierart und Tierbesatz abhängt. Sauerstoffzufuhr und Abfuhr der Gase sind bei diesen Luft-raten sichergestellt.

Bei den tiefen Temperaturen *im Winter* müssen Gase und Wasserdampf abgeführt und Sauerstoff zugeführt werden, ohne daß dabei die Temperaturen im Stallbereich unter bestimmte Mindestgrenzen absinken. Die Beseitigung der verbrauchten Luft erfordert eine »Minimal-luft-rate«, die wiederum von Tierart und Tierbesatz bestimmt wird.

Der durch die Lüftung verursachte Luft-durchsatz führt zu einem Wärmeverlust. Da der Abtransport von Wasserdampf bei sinkenden Stalltemperaturen geringer wird, weil die Aufnahme-fähigkeit kälterer Luft für Wasserdampf nachläßt, die Luft-rate aber wegen der zu verhindernden Unterkühlung nicht zu erhöhen ist, kommt einer ausgeglichenen Wärmebilanz zur Temperaturerhaltung große Bedeutung zu (vgl. Abschn. 1.1, S. 473).

1.4.2 Berechnungsgrundlagen

Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen an Lüftungseinrichtungen bedarf es für den Sommer- und Winterbetrieb einer getrennten Berechnung von *Maximal- und Minimal-luft-rate*.

Sommerluft-rate – In der Berechnung der Sommerluft-rate wird davon ausgegangen, daß mit der durchzusetzenden Luft eine Wärmemenge von $0,9 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ abgeführt werden kann. In die Berechnung geht neben Tierzahl und Tierart auch die Klimazone ein.

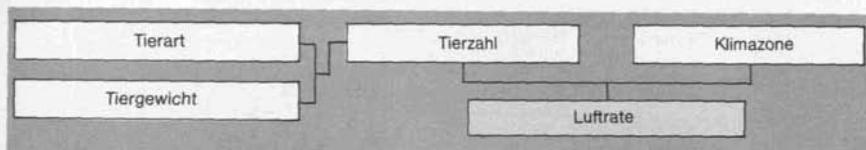


Abb. 618 Einflußgrößen auf die Berechnung der Sommerlufrate

$$\text{Sommerlufrate} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \frac{\text{Wärmeanfall durch die Tiere (W)}}{0,8 \times \text{Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft}^1)}$$

¹⁾ Dieser Wert ist eine nach Temperaturzonen festgelegte Zielgröße; Sonneneinstrahlung und wärmetechnisches Verhalten der Bauteile bleiben unberücksichtigt (vgl. Tabelle 209–211).

Zur Vereinfachung der Berechnungen sind in der DIN 18 910 Rechenwerte für die Sommerlufraten tabellarisch angegeben, aufgeschlüsselt nach Rindvieh-, Schweine- und Geflügelställen (Tabellen 209–211). Die Temperaturzone ist dem Kartenmaterial der DIN 18 910 zu entnehmen.

Tabelle 209: Sommerlufraten für Rindviehställe in m³/h (nach DIN 18 910)

Tiergewicht in kg	60	100	150	200	300	400	500	600	800
Sommertemperaturzone ≥ 26 Δ t' = 3 K	65	94	129	163	223	275	319	354	400
Sommertemperaturzone < 26 Δ t' = 4 K	48	70	97	122	167	206	239	266	300

Tabelle 210: Sommerlufraten für Schweineställe in m³/h

Tiergewicht in kg	10	20	30	60	100	150	200	300
Sommertemperaturzone ≥ 26 Δ t' = 2 K	25	36	47	75	106	145	184	263
Sommertemperaturzone < 26 Δ t' = 3 K	17	24	31	50	71	97	123	175

Tabelle 211: Sommerlufraten für Geflügelställe in m³/h

Tiergewicht in kg	0,055	0,165	0,310	0,520	0,700	1,130	1,630	2,2
Sommertemperaturzone ≥ 26 Δ t' = 1 K	0,75	2,12	3,50	5,12	6,37	8,75	11,12	12,75
Sommertemperaturzone < 26 Δ t' = 2 K	0,37	1,06	1,75	2,56	3,18	4,37	5,56	6,37

Winterlufrate – Die Winterlufrate läßt sich nach dem Wasserdampf- und dem Kohlendioxidmaßstab berechnen. In die Berechnung gehen neben Tierart, Tiergewicht und Tierzahl indirekt die erforderliche Stalltemperatur und die Luftfeuchte ein. Die Rechenwerte richten sich außerdem nach der Klimazone (s. DIN 18 910) (Abb. 619).

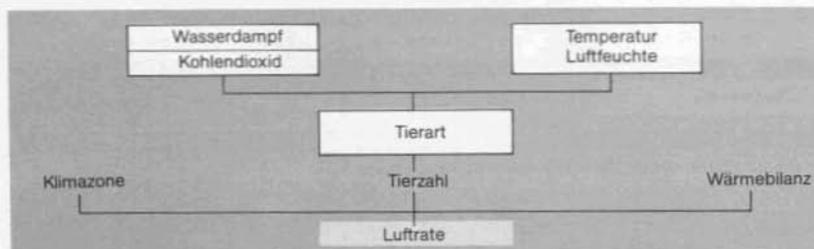


Abb. 619 Einflußgrößen auf die Berechnung der Winterlufrate

Tabelle 212a: Winterlufraten für Rinder, Temperaturzone -14°C (nach MITTRACH)

Tierart	Tiergewicht kg	t_a $^{\circ}\text{C}$	t_i $^{\circ}\text{C}$	Winterlufraten nach Wasserdampfmaßstab	
				V_{XAb} m^3/h	V_{XZu} m^3/h
Kühe und Nachzucht	100	-14°	10	18,56	17,08
	200			30,12	27,71
	300			40,28	37,06
	400			49,04	45,12
	500			56,39	51,88
	600			62,35	57,36
Mastrinder	150	-14°	16	17,56	15,63
	200			21,59	19,22
	300			28,86	25,69
	400			35,12	31,26
	500			40,38	35,94
	600			44,63	39,72
Mastkälber	60	-14°	18	11,21	9,86
	100			15,50	13,64
	150			20,47	18,01
	200			25,15	22,13

Tabelle 212b: Winterlufraten für Schweine, Temperaturzone -14°C (nach MITTRACH)

Tierart	Tiergewicht kg	t_a $^{\circ}\text{C}$	t_i/ψ $^{\circ}\text{C}/\%$	Winterlufraten nach dem Wasserdampfmaßstab	
				V_{XAb} m^3/h	V_{XZu} m^3/h
Jungsauen leere + tragende	100	-14°	12/80	11,03	10,02
	150			15,00	13,62
	200			18,97	17,22
	300			26,76	24,30
Mastschweine	30	-14°	16/80	4,62	4,12
	60			6,48	5,78
	100			9,12	8,14
Sauen mit Ferkel	150	-14°	18/70	12,82	11,33
	200			16,16	14,29
	300			22,97	20,31
Absatzferkel u. Vormast bis 30 kg	10	-14°	20/60	3,72	3,26
	20			4,41	3,87
	30			5,23	4,59

Tabelle 213: Beispiel für einen Vollspaltenbodenstall für 128 Mastbullen
(Temperaturzone: Sommer = 26° C, Winter $t_a = -14^\circ$ C,
Stalltemperatur $t_i = 16^\circ$ C, bei 80% rel. Luftfeuchte)

Anzahl der Tiere je Tiergruppe	Einzel- tier- gewicht kg	Sommer		Winter	
		Luftrate	Gesamtluft- menge (Sp. 1 × 3)	Luftrate	Gesamtluft- menge (Sp. 1 × 5)
		m ³ /Tierundh	m ³ /h	m ³ /Tierundh	m ³ /h
21	150	129	2 709	17,56	368,76
21	200	163	3 423	21,59	453,39
21	300	223	4 686	28,86	606,06
21	400	275	5 775	35,12	737,52
21	500	306	6 486	40,38	847,98
21	600	354	7 434	44,63	937,23
		Summe:	30 513	Summe:	3 950,94

1.4.3 Lüftungssysteme

Lüftungssysteme müssen die verbrauchte, mit Gasen angereicherte Luft ab- und die Frischluft zuführen, ohne daß dabei Stallpersonal und Tiere zu Schaden kommen. Da sich die Gase relativ gleichmäßig über das gesamte Stallprofil verteilen, weil die ständige Thermik durch die Wärmeproduktion der Tiere sie an einer Schichtung hindert, muß der gesamte Stallraum von der Frischluft gespült werden.

Dabei darf keine Zugluft auftreten. Unter *Zugluft* versteht man gebündelte Kaltluft, die im Tierbereich eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s nicht überschreiten sollte.

Lüftungsanlagen bestehen aus Zuluft- und Ablufteinrichtungen. Wegen des ständigen Wechsels der Luftraten müssen außerdem Steuerungs-, eventuell auch Regelungseinrichtungen vorhanden sein. Die verschiedenen Systeme werden nach der Einrichtung der Zu- und Abluftführung eingeteilt (Abb. 620).

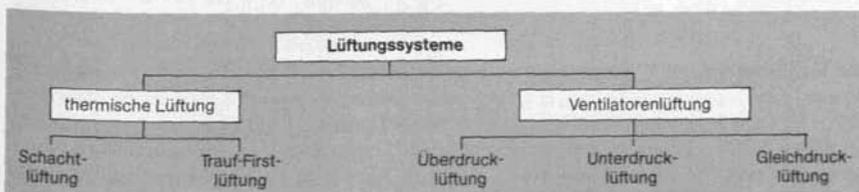


Abb. 620 • Einteilung der Lüftungssysteme

Thermische Lüftung – Die *Schacht- oder Schwerkraftlüftung* (Abb. 621) geht auf eine Zeit zurück, in der Ventilatoren heutiger Leistungsfähigkeit nicht erhältlich waren. Sie beruht auf dem Prinzip des Luftauftriebs in einem isolierten Schacht und funktioniert daher vor allem dann, wenn die Stallluft wärmer ist als die Außenluft, also im Winter. Der Schacht sollte mindestens 5 m hoch sein. Dieses Prinzip widerspricht dem vorher aufgestellten Grundsatz, daß im Winter bei tiefsten Temperaturen die kleinste Luftmenge durchzusetzen ist. Gerade dann erreicht die Schachtlüftung nämlich die höchste Fördermenge. Um überhaupt eine Anpassung an die unterschiedlich erforderlichen Luftmengen zu erhalten, werden die Kamine oder Schächte reichlich dimensioniert. Mittels einer Drosselklappe wird bei tieferen Temperaturen dann der Luftstrom reduziert. Die folgenden Nachteile machen die Schachtlüftung für neuzeitliche Stallungen ungeeignet:

- ▶ Schlechte Anpassung an den erforderlichen Luftdurchsatz,
- ▶ keine Sommerlüftung,
- ▶ wegen Mindestschachthöhe bei Flachbauten ungünstig,
- ▶ bei dichter Belegung hoher Kapitalbedarf für die Schächte.

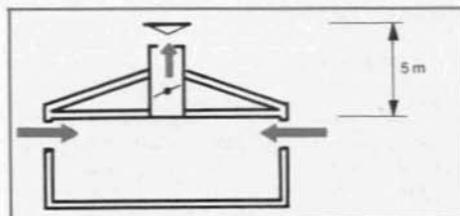


Abb. 621 Schachtlüftung

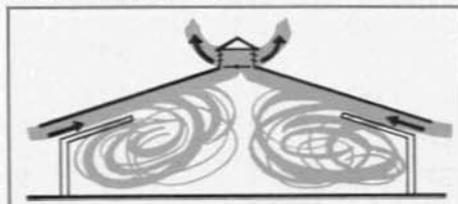


Abb. 622 Trauf-First-Lüftung

Bei der *Trauf-First-Lüftung* kommt die Zuluft über durchgehende, regelbare Zuluftöffnungen an der Traufe des Gebäudes herein und entweicht über Öffnungen am Dachfirst, die gegen Witterungseinflüsse abgedeckt sind. Die Trauf-First-Lüftung ist nur bei Baukonstruktionen möglich, bei denen die Decke der Dachneigung angepaßt ist (Abb. 622).

Ventilatorenlüftung – Vor allem die Anpassung an den unterschiedlichen Luftdurchsatz macht den Einsatz von Ventilatoren erforderlich, die über ein Verändern der Drehzahl in der Fördermenge auf den jeweils notwendigen Luftdurchsatz abgestimmt werden können. Je nach Anordnung der Ventilatoren unterscheidet man zwischen

- ▶ Überdrucklüftung (Ventilatoren auf der Zuluftseite, Druckseite)
- ▶ Unterdrucklüftung (Ventilatoren auf der Abluftseite, Saugseite)
- ▶ Gleichdrucklüftung (Ventilatoren auf Zu- und Abluftseite)

Die jeweilige Ventilatorenbestückung wirkt sich auf den Energiebedarf aus (vgl. Tabelle 214).

Tabelle 214: Energiebedarf der verschiedenen Ventilatoren-Lüftungssysteme

Ventilatoranordnung	kWh/GV u. Jahr
Überdruck	105–125
Unterdruck	98–105
Gleichdruck	CA. 205

Die für Sommer- und Winterlüftung unterschiedlichen Lufraten erfordern eine Regeleinrichtung für Zu- und Abluftseite. Hierfür werden *Steuergeräte* oder *Regelsteuergeräte* eingesetzt. Die einfachste und dabei billigste und sicherste Form stellen Stufentransformatoren dar, bei denen z. B. verschiedene Drehzahlen von Hand einstellbar sind. Stufentransformatoren verwendet man vor allem in Stallungen, in denen Tiere mit geringerer Empfindlichkeit auf Temperatur- und Luftfeuchtedifferenzen untergebracht sind.

Zur automatischen Anpassung an die unterschiedlichen Bedingungen liefern verschiedene Hersteller Regelsteuergeräte, die nach einer oder mehreren Regelgrößen die Drehzahl der Ventilatoren verändern. Als Regelgröße wird hauptsächlich die Temperatur (mit Thermostaten), seltener die Luftfeuchte (mit Hygrometer), verwendet. Derartige Anlagen arbeiten entweder in Drehzahlstufen oder stufenlos.

Axialventilatoren fördern die Luft in Richtung der Drehachse des Lüfters, **Radialventilatoren** erzeugen einen Luftstrom in Richtung des Radius (Abb. 623). Für die Stalllüftung, bei der bei geringem Druck hohe Luftmengen durchzusetzen sind, werden vorwiegend Axialventilatoren eingesetzt. Nur bei höheren Drücken (z. B. lange Kanäle) verwendet man vereinzelt auch Radialventilatoren, deren Fördermenge bei steigendem Druck weniger abfällt. Sie können zukünftig an Bedeutung gewinnen, wenn zum Schutz der Umwelt zentrale Anlagen zur Geruchsabeseitigung erforderlich werden, zu denen die Stallluft über lange Kanäle zu transportieren ist.

Die Leistung der Ventilatoren wird zunächst »freiblasend«, also ohne Gegendruck, abgegeben. Stall-Ablufthauben, Windabweiser u. ä. stellen jedoch einen Widerstand dar (saugseitige oder druckseitige Drosselung), weswegen die erforderliche Ventilatorleistung bei einem

statischen Druck von 2–5 bar aus der zu jedem Ventilator erforderlichen Kennlinie hervorgeht (Abb. 624).

Ventilatoren werden durch die Berührung mit der Stallluft stark auf Korrosion beansprucht. Auf eine rostichere Lackierung ist daher unbedingt Wert zu legen. Die Leistung hängt u. a. von der Form der Ventilatorflügel und der Präzision der Ausführung ab. Da dem Nichtfachmann die Beurteilung kaum möglich ist, andererseits aber DLG-Prüfberichte vorliegen, wird empfohlen, sich anhand dieser Unterlagen über die einzelnen Fabrikate zu informieren.

Überdrucklüftung – Bei diesem System drücken Ventilatoren die Luft direkt oder über einen Kanal mit Verteilöffnungen in den Stall. Dabei entsteht ein Überdruck, der bewirkt, daß über im Querschnitt genau angepaßte Öffnungen die Abluft entweicht (vgl. Abb. 625).

- Vorteile:** Einfache Anlage; gute Luftverteilung
- Nachteile:** Bei Windlagen ist die Funktion stark gefährdet; Schadgase werden in die Bauteile gedrückt; wegen vorwiegend undichter Ställe ungünstig bei Auf-lagen zur Geruchsminderung

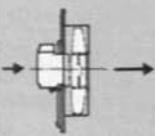
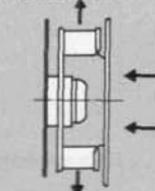
Ventilatorenbauart	Eigenschaften
Axiallüfter 	hoher Luftdurchsatz bei normalerweise niedrigem Druck, gut zu reinigen
Radiallüfter 	normalerweise für hohe Drücke, leise, für übliche Stalllüftung wenig gebräuchlich

Abb. 623 Vergleich der Ventilator-Bauarten

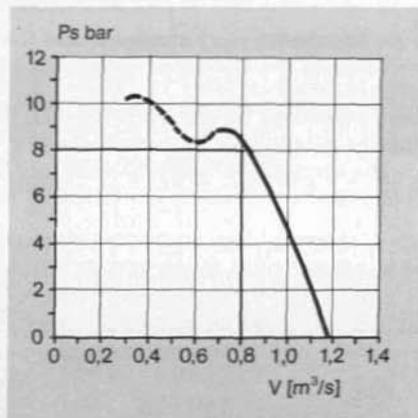


Abb. 624 Kennlinie eines Axialventilators

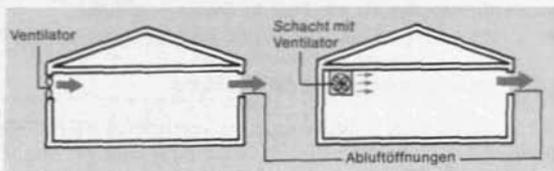


Abb. 625
Prinzip der Überdrucklüftung

Unterdrucklüftung – Bei Unterdrucklüftung saugen Ventilatoren die verbrauchte Luft aus dem Stall ab, während die Frischluft über Schächte oder Kanäle Zutritt (vgl. Abb. 626). Die Zuluft-einrichtungen müssen wärmedämmend sein.

Der freie Querschnitt der Eintrittsöffnungen muß genau nach Ventilatorenleistung und Einströmgeschwindigkeit (z. B. 2–3 m/s) berechnet werden. Fenster sind als Zuluft-elemente denkbar ungeeignet.

- Vorteile:** Einfache Anlagen; umweltfreundlich (gezielte Abluft)
Nachteile: Undichtigkeiten der raumumschließenden Bauteile führen bei zu hohem Unterdruck zu Falschluf, evtl. Zugluft

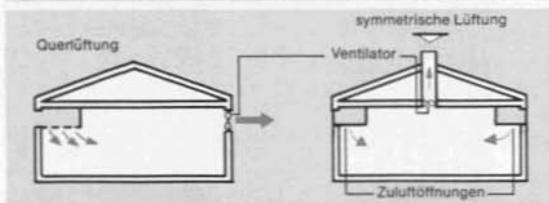


Abb. 626 Prinzip der Unterdrucklüftung

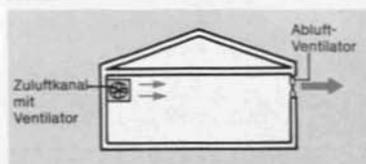


Abb. 627 Prinzip der Gleichdrucklüftung

Gleichdrucklüftung – Zu- und Abluft gehen über Ventilatoren (vgl. Abb. 627). Dieses System eignet sich vor allem für schwierige Fälle, bei denen z. B. der Stallgrundriß sich mehr der quadratischen Form nähert und somit die vorgenannten Systeme nicht mehr ausreichen.

- Vorteile:** Funktionssichere Anlage
Nachteile: Hohe Anschaffungskosten; hohe Betriebskosten

Hinweise zur Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen

- ▶ Wärmedämmung des Gebäudes überprüfen, nötigenfalls verbessern (vgl. Abschn. 1.1, S. 473),
- ▶ Restwärme ermitteln, bei negativem Ergebnis Heizung vorsehen,
- ▶ Tierzahl und Tiergewichte zusammenstellen,
- ▶ Berechnung der Sommer- und Winterluftstraten für Zu- und Abluft,
- ▶ Zuluftquerschnitte nach den in der Tabelle 215 angegebenen Werten berechnen.

Tabelle 215: Schema zur Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen

		Unterdrucksystem		Gleichdrucksystem
		Sommer	Winter	Sommer
Luftmenge	m ³ /s			
geteilt durch Luftgeschwindigkeit	m/s	2–2,5	0,8–1,5	6–max. 10
ergibt den Zuluftquerschnitt	m ²			

- ▶ Ventilatoren aufteilen; Abstand zwischen zwei Ventilatoren 6–10 m,
- ▶ Ventilatorengöße aus Luftdurchsatz errechnen,
- ▶ Ventilortypen aus Unterlagen zusammenstellen, statischen Druck beachten.

1.4.4 Immissionsschutz (Stallabluft)

Die in der Stallluft enthaltenen Gase verbreiten direkt oder über organische Verbindungen unangenehme Gerüche, die zu mehr oder weniger starken Belastung der Umwelt führen können. Insbesondere bei der Schweine- und Hühnerhaltung kann die Geruchsbelästigung ertragbare Grenzen überschreiten, so daß entweder für Abhilfe zu sorgen ist oder die Produktion eingestellt werden muß.

Mit Hilfe von *Filteranlagen* wird versucht, die Gerüche aus der Stallabluft zu entfernen. Wirkungsvolle Anlagen, wie z. B. Erdfilter (Abb. 628) wirken biologisch, indem auf einer möglichst großen Filterfläche, durch die die Stallluft geleitet wird, die Gase zur Lösung gebracht und von Bakterien abgebaut werden. Der Transport der Stallluft durch den Filter erfordert zusätzlichen Energieaufwand (höhere Leistung der Abluftventilatoren).

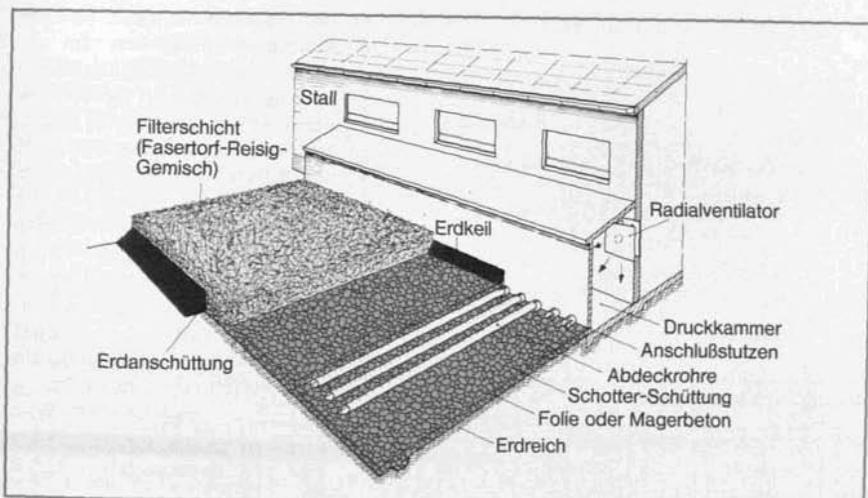


Abb. 628 Erdfilteranlage

1.5 Stallheizung

Eine wirkungsvolle Stallbeheizung ist nur in Verbindung mit einer richtig dimensionierten Lüftungsanlage möglich. Eine Beheizung wird erforderlich, wenn

- ▶ die Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile nicht ausreicht,
- ▶ die Tiere bei hoher Wasserdampf- und Gasproduktion zu wenig Wärme erzeugen (z. B. Kälber, Schweine).

Während bei Überdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen die Beheizung einfach durch Warmlufteingabe auf der Zuluftseite, also in das Luftverteilsystem, möglich ist, muß bei Unterdruckanlagen ein eigenes Warmluftverteilsystem dazugebaut werden. Wo Unterdruckanlagen ausreichen, entsteht jedoch trotzdem ein einfaches und kostengünstiges System, da die Warmluftkanäle keiner Wärmedämmung bedürfen und im Querschnitt nur auf die Winterluftmenge (Minimalluftfrate), nicht aber auf die Maximalluftfrate auszulegen sind.

Zur Erzeugung der Warmluft können verschiedene Warmluftaggregate Verwendung finden. Gut bewährt haben sich **ölbeheizte Warmluftgeräte**, die mit verschiedenen Heizleistungen geliefert werden können. Die erforderliche Heizleistung errechnet sich aus der Wärmebilanz. Die Regelung des Heizaggregates erfolgt über Thermostat im Stallraum. Der Heizraum dient als Mischkammer. Das trägt zu gleichmäßigeren Temperaturen bei (Abb. 629).

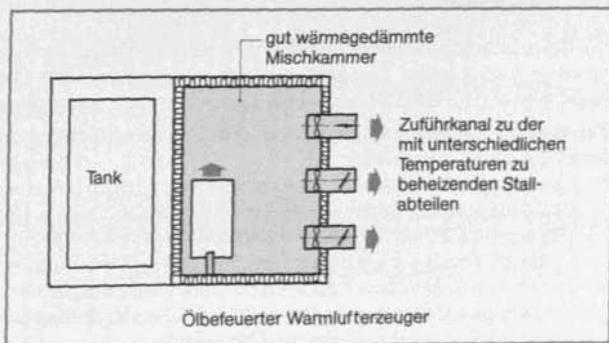


Abb. 629 Heizung mit ölbefeuertem Warmluftaggregat

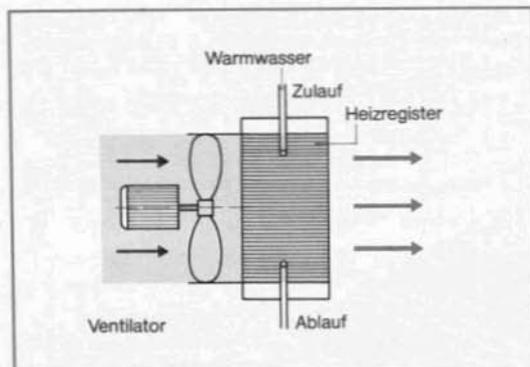


Abb. 630 Gebläsekonvektor

Bei größeren Anlagen oder bei Anschlußmöglichkeiten an eine bereits vorhandene Warmwasserheizung lassen sich **Gebläsekonvektoren** einsetzen, die ebenso auch von Thermostaten bei kleineren Anlagen auch von Hand gesteuert werden können (Abb. 630). Gebläsekonvektoren bestehen aus einem Heizregister mit angeflanschem Ventilator. Bei geringeren Wärmemengen (Kälber, Ferkel) läßt sich auch die Direktbeheizung mit **Gasstrahlern** einrichten (Abb. 631, Tab. 216).

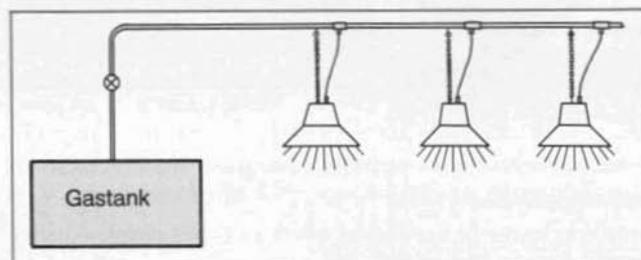


Abb. 631
Direktbeheizung mit
Gasstrahlern

Tabelle 216: Vergleich von Warmluft-, Warmwasser- und Gasheizung

Heizungsart	Eigenschaften
Ölbefeuerte Warmluftanlage	direkte Befuerung: kostengünstig, energiesparend, Abgase im Warmluftstrom indirekte Befuerung: schlechterer Wirkungsgrad
Ölbefeuerte Warmwasserheizung und Gebläsekonvektoren	anpassungsfähiges Heizsystem, besonders geeignet zur Heizung mehrerer Stallräume, energiesparend durch Umluftbetrieb
Gasstrahler	kapitalsparende Anlage, Abgase im Stallraum, hohe Energiekosten, als lokale Heizquelle gut geeignet

1.6 Beleuchtung

Die Beleuchtung in landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden muß den Erfordernissen entsprechend geplant werden. Das bedeutet, daß die Lampen nicht gleichmäßig verteilt werden, sondern je nach Helligkeitsbedarf die Beleuchtungsstärke angelegt wird.

Zur Beleuchtungsplanung ist die Kenntnis der wesentlichen lichttechnischen Größen und deren Zusammenhang nötig:

- ▶ Lampen senden einen Lichtstrom aus. Der Lichtstrom einer Lampe ist die sichtbare Strahlungsleistung einer Lichtquelle. Sie wird in Lumen (lm) angegeben (Glühlampe 100 W, ca. 1350 lm, Leuchtstofflampe 40 W, 1700–3000 lm). Leuchtstofflampen haben demnach – bezogen auf die elektrische Leistung (W) – eine höhere Lichtausbeute.
- ▶ Die Beleuchtungsstärke bezeichnet die Intensität, mit der der Lichtstrom auf eine Fläche auftritt. Die Maßeinheit heißt Lux (lx). Ein Lux ist der Lichtstrom von einem Lumen, der auf eine Fläche von 1 m² gleichmäßig auftritt.

Tabelle 217: Angaben zur Beleuchtungsplanung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude und Hofanlagen (nach DIN 18 910 und HEA)

Raumart	zu installierende elektrische Leistung		
	Beleuchtungsstärke Lux	Glühlampen Watt/m ² ca.	Leuchtstofflampen ¹⁾ Watt/m ² ca.
Milchviehanbindestall			
Melkzone	120	16 -25	6 - 8
übriger Raum	30	4 - 6	1,5- 2
Milchviehlaufstall	80	4 - 6	1,5- 2
Tränkkälberstall	30	4 - 6	1,5- 2
Milchraum	120	6 -25	6 - 8
Melkstand	240	32 -50	12 -16
Abferkelstall	60	8 -12	3 - 4
Mastschweinstall	30	4 - 6	1,5- 2
Stall für Eber und Sauen	30	4 - 6	1,5- 2
Pferdestall	60	8 -12	3 - 4
Hühnerstall	15	2 - 3	0,8- 1
Schafstall	60	8 -12	3 - 4
Futterraum, Garage, Lagerraum	60	8 -12	3 - 4
Werkstatt	120	16 -25	6 - 8
Scheune, Heuboden, Geräteschuppen	30	4 - 6	1,5- 2
Hofeinfahrt	15	2 - 3	0,8- 1,2
Gebäudeeingänge	15	2 - 3	0,8- 1,2
Gefahrenstellen	30	4 - 6	1,5- 2
Hofraum, Allgemeinbeleuchtung	5	0,8- 1,2	0,2- 0,3

¹⁾ Die angegebene Leistung bezieht sich auf die Lampe und das Vorschaltgerät. Es sind z. B. zu berücksichtigen: bei einer 40-Watt-Lampe 50 Watt und bei einer 65 Watt-Lampe 78 Watt.

Milchvieh-Anbindestall: Ausleuchtung der Melkzone (Melken, Kontrollen, Geburtshilfe), Leuchten in Stallängsrichtung, Montage im Abstand von 0,6 m von der Standfläche.

Milchviehlaufstall: Gleichmäßige Beleuchtung mit 30 Lux zur guten Sicht im Fütterungs- und Entmistungsbereich einschließlich Sammelraum; Abkalbe- und Krankenstände 120 Lux; im Melkstand Leuchten über Melkerflur.

Rindermastställe: Leuchten im Fütterungsbereich.

Schweinställe: Leuchten über Futtergang, bei Aufzuchtställen über den Buchten; im Abferkelstall gruppenweise schaltbar.

Außenanlagen: Lichtpunkthöhe mindestens 5 m, Hauptverkehrswege beleuchten, evtl. zentrale Fernschaltung.

Für die Ausleuchtung des betreffenden Raumes wird in DIN 18 910 die Beleuchtungsstärke angegeben. Liegt der Lampentyp fest (Lichtstrom der Lampe nach Herstellerangabe), so erfordert die Berechnung der Lampenanzahl die Kenntnis

- ▶ der mittleren Beleuchtungsstärke (in Lux nach DIN 18 910 bzw. Tab. 217),
- ▶ der zu beleuchtenden Fläche in m² (z. B. Stallgrundfläche),
- ▶ des Beleuchtungswirkungsgrades, der die Reflexion des Lichtes, z. B. von Stallboden, Wänden und Decken angibt (Tab. 218).

Die Formel zur Ermittlung der Anzahl der Leuchten lautet:

$$\text{Anzahl der Leuchten im Raum} = \frac{\text{Stallgrundfläche} \times \text{Beleuchtungsstärke} \times 1,25}{\text{Lichtstrom} \times \text{Beleuchtungswirkungsgrad}}$$

Die Zahl 1,25 bezeichnet einen Korrekturfaktor für Alterung und Verschmutzung der Leuchten.

Tabelle 218: Beleuchtungswirkungsgrad (Beispiele) (nach HEA)

Wand-, Decken-, Bodenfarbe, bzw. Material	Wirkungsgrad
weiß	0,7 –0,8
heller Mörtel	0,35–0,5
heller Beton	0,3 –0,4
heller Ziegel	0,2 –0,3
helles Holz	0,3 –0,5
dunkles Holz	0,1 –0,25
mattes Aluminium	0,75–0,84

1.7 Hofplanung

Die Hofplanung faßt die Einzelgebäude eines Hofes zu einer den Funktionen angepaßten Hofanlage zusammen, schließt diese nach Wahl des Standortes an die öffentliche Versorgung an, gibt den Gebäuden Form und bindet den Hof in die Landschaft ein.

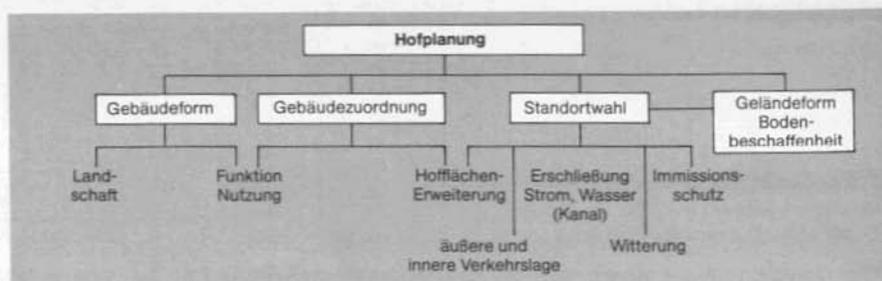


Abb. 632 Funktionen bei der Hofplanung

Die Hofplanung umfaßt somit eine weite Palette unterschiedlicher Bereiche, die von der Funktionsplanung ausgeht und sich über die Standortwahl bis hin zu den Fragen der Gestaltung erstreckt. Die Hofentwicklung ist ein langfristiger dynamischer Prozeß, der nicht mit dem Neubau abgeschlossen ist, sondern im Rahmen der Betriebsentwicklung eine Anpassung der Hofplanung erfordert.

1.7.1 Gliederung und Zuordnung der Gebäude

Die Hofanlage besteht im allgemeinen aus Garagen, Maschinenhalle, dem Wohnhaus und – abhängig vom Produktionsschwerpunkt – Lagerräumen und Stallungen. Über befestigte Hofflächen oder Straßen werden diese Gebäude erschlossen und verbunden. Die Hofgebäude lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Die eine Kategorie unterliegt keinen ausgeprägten gegenseitigen Bindungen und läßt die relativ freie Gruppierung zu (Wohnhaus, Garagen, Maschinenhalle, Lagerräume für pflanzliche Produkte). Die andere Kategorie (Ställe mit Lagerräumen) bedarf der funktionsgerechten Zuordnung und engt den planerischen Spielraum ein.

Sofern der gefundene Standort nicht die Anordnung stark einschränkt, lassen sich die verschiedenen Anordnungsbeispiele nach folgenden Gesichtspunkten werten:

- ▶ Verkehrsablauf innerhalb des Hofes (kurze Wege, geräumige Verkehrsflächen),
- ▶ Anforderungen an Grundstücksform und -größe,
- ▶ Kosten für befestigte Flächen,
- ▶ Erweiterungsmöglichkeiten der einzelnen Gebäude.

Anhand der *schematisierten Anordnungsbeispiele für einen Ferkelerzeugerbetrieb* ergibt die Bewertung für

- ▶ Parallelanordnung: kurze Wege, länglich rechteckiges Grundstück, geringe Hofflächen;
- ▶ freie Anordnung: größerer Flächenbedarf, gute Erschließung, einfache Erweiterung.

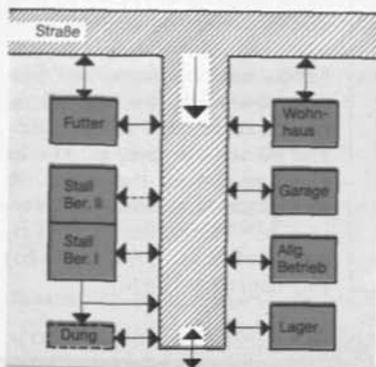


Abb. 633 Parallelanordnung

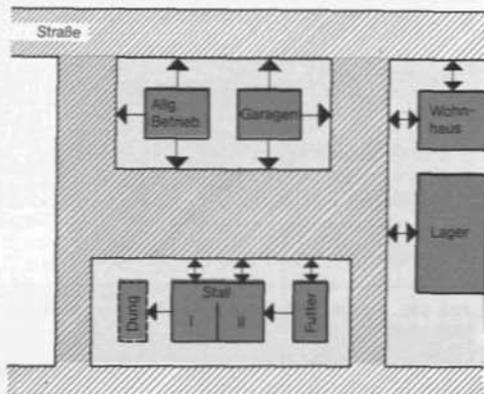


Abb. 634 Anordnung im offenen Rechteck

1.7.2 Standort

Das Problem der Standortwahl stellt sich in erster Linie bei Aussiedlungsprojekten und ist somit häufig die Konsequenz mangelnder Erweiterungsfähigkeit. Bei der Wahl des Standortes geht es dann vordergründig um die Verbesserung der *inneren Verkehrslage* (kurze Wege zu den Feldern bzw. Grünland, Viehtrieb!). Der neue Standort sollte daher in enger Zusammenarbeit mit der Flurbereinigungsbehörde und der Landwirtschaftsverwaltung gesucht werden.

Verkehrslage – Ebenso bedeutungsvoll kann auch die *äußere Verkehrslage* sein, denn sie ist nicht nur ein Baukostenfaktor (Verkehrerschließung). Die Auswirkungen des Standortes äußern sich u. U. später in den täglichen Transporten (z. B. Milchabholung) sowie in der Beeinflussung des Lebens der bäuerlichen Familie (Entfernung zu Schule, Kirche, Gemeindeverwaltung, Arzt, Apotheke usw.).

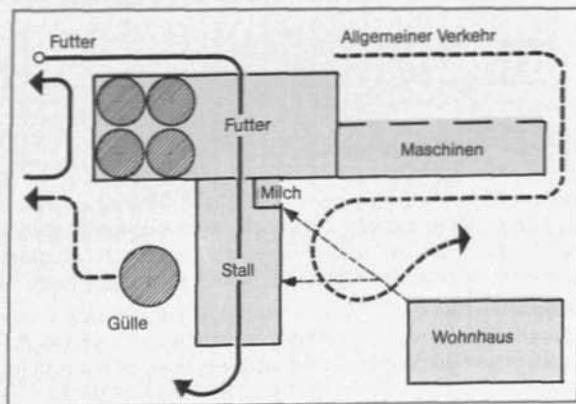


Abb. 635 Innere und äußere Verkehrerschließung

Versorgung mit Strom und Wasser – Neben der günstigen Verkehrerschließung, die sich in vielen Fällen durch kurze Abstände zum öffentlichen Straßennetz erreichen läßt, muß in die Hofplanung die Erschließung durch Strom und Wasser (evtl. Kanal) einbezogen werden.

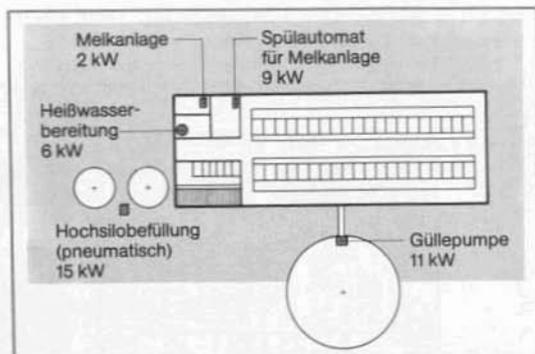


Abb. 636 Funktionsplan eines Milchviehstalles mit elektrischen Verbrauchern

Bereits im Planungsstadium muß das Gespräch mit dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen und dem Wasserversorgungsunternehmen gesucht werden. Erschließungs- und Nutzungskosten hängen wesentlich von der Inanspruchnahme der *Elektrizitäts- und Wasserversorgung* ab. Aus der Funktionsplanung lassen sich die verschiedenen elektrischen Verbraucher hinsichtlich ihres Leistungsbedarfes (Anschlußwert) entnehmen (Abb. 636).

Schon bei der Auswahl des Verfahrens sollten der elektrische Leistungs- und Energiebedarf einbezogen sein. Die Zusammenstellung der elektrischen Verbraucher für die gesamte Hofanlage kann jedoch zu Spitzen im Leistungsbedarf und damit je nach tariflicher Berechnung durch das Elektrizitätsversorgungsunternehmen zu hohen Anschlußwerten führen, die eine verfahrenstechnische Überprüfung notwendig machen, ob Motoren oder Geräte mit hohem Leistungsbedarf gleichzeitig eingeschaltet sein müssen. Ist dies nicht der Fall, so kann mittels elektrotechnischer Maßnahmen (Verschalten, Lastabwurf) der gleichzeitige Betrieb dieser Motoren oder Geräte verhindert werden, wodurch günstigere tarifliche Bedingungen zu erreichen sind.

Bei der Wasserversorgung muß ebenfalls der Verbrauch innerhalb der ganzen Hofanlage anhand von Richtwerten kalkuliert werden (Wohnbereich, Tierproduktion, Maschinenpflege usw.). In der Tierproduktion ist vor allem auch ein hoher Trinkwasserverbrauch zu berücksichtigen.

Tabelle 219: Trinkwasserverbrauch von Rindern und Schweinen

	l/Tag
Kuh	60 (-100)
Jungrind/Mastbulle	30
Kalb	5-10
laktierende Sau mit Ferkeln	35-70
tragende Sau	12-25
Ferkel, Mastschweine (je kg LG)	0,1-0,7

Bei der Wahl des Standortes ist auch das örtliche Klima einzubeziehen. Zwar spielen durch die Verwendung moderner Baustoffe Gesichtspunkte wie »Wetterseite« und Sonneneinstrahlung – abgesehen vom Wohnbereich – eine untergeordnete Rolle. Extreme Windlagen, aber auch sogenannte »Kälteseen« sollten jedoch gemieden werden.

Immissionsschutz – Bei Produktionsverfahren mit starker Geruchsentwicklung (z. B. Mastschweinehaltung) muß der Standort nach den besonderen Anforderungen des Immissionsschutzes gewählt werden. Unter Immissionen versteht man im landwirtschaftlichen Bereich hauptsächlich Luftverunreinigungen, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Gegenstände negativ auswirken. Unter Immissionen können aber auch Geräusche, Erschütterungen usw. verstanden werden.

Die **Geruchsmissionen** lassen sich durch baulich-technische Maßnahmen und durch den Abstand zur Wohnbebauung einschränken. Um bei Wahl und Beurteilung des Standortes

einheitliche Maßstäbe anlegen zu können, wurde als Grundlage für Verwaltungsvorschriften die VDI-Richtlinie 3471 für die Schweinehaltung entwickelt. Die Richtlinie bewertet das Produktionsverfahren nach einem Punktesystem (Tabelle 220). Das Ergebnis für das Produktionsverfahren liefert durch Abgreifen im Diagramm (Abb. 637) den Mindestabstand zur nächsten Wohnbebauung.

Abb. 637 Mindestabstand von Schweineställen in Abhängigkeit von Bestandsgröße (GV) und Punktezahl (nach VDI 3471)

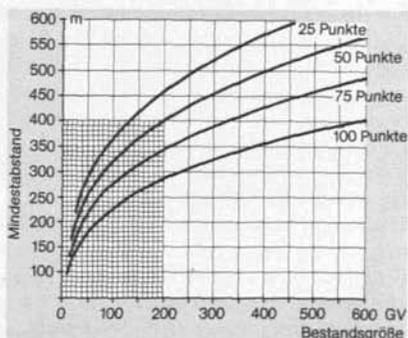


Tabelle 220: Punktebewertung von Schweineställen nach VDI 3471

Kriterien	Punkte
1. Mistlagerung	
Geschlossener Flüssigmistbehälter	40
Tiefstall	30
Offener Flüssigmistbehälter mit geschlossener Dauerschwimmdecke	25
Seitlich umwandeter Platz für Stapelfestmist	25
Flüssigmistlagerung im Stall	20
Festmist direkt auf Transportfahrzeug	10
Offener Flüssigmistbehälter ohne Schwimmdecke	0
Offener Festmistkegel	0
2. Entmistung	
Festmist, mechanisch, Tiefstall	20
Treibmist-, Stau- und Speicherverfahren – Vollspaltenboden – Teilspaltenboden	20 15
mechanische Flüssigmist-Unterflurentmistung	10
mechanische Flüssigmist-Oberflurentmistung	0
3. Abluftaustritt	
senkrecht über Dach, Höhe mehr als 1,5 m über höchstem Dachpunkt und mit Weitwurfdüse	15
senkrecht über Dach, Höhe mehr als 1,5 m über höchstem Dachpunkt	10
senkrecht über Dach, Höhe kleiner und gleich 1,5 m über höchstem Dachpunkt	0
4. Sommerluftrate nach DIN 18 910	
$\Delta t'$ unter/gleich 1,5 K (1 K = Kelvin = 1° C, $\Delta t' = t_i - t_a$)	20
$\Delta t'$ unter 2 K	15
$\Delta t'$ unter 3 K	10
$\Delta t'$ über/gleich 3 K	0
5. Austrittsgeschwindigkeit bei größter Luftrate u. senkrecht über Dach	
über/gleich 12 m/s	20
über/gleich 10 m/s	15
über/gleich 7 m/s	5
unter 7 m/s	0
6. Abzüge für besondere Futtermittel	
Trockene Abfälle (Brot, Keks), Molke und Schlempe bis zur Deckung des Flüssigkeitsbedarfes der Tiere	0
Küchenabfälle, Molke, Schlempe und Abfälle mit geringem Eigengeruch in Mengen über dem Flüssigkeitsbedarf der Tiere	0bis-10
Schlachtabfälle und flüssige Abfallprodukte mit starkem Eigengeruch (z. B. Leimbrühe, Pülpe)	-20

Für die genaue Beurteilung muß die Richtlinie in allen Einzelheiten herangezogen werden. Die Anwendung ist vor allem für den Bereich zwischen der 25- und der 100-Punkte-Kurve gedacht. Ställe, die oberhalb der 25-Punkte-Kurve liegen, sollten ohne Einschränkung genehmigt werden. Bei Abständen unterhalb der 100-Punkte-Kurve bedarf es einer Sonderbeurteilung durch Sachverständige, wobei allerdings zu bedenken ist, daß mit modernen Filteranlagen bei allerdings erhöhtem Aufwand der Geruch vermindert bzw. beseitigt werden kann. Die Geländeform (z. B. Berg- und Hanglage) geht ebenfalls in die Detailberechnung ein, ebenso die Klimasituation.

Die Standortwahl muß sich außerdem nach der Eignung des Geländes für die geplante Bebauung richten. Neben der Gebäudeform kommt es vor allem auch auf die Bodenbeschaffenheit (Tragfähigkeit) und den Grundwasserstand an.

Hofplanung und Gebäudeform sind dem gewählten Standort sorgfältig anzupassen, wobei allerdings eine unzumutbare Beeinträchtigung der Funktion ausgeschlossen werden muß.

1.8 Bauvorbereitung und Bauplanung

Durch sorgfältige Bauvorbereitung lassen sich Fehler und Verzögerungen in der Bauausführung vermeiden. Die Bauvorbereitung umfaßt alle Maßnahmen, die bis zum Baubeginn erforderlich sind. Das ist u. a. die *Vorplanung*, auf der ein Entwurf aufgebaut wird. Aus dem *Entwurf* entwickelt sich die Planung, die dann als Grundlage für die Ausschreibung und Vergabe dient.

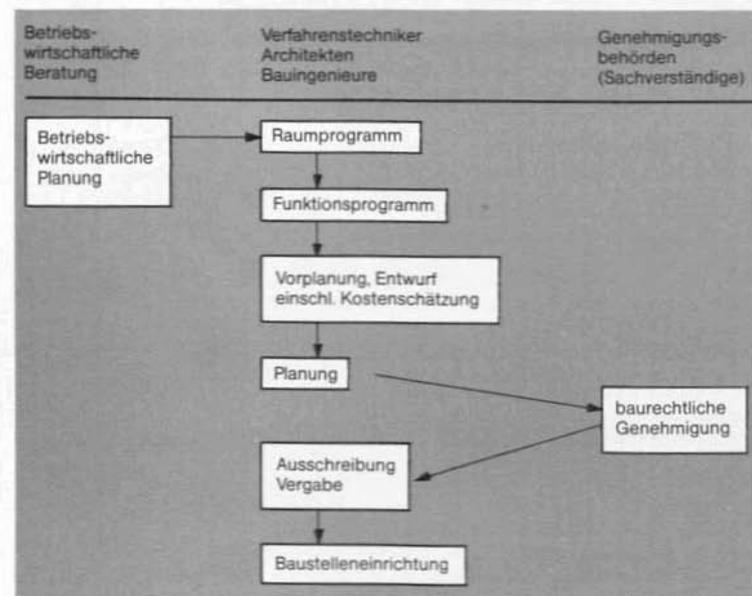


Abb. 638
Bauvorbereitungen

Der Bauplanung muß eine *betriebswirtschaftliche Planung* vorausgehen. Sie bildet die Grundlage für das Raumprogramm, das unter Einbeziehung moderner technischer Verfahren zum Funktionsprogramm entwickelt wird (Vorplanung). Der eigentlichen Planung geht eine Grobkalkulation der Baukosten auf der Basis von Richtwerten und des Bauentwurfes voraus. Nach Abschluß der Planungsarbeiten wird das Genehmigungsverfahren eingeleitet, in dessen Rahmen alle baurechtlichen Fragen zur Klärung bzw. Überprüfung anstehen. Nach Erteilung der Genehmigung erfolgt die *Ausschreibung*, die wiederum als Grundlage für die Vergabe dient.

1.8.1 Vorplanung und Entwurf

Nach Festlegung des betriebswirtschaftlichen Konzeptes, das in Zusammenarbeit zwischen Landwirt und Fachberatern erstellt wird, entsteht das *Raumprogramm*. Letzteres bildet die Grundlage für die gesamte Bauplanung. Es umfaßt den gesamten Raumbedarf der zu planenden Produktionseinheit, ohne zunächst die ebenfalls zu berücksichtigenden Arbeitsverfahren einzubeziehen. Aus dem Raumprogramm wird nach Auswahl der Arbeitsverfahren das *Funktionsprogramm* entwickelt. Bei modernen landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden sind Raum- und Funktionsprogramm nicht mehr zu trennen, da von Anfang an arbeitssparende Mechanisierungslösungen und ihre baulichen Anforderungen einzuplanen sind. Das Raum- und Funktionsprogramm bilden die Basis zur Anfertigung von Vorentwürfen. Die *Vorentwürfe* werden mit den verschiedenen, für die betreffende Baumaßnahme erforderlichen Baufachleuten (Bauingenieure, Statiker) abgesprochen und abgestimmt. Aus diesem Vorentwurf können erste überschlägige Kalkulationen des Kapitalbedarfes abgeleitet werden. Eine grobe Kostenschätzung kann auf Richtwerten, die sich z. B. auf den Tierplatz oder die Produktionseinheit beziehen, aufgebaut werden (Tabelle 221).

Tabelle 221: Richtwerte für grobe Kostenschätzungen von Rinder- und Schweineställen

	DM
Kuhplatz	4000–8000
Tierplatz bei Jungvieh und Mastbullen	2000–3000
Zuchtsauenplatz	3500–5000
Mastschweineplatz	600– 900

Eingeschossige Flachgebäude ohne komplizierte Innenausbauten werden auch nach der überbauten Fläche kalkuliert. Mehrgeschossige und hohe Gebäude (z. B. Bergehallen) müssen nach der Kubikmetermethode berechnet werden.

Tabelle 222: Anhaltswerte zur groben Schätzung von Gebäudepreisen (Beispiele)

Maschinenhalle	150 DM/m ²
Bergehalle	45 DM/m ³

Der endgültige Entwurf enthält dann bereits *Bauform* und *Bauweise*. In ihm ist unter anderem auch das geltende Baurecht zu berücksichtigen. Hierzu gehören vor allem:

- ▶ **Grenzabstand:** Das Ziel ist, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und einen Nachbarnschutz zu erreichen. Die Mindestabstände sind in den Länderbauordnungen festgelegt. Er richtet sich vielfach nach der Gebäudehöhe und beträgt – von Ausnahmeregelungen abgesehen – mindestens 3–4 m.
- ▶ **Brandschutz:** Nach jeweils geltender Bauordnung; Regelung muß bei Behörden erfragt werden. Auswirkung: Gebäudeabstand, Bildung von Brandabschnitten.
- ▶ **Wärmeschutz:** Nach Energieeinsparungsgesetz, bei Stallbauten Ausführung nach wirtschaftlichen Überlegungen.
- ▶ **Immissionsschutz:** Nach Bundesimmissionsschutzgesetz zusätzliche Genehmigungspflicht wegen Möglichkeit der besonderen Umweltgefährdung für Anlagen mit
700 (bei Festmist 900) Mastplätzen oder
280 (bzw. 360) Sauenplätzen und mehr,
7 000 Legehennen- oder
14 000 Mastgeflügelplätzen und mehr.
Standortwahl nach VDI-Richtlinie 3471 (vgl. Abschn. 1.7 »Hofplanung«).
- ▶ **Abfallbeseitigung:** Nach Abfallbeseitigungsgesetz und Wasserhaushaltsgesetz des Bundes und Wassergesetze der Länder, Überdüngungsverordnung zur Festsetzung der Ausbringung tierischer Exkremente auf landwirtschaftliche Nutzflächen.

- ▶ **Tierschutz:** Nach Bundestierschutzgesetz vor allem Sicherung der angemessenen artgemäßen Nahrung und Pflege und verhaltensgerechte Unterbringung der Tiere. Näheres in Rechtsverordnungen, die auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse ausgearbeitet werden.
- ▶ **Gestaltung:** Betriebsgebäude sind Zweckgebäude ähnlich den gewerblich genutzten Gebäuden. Nach vorliegender Rechtsprechung schreitet die Bauaufsicht erst ein, »wenn das ästhetische Empfinden des Durchschnittsbetrachters (nicht eines Einzelnen) wirklich verletzt ist«.

Im Entwurf ist außerdem die Baunutzungsverordnung zu berücksichtigen. Auf dieser Verordnung beruhen *Flächennutzungspläne*, in denen die Gemeinden die Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen festlegen, und *Bebauungspläne*, in denen das Bauen auf den ausgewiesenen Flurstücken enthalten ist. Sie regeln u. a. die Aufgliederung in Bauflächen (Wohnbauflächen, gewerbliche Bauflächen usw.) und Baugebiete sowie die bauliche Nutzung von Grundstücken (z. B. Geschößflächenzahl, Baumassenzahl).

1.8.2 Planung und Bauantrag

Zielsetzung der weiteren Planungsschritte ist zunächst die Erreichung der *Baugenehmigung*. Bei problematischen Standorten ist eine Bauvoranfrage zu empfehlen. Die Genehmigungspflicht ist in den Länderbauordnungen geregelt. Moderne landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterliegen im allgemeinen der Genehmigungspflicht (Beispiel für Ausnahme: Schutzhütten zur vorübergehenden wettergeschützten Unterbringung von Tieren, Gebäude ohne feste Fundamente, keine Stallfunktion).

Folgende **Unterlagen** (Bauvorlagen) müssen für den Antrag auf Erteilung einer Baugenehmigung (Bauantrag) zusammengestellt werden:

- ▶ **Lageplan:** Aus amtlicher Flurkarte, Maßstab nicht kleiner als 1:1000, mit vorhandenen und geplanten baulichen Anlagen.
- ▶ **Bauzeichnungen:** Maßstab 1:100, Grundriß (aller Geschosse) mit Angabe der Nutzung und weiterer Einzelheiten, Schnitte (längs und quer), (Abb. 639), Ansichten; Angabe der Baustoffe und Bauarten, Änderungen (Umbauten).
- ▶ **Baubeschreibung:** Erläuterung von Konstruktion und Nutzung, Baukosten, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung u. a. m.
- ▶ **Baunachweise der Standsicherheit, des Wärme- und Schallschutzes und des Brandschutzes:** Darstellung des statischen Systems, Konstruktionszeichnungen, Berechnungen.
- ▶ **Grundstücksentwässerung:** Anlagen zur Beseitigung von Abwasser und Niederschlagswasser im Entwässerungsplan, Maßstab mindestens 1:1000, eventuell mit Beschreibung.

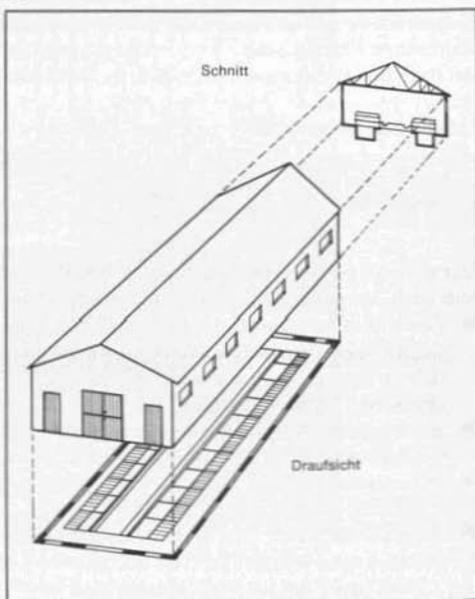


Abb. 639 Entstehung von Grundriß und senkrechten Schnitten

Außerdem sind die *Rechte und Pflichten der Grundstücksnachbarn* zu berücksichtigen. Sie sind im Bundesbaugesetz und auch in den Länderbauordnungen geregelt. So müssen u. a. den Eigentümern der benachbarten Grundstücke die Bauvorlagen zur Einsicht gegen Unterschrift gegeben werden.

Die Bauvorlagen werden bei der Gemeinde oder der unteren Bauaufsichtsbehörde eingereicht. Der Genehmigungsbehörde des Vorhabens obliegt es, auf Bauvorlagen, die für die Beurteilung nicht erforderlich sind, zu verzichten.

1.8.3 Ausschreibung und Vergabe

Zu den Aufgaben des Architekten gehört neben der Ausschreibung des Entwurfes und der Bauvorlagen die Anfertigung von Detailzeichnungen und Werkplänen (Maßstab 1: 50, 1:10, eventuell 1:1), da die im Maßstab 1:100 vorliegenden Eingabepläne in ihrer Genauigkeit oft nicht ausreichen.

Weiterhin erstrecken sich die Aufgaben des Architekten auf Berechnungen der Baukosten, Ausschreibung der Bauarbeiten, Beaufsichtigung und Abrechnung. Durch fachgerechte Auswahl und Überwachung trägt er dazu bei, daß der Bau ordnungsgemäß und kostengünstig abgewickelt wird.

Der Bau genehmigungspflichtiger Vorhaben kann erst beginnen, wenn die *Baugenehmigung* erteilt ist und die darin für den Baubeginn angeführten Auflagen erfüllt sind. Der Bauunternehmer verantwortet die Ausführung des Baues, die ordnungsgemäße Einrichtung und den sicheren Betrieb der Baustelle. Dazu ist außerdem ein verantwortlicher Bauleiter einzusetzen.

1.8.4 Baustellenvorbereitung

Mit der Baustelleneinrichtung beginnt der eigentliche Bau. Die sorgfältige Baustelleneinrichtung trägt wesentlich dazu bei, daß die Baudurchführung erleichtert wird und schützt vor Beschädigung und Verlust von Baustoffen.

Einige wichtige Maßnahmen sind:

- ▶ Bau einer Lkw-tragfähigen haltbaren Zufahrt mit Wendemöglichkeit,
- ▶ Deponieplätze für Aushub und Baustoffe,
- ▶ absperrbare Bauhütte,
- ▶ rechtzeitige Beantragung von Wasser- und Stromanschluß für die Baustelle,
- ▶ Einrichtung einer Toilette.

Vor Beginn des Aushubes überträgt der Bauleiter die im Lageplan ausgewiesenen Gebäude Maße auf das Grundstück und montiert ein Schnurgerüst (Abb. 640). Im Gelände wird ein Höhenpunkt festgelegt und von diesem die Aushubtiefe gemessen.

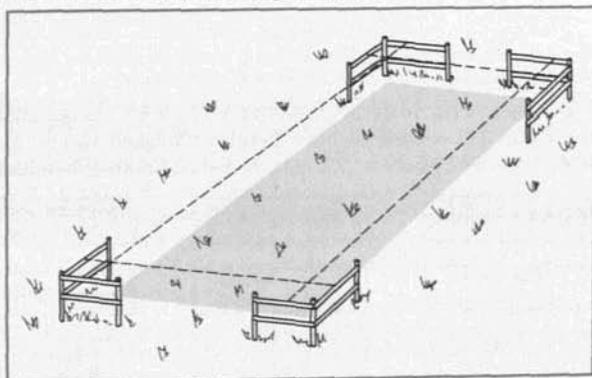


Abb. 640 Einrichtung des Schnurgerüsts

2 Arbeitslehre

Der Landwirt kann seine Arbeit nur noch mit Hilfe der Technik bewältigen. Teure Landmaschinen und aufwendige Gebäude bringen aber erst durch einen überlegten Arbeitseinsatz, eine zweckmäßige Arbeitsorganisation und eine ökonomisch begründete Auswahl den erhofften Erfolg. Deshalb sind Kenntnisse heute auch für den Landwirt unumgänglich über:

- ▶ die menschliche Arbeitsleistung und ihre Bedingungen,
- ▶ die Arbeitsausbildung und die Arbeitsanleitung,
- ▶ das Zusammenwirken von Mensch und Maschine,
- ▶ die Arbeitsplanung und die Arbeitsorganisation,
- ▶ den Vergleich und die Auswahl von Arbeitsverfahren.

2.1 Die menschliche Arbeit

Die moderne Arbeitswelt stellt in der Landwirtschaft vielfältige Anforderungen an die menschliche Arbeitskraft:

- ▶ ein sorgfältiges, selbständiges und rationelles Arbeiten,
- ▶ eine hohe Arbeitsleistung in der Zeiteinheit,
- ▶ die sachgemäße Bedienung von Maschinen und Geräten,
- ▶ ein überlegtes und damit unfallverhütendes Handeln,
- ▶ die Fähigkeit, Mitarbeiter anzuleiten und zu führen.

Sie gewinnen mit der zunehmenden Technisierung noch an Bedeutung, weil dadurch eine weitere Verschiebung von körperlicher (physischer) zu geistiger (psychischer) Arbeit stattfindet (Abb. 641).

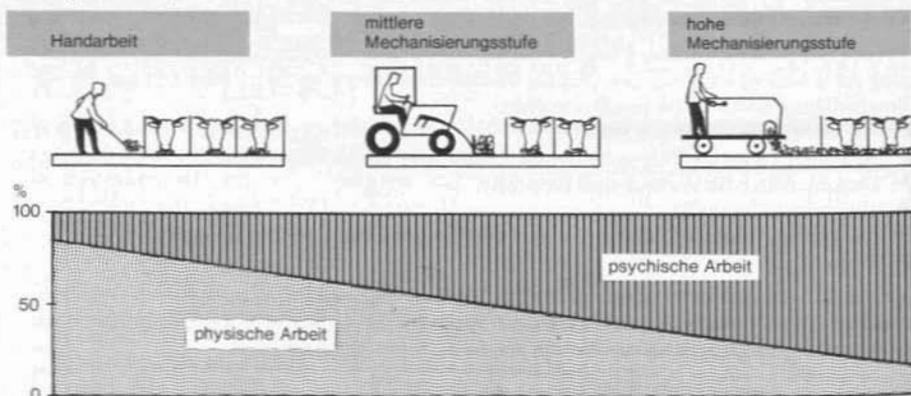


Abb. 641 Mit zunehmender Mechanisierung nimmt der Anteil der Muskelarbeit ab; im gleichen Maße steigt aber der Anteil an geistiger Arbeit (Beispiel: Rinderfütterung)

Die immer höher werdenden Anforderungen an den arbeitenden Menschen setzen eine natürliche und erworbene hohe **Leistungsfähigkeit** voraus. Sie kann aber nur voll ausgeschöpft werden, wenn ihr eine entsprechende **Leistungsbereitschaft** gegenübersteht. Zeitlich

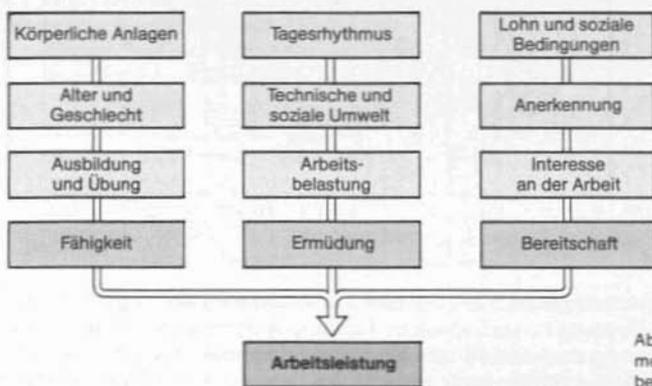


Abb. 642 Faktoren, welche die menschliche Arbeitsleistung beeinflussen

können beide durch die **Ermüdung** beeinflusst werden. Die Kenntnis all dieser Faktoren ist für eine Verbesserung und Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung wichtig (Abb. 642).

2.1.1 Die natürlichen Voraussetzungen der Leistungsfähigkeit

Sie wird von folgenden Faktoren bestimmt:

Körperliche und geistige Veranlagung – Die landwirtschaftliche Arbeit stellt hohe Anforderungen an Gesundheit, körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Eine ärztliche Untersuchung und möglichst auch ein psychologischer Eignungstest durch die Berufsberatung vor Antritt der Berufsausbildung geben darüber Auskunft und sind vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Ein Jahr nach Berufsantritt ist eine ärztliche Nachuntersuchung notwendig.

Alter und Geschlecht – Sie sind weitere, naturgebundene Voraussetzungen, welche die körperliche Leistungsfähigkeit entscheidend bestimmen (Abb. 643).

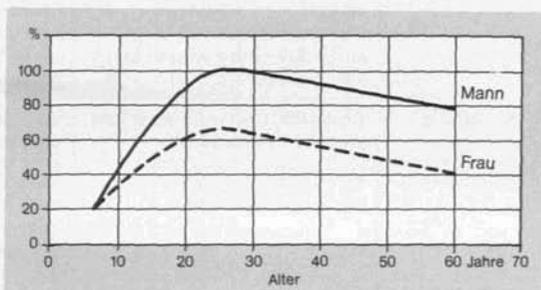


Abb. 643 Alter und Geschlecht bestimmen die durchschnittliche körperliche Leistungsfähigkeit

Im Durchschnitt – bei großen individuellen Abweichungen – erreicht der Mensch bis zum 14. Lebensjahr nur etwa 50% seiner maximalen Körperkraft. Beim **Mann** steigt sie stark an und erreicht zwischen dem 25.–30. Lebensjahr den Höhepunkt. Bei der **Frau** verläuft die Entwicklung der Muskelkraft flacher und beträgt im 20.–25. Lebensjahr etwa 70% der männlichen Leistungsfähigkeit. Im Alter vermindert sich die Leistungsfähigkeit wieder und sinkt bis zum 60. Lebensjahr auf nur mehr 80% der Maximalleistung. Diese Zusammenhänge müssen bei der Beschäftigung von Jugendlichen, alternden Menschen und bei Frauen berücksichtigt werden. **Jugendliche** sind demnach nur bedingt für körperliche Schwerarbeit geeignet. Diese kann zu dauernden Schäden führen.

Der Gesetzgeber hat deshalb vorsorgend das **Jugendarbeitsschutzgesetz** erlassen, das mit Ausnahmeregelungen auch für die Landwirtschaft gilt (vgl. Tab. 223).

Auch die **Frauenarbeit**, die in der Landwirtschaft weit verbreitet ist, erfordert Rücksicht wegen der um etwa $\frac{1}{3}$ geringeren Körperkraft. Die Frau ist aber andererseits für Arbeiten, die Geschick, Ausdauer und Einfühlungsvermögen erfordern, häufig besser geeignet als der Mann. Es sollte aber immer beachtet werden, daß die Hauptaufgaben der Ehefrau bei der Haushaltsführung und bei der Erziehung der Kinder liegen. Sie steht dem Betrieb dadurch nur mit etwa der halben Arbeitskraft zur Verfügung.

Der besondere gesetzliche Schutz gilt der **werdenden Mutter**. So ist es gesetzlich verboten, werdende Mütter mit schwerer körperlicher Arbeit und mit Tätigkeiten zu beauftragen, bei denen durch Staub, Gase, Nässe, Hitze oder Erschütterungen gesundheitliche Schäden zu befürchten sind. In der Landwirtschaft gilt dies insbesondere für Arbeiten mit dem Schlepper und in gebückter Haltung. Außerdem ist das Heben von Lasten mit mehr als 10 kg untersagt. 6 Wochen vor bis 8 Wochen nach der Entbindung besteht zusätzliches Beschäftigungsverbot.

Auch der **alternde Mensch** bedarf bei der Arbeit besonderer Rücksichten. Hier ist es weniger die nachlassende Muskelkraft, welche durch größere Erfahrung und höhere Leistungsbereitschaft zum Teil wieder ausgeglichen werden kann, als vielmehr die Beeinträchtigung des Reaktionsvermögens. Dies führt zu häufigen Unfällen, insbesondere bei Arbeiten mit Ma-

Tabelle 223: Die wichtigsten Bestimmungen des Jugendarbeitsschutzgesetzes (bis 18 Jahre)

	Allgemein gilt:	Landwirtschaft
Kinderarbeit und Mindestalter	Kinderarbeit ist bis zum 15. Lebensjahr verboten. Ausgenommen sind gelegentliche Hilfeleistungen im Familienhaushalt. Mindestalter: 15 Jahre	Eigene Kinder unter 13 Jahren: gelegentliche Hilfeleistungen in Haus und Hof; eigene Kinder über 13 Jahre: bis zu 3 Stunden täglich; ausgenommen in Notfällen; fremde Kinder mit Einwilligung der Eltern: nur für Erntearbeiten 3 Stunden pro Tag; Mindestalter: 15 Jahre
Arbeitszeit	Fünf-Tage-Woche; 40 Stundenwoche; 8 Stunden/Tag; keine Schichtarbeit und keine Überstunden	ausgenommen Jugendliche über 16 Jahre während der Ernte; bis zu 9 Stunden/Tag, aber nicht mehr als 85 h in zwei aufeinanderfolgenden Wochen
Nachruhe	Beschäftigung nur tagsüber zwischen 7 und 20 Uhr	Jugendliche in häuslicher Gemeinschaft dürfen ab 5 Uhr melken
Wochenende	keine Beschäftigung an Samstagen und Sonntagen	Verbot gilt nicht. Im Monat müssen zwei Sonntage und sollen zwei Samstage beschäftigungsfrei bleiben. Für Sonntagsarbeit muß ein freier Tag in der Woche gewährt werden
Urlaub	bis zum 16. Lebensjahr: 30 Werktage bis zum 17. Lebensjahr: 27 Werktage bis zum 18. Lebensjahr: 25 Werktage	

schinen. Außerdem kann sich der alternde Mensch nur schwer auf neue Arbeitsweisen und -verfahren einstellen, ein Umstand, der den Übergang zu neuen Mechanisierungsverfahren erschwert. Trotzdem bedeutet es für viele Menschen einen erfüllten Lebensabend, wenn sie auch im Alter – zwar in geringerem Umfang – ihren gewohnten Arbeiten nachgehen können. Hier bietet die Landwirtschaft bei einem rücksichtsvollen Verständnis zwischen alt und jung weit bessere Möglichkeiten als die städtische Kleinfamilie.

Geistige Veranlagung – Neben den natürlichen körperlichen Voraussetzungen ist die geistige Veranlagung, insbesondere die Intelligenz, von großer Bedeutung für die Leistungsfähigkeit. Unter *Intelligenz* wird dabei die Fähigkeit eines Menschen verstanden, sich neuen Aufgaben und Gegebenheiten durch Einsicht anzupassen. Auch die durchschnittliche Intelligenzentwicklung wird vom Alter geprägt und verläuft ähnlich der körperlichen Entwicklung. Auffällig ist aber eine große Streuung, die auf den großen Einfluß der Umwelt und des eigenen geistigen Trainings zurückzuführen ist; Einflüsse, die häufig die natürliche Veranlagung überlagern.

2.1.2 Steigerung der menschlichen Leistungsfähigkeit

Im Rahmen der gegebenen Voraussetzungen ist es möglich, vorhandene körperliche und geistige Leistungsfähigkeit auszubilden und zu steigern (Abb. 149).

Durch **Training** kann sich der menschliche Körper in gewissen Grenzen schwerer Muskelarbeit anpassen. Dabei entwickeln sich die Muskeln so weit, daß sie auf Dauer nur zu einem Drittel beansprucht werden. Bei geringer Belastung bilden sie sich zurück, bei schwerer Arbeit nimmt die Muskelkraft zu. Zur Steigerung der Muskelkraft genügt eine tägliche Maximalbelastung von wenigen Minuten. Eine hohe Muskelkraft allein genügt aber noch nicht für eine entsprechende Dauerleistung; der Kreislauf muß auch in der Lage sein, die Muskeln

ausreichend mit Sauerstoff zu versorgen. Dies ist nur in der Form eines langfristigen Konditionstrainings möglich.

Durch den Maschineneinsatz ist die Landarbeit einseitiger geworden, so daß ein vernünftiger Ausgleichssport immer wichtiger wird, um den Körper »fit« zu halten. Der trainierte Mensch kann dadurch die tägliche Arbeit mit weniger Anstrengung erledigen und gesundheitlichen Schäden vorbeugen.

Lernen ist das Aufnehmen, Verarbeiten und Behalten von Informationen. Diese können nur gespeichert werden (schwierig und häufig unproduktiv), oder sie werden mit schon vorhandenem Wissen verknüpft. Letzteres ist sehr wichtig, weil es nur dann lange im Gedächtnis haften bleibt. Das Aneignen und Behalten verläuft gesetzmäßig (Abb. 644) und ist am effektivsten wenn

- ▶ die Stoffaneignung in kleinen Schritten erfolgt,
- ▶ das neu Gelernte mit vorhandenem Wissen und gemachter Erfahrung verknüpft und
- ▶ häufig wiederholt wird. Dies sollte anfangs in kürzeren und später in längeren Zeitabständen erfolgen.

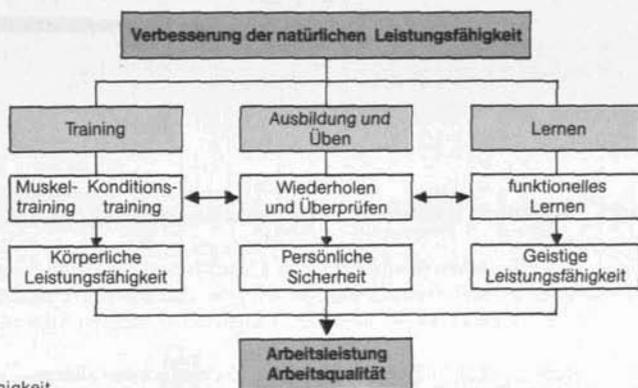


Abb. 644 Verbesserung der natürlichen Leistungsfähigkeit

Alle erlernten Arbeitsbewegungen müssen ursprünglich bewußt vom motorischen Zentrum im Gehirn gesteuert und von den menschlichen Sinnen (Auge, Ohr) kontrolliert werden. Die ersten Arbeitsbewegungen erfolgen deshalb (genau wie die ersten Bewegungsabläufe beim Kleinkind) langsam, ruckartig und unausgeglichen, da für jeden Befehl des motorischen Zentrums 0,3 Sekunden erforderlich sind (Abb. 645). Durch Übung gelingt es aber, die Steuerung der Arbeitsbewegungen aus höheren Bewußtseinschichten in niedrigere Reflexe

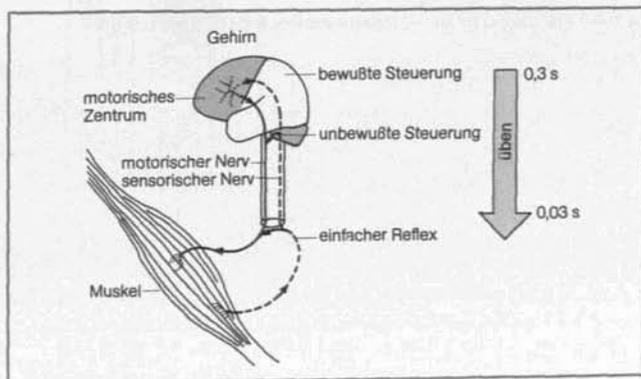
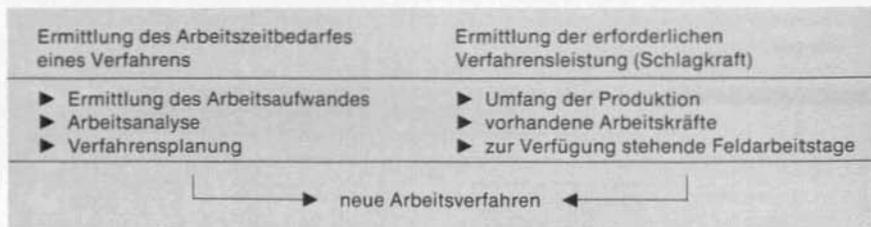


Abb. 645 Steuerung der Körperbewegungen

zu verlagern. Die Arbeitsgriffe können dann mehr oder weniger »im Schlaf« ausgeführt werden. Die ständige Kontrolle durch die Sinne entfällt, die Bewegungen werden schneller und flüssiger; außerdem wird das Bewußtsein durch die Routinearbeiten nicht mehr belastet. Allerdings sind einmal erlernte falsche Arbeitsbewegungen, die bereits im Unterbewußtsein Eingang gefunden haben, nur mehr schwer zu korrigieren. Deshalb kommt dem richtigen Erlernen der landwirtschaftlichen Arbeit größte Bedeutung zu.

2.2 Arbeitszeitermittlung und Arbeitsplanung

Die menschliche Arbeit ist der wertvollste und wichtigste Produktionsfaktor. Ein gut geplanter und durchdachter Einsatz ist deshalb besonders wichtig. Dabei ist in folgenden Schritten vorzugehen:



2.2.1 Ermittlung des Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit) (vgl. Bd. 4 B, »Betriebswirtschaft«)

Grundlage aller arbeitswirtschaftlichen Planungen ist die Ermittlung des Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit) eines Betriebes in seiner derzeitigen Situation (Ist-Zustand). Ein wertvolles Hilfsmittel ist dafür die Führung eines Arbeitstagebuches, welches folgende Anforderungen erfüllen muß:

- ▶ lückenlose, tägliche Eintragung während eines ganzen Jahres,
- ▶ Datum und Witterungsdaten,
- ▶ durchgeführte Arbeit,
- ▶ eingesetzte Arbeitskräfte,
- ▶ verwendete Maschinen und Geräte,
- ▶ bearbeitete Fläche oder betreute Tierzahl,
- ▶ verbrauchte Arbeitszeit, möglichst auf den Betriebszweig bezogen.

Ein Beispiel eines vereinfachten Arbeitstagebuches zeigt folgende Tabelle. Sie läßt sich nach einzelbetrieblichen Anforderungen abwandeln.

Tabelle 224: Beispiel eines vereinfachten Arbeitstagebuches

Monat Tag	Durchgeführte Arbeiten	Arbeitswochen				Schlepperstunden				Arbeitsaufwand in Stunden					
		Be- triebs- leiter	Ehe- frau	Sohn	über- be- trieb- lich	50 kW	30 kW	über- be- trieb- lich	Hof und Masch.	Feldbau			Viehhaltung		
										Wies- en	Ge- treide	Mais	Milch- vieh	Jung- vieh	Schwei- ne
24.	Stallarbeiten Hofwiese gemäht Talwiese siliert Hofwiese gewendet	3,0 6,0	0,5 6,0	2,0 5,0	- 8,0	1,5 8,0	5,0						4,0	1,0	0,5
				1,0		1,0				1,5 17,0 1,0					

Bei sorgfältiger Aufschreibung während eines ganzen Jahres ergibt die Auswertung des Tagebuches zutreffende Angaben über

- ▶ die Arbeitsleistung der einzelnen Arbeitskräfte (h/Jahr),
- ▶ den Arbeitsaufwand für die verschiedenen Betriebszweige (h/ha),
- ▶ den Schleppereinsatz,
- ▶ die überbetriebliche Zusammenarbeit.

In Verbindung mit einer betriebswirtschaftlichen Buchführung können zusätzliche Angaben über den Deckungsbeitrag je geleisteter Arbeitsstunde bei den verschiedenen Betriebszweigen und über das Arbeitseinkommen je Zeiteinheit gemacht werden.

Tabelle 225: Auswertung eines Arbeitstagebuches eines Grünlandbetriebes

	Stunden	%	Arbeitsaufwand	betriebswirtschaftliche Auswertung
Milchviehhaltung	2670	54	85 h/Kuh u. J.	13,50 DM/h
Jungviehaufzucht	730	15	42 h/Tier u. J.	23,50 DM/h
Futterbau	520	11	21 h/ha und J.	-
Hofarbeiten, sonstige	1030	20	-	-
gesamter Arbeitszeitaufwand	4950	100		5,20 DM Gewinn pro Stunde
<i>geleistete Arbeitsstunden:</i>	<i>Stunden</i>		<i>Schlepperstunden:</i>	<i>Stunden</i>
Betriebsleiter	2350		50 kW-Schlepper	675
Ehefrau	945		30 kW-Schlepper	910
Auszubildender	1490		Maschinenring	110
Maschinenring	165			

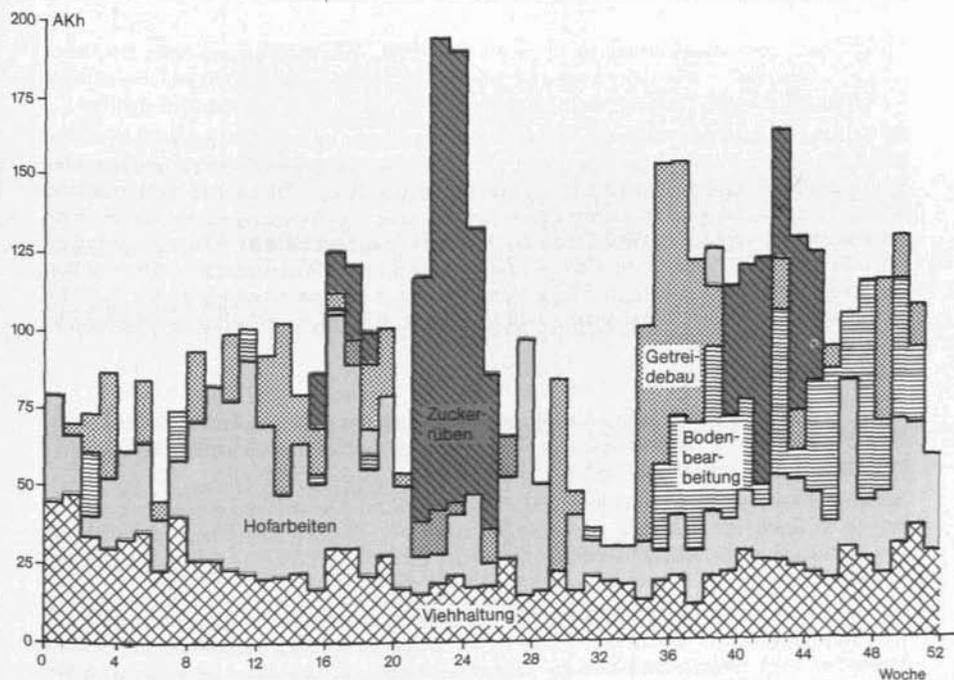


Abb. 646 Arbeitsaufriß eines Getreide-Hackfruchtbaubetriebes

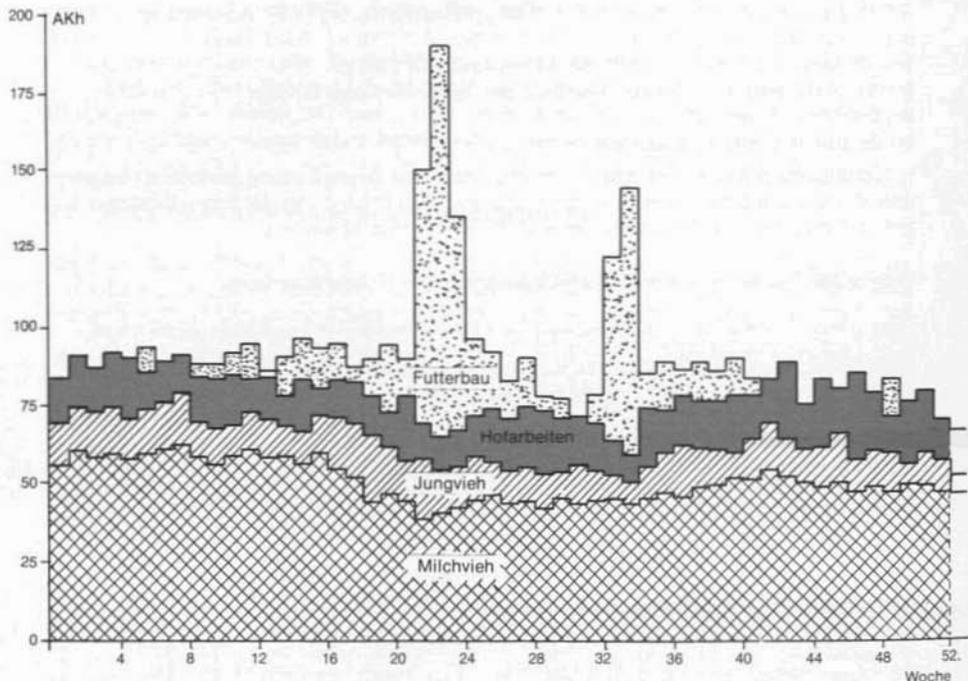


Abb. 647 Arbeitsaufriß eines Futterbaubetriebes

Neben einer Gesamtauswertung sollte auch die zeitliche Arbeitsverteilung eines Betriebes erfaßt werden, wie sie in Beispielen (Abb. 645 und 646) wiedergegeben ist. Ein solcher Arbeitsaufriß des Ist-Zustandes macht Arbeitsspitzen und Arbeitstäler deutlich sichtbar.

Im **Grünlandbetrieb** verursacht die Winterfutterbergung eine außerordentlich hohe Arbeitsspitze, die häufig eine weitere Ausdehnung der Milchviehhaltung verhindert. Im **Getreide-Hackfruchtbaubetrieb** verhindert die Hackfruchtspflege und die Arbeitsspitze im Herbst eine weitere Intensivierung der Betriebsorganisation. Allgemein wirken sich extreme Arbeitsspitzen immer ungünstig auf den Betrieb aus, weil sie über längere Zeit hinweg Höchstleistungen von den Arbeitskräften erfordern und weil sie bei ungünstiger Witterung Qualitätseinbußen zur Folge haben. Arbeitswirtschaftliche Verbesserungen müssen vorrangig in den Arbeitsspitzen versucht werden. Dazu ist eine weitere Analyse des Arbeitszeitbedarfes erforderlich.

2.2.2 Arbeitsanalyse

Die Arbeitsanalyse soll Ursachen und Zusammensetzung des Arbeitszeitverbrauches klären. Dieser wird durch die Arbeitskraft, die Arbeitsbedingungen, den Arbeitsplatz und den Arbeitsablauf (Arbeitsmethode) bestimmt (Abb. 648).

Bei der **Durchführung der Arbeitsanalyse** sind als erstes die **Arbeitsbedingungen** zu beschreiben, z. B. Feldgröße, Herdengröße, Hangneigung usw. Sie bestimmen den Zeitverbrauch entscheidend und sind deshalb – obwohl nicht oder kaum zu verbessern – für die Beurteilung und den Vergleich der Ergebnisse wichtig.

Ein anderer wesentlicher Einflußfaktor ist die **Arbeitskraft**, deren Arbeitsleistung von der Leistungsfähigkeit und der Leistungsbereitschaft abhängig ist. Zur Beurteilung dieses Einflusses wird von einer Normalleistung 1,0 ausgegangen und diese als **1 Arbeitskrafteinheit (AK)** bezeichnet. Unter 1 AK versteht man eine voll arbeitsfähige, ausgebildete und geübte

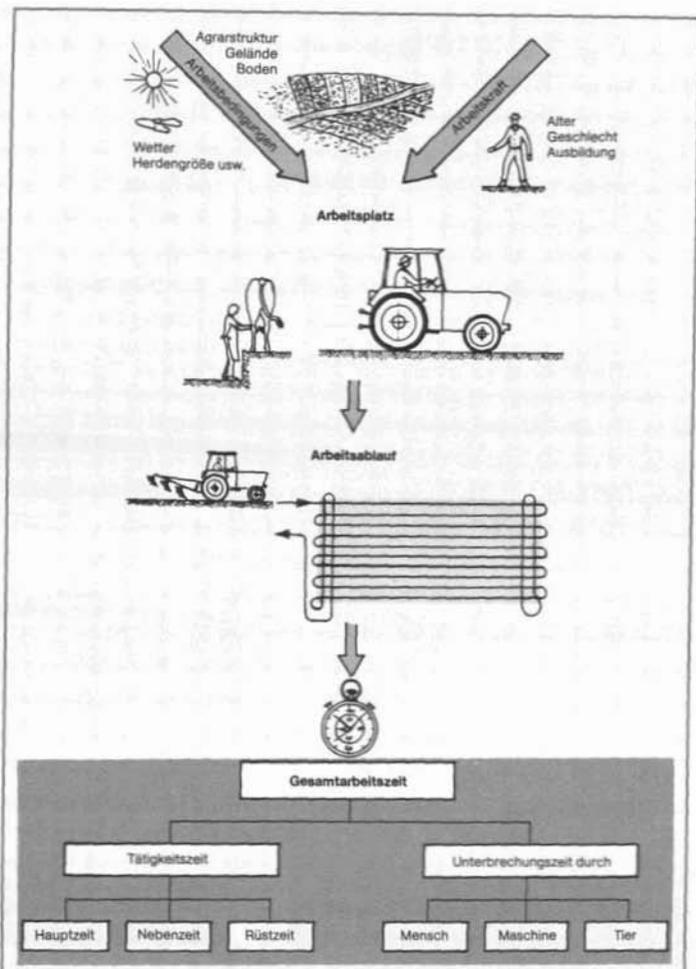


Abb. 648
Durchföhrung
einer
Arbeitsanalyse

männliche oder weibliche Person. Individuell werden je nach Leistungsfähigkeit Zu- oder Abschläge gemacht, wobei man näherungsweise häufig vom Alter ausgeht:

14–16 Jahre	0,5 AK	18–65 Jahre	1 AK
16–18 Jahre (in Ausbildung)	0,7 AK	über 65 Jahre	0,3 AK

Prüfliste für die Arbeitsanalyse:

Arbeitskraft

- Hat die Arbeitskraft ausreichende körperliche und geistige Fähigkeiten?
- Ist die Arbeitskraft für die Aufgabe ausgebildet und angelemt?
- Ist die Arbeitsaufgabe klar und eindeutig erklärt?
- Ist die Arbeitskraft für die Arbeit motiviert?

Im nächsten Schritt wird der **Arbeitsplatz** untersucht, wobei die Erkenntnisse der Arbeitsplatzgestaltung zu beachten sind. Optimale Arbeitsplätze sind Voraussetzung für hohe Arbeitsleistungen bei geringer körperlicher Beanspruchung.

Prüfliste für die Arbeitsanalyse:

Arbeitsplatz

- Kann die Arbeitshaltung verbessert werden (sitzen statt stehen)?
- Lassen sich statische Haltearbeiten vermeiden (fahren statt tragen)?
- Sind alle benötigten Teile und Hebel im Griffbereich?
- Wird zweckmäßiges Werkzeug verwendet?
- Sind die Maschinen ordnungsgemäß gewartet?
- Reicht die Beleuchtung aus?
- Können Schwingungen, Staub und Lärm gemindert werden?
- Läßt sich die Umgebungstemperatur verbessern?
- Wird der Unfallschutz beachtet?

Ein erhöhter Zeitverbrauch ist vorrangig auf eine falsche Arbeitsmethode und einen ungünstigen **Arbeitsablauf** zurückzuführen. Dabei ist die sinnvolle Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte (Elemente) und der kürzeste Arbeitsweg anzustreben. Bei einer Arbeitsanalyse ist es zweckmäßig, den Arbeitsablauf aufzuzeichnen und darauf aufbauend nach besseren Lösungen zu suchen. Abb. 649 zeigt dafür Beispiele.

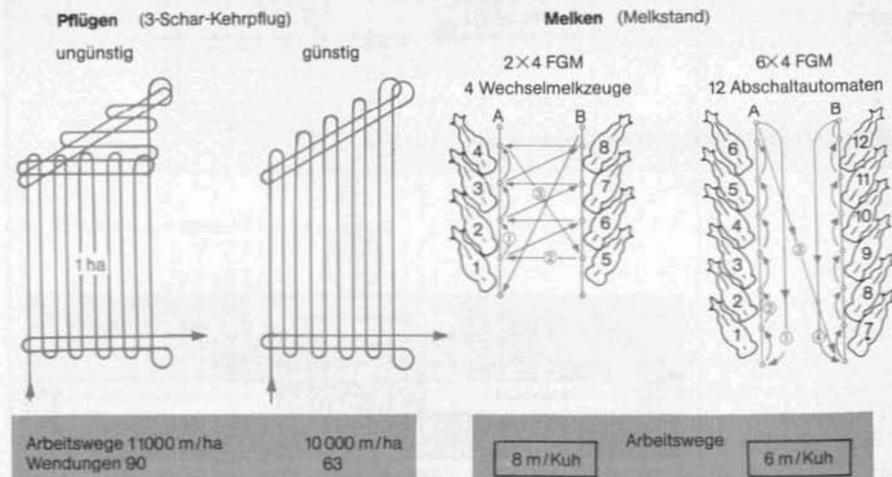


Abb. 649 Beispiele für richtigen und falschen Arbeitsablauf

Die **Arbeitszeitstudie** gibt Auskunft über Umfang und Zusammensetzung des Arbeitszeitaufwandes. Sie erfolgt stichprobenartig bei den einzelnen Arbeitsgängen. Diese wiederum werden in Arbeitselemente unterteilt, welche gesondert gemessen und ausgewertet werden. Dafür sind gesonderte Stoppuhren mit Schleppteiger und $\frac{1}{100}$ -Minuten-Einteilung entwickelt worden.

Die Arbeitszeitstudie dient:

- zur **Analyse** des tatsächlichen Arbeitszeitaufwandes eines Verfahrens. Dabei wird der Zeitverbrauch wie in Abb. 650 angegeben aufgegliedert.

Beispiel: Bei der Futterbergung mit dem Ladewagen muß dieser auf dem Hof abgeschmiert und an den Schlepper angehängt werden. Die dafür notwendige Zeit bezeichnet man als *Rüstzeit*. Die Fahrt zum Feld und wieder zurück ist die *Wegezeit*. Sie ist von der Entfernung und von der Geschwindigkeit abhängig. Erst dann erfolgt die eigentliche Arbeitsausführung. Nur ein Teil dieser Zeit wird aber für die eigentliche Ladezeit (*Hauptzeit*) aufgewendet. Weiterhin sind gewisse Nebenarbeiten erforderlich, wie Wenden, Fahren zum Schwad usw., die sich nicht vermeiden lassen, aber nicht dem Arbeitsfortgang dienen. Dafür sind *Nebenzeiten* erforderlich. Sie werden in großem Umfang von Schlaggröße und Schlagform bestimmt. *Unterbrechungszeiten* treten schließlich durch Maschinenstörungen (*Störzeit*), willkürliche Arbeitspausen oder durch arbeitsorganisatorisch bedingte *Wartezeiten* (z. B. Warten am Silobefüllgebläse) auf.

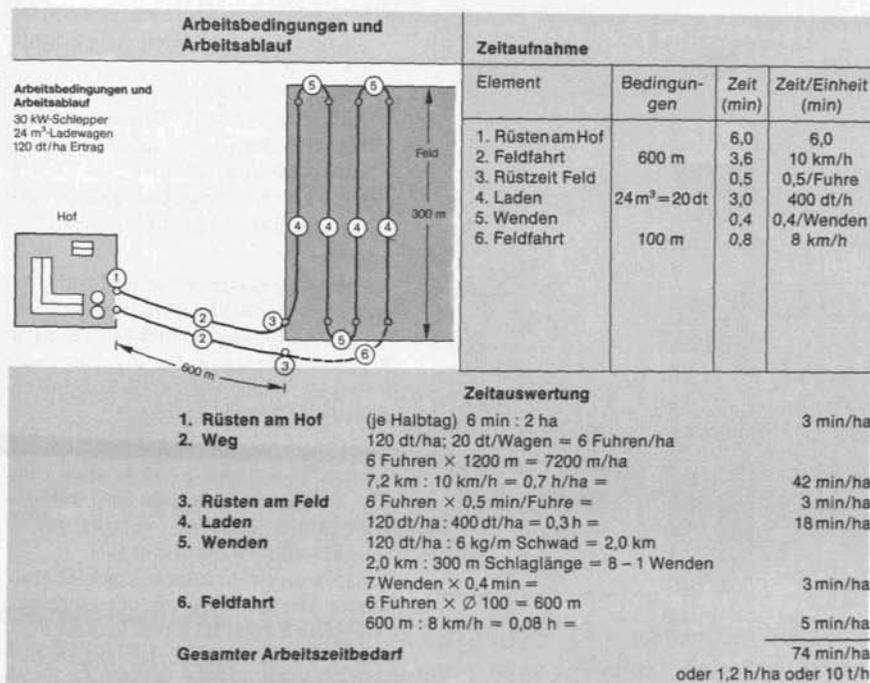


Abb. 650 Beispiel für eine Arbeitszeitstudie bei der Ernte von Anweklsilage

Daneben sind je nach Arbeitsschwere entsprechende *Erholungszeiten* notwendig.

Produktive Arbeit ist nur während der Hauptzeit möglich. Alle anderen Zeitartern lassen sich zwar nicht voll vermeiden, sollten aber weitgehend eingeschränkt werden. Arbeitsanalysen in vielen landwirtschaftlichen Betrieben haben gezeigt, daß ein großer Teil der Arbeitszeit für Neben-, Rüst-, Wege- und Verlustzeiten verbraucht werden, vor allem bei ungünstig strukturierten Betrieben.

- ▶ zur **arbeitswirtschaftlichen Verbesserung** bestehender Verfahren: Die Arbeitsanalyse ist eine hervorragende Grundlage für arbeitswirtschaftliche und technische Verbesserungen einzelner Arbeitsverfahren. Die Abb. 650 zeigt als Beispiel die Arbeitszeitanalyse bei der Bergung von Anweklsilage.

Das **Beispiel** zeigt, daß die mangelnde Bergeleistung durch die geringe Einlagerungsleistung des Gebläsehäckslers verursacht wird. Sie führt dazu, daß der Ladewagen am Gebläse warten muß. Hier ist der erste Ansatz für arbeitswirtschaftliche Verbesserungen gegeben, wie höhere Antriebsleistung des Gebläsehäckslers oder die Wahl anderer Einlagerungssysteme (Förderband, Flachsilo usw.). Erst bei höherer Einlagerungsleistung ist es sinnvoll, die Bergeleistung des Ladewagens zu erhöhen. Hier fallen vor allem die hohen Wegezeiten ins Gewicht. Sie können durch größere Ladewagen wesentlich verringert werden.

Der voraussichtliche Erfolg neuer und verbesserter Verfahren kann mit Hilfe von Planwerten im voraus berechnet werden. So läßt sich aus mehreren Alternativen das günstigste Verfahren ermitteln (Abb. 651).

- ▶ zur **Erstellung von Planzeiten**: aus einer Vielzahl von Arbeitsanalysen in der Praxis werden Durchschnittswerte für die Planung gebildet (Planzeiten).

2.2.3 Verwendung von Planzeiten (Arbeitszeitbedarf)

Mit **Planzeiten** (auch Arbeitszeitbedarf genannt) wird der voraussichtliche Zeitbedarf bezeichnet, der unter vorgegebenen Bedingungen im Durchschnitt für die Erledigung einer bestimmten Arbeit erforderlich ist. Sie sind die wichtigste Kennzahl für die Auswahl und Planung von Arbeitsverfahren. Die in Arbeitsanalysen ermittelten Planzeiten haben allgemeine Gültigkeit bei folgenden Voraussetzungen:

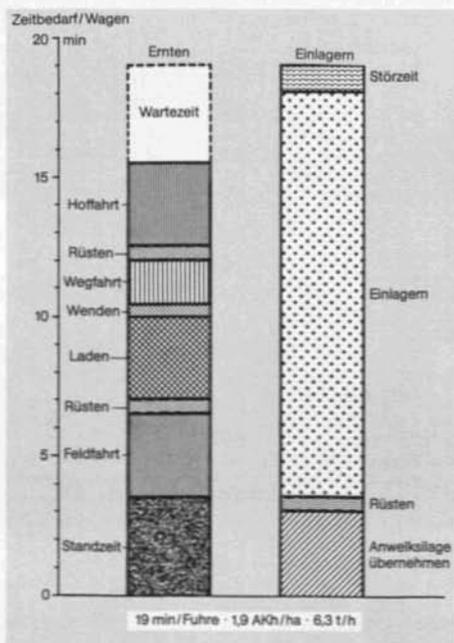


Abb. 651 Beispiel einer Arbeitsanalyse bei der Futterbergung mit einem Ladewagen und einem Befüllgebläse

- ▶ Normale Arbeitsleistung einer vollwertigen, ausgebildeten Arbeitskraft (= 1 AK),
- ▶ genau festgelegte Arbeitsbedingungen (z. B. 1000 m Feldentfernung, 300 m Schlaglänge, 5 ha Schlaggröße, ebenes Gelände usw.),
- ▶ methodisch richtige und geübte Arbeitsausführung bei günstigem Arbeitsablauf.

Planzeitwerte stehen heute der Landwirtschaft für die meisten Arbeitsgänge zur Verfügung. Sie werden meist in Tabellen (KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft) oder als Graphiken dargestellt (Abb. 652).

Alle Planzeiten gelten nur bei den genannten Bedingungen. Sie können deshalb im einzelnen Betrieb mit anderen Bedingungen erheblich vom tatsächlichen Arbeitsaufwand abweichen.

Planzeitformeln erlauben dagegen eine bessere Berücksichtigung der einzelbetrieblichen Einflußfaktoren. In diese Formeln gehen die einzelbetrieblichen Bedingungen ein und man erhält einen betriebspezifischen Planzeitwert.

	Parzellengröße in ha					
	1		2		5	
	AKh/ha	Stk/ha	AKh/ha	Stk/ha	AKh/ha	Stk/ha
Fingerbalken, 1,5 m	2,0	2,0	-	-	-	-
Doppelmessermähwerk, 1,5 m	1,5	1,5	-	-	-	-
Kreismähwerk, 1,6 m	-	-	1,1	1,1	-	-
Mähquetschzetter, 2,5 m	-	-	-	-	0,7	0,7

Unterstellungen: 120 dt/ha; 1. Schnitt; ebenes Gelände; 1 km Feldentfernung

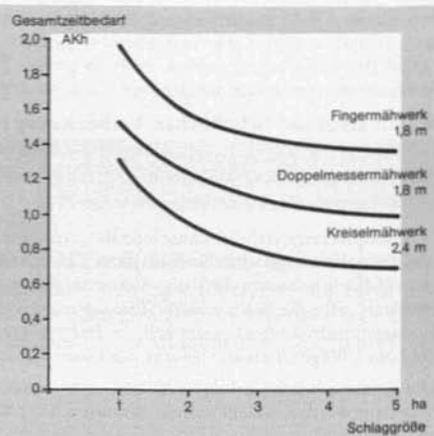


Abb. 652 Tabellarische und graphische Darstellung von Planzeitwerten

Tabelle 226: Zeitformel für »Mähen«

$$\begin{aligned} \text{Gesamtzeit »Mähen mit Kreismähwerk« (GAZ)} &= \text{Rüstzeit}_{\text{Hof}} + \text{Fahrt zum Feld} + \\ &+ \text{Rüstzeit}_{\text{Feld}} + \text{Mähen} + \text{Wenden} + \\ &+ \text{Rüstzeit}_{\text{Feld}} + \text{Fahrt zum Hof} + \\ &+ \text{Rüstzeit}_{\text{Hof}} \end{aligned}$$

Da alle Rüstzeiten fixe Zeiten sind und die Fahrten zum und vom Feld identisch sind, vereinfacht sich die Formel:

$$\text{Rüstzeit} + \text{Fahrt zum Feld und zurück} + \text{Arbeitszeit} + \text{Wendezeit}$$

In Abhängigkeit von Feldentfernung, Schlaggröße, Schlagbreite, Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit ergibt sich folgende Formel:

$$\begin{aligned} \text{GAZ (min)} &= 30 + \frac{120 \times \text{Feldentfernung (km)}}{\text{Geschwindigkeit (km/h)}} + \\ &+ 1,1 \times \left(\frac{\text{Schlaggröße (ha)} \times 600}{\text{A'breite (m)} \times \text{A'geschwindigkeit (km/h)}} + \frac{\text{Schlagbreite (m)}}{2 \times \text{A'breite (m)}} \right) \end{aligned}$$

Beispiel: Feldentfernung 1 km, Geschwindigkeit 15 km/h, Schlaggröße 5 ha, Schlagbreite 250 m, Arbeitsbreite 2,4 m, Arbeitsgeschwindigkeit 12 km/h

$$\begin{aligned} \text{Gesamtzeit (min)} &= 30 + \frac{120 \times 1}{15} + 1,1 \times \left(\frac{5 \times 600}{2,4 \times 12} + \frac{250}{2 \times 2,4} \right) \\ &= 210 \text{ min für 5 ha} \\ &= 42 \text{ min/ha oder } 0,7 \text{ AKh/ha (vgl. Abb. 652)} \end{aligned}$$

Die Planzeitwerte sind notwendig für:

- ▶ den **Vergleich** verschiedener Arbeitsverfahren: Bei Verfahren mit mehreren Arbeitskräften müssen die einzelnen Arbeitsglieder möglichst gut aufeinander abgestimmt werden, damit keine unproduktiven Wartezeiten entstehen.
- ▶ **Ist-Sollvergleich:** Ein Vergleich der Ist-Zeit eines Verfahrens mit den Planzeiten verbesserter oder neuer Verfahren ermöglicht es, den arbeitswirtschaftlichen Erfolg dieser Maßnahmen abzuschätzen. Damit wird es möglich, die Wirtschaftlichkeit technischer Verbesserungen vor neuen Investitionen zu berechnen.

Tabelle 227: Ist-Soll-Vergleich des Beispielsbetriebes bei der Futterernte

Verfahren	AKh/ha	dt/h	Kapitalbedarf DM
Ist-Verfahren	5,4	44	–
Verbessertes Verfahren:			
Großraumladewagen, Dosiergerät 15 kW	3,7	70	35 000
Nachbarschaftshilfe: Dosiergerät 20 kW	4,2	85	18 000
Maschinenring	3,3	110	–

- ▶ **Planung neuer Verfahren:** Hier geben die Planzeitwerte Hinweise über die Leistung und den Arbeitszeitbedarf neuer Verfahren. Dem muß aber die Ermittlung der betrieblich notwendigen Schlagkraft vorausgehen. Dies erfolgt durch den Arbeitsvoranschlag.

2.2.4 Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung (Arbeitsvoranschlag)

Nachdem der Arbeitszeitbedarf und die Arbeitsleistung der einzelnen Verfahren bekannt sind, muß für die einzelbetriebliche Arbeitsplanung die erforderliche **Verfahrensleistung** bestimmt werden. Erst danach kann eine sinnvolle Auswahl der Arbeitsverfahren stattfinden. Dies erfolgt durch den **Arbeitsvoranschlag**, wozu die gesamten anfallenden Arbeiten eines Betriebes untergliedert werden.

Tabelle 228: Aufgliederung der anfallenden Arbeiten eines Betriebes (Beispiel)

Arbeit	Beispiel	Bedeutung
termingebundene Arbeiten	Arbeiten, welche an einem bestimmten Wachstumstermin erledigt werden müssen und nicht ohne Einbußen verschoben werden können. Dazu gehören fast alle Arbeiten der pflanzlichen Produktion (Saat, Pflege, Ernte)	produktive Tätigkeit mit starker Auswirkung auf den Ertrag
verschiebbare und bedingt termingebundene Arbeiten	Alle Arbeiten, die zur Inganghaltung eines Betriebes anfallen, wie Betriebsführung, Wirtschaftsführen, Reparaturen und Hofarbeiten	teilweise auch während Arbeitsspitzen notwendig, meist aber verschiebbare Füllarbeiten während der Arbeitstaler
laufende Arbeiten	fallen täglich in ungefähr gleichem Umfang an, wie z. B. die Stallarbeiten	produktive Tätigkeit während des Jahres

Während bei den laufenden Arbeiten die tägliche Arbeitszeit mittels des Arbeitszeitbedarfes einfach zu bestimmen ist, wird der Arbeitsanspruch der **termingebundenen Arbeiten** von folgenden Kriterien bestimmt (Abb. 653):

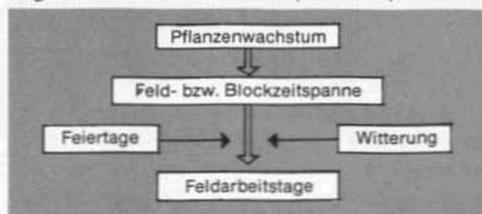


Abb. 653 Bestimmungsgründe für den Arbeitszeitbedarf termingebundener Arbeiten

Die **Feldarbeitsspanne** gibt den durch den Pflanzenaufwuchs bestimmten Zeitraum für die Durchführung einer Feldarbeit an, z. B. Zeit für die Bestellung, Pflege oder Ernte. Da meist für mehrere Kulturarten ähnliche Feldarbeitsspannen gelten, werden diese zu **Blockzeitspannen** zusammengefaßt.

Innerhalb der Blockzeitspannen ist aber nur während der verfügbaren **Feldarbeitstage** die Arbeitsdurchführung möglich. Deshalb sind von der gesamten Blockzeitspanne die Sonntag- und Feiertage und die Schlechtwettertage abzuziehen. Letztere werden mit 80%iger Sicherheit bestimmt von:

- ▶ Höhe der Tagesniederschläge:
 - größer 5 mm/Tag bei der Frühjahrsbestellung und Ernte,
 - größer 8 mm/Tag bei den übrigen Feldarbeiten,
- ▶ von der Bodenart,
- ▶ von der Mechanisierung.

Bei der Bestimmung der Blockzeitspannen und der Feldarbeitstage ergeben sich in der Praxis Schwierigkeiten, weil:

- ▶ die Blockzeitspannen im einzelnen Betrieb erheblich abweichen können,
- ▶ häufig zu wenig der optimale Einsatz- und Erntezeitpunkt berücksichtigt wird,
- ▶ eine nur 80%ige Sicherheit für viele Betriebe ein zu großes Risiko darstellt,
- ▶ insbesondere bei der Heu- und Anwekksilagebergung nicht nur die Zahl der Tage, sondern die Wahrscheinlichkeit mehrerer, mindestens ab zwei hintereinander folgender Schönwettertage entscheidend ist, und
- ▶ die notwendige Schlagkraft häufig auch verfahrenstechnisch bedingt wird (z. B. die Notwendigkeit, einen Silobehälter in drei Tagen zu füllen oder die Silomaisernte innerhalb einer Woche nach dem ersten Frost abzuschließen).

Tabelle 229: Übersicht über einige Blockzeitspannen und Feldarbeitstage
(aus KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft 1976)

Blockzeitspanne	Arbeiten	Datum und Feldarbeitstage in							
		Bayern ohne Voralpen	Alpenvorland und Mittelgebirge	Niedersachsen/Hessen Flachland	Niedersachsen/Hessen Mittelgebirge	Ober-rheinische Ebene	Oberschwaben, Allgäu unter 700 m	Schleswig-Holstein Ostküste	
FB = Frühjahrsbestellung	Bestellarbeiten für S-Getreide, Raps, Mais, Hackfrüchte, Kopfdüngung usw.	25. 3.–13. 5. 31	1. 4.–27. 5. 33	27. 3.–17. 5. 34	28. 3.–17. 5. 29	16. 3.–5. 5. 32	26. 3.–15. 5. 32	20. 3.–15. 5. 29	
HH = Hackfrucht-pflege, Heuernte	Alle Pflegearbeiten im Hackfruchtbau; Pflanzenschutz; Fütterernte, davon für Heu und Silageernte 1. Schnitt	14. 5.–7. 7. 34 23	28. 5.–16. 7. 27 21	18. 5.–6. 7. 35 21	18. 5.–9. 7. 35 23	6. 5.–2. 7. 38 27	16. 5.–8. 7. 33 23	16. 5.–18. 7. 29 16	
FG = Frühgetreide-ernte	Winterraps, Wintergerste (Grassamen, Frühkartoffeln)	8. 7.–24. 7. 12	17. 7.–31. 7. 10	7. 7.–26. 7. 15	10. 7.–28. 7. 14	3. 7.–20. 7. 13	9. 7.–24. 7. 12	19. 7.–10. 8. 13	
SG = Spätgetreide-ernte	Alle Arbeiten von Roggenschnitt bis zu Beginn der Kartoffelernte	25. 7.–5. 9. 32	1. 8.–15. 9. 31	27. 7.–6. 9. 33	29. 7.–8. 9. 33	21. 7.–31. 8. 32	25. 7.–5. 9. 32	11. 8.–12. 9. 18	
KE = Kartoffelernte	Neben Kartoffelernte auch Silomaiserte	6. 9.–15. 10. 27	16. 9.–12. 10. 16	7. 9.–24. 10. 32	9. 9.–19. 10. 27	1. 9.–20. 10. 35	6. 9.–15. 10. 27		
RE = Rübenernte	Neben Rübenernte auch Körnermaiserte und Wintergetreidebestellung	1. 10.–10. 11. 27	1. 10.–31. 10. 18	1. 10.–17. 11. 32	1. 10.–10. 11. 27	1. 10.–17. 11. 34	1. 10.–10. 11. 27	13. 9.–15. 11. 35	
SH = Spätherbst-arbeiten – Abfuhrtage – Pflügetage	Winterfurchen, Stallmist-ausfuhr usw.	11. 11.–10. 12. 24 18	1. 11.–15. 11. 12 10	18. 11.–14. 12. 21 18	11. 11.–10. 12. 24 18	18. 11.–14. 12. 21 19	11. 11.–10. 12. 24 18		

Bei der Erstellung eines Arbeitsvorschlages müssen deshalb auch betriebliche und örtliche Erfahrungen mit einfließen. Besonders wertvoll sind hierzu betriebsinterne Aufzeichnungen, beispielsweise im Arbeitstagebuch.

Für die **bedingt und nicht termingebundenen Arbeiten** können die in folgender Tabelle 230 genannten Zahlen einen gewissen Anhaltswert bieten.

Tabelle 230: Bedingt termingebundene Arbeiten in den einzelnen Zeitspannen¹⁾
(Betriebsführung, Wirtschaftsführen, Reparaturen, Hofarbeiten)

Betriebe der Größenklasse ha LF	Arbeitszeitbedarf in AKh/ha LF in den Zeitspannen									AKh/ha LF und Jahr	Sh/ha LF und Jahr
	FB	HH	HH	FG	SG	HE	SH	Winterarbeiten			
	Frühjahrsarbeiten	Hackfruchtpflege	Heuernte	Frühgetreideernte	Spätgetreideernte	Hackfruchternte	Spätherbstarbeiten				
	1	2	3	4	5	6 u. 7	8	9			
unter 20	7,0	1,8	3,8	2,7	4,2	5,6	3,3	15,3	43,7	3,9	
20- 30	4,2	1,4	3,0	1,7	3,3	4,8	2,2	10,7	31,3	3,6	
30- 50	2,4	0,8	1,8	0,8	2,0	2,6	1,3	5,5	17,2	3,6	
50- 75	2,1	0,7	1,6	0,7	1,8	2,6	1,1	4,8	15,4	3,4	
75-100	1,9	0,6	1,4	0,6	1,8	2,4	1,0	4,1	13,8	2,6	
100-150	1,8	0,6	1,3	0,6	1,8	2,4	1,0	3,6	13,1	2,6	
150-200	1,8	0,6	1,3	0,6	1,8	2,4	0,9	3,4	12,8	2,5	
über 200	1,7	0,5	1,2	0,6	1,7	2,2	0,9	3,3	12,1	2,5	

alle Größenklassen	Reparaturen an Weidezäunen								
	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	-	5,0	6,0

¹⁾ Quelle: KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band 1, Arbeitsvorschlag, 1. Fortschreibung 1964

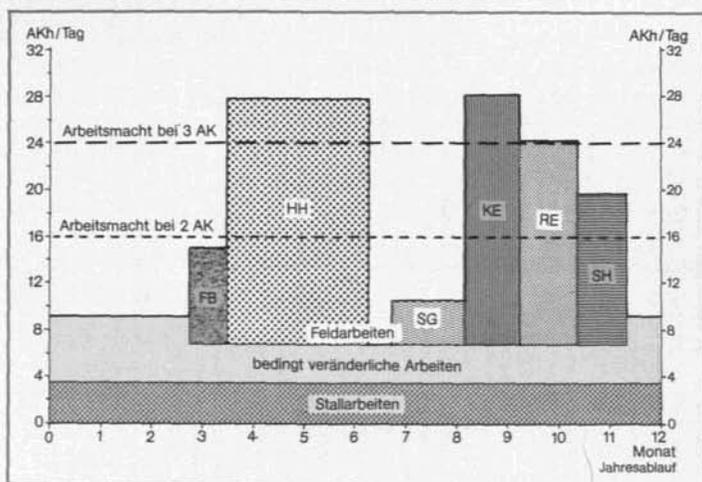


Abb. 654
Arbeitsvorschlag zur Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung

Bei der **Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung** und bei der Aufstellung eines Arbeitsvorschlages sind folgende Schritte notwendig:

- ▶ Bestimmung der täglich anfallenden Stallarbeiten durch Ermittlung des täglichen Arbeitszeitbedarfes je nach Tierart und Herdenumfang.
- ▶ Abschätzen der bedingt termingebundenen Arbeiten in den einzelnen Blockzeitspannen.
- ▶ Ermittlung der täglich für die termingebundenen Arbeiten zur Verfügung stehenden Arbeitszeit.

- ▶ Festlegung der Blockzeitspannen, der Feldarbeitstage und des Produktionsumfanges und daraus errechnet die notwendige Verfahrensleistung,
- ▶ Auswahl von betrieblichen oder überbetrieblichen Verfahren, welche diese Verfahrensleistung erbringen können.

2.3 Verfahrenskosten und Verfahrenvergleich

2.3.1 Allgemeines

Landtechnische und arbeitswirtschaftliche Maßnahmen müssen letztlich nach ökonomischen Gesichtspunkten getroffen werden, welche das gesamte Arbeits- und Produktionsverfahren umfassen.

Dies erfolgt auf zwei Ebenen:

- ▶ Beim ökonomischen **Verfahrenvergleich** wird unter konkurrierenden Lösungen das kostengünstigste ausgewählt (Kostenminimierung).
- ▶ Bei der ökonomischen **Verfahrenbewertung** muß die Auswirkung eines neuen Verfahrens auf das Gesamtbetriebsergebnis bzw. auf den Deckungsbeitrag eines Betriebszweiges untersucht werden (Kostenoptimierung). Dies ist dann erforderlich, wenn neue Verfahren das Arbeitsvolumen und die Produktionsleistung steigern. Der Einsatz der Landtechnik kann sich hier nicht nur nach den Minimalkosten richten, sondern muß nach den Grenzkosten beurteilt werden. Dazu ist eine betriebswirtschaftliche Kalkulation notwendig, wozu die Landtechnik die erforderlichen Kennwerte liefert.

In beiden Fällen ist die genaue Kenntnis der **Verfahrenskosten** notwendig. Diese umfassen folgende Teilkosten:

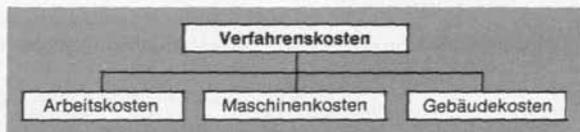


Abb. 655 Überblick über landtechnische Verfahrenskosten

2.3.2 Arbeitskosten

Die Arbeitskosten eines Verfahrens werden wie folgt bestimmt:

$$\text{Arbeitskosten (DM)} = \text{Arbeitszeitverbrauch (AKh)} \times \text{Kosten der Arbeitsstunde (DM/h)}$$

Während der Arbeitszeitverbrauch durch Ist- oder Planzeiten für jedes Verfahren aus den entsprechenden Aufschreibungen oder Tabellenwerten leicht zu bestimmen ist, bereitet die Bewertung einer Arbeitsstunde Schwierigkeiten. So kann in Arbeitstälern die geleistete Arbeitsstunde nur einen geringen Wert haben, während sie in Arbeitsspitzen, beispielsweise bei der Ernte, sehr hoch bewertet werden muß. Für den Verfahrenvergleich behilft man sich deshalb mit Richtsätzen, wobei

- ▶ bei familieneigenen Arbeitskräften die Entlohnung nach einer vergleichbaren außerlandwirtschaftlichen Tätigkeit unterstellt wird.

Tabelle 231: Richtsätze für den Lohnansatz des Betriebsleiters und mithelfender Familienangehöriger

	DM jährlich	DM/h bei 2200 h/Jahr
Grundlohn des Betriebsleiters	14 200	6,50
Zuschlag je 10 000 DM Einheitswert ungefähr	650	0,30
<hr/>		
mithelfende Familienangehörige:		
männlich	12 900	5,90
weiblich	10 850	4,90

- ▶ bei Fremdarbeitskräften die geltenden Tariflöhne herangezogen werden (Tabelle 232).

Tabelle 232: Tariflöhne für Landarbeiter im Stundenlohn – gewogener Bundesdurchschnitt – (gültig ab 1. August 1978) nach KTBL-Taschenbuch 1978

Lohngruppe	DM/h	+54% Zuschlag für Sozialleistungen	Lohngruppe	DM/h	+54% Zuschlag für Sozialleistungen
1 Hilfsarbeitskräfte für leichte Arbeiten	4,84	7,45	5 Spezialarbeiter Schlepperfahrer	7,73	11,90
2 Angelernte Arbeiter für leichte Arbeiten	5,43	8,36	6 Landwirtschaftliche Facharbeiter	8,27	12,74
3 Hilfsarbeitskräfte für schwere Arbeiten	6,43	9,90	7 Handwerker	8,79	13,54
4 Angelernte Arbeiter für schwere Arbeiten	7,30	11,24	8 Meister	9,31	14,43

2.3.3 Maschinenkosten

Die Maschinenkosten setzen sich aus folgenden Kostenelementen zusammen:

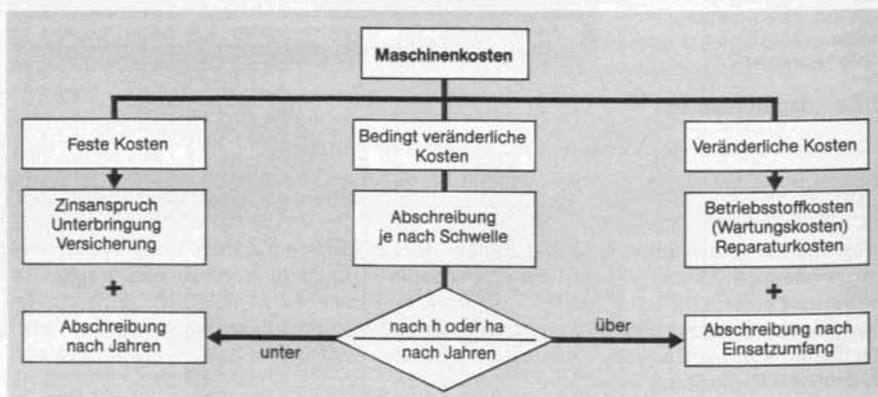


Abb. 656 Elemente der Maschinenkosten

Feste Kosten – Sie fallen jährlich unabhängig vom Umfang des Maschineneinsatzes an. Sie umfassen:

- ▶ den **Zinssatz** für das durch die Maschinen festgelegte Eigen- oder Fremdkapital. Der Zinssatz wird durch den Kapitalmarkt bestimmt. Der durchschnittliche Zeitwert einer Maschine wird als Kapitalwert unterstellt. Bei linearer Abschreibung ist dies die Hälfte des Anschaffungspreises.

$$\text{Zinssatz DM/Jahr} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{2} \text{ (DM)} \times \text{Zinssatz}^1$$

¹⁾ meist 6%

- **Unterbringungskosten** entstehen durch jährliche Gebäudekosten für Unterstellräume einschließlich der Feuerversicherung. Für die Maschinenkostenberechnung wird dafür überschlagsmäßig 1% des Anschaffungspreises unterstellt.

Unterbringungskosten DM/Jahr = 1% vom Anschaffungspreis (DM)

- **Versicherungskosten** sind in Form der Haftpflichtversicherung bei Schleppern und selbstfahrenden Maschinen anzurechnen. Sie sind den Versicherungspolizen zu entnehmen. Bei einer groben Überschlagsrechnung können 1% des Anschaffungspreises unterstellt werden.

Veränderliche Kosten – Sie werden ganz vom Umfang des Landmaschineneinsatzes (h oder ha) bestimmt. Sie beinhalten:

- **Die Betriebsstoffkosten** umfassen die Aufwendungen für Kraft-, Schmier- und Hilfsstoffe (z. B. Bindegarn). Die Kosten errechnen sich aus dem Einsatzumfang, dem Verbrauch und dem Preis.

Der Verbrauch an Treibstoff bei Schleppern kann je nach Auslastung aus Abb. 657 abgeschätzt werden. Der Energieverbrauch der Elektrogeräte errechnet sich grob aus dem Anschlußwert und der Einsatzzeit. Für den Ölverbrauch wird ein Schätzwert von 4% des Dieselölverbrauches unterstellt.

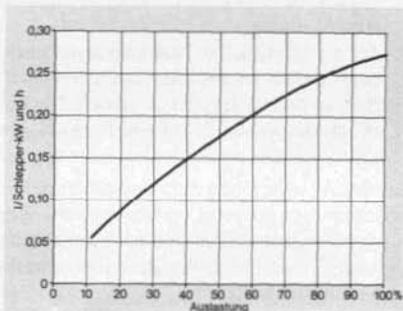


Abb. 657 Richtwerte für den Kraftstoffverbrauch von Schleppern in Abhängigkeit von der Auslastung

Die Betriebsstoffkosten können nach folgender Formel errechnet werden:

$$\text{Betriebsstoffkosten (DM)} = \frac{\text{Treibstoffverbrauch je nach Auslastung (l/kWh)}}{\text{Schlepperstärke (kW)}} \times \text{Treibstoffpreis (DM/l)}$$

- **Wartungskosten** umfassen das Reinigen, Abschmieren, Ölwechseln und sonstige Instandhaltungsarbeiten. Der Arbeitsaufwand dafür wird in der Regel den Lohnkosten zugerechnet, während die Materialkosten weitgehend den Betriebsstoffkosten anzulasten sind.
- **Reparaturkosten** sind schwer kalkulierbar und von vielfältigen Faktoren, wie Einsatzdauer, Konstruktion, Bedienung, Pflege usw. abhängig. Eine Vorausschätzung kann deshalb nur auf Grund von Richtwerten erfolgen, die in Prozentanteil vom Anschaffungswert und Einsatzumfang angegeben werden¹⁾. Je nach Maschinenauslastung ist dabei stillschwei-

Tabelle 233: Richtwerte für die Ermittlung der Reparaturkosten bei Schleppern und Anbaugeräten (nach KTBL-Taschenbuch) (A = Anschaffungspreis in DM)

Maschinen	Reparaturkosten % von A/1000 h	Maschinen	Reparaturkosten % von A/100 h
Schlepper mit Hinterradantrieb (15–82 kW)	6,82–6,95	Frontlader Hecklader	1,73–2,11 1,80
Schlepper mit Allradantrieb (23–105 kW)	6,75–7,56	Heckschwenklader	2,61–3,24
Frontsitzschlepper (38–88 kW)	6,02–6,80	Plattformwagen Kipper	% von A/10 ha 2,27–3,92 ca. 2,00
Geräteträger und Trac-Schlepper (26–77 kW)	5,80–8,11		

¹⁾ in KTBL Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft

gend ein Anteil der voll veränderlichen Abschreibung zugerechnet, der für den Rechengang aber unbedeutend ist. Tabelle 233 zeigt einige Richtwerte für den Schleppereinsatz. Die übrigen Werte sind bei den einzelnen Mechanisierungsverfahren aufgeführt.

Zu den **bedingt veränderlichen Kosten** wird die *Abschreibung* gezählt. Sie umfaßt die nutzungs- und altersbedingte Wertminderung, denn am Ende der wirtschaftlichen Nutzung sollte das eingesetzte Kapital wieder zur Verfügung stehen. Dazu wird der Anschaffungspreis auf die gesamte Nutzungsdauer gleichmäßig verteilt.

$$\text{Abschreibung} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

Der Umfang der Abschreibung wird bestimmt von

- ▶ der wirtschaftlichen **Nutzungsdauer nach Arbeit**: Eine Maschine ist nach einer bestimmten Lebensleistung, gemessen in Arbeitsfläche (ha) oder Einsatzstunden (h) verbraucht. Dies ist dann gegeben, wenn die Reparaturkosten höher sind als die Belastung durch die Abschreibung;
- ▶ der wirtschaftlichen **Nutzungsdauer nach Zeit (Jahren)**: Unabhängig vom Einsatzumfang sind landwirtschaftliche Maschinen nach einer gewissen Zahl von Jahren technisch überholt, so daß ihr Einsatz unwirtschaftlich ist. Eine technisch wesentlich verbesserte Maschine produziert dann trotz höheren Kapitalbedarfes billiger, sei es durch höhere Schlagkraft, geringeren Zeitbedarf oder bessere Arbeitsqualität.

Bei der Abschreibung muß deshalb entschieden werden, ob eine Maschine wegen ihres Arbeitsumfanges vorzeitig verbraucht wird oder ob sie nach einer gewissen Zeitspanne technisch veraltet. Im ersten Fall muß nach der erbrachten Arbeit, im zweiten Fall dagegen, unabhängig vom Einsatz, nach der Zeit abgeschrieben werden. Als Grenzwert dafür dient die Abschreibungsschwelle:

$$\text{Abschreibungsschwelle} = \frac{\text{Nutzungsdauer nach Arbeit (ha oder h)}}{\text{Nutzungsdauer nach Jahren}}$$

Tabelle 234: Beispiele für die Nutzungsdauer von Maschinen (nach KTBL-Taschenbuch)

Maschine und Gerät	Nutzungsdauer		Abschreibungsschwelle nach h bzw. ha/Jahr n/N
	nach Arbeit h bzw. ha	nach Jahren	
Schlepper	12 000 h	12	1 000 h
Frontlader	2 500 h	12	208 h
2,5-m-Drillmaschine	1 250 ha	14	89 ha
Ladewagen	650 ha	8	81 ha
3,6-m-Mähdrescher	1 000 ha	10	100 ha
Rübenvollernter	250 ha	8	31 ha

Liegt der tatsächliche Einsatzumfang/Jahr *über* der Abschreibungsschwelle, so ist die Nutzungsdauer nach Arbeit zu unterstellen. Damit ist die Abschreibung voll vom Einsatzumfang abhängig und zählt zu den veränderlichen Kosten.

$$\text{Abschreibung über der Schwelle (hohe Auslastung)} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Nutzungsdauer nach Arbeit}}$$

▽
veränderliche Kosten

Ist der jährliche Einsatzumfang aber niedriger als die Abschreibungsschwelle, so ist nach Jahren abzuschreiben. Diese Abschreibung ist nicht abhängig vom jährlichen Einsatz, so daß hier die Abschreibung zu den Festkosten zählt. Da in der Landwirtschaft die Maschinen meist nur schwach ausgelastet werden, wird fast immer nach Jahren abgeschrieben.

$$\text{Abschreibung unter der Schwelle} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Nutzungsdauer nach Jahren}}$$

(geringe Auslastung)

▽

fixe Kosten

In folgender Übersicht ist eine Beispielsberechnung für einen 45 kW-Schlepper bei verschiedener Auslastung gezeigt. Abb. 658 zeigt davon abgeleitet die Kosten je Schlepperstunde bei unterschiedlichem jährlichem Einsatz.

GESAMTKOSTENBERECHNUNG FÜR MASCHINEN						
(Prozentrechnung nach Schaefer - Kehnert)						
1	Maschine (Art - Typ - Größe)	Adersschlepper mit Allradantrieb - 45 kW				
2	Anschaffungspreis (A)	43.000,- DM				
3	wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit (n)	12.000... h bzw. ha				
4	wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Jahren (N)	12... Jahre				
5	Abschreibungsschwelle ($\frac{A}{N}$)	1.000... $\frac{h}{Jahr}$				
6	Kosten bei einer jährlichen Ausnutzung	unter	über			
		der Abschreibungsschwelle				
7	FESTKOSTEN	DM/Jahr	DM/Jahr			
8	Zinsansatz: (6 % von A/2)	43.000,- DM Anschaffungspreis x 0,03 =		1.290	1.290	
9	Unterbringung: (..4 % von A)	43.000,- DM Anschaffungspreis x 0,04 =		430	430	
10	Versicherung: (..4 % von A)	43.000,- DM Anschaffungspreis x 0,04 =		430	430	
11	Abschreibung: (..4 %)	43.000,- DM Anschaffungspreis : 12 Jahre		3.583	3.583	
	(Bei Ausnutzung <u>unter</u> der Abschreibungsschwelle gehört die bedingt variable Abschreibung zu den Festkosten).				X	
12						
13	SUMME FESTKOSTEN	5.933	2.150			
14	VARIABLE KOSTEN	DM/h	DM/h			
		DM/Jahr	DM/Jahr			
15	Abschreibung: (..... % von A je h bzw. ha)	43.000 DM A : 12.000 h bzw. ha		3.583	3.583	
	(Nur bei Ausnutzung <u>über</u> der Abschreibungsschwelle gehört die bedingt variable Abschreibung zu den variablen Kosten).			X		
16	Reparaturkosten: (..7 % von A je h bzw. ha)	1.000 h bzw. ha		3,-	3,-	
	(einschließlich der vollvariablen Abschreibung).					
17	Betriebsstoffkosten: (...45 % x 0,16 Verbrauch in kg/h)	0,45 DM/lb		3,24	3,24	
18	Hilfsstoffe: 4% des Dieselölverbrauches von 3,24 DM/h	=		-1,2	-1,2	
19	1,50% Auslastung					
20	SUMME VARIABLE KOSTEN	6,36	9,94			
21	GESAMTKOSTEN					
22	bei einer jährlichen Ausnutzung von h bzw. ha	250	500	1000	1500	2000
23	Festkosten (DM/h bzw. DM/ha)	23,73	11,86	2,15	1,43	1,07
24	variable Kosten (DM/h bzw. DM/ha)	6,36	6,36	9,94	9,94	9,94
25	SUMME GESAMTKOSTEN (DM/h bzw. DM/ha)	30,09	18,22	12,09	11,37	11,01

Bayerische Arbeitsgemeinschaft: Höhere Landbauschule Rothalmünster, Landwirtschaftsschulen, Forstblatt 304
Seminar für Beraterfortbildung Dachau, Amt für angewandte landwirtschaftliche Betriebswirtschaft München.

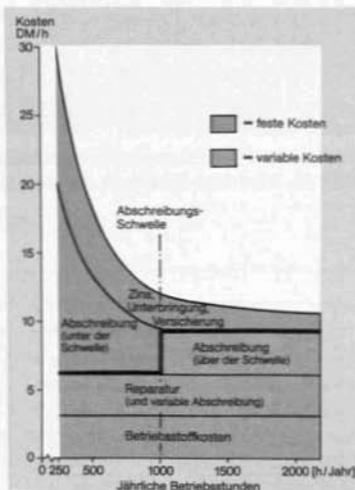


Abb. 658 Kosten der Schlepperstunde bei unterschiedlicher Nutzung (45 kW-Allradschlepper, A = 43 000 DM)

2.3.4 Gebäudekosten

Die jährlichen Gebäudekosten sind nur dann den Arbeitsverfahren anzulasten, wenn diese an spezielle Gebäude gebunden sind (z. B. Melkstandgebäude). Da Maschine und Gebäude zunehmend in kompletten Arbeitsverfahren verknüpft werden, sind die speziellen Gebäudekosten zunehmend bei Verfahrensvergleichen zu beachten. Die Gebäudekosten setzen sich wie folgt zusammen:

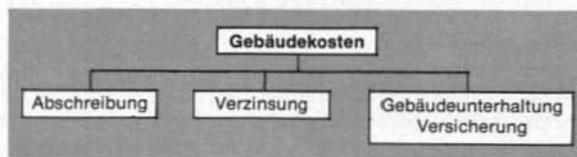


Abb. 659 Elemente der Gebäudekosten

Alle diese Kosten werden in % der Gebäudepreise (fälschlich häufig Gebäudekosten genannt) errechnet. Die Gebäudepreise sind entweder durch Abrechnungen bereits erstellter Gebäude bekannt oder können aufgrund von Faustzahlen grob geschätzt werden.

Die jährliche Abschreibung der Gebäude wird von der Lebensdauer auf Grund der Bauweise (Massivbau, Holzbau, Leichtbau), aber auch von der technischen Alterung bestimmt. Diese ist vielfach kürzer als die Haltbarkeit von Massivgebäuden.

Tabelle 235: Anhaltswerte für die Gebäudeabschreibung

Bauweise	Abschreibungszeit (Jahre)	jährliche Kosten in % vom Erstellungspreis
Massivbau	(40)–25	(2,5)– 4,0
Holzbau	25	4,0
Leichtbau	10	10

$$\text{Verzinsung/Jahr} = \frac{\text{Gebäudepreis (A)}}{2} \times \text{Zinssatz (6\%)}$$

Tabelle 236: Anhaltwerte für Verzinsung, Unterhaltungs- und Versicherungskosten von Gebäuden

Art des Gebäudes	Kosten/Jahr
Stallgebäude massiv	1,5 % von A
Stallgebäude Holz	1,75% von A
Stallgebäude Leichtbau	2,00% von A
Scheunen und Unterstellhallen in Holz	1,00% von A

2.3.5 Kosten der Arbeitsverfahren

Die Arbeits-, Maschinen- und – soweit sinnvoll – die Gebäudekosten ermöglichen es, die Kosten gesamt Verfahren zu ermitteln und mit Verfahrensalternativen zu vergleichen. Als Beispiel wird hier an den arbeitswirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Futterberverfahren angeknüpft (vgl. Abb. 659).

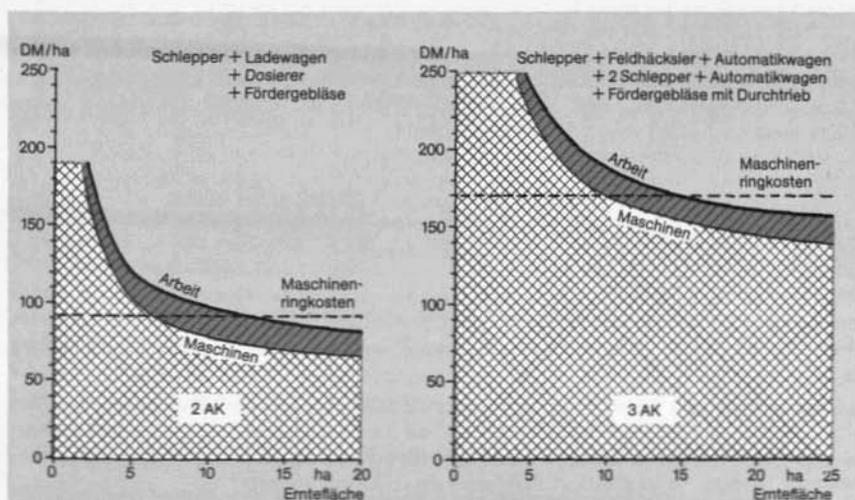


Abb. 660 Verfahrenskosten für Maschinen und Arbeit (Beispiel: Anweilsilagebereitung)

In den gezeigten **Beispielen** ist Verfahren I bis 15 ha kostengünstiger. Der überbetriebliche Maschineneinsatz verursacht ab 15 ha die geringsten Kosten.

Diese Zuordnung der Verfahren nach ihren minimalen Kosten ist aber nur *ein* Kriterium unter mehreren. Sobald beispielsweise durch eine höhere Schlagkraft ein qualitativ besseres Futter gewonnen wird oder eine Herdenaufstockung möglich wird, kann ein teures Verfahren trotzdem ökonomisch sinnvoll sein. Hier ist mittels einer gesamten betriebswirtschaftlichen Kalkulation eine ökonomische Verfahrensbewertung durchzuführen, wobei letztlich das Verhältnis von Mechanisierungsaufwand und verbessertem Betriebserfolg entscheidend ist.

2.4 Überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz

Der überbetriebliche Maschineneinsatz gewinnt in der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Dabei sind als **Vorteile** zu nennen:

- ▶ Nutzung leistungsfähiger Maschinen und Arbeitsverfahren, und damit eine bessere Verwertung der Arbeitsstunden,
- ▶ bessere Auslastung der Maschinen und damit geringere Kosten,
- ▶ Verringerung des Investitionsbedarfes,
- ▶ Abbau von Arbeitsspitzen, vor allem in spezialisierten Betrieben,
- ▶ Einsatz von schlagkräftigen Fließverfahren mit mehreren Arbeitskräften,

- ▶ schnellere Abschreibung der Maschinen und damit eine bessere Möglichkeit, den technischen Fortschritt zu nutzen,
- ▶ mehr Übung und Kenntnisse beim Einsatz von Spezialmaschinen (z. B. Spezialist für Einzelkornsaat oder Pflanzenschutz),
- ▶ überbetriebliche Kranken- und Feiertagsvertretung.

Als **Nachteile** sind zu nennen:

- ▶ Zwang zur Absprache und Koordinierung der Arbeitserledigung,
- ▶ höheres Risiko, da der Maschineneinsatz nicht immer zum gewünschten Termin möglich ist.

Die genannten Nachteile fallen aber immer weniger ins Gewicht, weil der Wille zur Kooperation in der Landwirtschaft zunimmt und durch schlagkräftige Arbeitsketten im überbetrieblichen Einsatz das Risiko gegenüber einer Eigenmechanisierung sogar gemindert wird.

2.4.1 Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes

Ein überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz ist in mehreren Formen möglich:

Maschinengemeinschaften – Bei dieser Form der überbetrieblichen Zusammenarbeit werden einzelne Maschinen von mehreren Landwirten gemeinsam angeschafft und genutzt.

Vorteile:	Geringer Organisationsaufwand.
Nachteile:	Auf wenige Maschinen beschränkt; nur Maschinen, keine Arbeitskräfte; meist keine klare Verantwortung für Maschinenpflege und Reparatur; häufig Unstimmigkeiten über die Reihenfolge des Maschineneinsatzes; keine Nutzung der Maschinen über die Maschinengemeinschaft hinaus möglich.

Maschinengemeinschaften setzen deshalb einen gut ausgeprägten Gemeinschaftssinn voraus und sollten auf Maschinen beschränkt werden, deren Einsatz nicht stark termingebunden ist. Weiterhin sind klare Absprachen über Einsatz, Pflege, Reparatur und Wiederbeschaffung notwendig.

Lohnunternehmen – Beim Lohnunternehmer »kauft« der Landwirt Maschinenarbeit. Dies setzt leistungsfähige Unternehmer voraus, die nur dann bestehen können, wenn der Landwirt den Lohnunternehmer nicht als »Feuerwehr« für Arbeitsspitzen in ungünstigen Jahren betrachtet, sondern ein langfristiges Partnerschaftsverhältnis anstrebt.

Von den Lohnunternehmern werden neben hoher Risikobereitschaft und guten fachlichen Kenntnissen vor allem Organisationstalent und kaufmännische Fähigkeiten verlangt, um den vielfältigen Wünschen der Kunden zu entsprechen.

Vorteile:	Eigenverantwortung des Lohnunternehmers; kein Organisationsaufwand; neben den Maschinen werden Arbeitskraft und Spezialkenntnisse (Pflanzenschutz usw.) zur Verfügung gestellt.
Nachteile:	Barausgaben des Landwirts; keine Gegenleistungen des Landwirts möglich; Lohnunternehmer können meist nur bei größeren, gut strukturierten Betrieben mit Gewinn arbeiten.

Maschinenring – Beim Maschinenring handelt es sich um einen freiwilligen Zusammenschluß von 300–600 Landwirten in einer nach den Ideen von Dr. GEIERSBERGER entwickelten Organisation.

Ursprüngliches Ziel dieser Selbsthilfeorganisation war die bessere Nutzung der vorhandenen Maschinenkapazität. Inzwischen hat sich die Zielsetzung der Maschinenringe erweitert. Sie wollen allen Betrieben – unabhängig von der Betriebsgröße – die arbeitswirtschaftlichen Vorteile des Großbetriebes mit mehreren Arbeitskräften und leistungsfähigen Arbeitsverfahren verschaffen.

Die überbetriebliche Zusammenarbeit wird im Maschinenring durch festgesetzte Verrechnungssätze gegenseitig bargeldlos abgerechnet. Jeder Betrieb kann Maschinenarbeit »ver-

kaufen« oder »einkaufen«. Eigene Maschinen oder Arbeitskräfte besitzt der Ring nicht, so daß die unternehmerische Freiheit der Einzelmitglieder voll gewahrt bleibt.

Die Organisation des Maschineneinsatzes wird vom Geschäftsführer übernommen, der einem gewählten Vorstand verantwortlich ist. Er ist meist hauptberuflich tätig und berät als Fachmann die Landwirte bei der Anschaffung fehlender Maschinenkapazitäten, die bei der großen Zahl der Mitglieder ausreichend genutzt werden können.

Kleinere Betriebe können so Großmaschinen kostengünstig einsetzen und Großbetriebe durch zusätzliche Hilfe ihre Arbeitsspitzen abbauen. Nebenerwerbsbetriebe können auf eigene Maschinenanschaffungen völlig verzichten. Als Dienstleistungsunternehmen für die Vermittlung und Organisation des überbetrieblichen Maschinen- und Arbeitseinsatzes arbeiten Maschinenringe auch mit Lohnunternehmern und Maschinengemeinschaften zusammen.

Vorteile:	Der Landwirt kann sowohl Arbeits- als auch Maschinenleistungen »einkaufen« und »verkaufen«; Partnerschaft zwischen Voll-, Zu- und Nebenerwerbsbetrieben; feste Organisation mit fachlich qualifizierten Spezialisten für die Organisation (Geschäftsführer) und einzelnen Landwirten, die sich auf Spezialarbeiten (Schädlingsbekämpfung, Einzelkornsaat usw.) spezialisiert haben; festgelegte Sätze für Maschinen- und Arbeitsleistungen.
Nachteile:	Hoher organisatorischer Aufwand; nur auf Arbeiten der Außenwirtschaft beschränkt; erhebliche Verwaltungskosten.

Maschinen- und Betriebshilfsring – Um auch die sozialen Anforderungen bei Urlaubs-, Kranken- und Feiertagsvertretung bei den Landwirten erfüllen zu können, erweitern Maschinenringe ihre Dienstleistungen zunehmend durch einen Betriebshilfsdienst. Dies erfolgt – ähnlich wie bei Maschinenarbeiten – zwischen den Betrieben nach festen Verrechnungssätzen. Der Betriebshilfsdienst stellt auch Bautrupps mit Spezialkenntnissen für die Erstellung neuer Gebäude in Selbsthilfe.

2.4.2 Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes

Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes werden durch Maschinenkostenkalkulationen und durch das Marktgeschehen von Angebot und Nachfrage bestimmt.

Bei einer überbetrieblichen Maschinenkostenkalkulation, wie sie vor allem in Maschinenringen üblich ist, wird die jährliche Nutzung in Höhe der Abschreibungsschwelle unterstellt. Folgende Tabelle 237 gibt einige Anhaltswerte über Verrechnungssätze der Maschinenringe.

Tabelle 237: Beispiele für Verrechnungssätze von Maschinenringen (ohne Fahrer)
(nach RIEMANN und KTBL 1976/77)

Maschinen	Einheit	Verrechnungssatz (DM)	Maschinen	Einheit	Verrechnungssatz (DM)
Arbeitskraft	h	7–11	Feldspritze	ha	6,5–8,0
Schlepper je kW	h	0,25	Kreiselmähwerk	ha	20
Allradschlepper	h	+20%	Hochdruckpresse	h	20
Anhänger je t	h	0,80–1,20			(od. 0,18/Ballen)
Pflug	ha	25	Feldhäcksler		
Gerätekombination	ha	11	1reihig	h	30
Fräse	h	22–30	2reihig	h	35–40
Stallmiststreuer	h	16	Häckselladewagen	h	32
Gülewagen mit Pumpe	h	18	Silopresse	h	20
Großflächenstreuer	dt	0,8–1,0	Mähdrescher, ha über 2 ha	ha	180 ¹⁾
Drillmaschine	ha	12	Mähdrescher	ha	160–150 ¹⁾
Einzelkornsäegerät	ha	28–40	Bunkerkörper	ha	300 ¹⁾
Kartoffellegemaschine	ha	32	Bunkerkörper mehrrr. ZR-Ernte	ha	350–450
			Kartoffelvollernter	h	150–250
					360–400

¹⁾ mit Fahrer

Die **Gesamtkosten** werden wie folgt ermittelt:

$$\begin{aligned} \text{Kosten des überbetrieblichen Masch.Einsatzes} &= \text{Arbeitskraftkosten} \times h \\ &+ \text{Schlepperkosten} \times h \\ &+ \text{Maschinenkosten} \times \text{ha bzw. h} \end{aligned}$$

Für die Entscheidung, ob Eigenmechanisierung oder überbetrieblicher Maschineneinsatz zu wählen ist, muß der Landwirt wissen, ab welchem Arbeitsumfang (ha oder h) bei beiden Möglichkeiten **Kostengleichheit** besteht. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\begin{array}{l} \text{Arbeitsumfang (ha bzw. h/Jahr)} \\ \text{bei Kostengleichheit} \end{array} = \frac{\text{Maschinen-Festkosten}}{\begin{array}{l} \text{Kosten für} \\ \text{überbetrieblichen} \\ \text{Maschineneinsatz} \end{array} - \begin{array}{l} \text{veränderliche Kosten} \\ \text{bei Eigen-} \\ \text{mechanisierung} \end{array}}$$

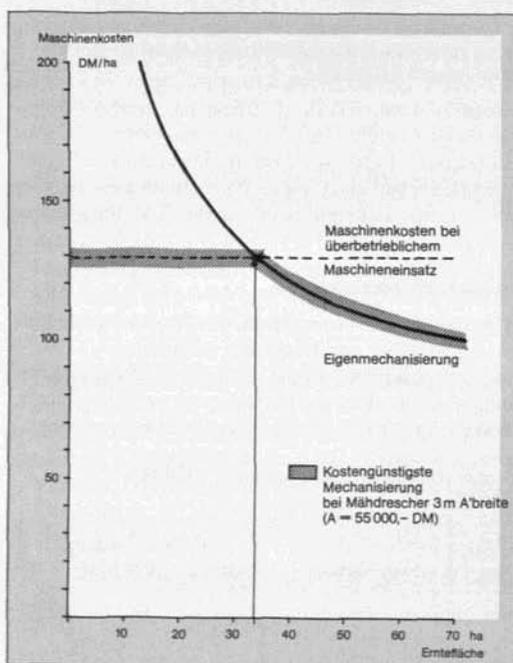


Abb. 661 Kostengleichheit bei Eigenmechanisierung und überbetrieblichem Maschineneinsatz

Sachregister

A

- Abferkelställe 412, 415
- Abrufautomaten, Kraftfutter 335
- Adrenalin 213
- Anbaufeldhäcksler 243
- Anbindeställe
 - Milchvieh 338 f.
 - Sauen, 419, 415
- Anbindevorrichtungen, Kurzstand 342 f.
- Anweilsilage, Ernte 271 f.
 - Verfahren 273
 - Vergleich 275
- Aufsammelpresse 249

B

- Ballenkette 249 f.
 - Großballenkette 252
 - Heubergung 252
 - Kleinballenkette 249, 286
 - Vergleich 254
- Ballenlinie, Stroh 81
- Ballenschleuder bzw. -werfer 251, 287
- Bandrechwender 222
- Beetpflüge 4
- Beizgeräte 114
- Belüftungstrocknung, Heu 287 f.
 - Anforderungen 287
 - Ballentrocknung 290
 - Bedienung 292
 - Flachrostanlagen 288
 - Heißlufttrockner 296 f.
 - Heuturm 290
 - Kostenberechnung 291
 - Lärmdämmung 288
 - Leistungsberechnung 291
 - System Aulendorf 289
 - Trocknungskosten Warmluft 285
 - Vergleich Grünfuttersrocknung 299
 - Warmlufttrocknung 293 f.
 - Zielkanal 290
 - Ziehlüfter 289
- Beregnungsanl. s. Feldberegnung
- Bestellsaatmaschinen 38 f.
- Blockschneidegeräte, Silage 268
- Bodenbearbeitung
 - Allgemeines 1

Bodenbearbeitung

- Gerätekombinationen 32
- Grundbodenbearbeitung 2 f.
- Nachbearbeitungsgeräte 18 f.
- Bodenfräse 25 f.
 - Einsatz 28
- Bodentrocknung von Heu 284 f.
- Briketts (Heißlufttrocknung) 297
- Broilermast 450
- Bullenmast s. Mastbullen

C

- Chopper 239
- Cobs 297
- Crosskillwalze 24

D

- Direktsaatmaschinen 41
- Doppelmessermähwerke 215
- Dosierer, Ladewagen 230
- Dosiergeräte 235, 246
- Drillmaschinen 62 f.
 - Anordnungen 62
 - Arbeitsweise, Aufbau 64, 66
 - Drillschare 64 f.
 - Einsatz 66
 - Großflächenmaschinen 65
 - pneumatische 64
 - Zusatzeinrichtungen 65
- Druckgebläse, Körner 102
- Düngergrößvieheinheiten 452
- Düngerlagerung (Mineraldünger) 48
 - Raumbedarf 51
- Dunglagerung, Ausbringung Kapitalbedarf 467 f.
- Dungtrocknung 471

E

- EGgen 19 f.
 - Arbeitseffekte-Vergleich 20
 - Federzinken- 19
 - Kreisel- 30
 - Notzon- 24
 - Scheiben- 22
 - Rotor- 29
 - Spatenroll- 22
 - Wälz- 22
 - Winkelmesser 21
- Eimermelkanlagen 308

Einlagerung von

- Heu, Silage 236
- Kartoffeln 190
- Körnern 96 f.
- Mineraldünger 48
- Einlagerungsgeräte, Langgutkette 236
- Einschiengreifer 232 f.
- Einzelkornsaat, Mais 121
- Elektrozaungeräte 206
- Elevatoren, Körner 104
- Entmistung, Milchviehställe 344 f.
- Entnahmegeräte, Silo 260 f.
- Erntetechnik
 - Futterrüben 171
 - Getreide 67 f.
 - Kartoffeln 182 f.
 - Körnermais 141 f.
 - Raps 146 f.
 - Zuckerrüben 157 f.
- Exaktfeldhäcksler 239 f.
 - Bauartenvergleich 241

F

- Fahrsilo s. Flachsilo
- Fangfreßgitter 328
- Feingrubber 18
- Feldberegnung 195 f.
 - Beregnungsanlagen 196 f.
 - Beregnungsintensität 198
 - Beweglichkeit der Anlagen 198
 - Einzelregner 199
 - Feldkapazität 195
 - Frostschutz 203
 - Kupplungen 200
 - Regnerverband 198
 - Pumpe (Zapfwelle) 197
 - Verfahren, Vergleich 202 f.
 - Wasseraufnahmevermögen 195
 - Wasserbereitstellung 197
 - Wasserverbrauch 196
 - Wasserverteilung 198
 - Zusatzregen 196
- Feldhäcksler 209, 238 f., 245
- Ferkelaufzuchtställe 420 f.
- Ferkelheizungen 419
- Ferkelverande 422

- Ferkelverluste 405
 - Festmistkette 452 f.
 - Ausbringung 454
 - Festmistkette, Kosten 468
 - Ladegeräte 453
 - Lagerung, Planungsdaten 453
 - Miststreuer 454
 - Fingermäherwerke 213 f.
 - Fischgrätenmelkstand 315 f.
 - Flachsilos 263 f.
 - Entnahmetechnik 267
 - Flatdecks 422
 - Fließmistverfahren
 - Kuhstall 347, 354
 - Schweinestall 433
 - Flugzeugeinsatz, Pflanzenschutz 61
 - Flüssige Mineraldünger 51 f.
 - Flüssigfütterung, Mastschweine 400 f.
 - Flüssigmist 454 f.
 - Ableitung 455
 - Ausbringung 464
 - Behälterbelüftung 469
 - Bodeninjektoren 466
 - Entnahme 462
 - Fließmistverfahren 456
 - Flüssigmistkette, Kosten 468
 - Geruchsprobleme 469
 - Hochbehälter 460
 - Kanaltiefe 457
 - Lagerung 459
 - Lagersysteme, Vergleich 462
 - Pumpenbauarten 464
 - Reibungsverhältnisse 455
 - Roxidationsstall 471 f.
 - Speicherverfahren 458
 - Stallbelüftung 471
 - Stauschwemverfahren 456
 - Tankwagenarten 464, 466
 - Tiefbehälter 460
 - Verfahrensvergleich 458
 - Folienschlauchsilos 269
 - Foliensilos 268 f.
 - Silofolien 270
 - Förderbänder und -schnecken s. Fördergeräte
 - Fördergeräteeinheiten, Langgut 234
 - Fördergeräte, Getreide 101 f.
 - Druckgebläse 102
 - Förderband 105
 - Gurtelevator 105
 - mechan. Geräte 103
 - pneumatische 101
 - Ringkreisförderer 107
 - Rohrketten 105
 - Schnecken 103
 - Saug-/Druckgebläse 103
 - Schüttelrinnen 107
 - Fräsen (Ackerbau) 25 f.
 - Frässaatmaschinen 40 f.
 - Freimischer 393
 - Freißboxenställe 358 f.
 - Freißgitterformen 328
 - Frontlader 209, 226
 - Froschutz (Beregnung) 203
 - Futteraufbereitung, Winterfutter 224
 - Futterband 332
 - Futterbergeverfahren Vergleich 275, 276
 - Futtermischer 393
 - Futtermisch- und -verteilwagen 331
 - Futtermüllbau 171 f.
 - Bunkerköpferoder 172
 - Einzelkornsaat 171
 - Erntetechnik 171
 - Rübenlagerung 173
 - Futterschnecke Rindviehstall 332
 - Futterverluste (Milchvieh) 326
 - Futterwerbergeräte, Vergleich 223
 - Futterwerbung, Arbeitsgänge 219
 - Futterzubringer, Milchvieh 332
- G**
- Gabelheuwender 220
 - Gärfutterbehälter 257 f.
 - Flachsilos 263 ff.
 - Foliensilos 268 f.
 - Hochsilos 257, 260
 - Preßballensilos 268
 - Silageentnahme 260 ff.
 - Siloanstriche 259
 - Silobeschickung 264 f.
 - Silofolien 264
 - Siloformenvergleich 270
 - Silofräsen 261
 - Silotypen 258
 - Gärfutterbereitung 256 f.
 - Gärverlauf 256
 - Gebläseförderer 234, 245
 - Gebläsehäcksler 235
 - Getreidebau 61 f.
 - Arbeitszeitbedarf 61
 - Aussaat 62
 - Bestelltechnik 61
 - Drillmaschinen 62 f.
 - Erntetechnik 67 f.
 - Saatmengen 62
 - Spurschächte 66
 - Getreidebeizung 114 f.
 - kobin. Anlage 115
 - Verfahren 114
 - Getreideförderung 101 f.
 - Anwendungsbereiche und Kosten 107, 108
 - Getreideförderung
 - mechanische 103 f.
 - pneumatische 102 f.
 - Verfahren, Bauarten 102
 - Getreidelagerung 115 f.
 - Anforderungen 115
 - Arbeitsstationen 117
 - Getreidefluß, Schemata 118 f.
 - Planungsbeispiele 117 f., 120
 - Planungsgrundlagen 116
 - Getreidereinigung, Sortierung 109 f.
 - Bauarten 110
 - Kostenvergleich 113
 - Reinigungsverfahren 109
 - Saatgutbereiter 112
 - Trieur 112
 - Vorreiniger 110 f.
 - Gitterstreuer 49
 - Glattwalzen 24
 - Grabnerkette 343
 - Greifer 231 f.
 - Großballenkette, Futter 252 f.
 - Großballenpressen 253
 - Großraum-Düngerstreuer 47
 - Grubber 13 f.
 - Grundbodenbearbeitung 2
 - Grünfütterrocknung 280 f.
 - s. Heubereitung
 - Grünmehl 297
 - Gülle s. Flüssigmist
- H**
- Häckselgut, Dosiereinrichtungen 246
 - Häckselladewagen 244
 - Häcksellinie 80
 - Haferquetschen 391
 - Hallenlaufkran 233 f.
 - Halsrahmen, Kuhstall 342
 - Hammermühlen 392
 - Heckanbau-Feldhäcksler 243
 - Heckschiebesammler 209, 226 f.
 - Heißluftrocknung 296 f.
 - Anforderungen 296
 - Aufbau, Technik 297
 - Grünmehl 297
 - Kosten 298
 - Wertung 297
 - Heubereitung, Grünfütterrocknung 280 f.
 - Anforderungen 280
 - Ballengutkette 285
 - Belüftungstrocknung 287 f.
 - Bodentrocknung 284, 285
 - Heißluftrocknung 296 f.
 - Feuchtegehalt Grüngut 282
 - Luftfeuchte, relative 281
 - physikal. Grundlagen 280 f.
 - Sorptionsisotherme 281

Heubereitung
– Trocknungsdauer 283
– Verfahrensvergleiche 299
– Verlustquellen 284
– Wasserentzugsmengen 283
Heuschwanz 226
Heuturm 290
Hochdruckpressen 249 f.
Hoch- und Tieflader 228
Hochsilos 259
Höchstdruckpressen 250
Hühnerhaltung 440 f.
Hygrometer 282

J

Junghennenaufzucht 448 f.
– Bodenhaltung 449
– Käfighaltung 449
Junghühnermast (Broiler) 450

K

Kälberaufzucht und -mast 366 f.
– Aufzuchtkälber, Haltung 370
– Aufzuchtställe 373
– Auswahlkriterien bei Aufzucht 373
– Biestmilchkälber 370
– Gruppenhaltung 371
– Mastkälber 373 f.
– Tränke- und Fütterungsverfahren 367 f.
– Verfahrensvergleiche, Kälbermast 376
– Vergleich Tränkeverfahren 369
– Vollspaltenbodenbucht 372
– Warmtränke, Energiebedarf 367
Kartoffelbau 173 f.
– Annahmeverrichtungen 188
– Bestelltechnik 174
– Boxenstapler 189
– Einlagerung 190
– Erntemaschinen 182 f.
– Erntetechnik 181 f.
– Knollenbeschädigungen 181, 187
– Krauttrennung 184 f.
– Lagergebäude 190
– dgl. Klimatisierung 192
– Legemaschinen 174 f.
– Legetiefe 175
– Netzege 181
– Pflanzbett 174
– Pflege 179 f.
– dgl. chemische 181
– Sammelroder 183 f.
– Schädlingsbekämpfung 181
– Schleuderradroder 182
– Schwund 190

Kartoffelbau
– Siebvorrichtung 184
– Sortierung 194
– Striegel 181
– Transport, Ernte 188
– Unkrautbekämpfung 181
– Verlesen 194
– Vorkeimung 178
– Vorratsroder 182
Kastendüngerstreuer 47
Kehrpflüge 4
Kettenförderer, Getreide 104, 105
Kettendüngerstreuer 45
Kleinballen, Einlagerung 251
– Verfahrensvergleich 252
Kolbenpressen (Briketts) 297
Kollerpressen (Cobs) 297
Koppelungsgeräte, Pflug 32
Kornbergung 76
Körnerfruchtlagerung 96 f.
– Belüftungseinrichtungen 99
– deckenlast. Lagerung 98
– erdlastige Lagerung 97
– Lagerschädlinge 100
– Planungsdaten 101
– Systeme 96 f., 100
Körnerkonservierung 82 f.
– einsilieren 83
– Kühlkonservierung 84
– Propionsäure 84
– Verfahrensvergleiche 96
Körnermaishaus 121 f.
– Ablagesysteme, Saat 124
– Bestandsdichten 122
– Bestelltechnik 121
– Einzelkornsaat 122 f.
– Geräteinsatz, Bestellung 126
– Gerätevergleich 129
– Minimalbestelltechnik 129
– Säorgane 123 f.
Körnermaisernte 129 f.
– Flächenleistung 139
– Mähdrusch 132
– Maschineneinsatz 134
– Pflückdrusch 132
– Pflückrebler 133
– Kolbenernte 130 f.
– Körnerernte 132
– Strohverarbeitung 135 f.
– Verfahrensvergleich 139
– Verlustarten 135
– Zusatzeinrichtungen 134
Körnermais- und Rohfaserernte 140 f.
– Anforderungen, Gründe 140
– Erntegut 141
– Erntemaschinen 142, 144
– Erntemengen 142
– Erntetechnik 141

Körnermaisernte
– Kolbenschrot, Kornspindelgemisch 142 f.
– Leistungsbedarf Maschinen 144
– Pflückschroter 141
Körnertrocknung 84 f.
– Belüftungstrockn. 87
– Berechnungsbeispiel 95
– Endfeuchteregele 94
– Energiequellen 86
– Gebläse 87
– physikal. Zusammenhänge 84
– Planungsdaten 95
– Satz Trockner 87 f.
– Schacht Trockner 91
– Schubwendetrockner 90
– techn. Aufbau 93, 94
– Temperaturen Trocknungsluft 85
– Trocknungsanlagen 86, 95
– Trocknungskosten 93 f.
– Trocknernennleistung 95
– Umlauf Trockner 89
– Wärmehaushalt 86
– Wertung 94
Kraftfutterzuteilung, Milchvieh 334 f.
– Abrufautomaten 335
– im Anbindestall 334
– im Laufstall 334
Krananlagen 233 f.
Kratzkette (Futterzubringer) 332
Kreisellegge 30
Kreiselmäherwerke 216
Kreiselpflug 10
Kreiselrechwender 223
Kreiselwender 220 f.
Krümelwalzen 22
Krumenpacker 24
Kühltanks, Milch 322
Kuhtrainer 340
Kurzgut 245 f.
Kurzgutförderung, Gerätevergleich 248
Kurzgutkette 237
– Exaktfeldhäcksler 239 f.
– Reißfeldhäcksler 238
Kurzschnittladewagen 230
Kurzstand (Kühe) 339 f.

L

Ladegeräte für Sommerstallfütterung 209
Ladewagen 209, 226 f., 230
Lagerschädlinge (Getreide) 100
Lagerungs-(Speicher-)Anlagen 115 f.
– Anforderungen 115
– Behälterzahl 116

Lagerungsanlagen
 – Planungsbeispiele und -vergleich 118 f.
 Langgutkette (Winterfutter) 226, 285
 Laufställe, Milchvieh 349 f.
 Legehennenhaltung 441 f.
 – Batterien 445
 – Bodenhaltung 442 f.
 – Eiersortieren 446
 – Flatdeck-Anlagen 445
 – Käfighaltung 443
 – Planungsbeispiele 447
 – Stufenkäfige 444
 – Vergleich der Haltungssysteme 446
 Liegeboxen 349 f., 357
 Lose-Dünger-Kette 49

M

Mähaufbereiter 225
 Mähdrescher 68 f.
 – Antrieb, Fahrwerk 73 f.
 – Arbeitsweise, Baugruppen 68
 – Arbeitszeitbedarf 79
 – Aufnahmevorrichtungen 70
 – Auswahl 76
 – Dreschwerk 71
 – Einsatz 75
 – Fahrgeschwindigkeit 74
 – Flächenleistung 78
 – Hangmähdrescher 75
 – Hordenschüttler 72
 – Kornbergung 75
 – Korntank 73
 – Kosten 79
 – Motorleistung 76
 – Reinigung 72
 – Schneidwerk 69
 – Selbstfahrer 74
 – Verlustarten 77
 Mähdrusch Körnerfrüchte 67 f.
 – Voraussetzungen 67
 Mahl- und Mischanlagen 394 f.
 – Kapitalbedarf 396
 Mähwerkevergleich (Winterfutter) 218
 Maisanbau und -ernte s. Körnermais
 Maisgebiß 242
 Maschinenmelken 305
 Mastbullenhaltung 376 f.
 – Anbindeställe 377
 – Anbindevorrichtungen 378
 – Arbeitswirtschaft 385
 – Buchtenmaße Flachlaufstall 379
 – Entmistungsverfahren (Tab.) 383
 – Futter- und Güllelagerung 387 f.

Mastbullenhaltung
 – Fütterungsverfahren 383 f.
 – Kapitalbedarf 386
 – Lagerraumbedarf, Futter 388
 – Laufställe 378
 – mobile Fütterungsverfahren 383
 – Spaltenbodenbeläge 382
 – Stallformenvergleich 386
 – Tierplätze, Zahl 387
 – Vollspaltenboden 379 f.
 Melkarbeit, Organisation 312
 – Anbindestall 314
 – Fischgrätenmelkstand 315
 – Kosten der Arb.-Erledigung 317
 – Melksystem-Vergleich 318
 – Rundmelkstand 316
 Metallscheibenmühlen 392
 Milchbildung 304
 Milchkühlung, Lagerung 319 f.
 – Direktkühlung 320
 – Eiswasserkühlung 320
 – Kühltanks 332
 – Kapitalbedarf 322
 – Planung 323
 – Wärmerückgewinnung 323
 Milchräume 323 f.
 Milchviehfütterung
 – Abrufautomaten 335
 – Einzel- und Gruppenfütterung 327 f.
 – Freßgitterformen 328 f.
 – Fütterungsmechanisierung 330
 – Futterverluste 326
 – Futterverteilwagen 331
 – Futterzubringer, Vergl. 332
 – Grundfutter, aufgewertetes 334
 – Grundfuttermittelvorräte 329
 – Gruppenfütterung 327
 – Kraftfuttermittelvorräte 334
 – Kraftfütterzuteilung 334
 – Krippenformen 327
 – Selbstfütterung 332 f.
 – Tierverhalten 328
 – Verfahren 325
 – Vorratsraufen 334
 Milchviehhaltung 303 f.
 – Anbindestall 338 f.
 – Anbindevorrichtungen 342 f.
 – Entmistung 344 f.
 – einstreulose Haltung 346
 – Entmistungsgeräte, Vergleich 345, 347
 – Fangfreßgitter 352
 – Faltschieber 354
 – Flachschieber 354
 – Fließ- und Treibmist 347, 354

Milchviehhaltung
 – Freßboxenställe 358 f.
 – Freßgitterformen 328
 – Freßplatzgestaltung 325 f.
 – Futterbedarf/Tierplatz 363
 – Fütterungsverfahren, technisch-baulich 336
 – Futterverluste 326
 – Gitterrostaufstellung 347
 – Graberkette 343
 – Halsrahmen 342
 – Klappschieber 354
 – Krippenformen 327, 342
 – Kuhtrainer 340 f.
 – Kurzstand 339 f.
 – Lagerraum, Futtermittel 363
 – Laufstallformen 349 f.
 – Liegeboxen 349 f., 356 f.
 – dgl. mit Außenfütterung 351
 – Liegeflächen 344
 – Lohnanteil je kg Milch 302
 – Milchbildung und -entzug 304 f.
 – Mittellangstand 338
 – Palettenstall 360
 – Planung 348, 363
 – Produktionskosten 301
 – Schwenkbuchtenstall 359
 – Sonderstallformen 359
 – Sperrboxenstall 360
 – Stallarten 337
 – Stallformen Anbindestall 348
 – dgl. Liegeboxenstall 352
 – Stallformenvergleich 360 f.
 – Stauschwemverfahren 347
 – Vollspaltenboden 349
 Milchviehställe s. Milchviehhaltung
 Mineraldüngerstreuer 42 f.
 – Arten 43 f.
 – Einsatz 46 f.
 – Streuorgane 43
 – Zentralbehälter 48
 Mineraldüngung 42 f.
 – Düngerlagerung 48
 – flüssige Min.-Dünger 51 f.
 – Lose-Dünger-Kette 49
 – Verfahrensvergleich 53
 Minimalbestelltechnik 36, 42
 Mist, Nährstoffgehalte 451
 Mistanfall 451
 Mistausbringung 454
 Miststreuer 454 f.

N

Nachbearbeitungsgeräte, Acker 18 f.
 Niederdruckpressen 249
 Notzonegege 24

O

Oxitocin 305

P

- Pendelrohrstreuer 46
- Pflanzenschutzgeräte 54 f.
- Ausbringungsverfahren 55 f.
- Feldspritzgeräte 56
- Flugzeugsatz 61
- Flüssigdünger 60
- Geräteinsatz 59
- Pumpenbauformen 57
- Spritzenbauformen 56, 58
- Sprühen und Stäuben 60
- Pflückrebler 133
- Pflückvorsatz (Mais) 242
- Pflüge 2 f.
- Anbaupflug 3
- Anlenkung 3
- Arbeitstiefe 4
- Aufsattelpflug 3
- Bauarten 3
- Bauteile 5
- Beetpflüge 4
- Einsatz 10 f.
- Einstellung 9
- Flächenleistung 13 f.
- Kehrpfüge 4
- Kreiselpflug 10
- Regelhydraulik 11 f.
- Schare 7
- Sonderbauformen 10
- Streichbleche 6
- Pflughachläufer 32
- Pflugsaatgeräte 36 f.
- Pflugwiderstand 11
- Pick-up-Trommel 228
- Pneumat. Düngerstreuer 46
- Primärbodenbearbeitung 1

Q

Quaderballenpressen 253

R

- Radrechwender 221
- Rapsanbau 145 f.
- Aussaat 145
- Bodenbearbeitung 145
- Direkt-Mähdrusch 147
- Druschverfahren 146
- Erntetechnik 146
- Schwaddrusch 147
- Schwadleger 148
- Raufenwagen 333
- Rauwalzen 24
- Regelventil, Melkmaschine 308
- Reihendüngung (Unterfuß) 48
- Rein-Raus-Verfahren 424
- Reißfeldhäcksler 238
- Rindermast, Verfahrensvergleich 385 f. s. auch Mastbullen

Rindermast

- Futtermittelverwertung 387
- Haltungssysteme 387
- Lagerraum, Futtermittel 388
- Planung Mastställe 387
- Raumgewichte 388
- Stallformen, Kapitalbedarf 386
- Rohrkettenträger, Getreide 105 f.
- Rohrmeikanlagen 309
- Roxydationsstall 471 f.
- Rübenblattverarbeitung 176 f.
- Rundballenpressen 252
- Rundmelkstand 316
- Rüttelege 31

S

- Saatbettkombinationen 32 f.
- Drei- und Mehrfachkomb. 34
- Feingrubberkomb. 33
- Zweifachkomb. 33
- Saatgutaufbereitung 111
- Saatmengen, Körnerfrüchte 62
- Sauenhaltung s. Zuchtsauen
- Sauggebläse, Körner 102
- Scheibenege 22
- Scheibenmäherwerke 217
- Scheibenrad-Feldhäcksler 240
- Scheibenstreuer 46
- Schlegelfeldhäcksler 209, 238
- Schlegelschneidhäcksler (Chopper) 239
- Schlegelmäherwerke 217
- Schleuderstreuer 48
- Schneckenförderer 103
- Schneckenstreuer 45
- Schneidladewagen 209, 227
- Schrotanlagen 390 f.
- Schwaddrusch, Raps 147
- Schweinefütterung 396 f.
- Flüssigfütterung 400
- Fördereinrichtungen 398
- Futterautomaten 400
- Fütterungsverfahren 397, 403
- Fütterungswagen 398
- Gewichtsdosierung 399
- Trockenfütterung 398 f.
- Verfahrensvergleich 403
- Vorratsfütterung 400
- Zuteilgeräte 398
- Schweinehaltung 389 f.
- verschied. Verfahren 389
- Schweinställe 429 f.
- Anforderungen 429
- Buchtenformen 430, 436
- dän. Aufstallung 431
- Fließmistverfahren 433
- Längstrogbuchten 432, 434
- Mistgangbucht 431

Schweinställe

- Planungsbeispiele 439
- Quertrogbuchten 435
- Rundtrogbuchten 436
- Teilspaltenboden 432
- Tiefstreibucht 436
- Verfahrensvergleich 437
- Vollspaltenboden 434
- Vorratsfütterung 436
- Schwergrubber 13, 14
- Einsatz 17
- Seitenwagen-Feldhäcksler 243
- Sekundärbodenbearbeitung 1
- Selbstfahrende Feldhäcksler 243
- Silageentnahme 260 f., 262
- Siliverluste 270
- Silostrieche 259
- Silobeschickung 264 f.
- Silofolien 270
- Siloformen-Vergleiche 270 f.
- Silofräsen 261
- Silomaisernternte 276 f.
- absätz. Verfahren 276
- Parallelverfahren 278
- Umhängeverfahren 277
- Zuordnung, Beurteilung 279
- Sommerstallfütterung 207 f.
- Arbeits- und Kapitalbedarf 210
- Futterzubringer 209
- Ladegeräte 209
- Sorptionsisotherme 281
- Spaltenböden 349, 372, 432, 434 f.
- Spezialfeldhäcksler 243
- Spurschächte 66
- Stallmiststreuer 454
- Stalltemperaturen 303
- Steinschrotmühlen 392
- Steinsicherung (Pflug) 8
- Strohbergung 80
- Stroheinarbeitung 82
- Strohengen 79
- Strohverarbeitung 79 f.

T

- Taumelege 31
- Tellerstreuer 46
- Tierische Produktion 301 f.
- allem. Anforderungen 301
- Kapitaleinsatz, Grenzen 303
- Kostenstrukturen 302
- Stalltemperaturen 303
- Trockungsverfahren, Vergleiche 298 f.
- Trommelfeldhäcksler 240
- Trommelmäher 217

U

- Universalhäcksler 242
- Unterdachtrockung
 - Belüftungstroekung 287 f.
 - Warmlufttroekung 293 f.
- Untergrundlockerer 8

V

- Vollspaltenböden 349, 372, 434 f.
- Vorratsraufen 334

W

- Wälzegen 22
- Walzen, Packer 23
- Walzenmühlen 392
- Walzenstreuer 44
- Wärmerückgewinnung, Milchkühlung 323
- Warmlufttroekung 293 f.
 - Bedienung 294
 - Beschreibung 393
 - Funktion 293
 - Kastentrockner 294
 - Kosten 295
 - Planung 295
 - Rundtroekner 294
- Wasserhaushalt 195 f.
- Wasserverbrauch, Beregnung 196 f.
- Weidegang 204 f.
- Weidegang/Sommerstallfütterung Vergleich 211
- Weidehaltung
 - Formen 204
 - Elektrozaune 205 f.
 - Kapital- und Arbeitszeitbedarf 207
 - Wasserversorgung 207
- Weidepumpen 207
- Winterfutterbergung 211 f.
 - Arbeitsgänge 219
 - Futterwerbegeräte 223
 - Kreiselmäherwerke 216
 - Kurzgutkette 237
 - Langgutkette 226 f.

Winterfutterbergung

- Mähen 213 f.
- Mäherwerke-Vergleich 218
- Schlegelmäherwerke 217
- Trommelmäher 217
- werben und aufbereiten 218 f.
- Wurfgebläse 246
- Abladeleistung 247

Z

- Zapfwelleneegen 29
- Zetten, Zetter 219 f.
- Zuchtsauenhaltung 404 f.
 - Abferkelställe 412, 415
 - Absatzferkel-Buchten 422
 - allgem. Anforderungen 404
 - Anbinde-Abferkelbuchten 415
 - Anbindestände 408
 - arbeitswirtschaftl. Verbesserungen 404
 - Aufzuchtergebnisse 404
 - Bodenheizung 414
 - Buchtenformen 410
 - Deckstall 411
 - Einzelfreßstände 406
 - Ferkelaufzuchtställe 420
 - Ferkelschutzkorb 414 f.
 - Ferkelveranda 421
 - Ferkelverluste 405
 - Flatdecks 422
 - Freßliegebucht 407
 - Fußböden 415
 - Gruppenhaltung 406
 - Jungsauenstall 409
 - Kapitalbedarf Zuchtstall 422
 - Kastenstände 408
 - Lagerraum (Futter, Mist, Jauche) 426 f.
 - perforierte Böden 416
 - Quertrogbuchten, Jungsauen 411
 - Raumprogramm 423 f.
 - Rein-Raus-Verfahren 424
 - Richtwerte Stallplätze 425
- Zuchtsauenhaltung
 - Tieflaufstall 406
 - Zusatzheizung, Ferkel 417, 419
 - Zuckerrübenanbau 149 f.
 - Anbauverfahren 153
 - Bandspritzung 153
 - Bestelltechnik 149 f.
 - Bunkerköpfröder 158
 - dreiphas. Ernteverfahren 166
 - Druckrollenformen 152
 - einphas. Ernteverfahren 158, 161
 - Einzelkornsaat 150
 - Endabstand 154
 - Erntemaschinen, Leistungen 170
 - Erntetechnik 157 f.
 - Ernteverfahren 170
 - Granulatstreuer 153
 - Heckrahmen 155
 - Köpfarbeit 160 f.
 - Kornabstände 154
 - Kurz- und Langblattverfahren 168
 - Pileteinrichtung 155
 - Polderschare 163
 - Radtaster 160
 - Rodeorgane 162
 - Rollbodenbunker 163
 - Rübenbergung 167
 - Rübenblattverarbeitung 167 f.
 - Rübenpflege 154 f.
 - Saatbettvorbereitung 149
 - Saatgutformen 153
 - Sämechanismus 151
 - Schädlingsbekämpfung 156
 - Unkrautbekämpfung 154, 156
 - vereinzlungsloser Anbau 154
 - Verfahrungsvergleich, Rüben-ernte 169 f.
 - zweiphas. Ernteverfahren 164 f.

Sachregister

zum Anhang, Seite 473–532

A

Abschreibung 526
Abschreibungsschwelle 526
Aluminium (Baustoff) 480
Arbeit, menschliche 508 f.
Arbeitsabläufe 516
Arbeitsanalyse 514
Arbeitsaufrisse 513 f.
Arbeitskosten 523
Arbeitskraft, AK 514
Arbeitslehre 507 f.
Arbeitsleistung 508
Arbeitsplanung 512 f.
Arbeitsvoranschlag 519 f.
Arbeitszeitbedarf 517
Arbeitszeitermittlung 512 f.
Arbeitszeitstudie 516 f.
Axialventilatoren 494

B

Bauantrag 506
Baugenehmigung 507
Baumetalle 480
Bauplanung 506
Baustellenvorbereitung 507
Baustoffe, Bauteile 475
– Eigenschaften 475 f.
Bauteile, vorgefertigt 486
Bauvorbereitung 504 f.
– Ausschreibung 504
– Kostenschätzungen 505
– Planung, Bauantrag 506
– Vorplanung 505 f.
Bauweisen 483 f.
– Allgemeines 483
– Eigenleistungen 487
– konventionelle 485
– Skelettbauweise 486
– Starrahmen 486
– Tafelbauweise 487
– vorgefertigte Teile 486
Beleuchtung, Betriebsgebäude 498 f.
Beleuchtungsplanung 499
Beleuchtungswirkungsgrad 500
Betonarten 477
Betonfestigkeitsklassen 477
Betongruppen 477
Betonzuschläge 477
Betriebshilfsring 531

Blockzeitspannen 520 f.
Brandschutz 476

D

Dacheindeckungen 481
Dämmstoffe (Stalldecken) 482

F

Feldarbeitsspannen 520
Feldarbeitstage 521
Feldentfernung 519
Fenster (Wärmeverluste) 483
Frauenarbeit 509

G

Gebäudeabschreibung 528
Gebäudedecken 481 f.
Gebäudekosten 529
Geistige Veranlagung 509
Geruchsimmissionen 502
– Punktesystem 503
Gleichdrucklüftung 496

H

Heizung von Ställen 497 f.
Hofplanung 500 f.
– Immissionsschutz 502
– Standortwahl 501
Holz als Baustoff 478 f.
Holzverbindungen 479

I

Immissionsschutz 502, 505

J

Jugendarbeitsschutzgesetz 509

K

Kaltdächer 481
Kernkondensat 474
Kondenswasser 474
Konventionelle Bauweise 485
Körperliche Veranlagung 509
Kunststoffarten 479
Kunststoffe (Bau) 479 f.
k-Werte 474 f.

L

Lagerräume 487
Längenausdehnung,
Baustoffe 477

Leichtbeton 477
Leimbinder 479
Leistungsbereitschaft 508
Leistungsfähigkeit, menschl.
– Steigerung 510
– Voraussetzungen 509
Lernprozeß 511
Leuchtstofflampen 499
Lohnansatz, Betriebsl. 523
Lohnunternehmen 530
Luftdurchsatz 490
Lüftung, Ställe 488
Lüftungssysteme 493 f.
– thermische 493
– Ventilatoren 494
Lumen (lm) 498
Lux 498

M

Mantelbauweise 487
Maschinengemeinschaften 530 f.
Maschinenhallen 487 f.
Maschinenkosten 524 f.
– Gesamtkostenberechnung 527
Maschinenring 530
Mauerwerk 477 f.
Mauerziegel 478
Menschliche Arbeit 508 f.
– Steigerung der Leistungsfähigkeit 510
Mörtel 478
Muskelarbeit 508

N

Nagelverbindungen 479
Normalbeton 477
Nutzungsdauer von Maschinen 526

O

Oberflächenkondensat 474

P

Planzeiten (Arbeitszeit) 517
Planzeitwerte 518
Punktebewertung von Schweineställen 503

R

Radialventilatoren 494
Reparaturkosten, Maschinen 525

S

Schlaggrößen 518
Schlepperstunde, Kosten 528
Schneelasten (Dächer) 484
Schwerbeton 477
Schwerkraftlüftung 493
Schwitzwasserbildung 475
Spannbeton 477
Stahlbeton 477
Stallabluf 496
Stallfenster 483
Stallgebäude 485 f.
Stallheizung 497 f.
Stalllüftung 488 f.
– allgemein 488
– Berechnungsgrundlagen 490
– Lüftungseinrichtungen 490
– Lüftungssysteme 493 f.
Standortwahl, Aussiedl. 501
Starrahmenbauweise 486

T

Tafelbauweise 487
Tariflöhne 524
Tauwasser 424
Thermische Lüftung 493
Tierplatzkosten 505
Tore, Türen 482
Transportbeton 477
Trinkwasserverbrauch, Vieh 502

U

Überbetrieblicher Maschineneinsatz
– Formen 530
– Kosten 531
– Verrechnungssätze 531
Überdrucklüftung 495
Unterdrucklüftung 495

V

Verfahrensbewertung 523

Verfahrenskosten und

–vergleich 523 f.
Verfahrensleistungen (Arbeitsvoranschlag) 519 f.
Vorgefertigte Bauteile 486

W

Wärmeaustausch 474
Wärmebilanz 474
Wärmedämmung 474, 482
Wärmehaushalt, Gebäude 473 f.
Wärmeleistung (Tab.) 474
Wärmeleitfähigkeit 476
Wärmeleitfähigkeiten 476
Wärmeschutz 475 f.
Wärmeverluste 474
Windkräfte 484

Z

Ziegeldach 481
Zink, Baustoff 481