



Vorträge
zur
Jahrestagung 1988

© 1988 by Landtechnik Weihenstephan, Am Staudengarten 3, D-8050 Freising
Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Daten-
träger und Übersetzung nur mit Genehmigung der Landtechnik Weihenstephan

Printed in Germany

T A G U N G S B A N D

zur

JAHRESTAGUNG DER LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN

am 25.11.1988

im Gasthof Frank, 8916 Penzing

Vorwort

Die Jahrestagung der Landtechnik Weihestephan findet in diesem Jahr in Penzing bei Landsberg/Lech statt, in einer Region mit intensivem Futterbau und Schwerpunkt Rinderhaltung. Daher wurde das Zentralthema gewählt: Techniken zur Verbesserung der Grundfutterkonservierung.


Der Kostenanteil der Fütterung beträgt etwa 50 % der Erzeugungskosten von Milch und Fleisch. Eine möglichst gute Versorgung mit qualitativ hochwertigem und preiswürdig erzeugtem Grundfutter ist daher aus ökonomischen und physiologischen Gründen eine der wichtigsten Maßnahmen für eine kostengünstige und gewinnbringende Rinderhaltung. Verfahrenstechnische Maßnahmen können einen wesentlichen Beitrag zur Bereitstellung hochwertigen Grundfutters und zur verlustarmen Konservierung des wirtschaftseigenen Futters leisten.

Die Technik der Gewinnung, Aufbereitung, Konservierung und Fütterung der verschiedenen Grundfutterarten ist seit jeher ein Forschungsschwerpunkt der Landtechnik Weihestephan. Den aktuellen Erfordernissen entsprechend wird die Zielrichtung heute weniger auf die Erzeugung großer Futtermassen gelegt, sondern verstärkt auf die Gewinnung energiereicher und hochverdaulicher Futterkomponenten ausgerichtet. In den bei der Tagung vorgetragenen Referaten steht daher die Futterqualität im Vordergrund.

Da im Rahmen der diesjährigen Jahrestagung keine Möglichkeit besteht, das gesamte Arbeitsprogramm der Landtechnik Weihestephan darzustellen, sollen die anderen Aktivitäten über die 1988 veröffentlichten Publikationen deutlich gemacht werden. Aus diesem Grund befindet sich im Anhang eine Liste der bis November erschienenen Veröffentlichungen.

Für die durch Behörden, Organisationen, Industrie und landwirtschaftliche Praxis gewährte Förderung und vielfältige Unterstützung unserer Forschungsvorhaben sei ausdrücklich gedankt. Nur mit dieser tatkräftigen Hilfe konnte die Landtechnik Weihestephan die gestellte Aufgabe erfüllen. Wir bitten daher auch weiterhin um diese von gegenseitigem Vertrauen getragene, intensive Zusammenarbeit.

Weihestephan, im November 1988



Univ. Prof. Dr. H.L. Wenner

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Bedeutung guter Grundfutterqualitäten in der Rinderhaltung Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner	7
Mechanische Aufbereitung des Grundfutters für die Konservierung (Gras, GPS, Silomais) Dr. Manfred Schurig	11
Nutzung von Solarenergie zur Unterdach- trocknung in Heubergehallen Dr. Hans-Dieter Zeisig	19
Neue Entwicklungen bei der Nachtrocknung und Silierung von Großballen Dr. Heinz Schulz	37
Silofolien und -abdeckungen sowie Schutz- maßnahmen bei Betonflachsilos Dr.Dr.habil. Gerhard Englert	53
Siliertechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Silagequalität im Fahrsilo Dr. Heinrich Pirkelmann	64
Verfahrenstechnische Einordnung der ganzjährigen Silagefütterung Dr. Hermann Auernhammer und Dr. Heinrich Pirkelmann	73
Veröffentlichungen der Landtechnik Weihenstephan 1988 (Stand November 1988)	83
Diplomarbeiten und Dissertationen 1988	90
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan	91

Bedeutung guter Grundfutterqualitäten in der Rinderhaltung

Prof. Dr. H.L. Wenner

Die Betriebszweige der Rinderhaltung nehmen nach wie vor in der BR-Deutschland eine herausragende Stellung gegenüber allen anderen Produktionsrichtungen ein; denn von sämtlichen Verkaufserlösen der westdeutschen Landwirtschaft entfallen ca. 45 % auf die Rinderhaltung, allein 25 % auf den Milchverkauf. In Bayern spielt die Rinderproduktion eine noch weitaus größere Rolle, da sich hier 36 % aller Kühe und 42 % aller Milchviehhalter der BR-Deutschland befinden und die Bullenmast einen bedeutenden Schwerpunkt bildet. Zwangsläufige Folge dieser hohen Anteile war und ist die Notwendigkeit, daß sich die Landtechnik Weihenstephan schwerpunktmäßig mit allen Produktionstechniken der Rinderhaltung vom Futtermähen über die Konservierung bis hin zur Stalltechnik in umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beschäftigt.

Die Rahmenbedingungen für einen verstärkten Einsatz der Technik in der Rinderhaltung und für die Nutzung des technischen Fortschrittes werden durch ökonomische, ernährungsphysiologische und ethologische Grundzusammenhänge vorgegeben, aus denen sich notwendige Richtungen und Ziele weiterer technischer Entwicklungen ableiten lassen. Ausgangspunkt für alle Überlegungen zur stärkeren Rationalisierung der Produktion in der Rinderhaltung und zur Verbesserung der Einkommensverhältnisse auch in diesen Betriebszweigen ist primär immer ein Blick auf die Kostenstruktur, um effektive Ansätze zur Kosteneinsparung und zur Optimierung des Produktionsgeschehens zu erhalten.

So liegt nach BAUER (1) das Hauptgewicht der Produktionskosten für mittlere Verhältnisse in unseren Betrieben der Rinderhaltung im Bereich der Futtererzeugung und -bereitstellung (Abb. 1). In der Milchviehhaltung steigt dieser Anteil je nach Milchleistung von ca. 40 % auf 50 % und mehr, in der Bullenmast beträgt er ca. 40 %.

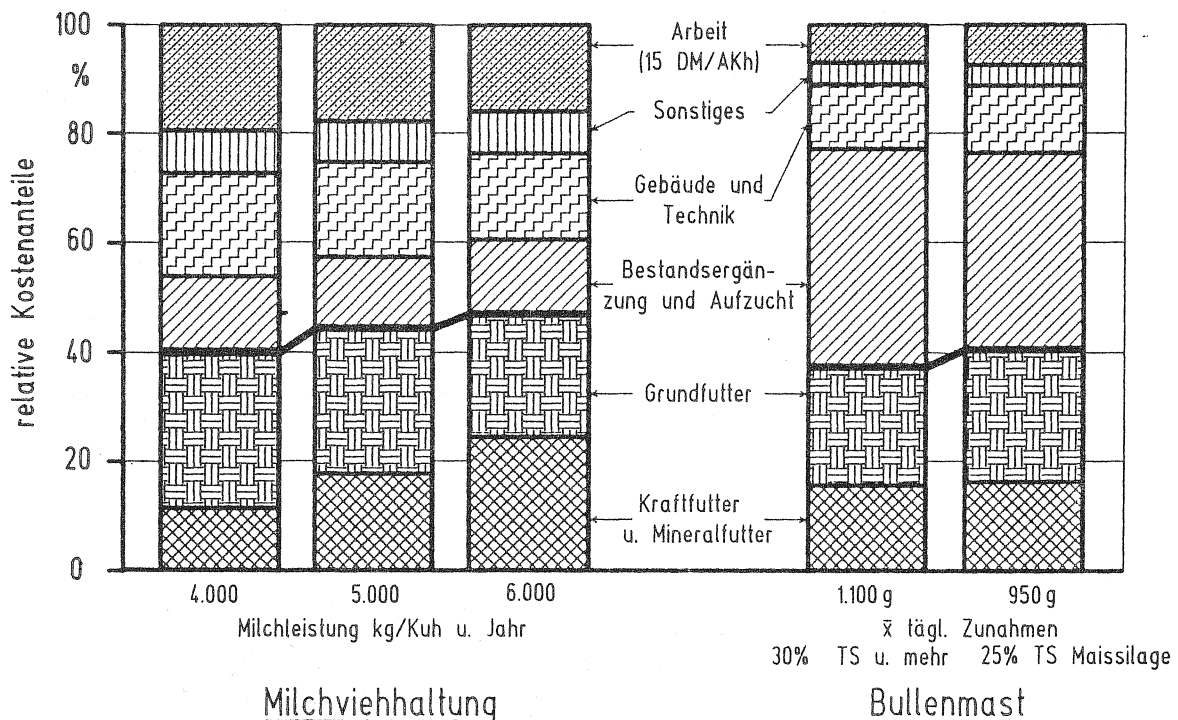
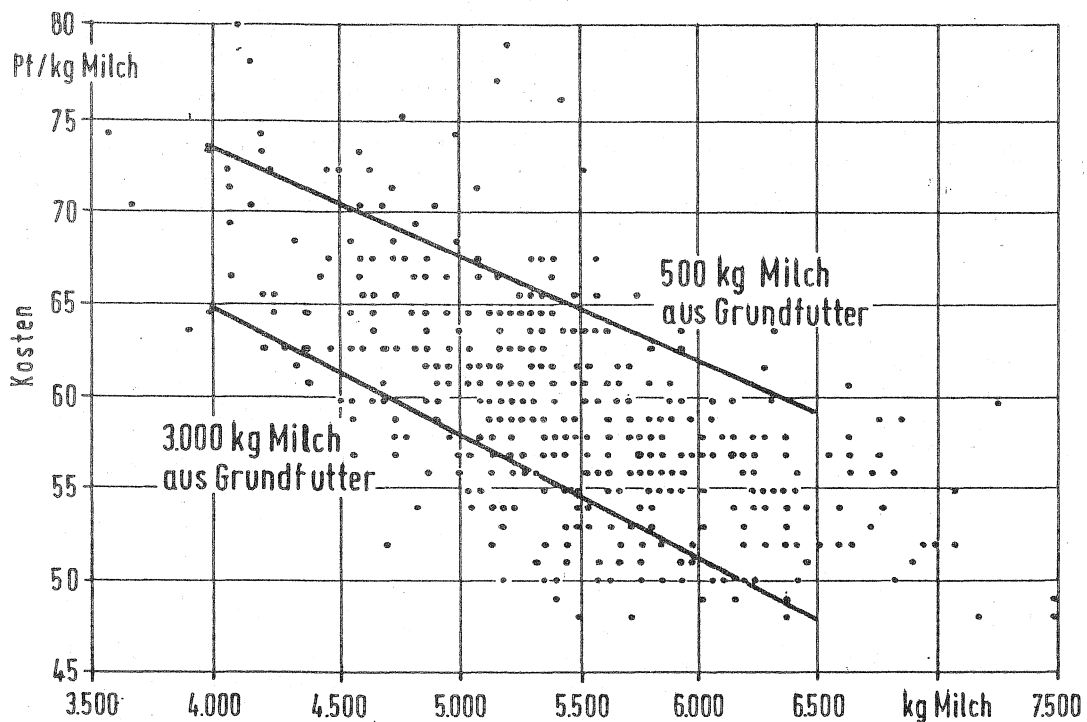


Abb. 1: Kostenstruktur der Rinderhaltung (nach BAUER)

Neben dem rationellen Einsatz von Kraftfutter kommt es jedoch vor allem auf eine wirtschaftlichere Erzeugung von Grundfutter an, da dieses mit 25 bis 30 % die Gesamtkosten der Rinderhaltung belastet. Wenn auch mit steigender Milchleistung der relative Kostenanteil für das Grundfutter abnimmt, so muß doch gerade bei Hochleistungskühen auf steigende Qualität und kostengünstig erzeugtes wirtschaftseigenes Grundfutter Wert gelegt werden.

Dieser Zusammenhang wird besonders deutlich, wenn die Produktionskosten der Milch in Abhängigkeit von Milchleistung und Grundfutterqualität betrachtet werden. Nach umfangreichen Erhebungen von JOCHIMSEN (2) in einem Rinderspezialberatungsring Schleswig-Holsteins sinken die Milcherzeugungskosten grundsätzlich mit steigender Jahresleistung der Kühe ganz beträchtlich (Abb. 2), so daß auch bei Kontingentierung eine hohe Milchleistung der Einzeltiere ökonomisch notwendig ist. Besondere Bedeutung für das Produktionskostenniveau der Milch besitzt jedoch weiterhin die Frage, welcher Anteil der Milchmenge aus dem wirtschaftseigenen Grundfutter ermolken wird, also letztlich welche Grundfutterqualitäten gefüttert werden. Fast unabhängig von den Milchleistungen ergibt sich eine Verminderung von 10 Pf/kg Milch an Erzeugungskosten, wenn anstatt nur 500 kg Milch aus dem Grundfutter 3.000 kg Milch oder mehr gewonnen werden können. Eine kostengünstige Milchproduktion ist folglich nur über äußerst hochwertiges und preisgünstiges wirtschaftseigenes Grundfutter zu erreichen, und hier liegen für viele Milchviehbetriebe noch erhebliche Rationalisierungsreserven.



x) Spezialaufwand abzüglich Nebenerträge zuzüglich Zinsansatz Kühe 500 DM/ha Futterfläche u. 20 DM/AKh (in Abhängigkeit von Milchleistung etwa zwischen 56 und 66 AKh)

Abb. 2: Produktionskosten *) je Liter Milch
Ergebnisse des Rinderspezialberatungsringes Eckernförde 1984/85
(nach JOCHIMSEN)

Diese generelle Aussage wird durch Untersuchungsergebnisse der Tierernährung erhärtet, die aufzeigen, daß hohe Milchleistungen aus dem Grundfutter nur über hochverdauliche, beste Grundfutterqualitäten zu erreichen sind. So konnte beispielsweise HELLER den Zusammenhang zwischen der Qualität der Grassilage bei unterschiedlichen Schnittzeitpunkten und der möglichen täglichen Milchleistung nachweisen (Tab. 1).

Tab 1: Qualität der Grassilage und Leistungsfähigkeit der Futterrations (nach HELLER)

Qualitätsstufe	I	II	III
Schnittzeitpunkt	Beginn Ähren- u. Rispenschieben	Beginn der Blüte	Mitte bis Ende der Blüte
Rohfaser %: gesamt	18,8	19,5	20,1
strukturiert	11,8	11,9	11,9
tägl. Futteraufnahme:			
Grassilage kg TS	9,5	7,5	5,5
Kraftfutter kg	14	13	12
TS kg	21,8	18,9	16,1
Leistung: kg Milch	40,6	32,2	24,9

Danach führt sehr früh geschnittenes Futter mit niedrigem Rohfasergehalt zu sehr hoher Grundfutteraufnahme an Grassilage, so daß unter Einhaltung ernährungsphysiologischer Grenzwerte von 12 % strukturierter Rohfaser auch eine entsprechende Ergänzung mit Kraftfutter und somit eine hohe Milchleistung ermöglicht wird. Demgegenüber liegt bei spätem Futterschnitt die Grassilageaufnahme viel niedriger, und als Folge davon sinkt trotz gleich hoher Kraftfutterergänzung das Milchleistungsvermögen beträchtlich ab. Allein durch die Grundfutterqualität kann sich also eine Differenz an Milchertrag von ca. 15 kg/Tag ergeben. Dabei verdient der Zusammenhang große Beachtung, daß schlechtes überständiges Grundfutter in einer wiederkäuergerechten Ration nicht durch erhöhte Kraftfutttergabe kompensiert werden kann. Nur sehr hochwertiges und energiereiches, hochverdauliches Grundfutter ist die Basis für hohe Milchleistung und über einen hohen Anteil an Grundfutter in der Ration für kostengünstige Produktion. Das Gleiche gilt ebenso für die Bullenmast, wo nur hochwertige Maissilagen mit Trockenmassengehalten von 30 % und mehr hohe Tageszunahmen bei reduziertem Kraftfutttereinsatz und damit eine kostengünstige Erzeugung gewährleisten.

Aber auch die eigentlichen Nährstoffkosten in DM je 10 MJ NEL vermindern sich beträchtlich bei allen Grundfutterarten mit zunehmendem Energiegehalt, also durch frühe und häufigere Schnitte des Halmgutes sowie durch geringere Konservierungsverluste. Nach einer ökonomischen Berechnung von HOFFMANN (3) liegen bei durchschnittlichen Bedingungen die Nährstoffkosten für Heu infolge meist hoher Verlustraten auf relativ hohem Niveau (Abb. 3), wobei drei anstatt zwei Schnitte nur eine kleine Kostenverminderung bringen. Grassilage schneidet infolge meist geringerer Verluste gegenüber Heu in der Regel kostengünstiger ab. Bereits bei drei Schnitten liegen die Kosten der Anwelksilage deutlich niedriger als bei Heu, während vier Schnitte für Grassilage die Nährstoffkosten nochmals erheblich reduzieren. Ähnlich deutliche Abstufungen der Nährstoffkosten sind bei der Maissilage mit Zunahme des Trockenmassegehaltes zu verzeichnen. Diese Zusammenhänge lassen sich dadurch begründen, daß die proportionalen Spezialkosten weitgehend gleich, jedoch hochwertiges Grundfutter energiereicher ist, so daß die Nährstoffeinheit kostengünstiger erzeugt wird. Als Folge davon kann nur hochverdauliches und energiereiches Grundfutter auch preiswert, d.h. mit nur niedriger Kostenbelastung erzeugt werden. Auch gegenüber Zukauffuttermitteln, die infolge der Preisentwicklung in den vergangenen Jahren teilweise sogar geringere Nährstoffkosten als konserviertes Halmfutter aufweisen, kann nur bestes Grundfutter kostenmäßig konkurrieren.

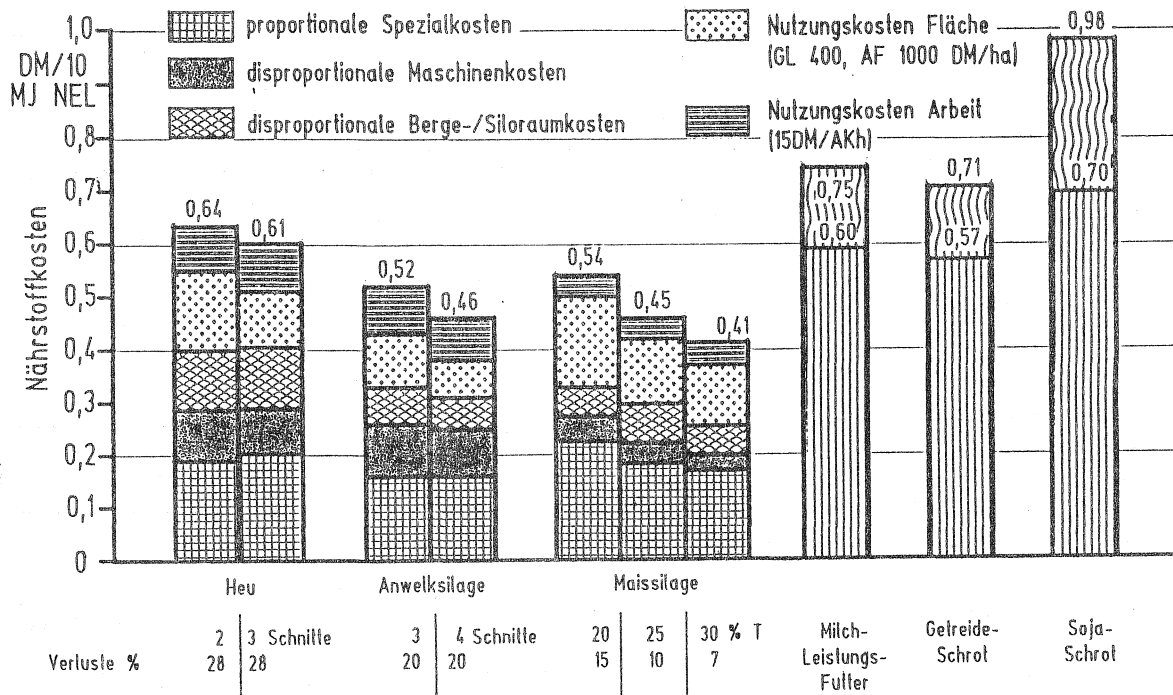


Abb. 3: Nährstoffkosten von Grundfutter und Kraftfutter (nach HOFFMANN)

Alle diese Grundbedingungen für eine möglichst kostengünstige Rinderhaltung haben entsprechende Konsequenzen auf die landtechnischen Verfahrensabläufe und stellen hohe Anforderungen an die Technik der Grundfutterbereitstellung: hohe Mähleistungen, mechanische Aufbereitung des Futters, schnelle Vortrocknung auf dem Feld, geringe Werbungsverluste, hohe Schlagkraft der Ernteverfahren, niedrige Konservierungsverluste und -kosten, optimale Fütterungstechniken. Von besonderer Bedeutung sind alle diese landtechnischen Maßnahmen mit dem Ziel hochwertiger Grundfutterqualitäten für diejenigen Rinderbetriebe, die zu einem hohen Anteil an Konserven in der Ration bis hin zu ganzjähriger Silagefütterung nicht nur in der Rindermast, sondern auch in der Milchviehhaltung übergehen wollen. Denn bei ihnen ist in besonderem Maß eine hochwertige Qualität des Grundfutters ausschlaggebend für eine kostengünstige Milchproduktion. Aufgabe der nachfolgenden Beiträge wird es sein, aufzuzeigen, welche arbeitsorganisatorischen und landtechnischen Maßnahmen und Weiterentwicklungen zu einer besseren Grundfutterbereitung führen können.

Literatur

1. Bauer, D.: Die Landwirtschaft Band 4, Betriebswirtschaft, BLV München, 1984
2. Jochimsen, H.: Note 1 für Milchbauern zwischen Lübeck und Flensburg. Top agrar 1986, H. 4, S. R6 - R8
3. Hoffmann, H.: Milchviehhaltung unter veränderten Produktionsbedingungen - Eine ökonomische Analyse für bayerische Futterbaustandorte. Agrarwirtschaft, Verlag Alfred Strothe, Frankfurt, Sonderheft 118, 1988

Mechanische Aufbereitung des Grundfutters für die Konservierung (Gras, Silomais, GPS)

Dr. Manfred Schurig

Die Reduzierung von Verlusten ist das oberste Ziel, wenn es um die Entwicklung von Geräten und Verfahren für die Futterernte geht. Die technische Aufbereitung des Futter, d.h. die Veränderung der Struktur durch Aufbrechen oder Zerkleinern der Pflanzenteile verfolgt je nach nach Pflanzenart unterschiedliche Ziele. So geht es bei der Aufbereitung von Gras in erster Linie um die Beschleunigung des Trocknungsverlaufes, während bei der Strukturzerstörung von Mais und GPS die Verdaulichkeit, d.h. die Nährstoffausnutzung verbessert werden soll.

Grasernte

Zukünftig wird man noch stärker darauf achten die Feldverluste einzugrenzen. Feldverluste sind aufgewachsene Nährstoffe, die nicht auf den Transportwagen gelangen. Diese Verluste können z.B. entstehen durch: Veratmung nach dem Mähen, mechanische Bearbeitung (Bröckelverluste), ungünstiger Witterungsverlauf. - Abbildung 1 zeigt mit welchen Verlusten an Nettoenergie bei den verschiedenen Konservierungsverfahren zu rechnen ist und zwar in Abhängigkeit von sehr guten bis schlechten Witterungsbedingungen.

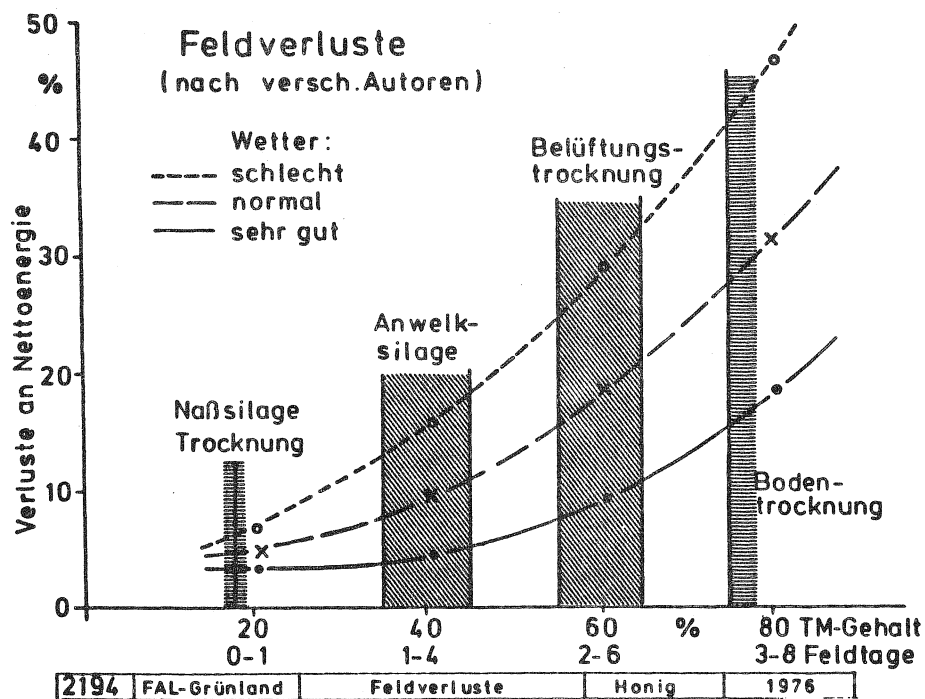


Abb. 1: Feldverluste bei unterschiedlichen Konservierungsverfahren für Gras

In Kenntnis der in Abbildung 1 dargestellten Situation, sollte alles darauf angelegt werden, überschaubare Schönwetterperioden optimal zu nutzen, d.h. die Menge an Futter zu mähen und zu bergen, die an einem oder zwei Tagen entsprechend der Schlagkraft des Betriebes zu verarbeiten ist. Wenn es gelingt eine schnelle Abtrocknung des Futters zu erreichen, reduzieren sich

die Atmungsverluste und das Wetterrisiko wird eingeengt. Wenn es darüberhinaus möglich wird zusätzliche Arbeitsgänge einzusparen, ist sehr viel erreicht um die Feldverluste in erträglichen Grenzen zu halten.

Um eine gewünschte schnelle Abtrocknung des Futters auf dem Feld zu erreichen müssen technische Hilfsmittel eingesetzt werden, die die Pflanzen so aufbereiten, daß die sie umgebende Wachsschicht zerstört wird, um die Verdunstung zu beschleunigen und die Atmung der Pflanzen zu unterbinden. Eine wirksame Beschleunigung des Trocknungsverlaufes läßt sich mit Mähaufbereitern erreichen. Diese Geräte arbeiten in Verbindung mit Scheiben- oder Trommelmäherwerken und bedienen sich schlagender Werkzeuge. Das gemähte Gut wird von Fingern aus Metall oder Schlegeln aus Kunststoff unterschiedlicher Konstruktion nach dem Mähvorgang an verstellbaren Blechen, Leisten oder Zinkenkämmen vorbeigezogen. Durch diese Behandlung wird weniger der Halm und sein Stützgefüge zerstört, vielmehr wird die Wachsschicht der Pflanzen durch den Reibeffekt an vielen Stellen aufgerissen. Bei der Ablage des Materials entsteht ein lockerer Schwad, der je nach Fabrikat und Einstellung der Mähaufbereiter breiter oder zusammengezogen ist. Diese lockere Schüttung bewirkt einen guten Luftaustausch und somit eine Beschleunigung des Trocknungsvorganges. Breit abgelegtes Material trocknet schneller als im Schwad liegendes.

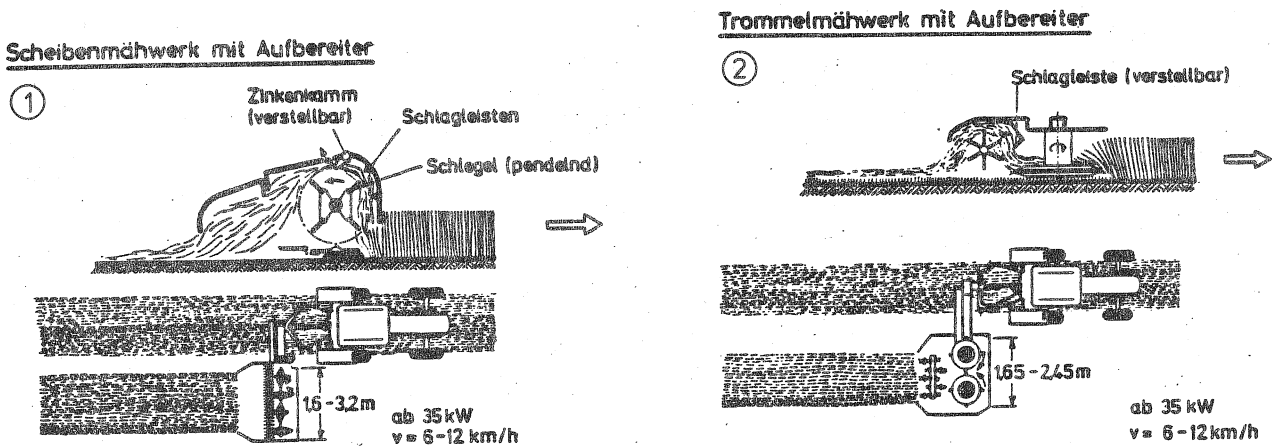


Abb. 2: Schematische Darstellung der heute gebräuchlichen Mähaufbereiter in Verbindung (1) mit einem Scheibenmäherwerk und mit einem (2) Trommelmäherwerk

In mehreren Untersuchungen in unserem Hause und an anderen Stellen wurde der Effekt der Beschleunigung des Trocknungsverlaufes ermittelt. Die Ergebnisse sind regional unterschiedlich, sie hängen nicht nur vom Witterungsverlauf, sondern auch vom Pflanzenmaterial und vom Aufwuchs ab. Generell läßt sich sagen, und das gilt besonders für den Süddeutschen Raum, daß es möglich ist bei guter Witterung, am Morgen gemähtes Gras bereits am Mittag als Anwelkgut einzufahren. In der nachfolgenden Abbildung 3 ist der Trocknungsverlauf, so wie er in einer Vielzahl von Versuchen ermittelt wurde dargestellt. Daraus geht weiter hervor, daß durch den Einsatz eines Mähaufbereiters nicht nur eine Beschleunigung des Trocknungsvorganges erreicht wird, vielmehr können auch Arbeitsgänge wie Zetten und Wenden eingespart werden.

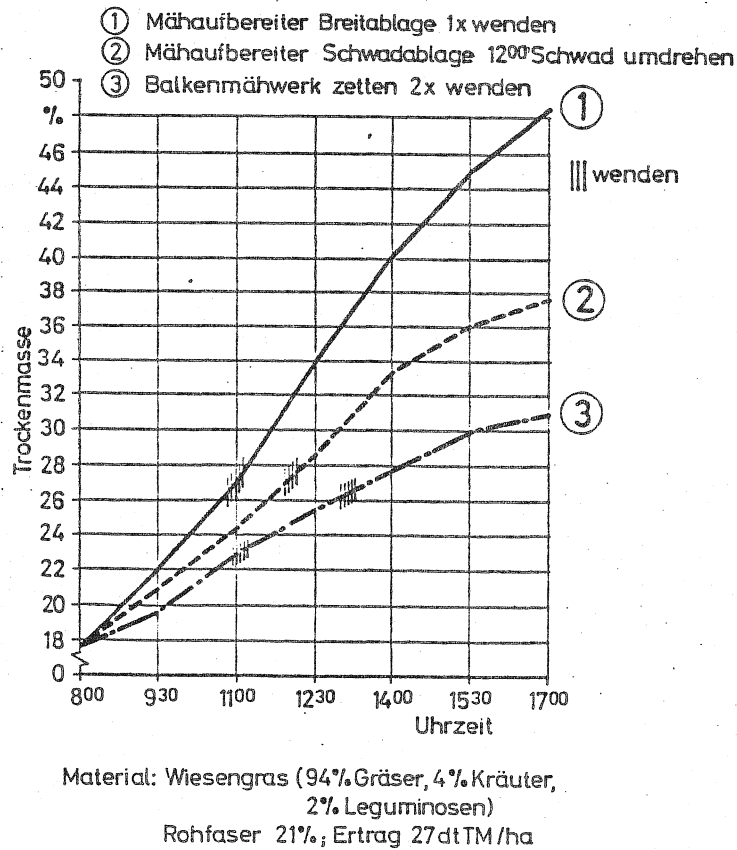


Abb. 3: Trocknungsverlauf von Wiesengras nach unterschiedlicher Behandlung

Zusätzliche Bröckelverluste, die durch eine Bearbeitung der Pflanzen entstehen (nach Versuchen in Völkenrode etwa 0,5 - 1,0 dt/ha höher als bei normalen Mähwerken) können durch verminderte Atmungsverluste aufgrund schnellerer Abtrocknung ausgeglichen werden. Im Vergleich zum Mähwerkseinsatz reduzieren sich die Atmungsverluste um die Hälfte wenn ein Mähauflbereiter verwendet wird. Die mechanische Behandlung bewirkt ein schnelleres Absterben der gemähnten Pflanze (Abb. 4).

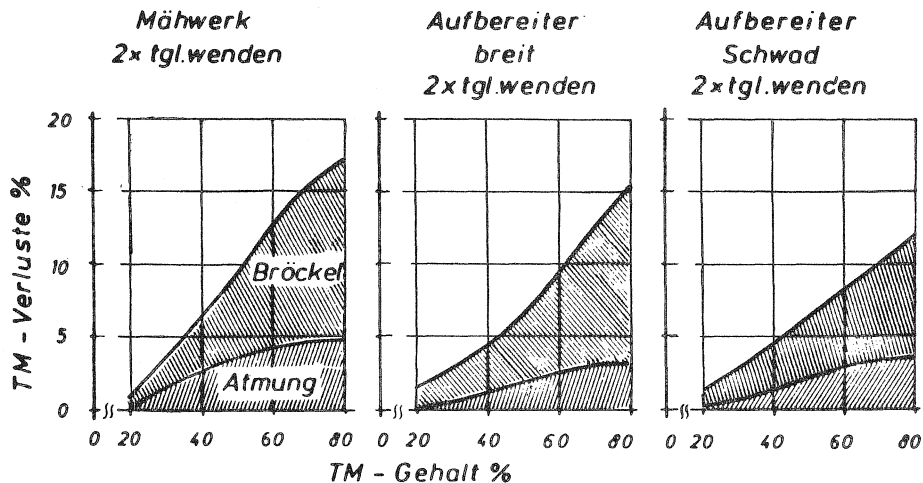


Abb. 4: Trockenmasseverluste durch Veratmung und mechanische Bearbeitung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Bearbeitungsgängen (nach Honig, FAL)

Aus Abbildung 3 läßt sich entnehmen, daß mit dem Mähauflbereiter ein Trocknungsvorsprung von zwei bis drei Stunden gegenüber herkömmlichen Verfahren zu erreichen ist. Diese Zeit steht zusätzlich für die Bergung des Futters zur Verfügung. Der Landwirt müßte danach trachten, soviel Futter zu mähen, wie er mit seiner Bergungstechnik in der verbleibenden Zeit am gleichen Tag einfahren kann. Dadurch läßt sich das Wetterrisiko, zumindest bei der Bereitung von Anwelksilage auf einen Tag eingrenzen. Um das Erntegut auf eine Heubelüftungsanlage zu bringen sind dann zwei Tage erforderlich.

Die jetzt schon erreichbaren Feldtrocknungszeiten sollten aber noch nicht befriedigen. Man ist bemüht in neuen Arbeits- und Forschungsansätzen nach Techniken zu suchen, die eine noch schnellere Abtrocknung herbeiführen. Das Ziel dieser Arbeiten ist es durch eine wesentlich intensivere Aufbereitung von Gras die Struktur stärker als bisher zu zerstören um die Wasserabgabe weiter zu beschleunigen.

Vor einigen Monaten haben wir an einem neu entwickelten Gerät Versuche begonnen, deren Ergebnisse darauf hindeuten, daß es mit einer veränderten Technik des Aufbereitens durchaus möglich ist die Trocknungsbeschleunigung wesentlich zu steigern. Das Gerät (Abb. 5) besteht aus einer zentralen Zahnwalze, um die halbkreisförmig kleinere Zahnwalzen angeordnet sind. Das Futter wird zwischen der zentralen und den peripheren Walzen durchgeführt und aufgrund einer Differenzgeschwindigkeit zwischen den Walzen so stark aufgerissen, daß eine großflächige Verdunstung einsetzen kann.

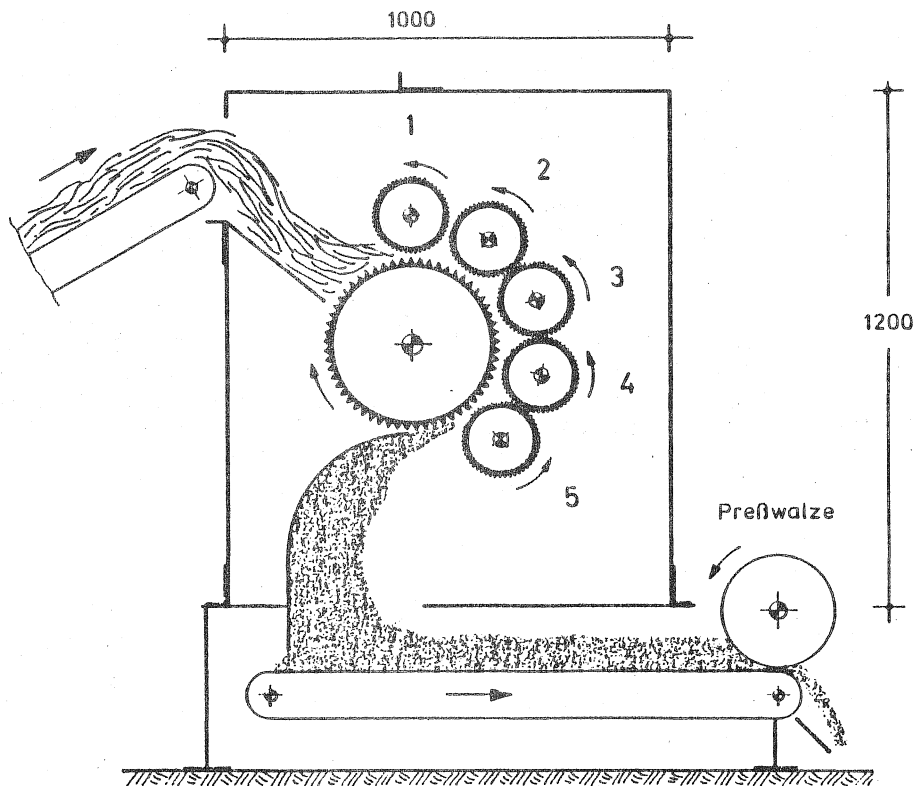


Abb. 5: Schematische Darstellung eines Quetschwalzenversuchsstandes zur intensiven Aufbereitung von Futterpflanzen

Das Ziel der kommenden Untersuchungen, mit dem von uns gebauten Gerät, wird es sein diese Technik, an der auch in USA gearbeitet wird, so für unsere Verhältnisse zu optimieren, daß zwar Halm- und Blatteile zerstört werden, aber eine Zerkleinerung weitgehendst vermieden wird. Das im breiten Schwad abgelegte Material trocknet ohne zusätzliche Arbeitsgänge in zwei Stunden

auf Anwelkgutfeuchte. Wird der Schwad nach etwa zwei bis drei Stunden vorsichtig gewendet, könnte nach weiteren zwei Stunden, d.h. ca. vier bis fünf Stunden nach dem Mähen mit dem Laden des Futters für die Belüftungsanlage begonnen werden (Abb. 6).

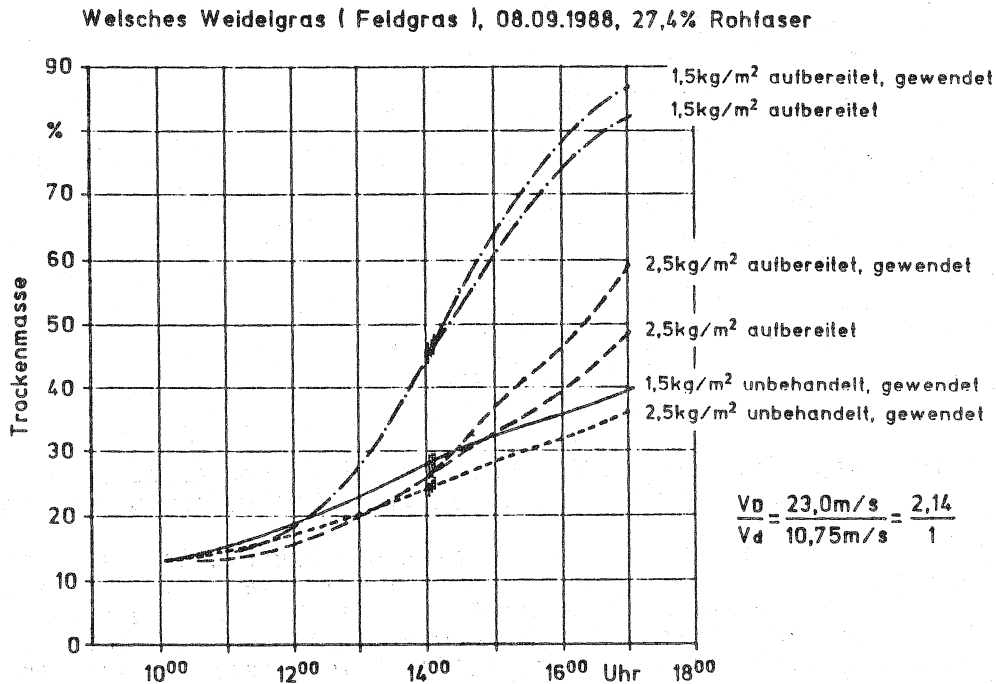


Abb. 6: Trocknungsverlauf von Wiesengras nach Aufbereitung durch einen Quetschwalzenprüfstand (erste Versuchsergebnisse)

Silomaisernte

Ganz andere Ziele verfolgt man bei der Aufbereitung von Futterpflanzen mit hohem Kornanteil wie Silomais und GPS. Durch den Einsatz von zusätzlichen technischen Einrichtungen im Feldhäcksler sollen die Körner soweit zerkleinert werden, daß sie vom Tier voll verdaut werden, d.h., die auf dem Feld gewachsene Energie vom Tier voll genutzt wird. Die intensive Kornaufbereitung ist bei Silomais ab 30 bis 32 % Trockenmasse und bei GPS ab 40 % Trockenmasse erforderlich. Durch Fütterungsversuche ist an verschiedenen Instituten festgestellt, daß sowohl Maiskörner aber auch Getreidekörner unverdaut vom Tier ausgeschieden werden. Dies umso mehr, je höher der Trockenmassegehalt ist.

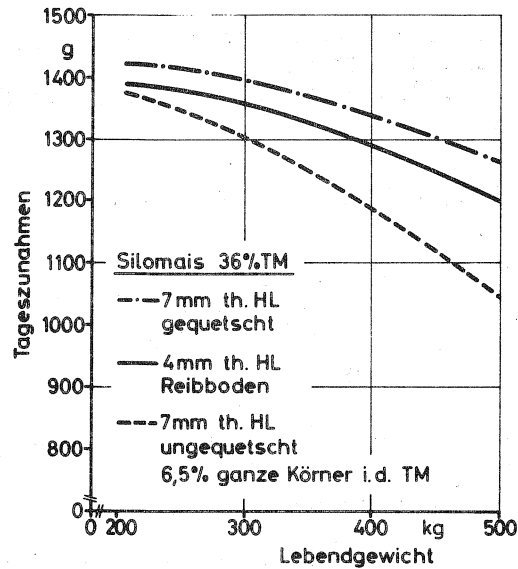


Abb. 7: Gewichtsentwicklung von Bullen bei Verfütterung unterschiedlich aufbereiteter Maissilage (nach Schwarz, Kirchgeßner und Heimbeck)

Mitverantwortlich für die in Abbildung 7 gemachte Erkenntnis, ist auch der züchterische Fortschritt, der sich bei der Silomaispflanze in den letzten Jahren vollzogen hat. Während die Stengel- und Blatteile bei der Silomais-ernte heute weitgehend noch grün sind, zeigen die Körner fast vollständige Ausreife. Diese Entwicklung stellt die Feldhäckslerhersteller vor neue Probleme.

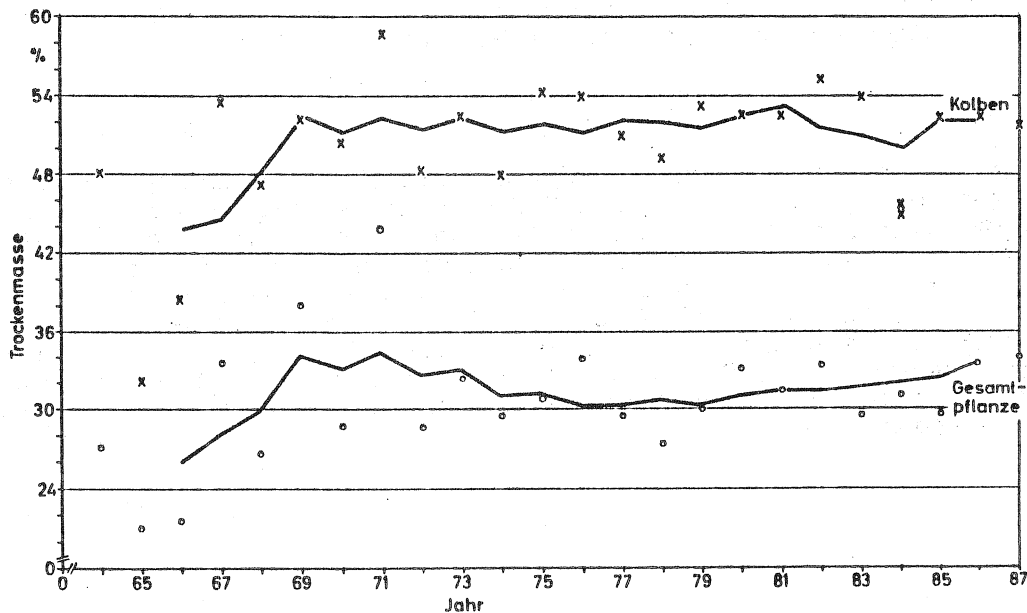


Abb. 8: Durchschnittlicher Trockenmassegehalt von geerntetem Silomais (FAO 210) Trendlinie: gleitendes Mittel aus fünf Werten

Mit herkömmlichen Häckselorganen wie Scheibe oder Trommel ist es nicht möglich alle Körner zu zerkleinern. Selbst der Übergang zu sehr kurzem Häcksel (Mikroschnitt) kann den Anteil ganzer Körner nicht wesentlich reduzieren. Auch der Einsatz von Reibböden und Reibplatten brachte nur eine gewisse Verbesserung bezügl. des Anteils nicht angeschlagener Körner. Erst der Einsatz von Quetschwalzen, durch die das gesamte Häckselgut geführt wird, brachte eine völlige Zerstörung bzw. Zerkleinerung der Maiskörner.

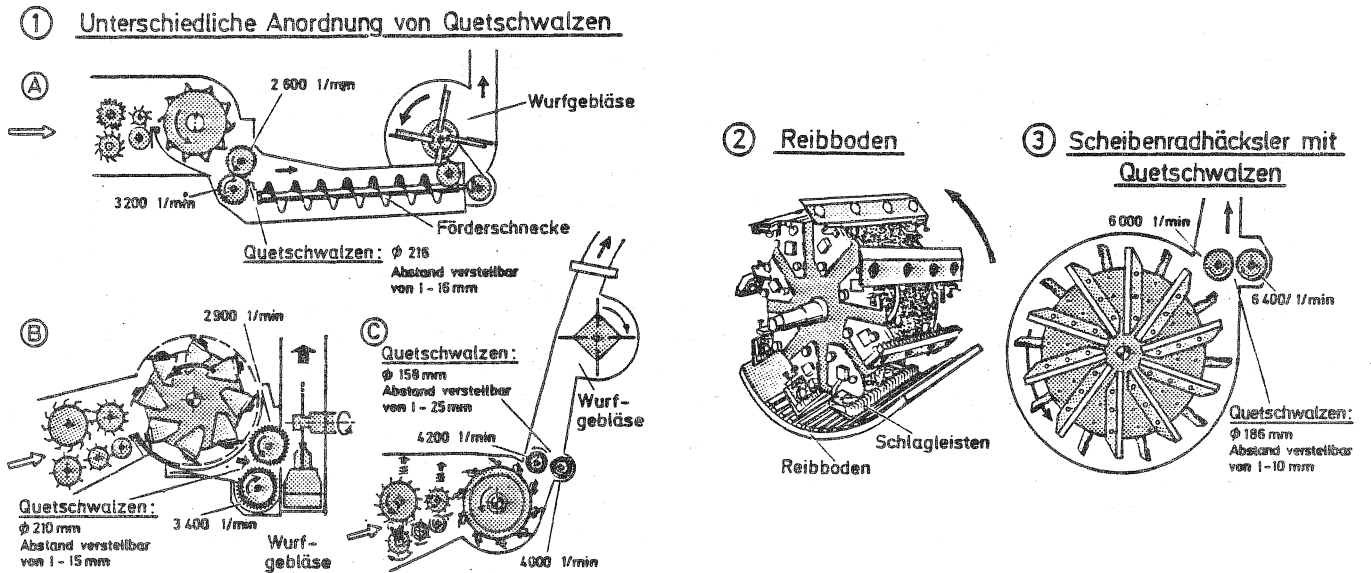


Abb. 9: Zusatzeinrichtungen am Feldhäsler zur Kornzerkleinerung bei der Silomais-GPS-Ernte

Heute sind alle selbstfahrenden Feldhäsler mit Quetschwalzen ausgerüstet. Einige Firmen liefern auch für einreihige Anbaufeldhäsler zusätzlich Quetschwalzen, so daß der Landwirt ab heute bei der Silomaisernte auf eine Technik zurückgreifen kann, die sich voll den Erfordernissen der Tierernährung angepaßt hat.

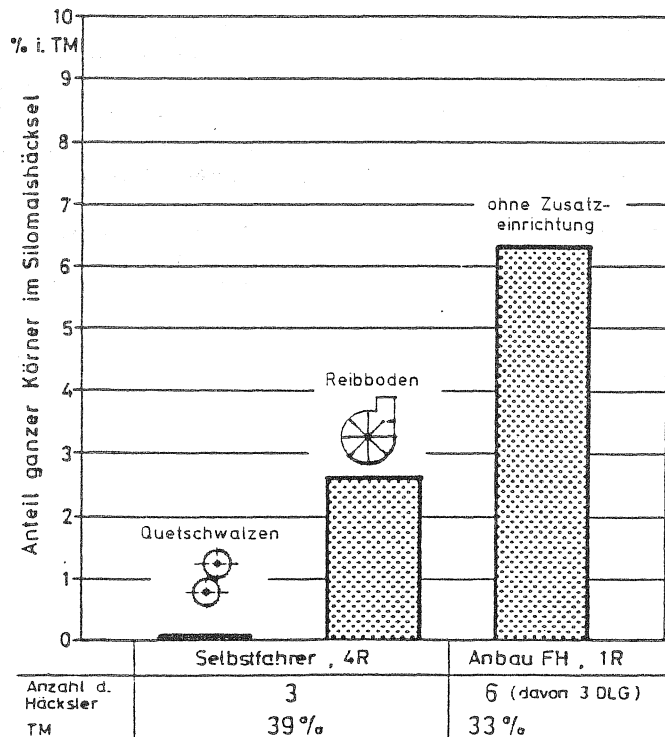


Abb. 10: Einfluß unterschiedlicher Feldhäslerertechnik auf den Anteil ganzer Körner im Silomaishäcksel

Verlassen wir jetzt den Silomais und wenden wir uns der Ernte von Futtergetreide mit dem Feldhäcksler zu. Futtergetreide, d.h., Gertse, Hafer und Weizen in einem Reifestadium vor der Mähdruschernte. Hier ist der Feldhäcksler unerlässlich. Das Ernten der ganzen Getreidepflanze (GPS) für Futterzwecke hat in der landwirtschaftlichen Praxis unterschiedliches Interesse gefunden, wird aber dennoch bei einer Reihe von Betrieben praktiziert, bei denen die Maiserträge nicht an die von Gerste oder Weizen heranreichen oder andere Faktoren eine Unterbrechung des Maisanbaues verlangen. Nach dem anfänglich nur Feldhäcksler mit Vielmessertrommel für die Ernte von GPS eingesetzt wurden, werden heute fast ausschließlich Feldhäcksler mit herkömmlichen Häckselaggregaten und nachgeschalteten Aufbereitungswerkzeugen wie Quetschwalzen und Reibboden eingesetzt. Mit dieser Technik ist man in der Lage sowohl die Röhrchenstruktur der teilweise schon stark verfestigten Halme aufzubrechen und die Körner ausreichend anzuschlagen damit sie von den Tieren vollständig verdaut werden.

Feldhäcksler	Gesamtpflanze % TM	Verluste [% Silage TM] ganze Körner im Kot
Trommel + Reibboden	47	6,5
Trommel + Quetschwalzen	47	2,1
Scheibenrad + Reibboden	51	4,5
Scheibenrad + Quetschwalzen	46	2,1

Abb. 11: Verluste unverdaulicher Körner (Gerste) im Kot von Tieren bei unterschiedlichen Aufbereitungstechniken im Feldhäcksler

Seitdem der Mensch Tiere füttert, versucht er ihnen das Futter in einer für das Tier geeigneten aufbereiteten Form vorzulegen. Unterstützt durch die Erkenntnisse der Tierernährungswissenschaft bemüht sich die Technik geeignete Aufbereitungseinrichtungen in den Erntemaschinen einzusetzen. Es kann festgestellt werden, daß die Feldhäcksler für die Ernte von Silomais und GPS technisch in der Lage sind optimales Futter zu erzeugen. Es bleibt dem Landwirt überlassen die Maschinen seinen Anforderungen entsprechend einzusetzen.

Weitere Arbeiten zur Aufbereitung von Gras, um den Abtrocknungsvorgang zu beschleunigen und dadurch das Wetterrisiko einzuengen, sind erforderlich und werden sowohl in unserem Hause als auch an anderen Stellen vorangetrieben.

Nutzung von Solarenergie zur Unterdachtrocknung in Heubergehallen

Dr. H.-D. Zeisig

Im folgenden werden einige Ergebnisse aus einem Demonstrationsvorhaben wiedergegeben, das mit Mitteln der EG-Kommission, Generaldirektion Energie, gefördert wurde.

Ziel dieses Vorhabens war die Errichtung und der Betrieb von Heubergehallen zur Erzeugung von Qualitätsheu mit möglichst geringem Fremdenergieeinsatz unter Verwendung einer speziellen Dachraumabsaugung, die die Nutzung der eingestrahlten Sonnenenergie auf normale Dachflächen zur Vorwärmung der Trocknungsluft gestattet.

"Normale" Dachflächen bedeuten in diesem Fall bzw. unter den Bedingungen des Süddeutschen Raumes eine Dacheindeckung aus gebrannten Tonziegeln oder - in neuerer Zeit - eine solche mit rot eingefärbten Betondachsteinen und nicht eine Dacheindeckung mit großflächigen Platten, wie z.B. "Welleternit", bei der durch evtl. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen eine besonders "dichte" Dacheindeckung zu erzielen ist.

Zum bekannten Stand der Technik bei Heubelüftungsanlagen - speziell für "größere" Heumengen - zählt gerade in neuerer Zeit die Errichtung von Heubelüftungsanlagen mit relativ großen Grundflächen von teilweise mehreren hundert m², bei denen die gesamte Heustockgrundfläche von einem Belüftungsgebläse gleichzeitig belüftet werden muß. Dies erfordert einen hohen Luftdurchsatz für das Belüftungsgebläse und führt damit auch zu einem hohen Leistungsbedarf, der i.d.R. nicht durch das örtliche Elektrizitäts-Versorgungsnetz gedeckt werden kann. Die Konsequenz bei derartigen Anlagen ist daher die Verwendung von Diesel-Aggregaten mit Nennleistungen von teilweise 100 kW und darüber (1,2,3).

Mit diesem Demonstrationsvorhaben sollte daher auch eine erhebliche Senkung der erforderlichen Anschlußwerte für das Belüftungsgebläse erreicht werden, damit auch der übliche "Durchschnittsbetrieb" im Grünlandgebiet sein Belüftungsgebläse aus dem vorhandenen elektrischen Versorgungsnetz betreiben kann. Dies bedingt i.d.R. elektrische Anschlußwerte für das Belüftungsgebläse von nicht größer als etwa 11 kW und damit gleichzeitig eine Unterteilung der gesamten zu belüftenden Heustockgrundfläche in einzelne, getrennt zu belüftende Abteilungen (Belüftungsboxen), deren Größe dem üblichen Ernterhythmus angepaßt sein muß.

Daneben erfordert dies auch eine entsprechende Steuerung der Lüftung, damit jede Boxe getrennt mit Trocknungsluft versorgt werden kann.

Sowohl die Lüftungssteuerung als auch die Unterteilung der gesamten Heustock-Grundfläche in einzelne "Belüftungsboxen" und die Führung der Ansaugluft für das Belüftungsgebläse unter der normalen Dachfläche erfordern zwar erhöhte Baukosten für den Bau einer derartigen Heubergehalle, versetzen den Landwirt jedoch in die Lage, ohne Beschränkung im üblichen Ernterhythmus einerseits elektrisch betriebene Belüftungsgebläse ohne überhöhte Anschlußwerte zu benutzen und andererseits u.U. auf den Einsatz von Fremdenergie für die Luftvorwärmung zu verzichten.

Weiterhin war bei der Konzeption derartiger Heubergehallen auch die Möglichkeit des Einsatzes einer entsprechenden Entnahmetechnik zu berücksichtigen. Der Einsatz von Portalgreifern bzw. allgemein Greiferanlagen zur Heuentnahme führt i.d.R. zu entsprechend großen Traufenhöhen und bedingt auch einen entsprechenden "Totraum" oberhalb des eigentlichen Nutzraumes. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, daß derartige Anlagen wegen ihres äußeren Erscheinungsbildes in zunehmendem Maße u.U. erhebliche Schwierigkeiten im Genehmigungsverfahren zeigen.

Daher wurde für den hier zu Diskussion stehenden Typ von Heubergehalle eine Entnahmetechnik mittels Blockschneider vorgesehen, dessen Einsatz sich insbesondere bei Vorhandensein entsprechender Silos anbietet.

Dies hat einerseits zur Konsequenz, daß die Heulagerung bzw. Belüftung ebenerdig erfolgen sollte und zum anderen der möglichst "luftdurchlässig" ausgebildete Hallenboden auch zur Aufnahme schwerer Radlasten geeignet ist.

Beide Anforderungen führten bei diesem Konzept der Heubergehalle zu einem teilperforierten Hallenboden, der unter dem Aspekt der Minderung der Herstellungskosten als ein vernünftiger Kompromiß angesehen werden muß.

Das aufgrund dieser Vorüberlegungen entstandene Konzept einer Heubergehalle in durchschnittl. Größenordnung ist in Abb.1 schematisch dargestellt.

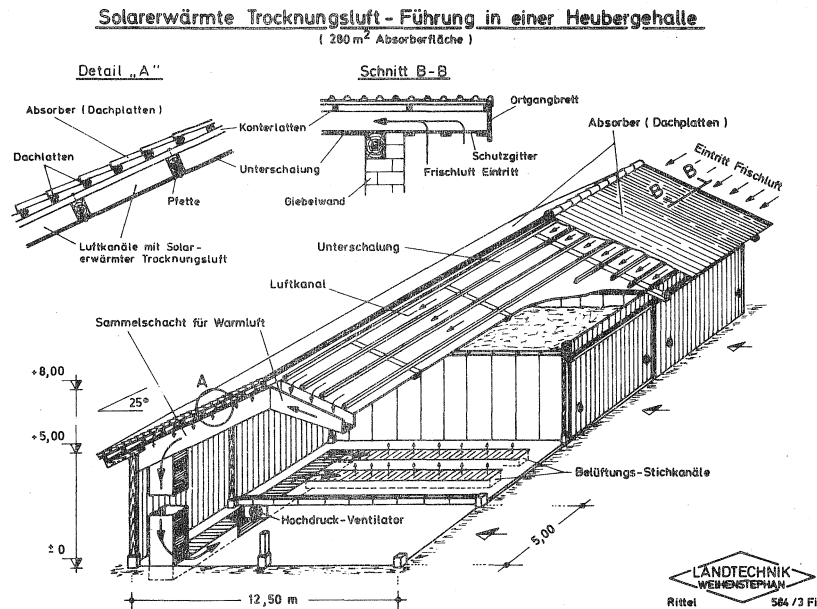


Abb. 1:

Dieses Schema zeigt eine Heubergehalle üblicher Größenordnung mit drei "Belüftungsboxen" für eine Netto-Heustockgrundfläche von etwa 55 m²/Belüftungsbox, wobei in einem vierten Hallenteil die Befüllstation untergebracht ist (Befüllung mittels Gebläse und Teleskoprohrverteiler). Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse bei der Entnahme wird i.d.R. entgegen der schematischen Darstellung in Abb.1 ein Vordach mit einem Dachüberstand von etwa 4,5 m eingesetzt.

Als Boxentrennwände wird eine Verbundkonstruktion aus einem stabilen Kantholzgerüst mit aufgeschraubten, wasserfesten Holzwerkstoffplatten verwendet.

Der torseitige Boxenverschluß muß einerseits während der Belüftungsphase luftdicht abschließen und soll zum anderen zur Heuentnahme leicht demontierbar sein. Als zweckmäßige Lösung hat sich dafür eine oberhalb des Torbalkens eingehängte Kunststoff-Plane aus Bändchengewebe erwiesen, die beiderseits an den Boxentrennwänden befestigt wird und am Boden ca. 60 bis 80 cm ins Boxeninnere reicht. Der Druck des Heustockes wird durch senkrecht in der Toröffnung aufgestellte Kanthölzer aufgefangen, die gleichzeitig auch die Folie abstützen und so jederzeit ein Öffnen der Hallentore ermöglichen.

Um das Ziel "Qualitätsheu" zu erreichen, ist jedoch nicht nur eine technische Einrichtung erforderlich, die eine möglichst verlustarme Konservierung erlaubt. Neben dem Einsatz entsprechender Werbungsgeräte ist dabei auch die Wahl des optimalen Schnittzeitpunktes von entscheidender Bedeutung. Abb.2 zeigt den Verlauf der Nährwertkonzentration von Gräsern, aufgetragen über dem möglichen Schnittzeitpunkt (4).

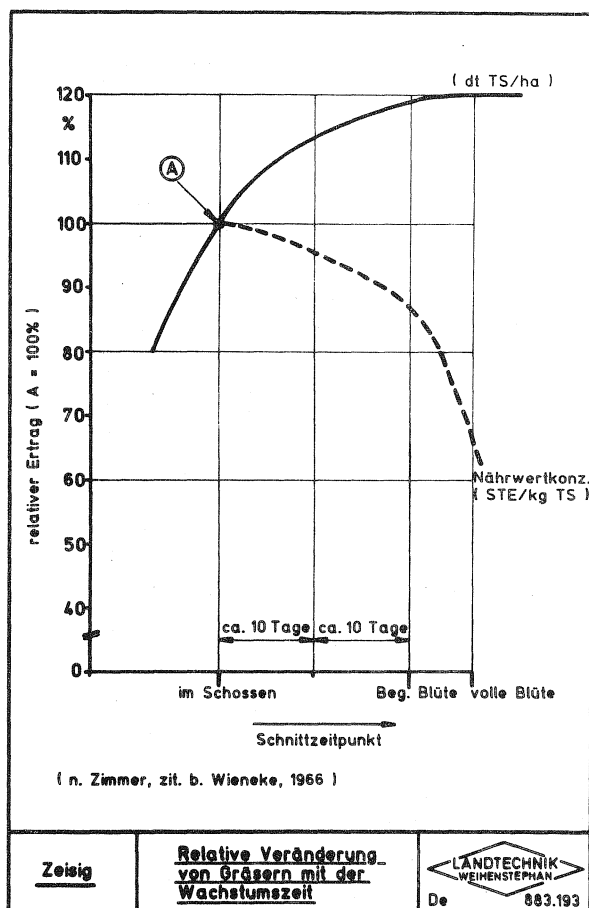


Abb. 2:

Setzt man die Nährwertkonzentration/kg Trockensubstanz zum Zeitpunkt des Schossens gleich 100 % (Punkt A in Abb.2), so sinkt sie zum Zeitpunkt der vollen Blüte auf nur etwa 65 %.

In diesem Zeitraum, der je nach Wachstumsbedingungen etwa 20 bis 25 Tage beträgt, steigt zwar der Trockensubstanzertrag/ha um rd. 20 %, jedoch gilt dies nur für einen Schnitt und nicht für den Jahresertrag. Intensiv genutzte Mähweiden weisen z.B. Jahreserträge von bis zu 150 dt Trockensubstanz/ha auf, dies bedingt aber eine Verlegung des Schnittzeitpunktes möglichst in den Bereich des Punktes A. Wird immer zum Zeitpunkt der vollen Blüte bzw. noch später geschnitten, so ist im Normalfall kaum ein Jahresertrag von mehr als 100 dt Trockensubstanz/ha zu erreichen.

Der Schnittzeitpunkt ist also eine wesentliche Voraussetzung für ein Grundfutter hoher Nährstoffkonzentration. Daneben ist aber auch eine möglichst verlustarme Konservierung ein entscheidender Punkt. Das bedeutet im Falle der Heubelüftung einen ausreichend hohen Luftdurchsatz, der u.a. zur Vermeidung von "Schimmelnestern" notwendig ist. Erfahrungsgemäß sind dies mindestens $400 \div 450 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Heustockgrundfläche und Stunde.

Weiterhin ist ein sicheres Erreichen der Lagerfeuchte des Heues erforderlich. Heu ist lagerfähig unterhalb eines Feuchtegehaltes von 14 % (s.a. Abb.3), d.h., unterhalb diesem Feuchtegehalt sind mikrobiologische Abbauprozesse so stark verlangsamt, daß sie in der Praxis kaum noch eine Rolle spielen. Dieser zu fordernde Endfeuchtegehalt ist nur mit einer Vorwärmung der Trocknungsluft sicher zu erreichen. Die übliche Kaltbelüftung erlaubt durchschnittl. nur das Erreichen einer Heufeuchte von etwa 18÷20 %, wobei

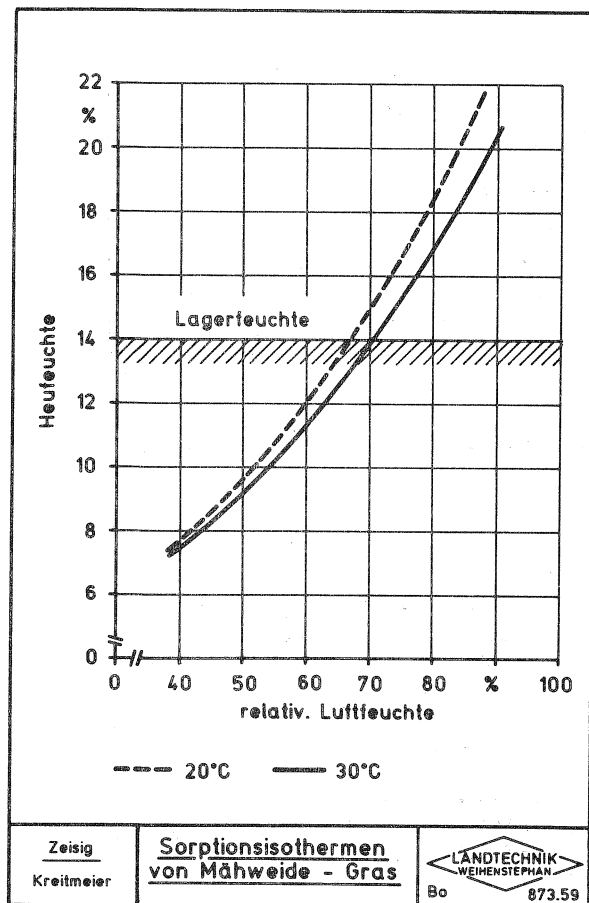


Abb. 3:

durch mikrobiologische Abbauvorgänge das Heu im Stock anschließend "schwitzt" und damit auch zwangsläufig Nährstoffe einbüßt. Wird das Heu jedoch von vorneherein unter einer Endfeuchtegehalt von 14 % heruntergetrocknet, ist dieses "Schwitzen" nicht mehr zu beobachten und demzufolge auch keine "Nachbelüftung" mehr erforderlich.

Diese Zusammenhänge lassen sich u.a. auch aus den in Abb.3 wiedergegebenen Sorptionsisothermen ableiten.

Im praktischen Betrieb ist der gewünschte "Endzustand" nur mit einer entsprechenden Vorwärmung der Trocknungsluft um mindestens 3 K, besser jedoch 5 K sicher zu erreichen. Diese Luftvorwärmung erlaubt jedoch nicht nur den gewünschten "Endzustand" des Heues, sie bewirkt auch eine Leistungssteigerung bzw. Erhöhung der Effektivität der Heubelüftung, wie die Abb.4 zeigt.

Geht man bei der Kaltbelüftung von einem durchschnittl. Wasseraufnahmevermögen der Trocknungsluft von etwa 1 g/m³ aus, so erhöht sich das Wasseraufnahmevermögen der Trocknungsluft bei einer Temperaturerhöhung von etwa 3,5 K auf durchschnittl. etwa 2 g/kg Trocknungsluft, wobei unter den Bedingungen der Demonstrationsanlagen (Luftdruck etc.) 1 kg Luft etwa 1 m³ entspricht. Diese in Abb.4 dargestellte Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens der Luft ist gleichbedeutend auch mit einer analogen Leistungssteigerung der Heubelüftungsanlage. Allerdings muß hier berücksichtigt werden, daß bei der Dachraumabsaugung die Luftvorwärmung nur dann vorhanden ist, wenn auch tatsächlich eine entsprechende Wärmemenge auf die Dachfläche eingestrahlt wird, d.h., wenn die Sonne scheint.

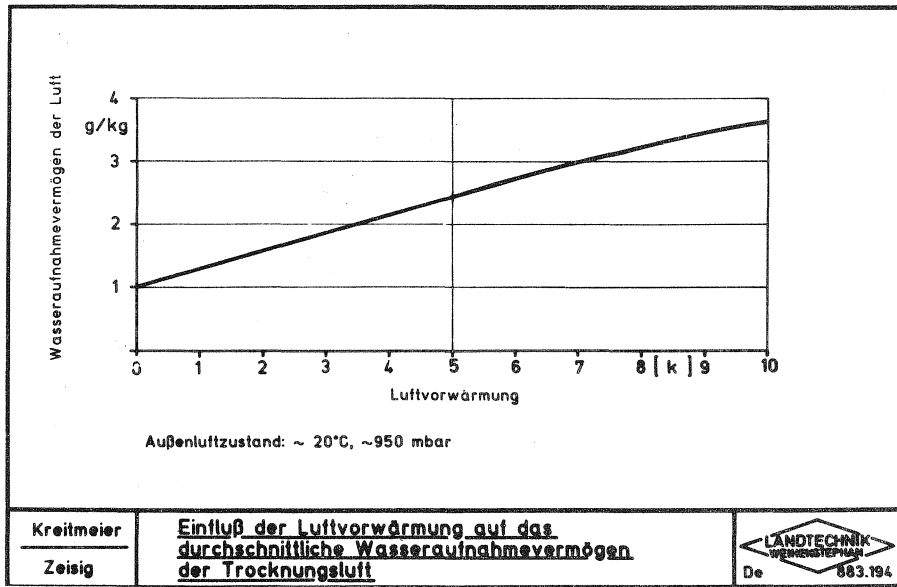


Abb. 4:

Bei drei Anlagen des Demonstrationsvorhabens haben wir im Durchschnitt der Belüftungstage mit "Sonneneinstrahlung" einer Kampagne eine durchschnittl. Temperaturerhöhung der Trocknungsluft von 5 K erreicht, während eine Anlage (Anlage 4) im Jahresmittel nur einen Tagesdurchschnittswert von 3,5 K erzielte.

Die vier untersuchten Heubergehallen sind in den Abb.5÷8 mit ihrer Lage zur Nord-Süd-Richtung schematisch dargestellt. Diese Abbildungen enthalten auch gleichzeitig Angaben über die Positionen der von uns eingesetzten Meßstellen.

Heubergehalle Schuster, Frettenhølen

Anordnung der Meßstellen

Nr.	Art der Messung	Meßgr.	Nr.	Art der Messung	Meßgr.
1	Druckgeber	Pa	13	Temperaturfühler	°C
3	Temperaturfühler	°C	15	"	°C
4	Feuchtfühler	RLF	17	"	°C
5	Temperaturfühler	°C	19	"	°C
6	Feuchtfühler	RLF	21	"	°C
7	Temperaturfühler	°C	23	"	°C
9	"	°C	25	"	°C
11	"	°C	28	Solarimeter	W

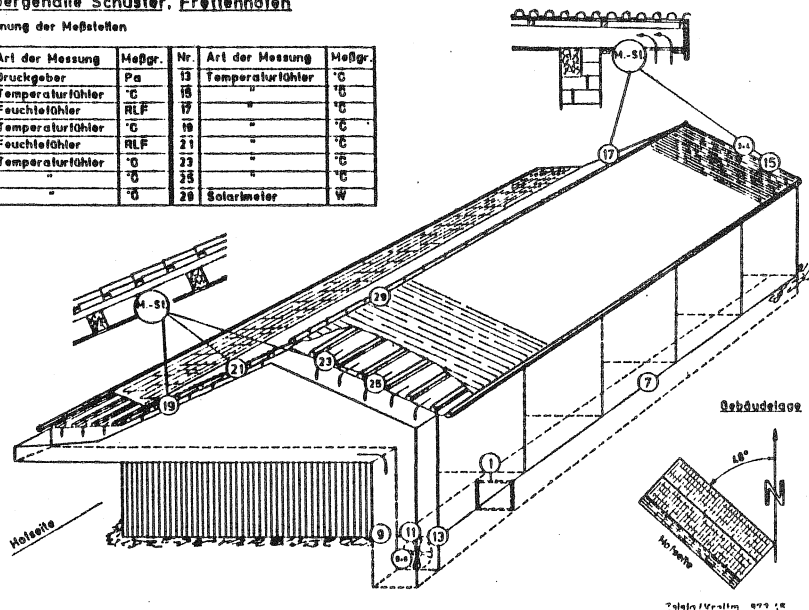


Abb. 5:

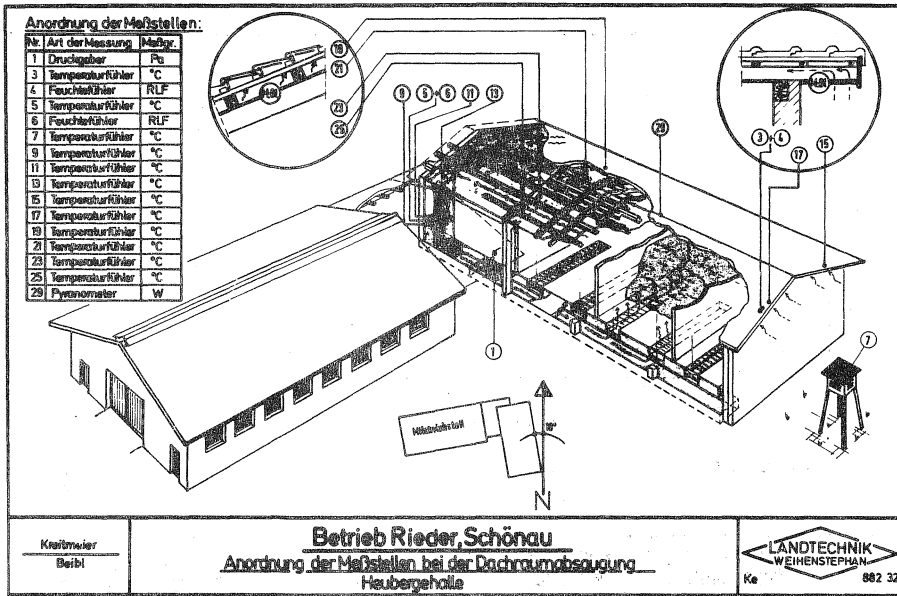


Abb. 6:

Heubergehalle Kebinger, Lehen
Anordnung der Meßstellen

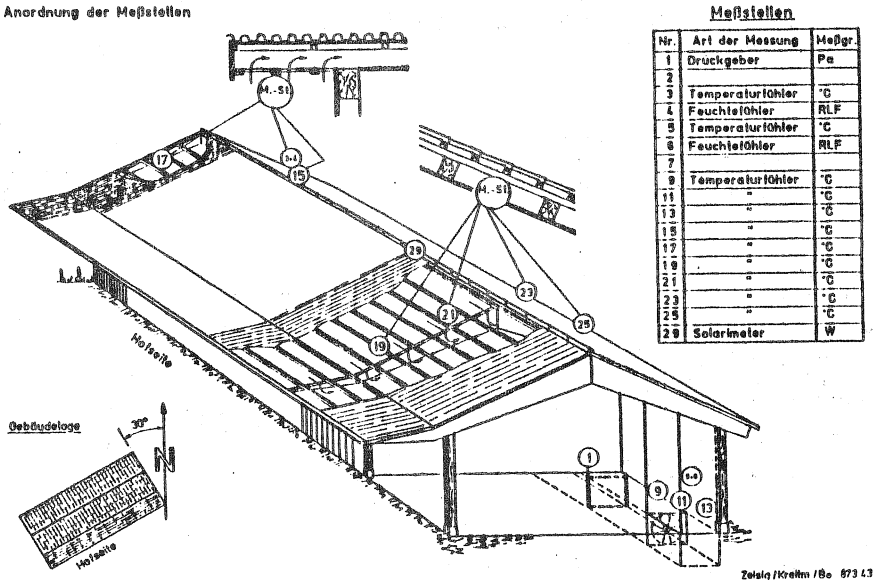


Abb. 7:

Bei der Position der Heubergehallen nach Abb.5÷8 haben wir im Durchschnitt einer Erntekampagne folgende durchschnittl. Wärmeleistungen (Tagesmittlwerte) gefunden:

- | | |
|------------------------|----------|
| Anlage 1: (s.a. Abb.5) | ≈50,5 kW |
| Anlage 2: (s.a. Abb.6) | ≈36,2 kW |
| Anlage 3: (s.a. Abb.7) | ≈36,1 kW |
| Anlage 4: (s.a. Abb.8) | ≈79 kW |

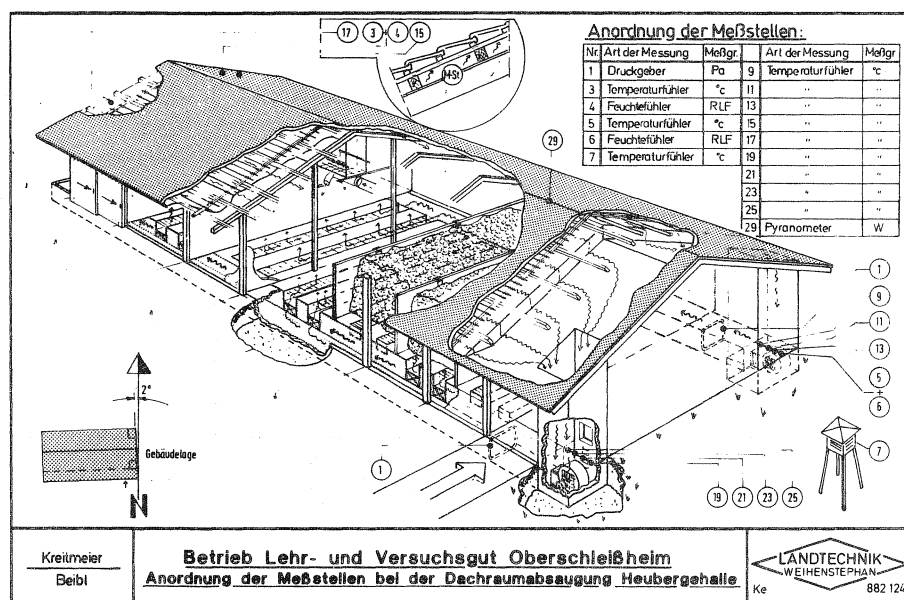


Abb. 8:

Diese Wärmeleistungen wurden gefunden bei einer auf die projizierte Dachfläche bezogenen durchschnittl. Einstrahlungsintensität von 500 W/m^2 (Tagesdurchschnittswerte bei Betriebsstunden mit Sonneneinstrahlung). Bezieht man diese Wärmeleistungen zu Vergleichszwecken auf 1 m^2 projizierte Dachfläche, so ergeben sich als durchschnittl. nutzbare Energie folgende gerundete Werte:

- Anlage 1: 120 W/m^2
- Anlage 2: 125 W/m^2
- Anlage 3: 90 W/m^2
- Anlage 4: 80 W/m^2

Daraus läßt sich ableiten, daß die pro m^2 projizierte Dachfläche genutzte Wärmeenergie umso höher ist, je mehr das Gebäude mit seiner Längsachse in Nord-Süd-Richtung steht. Anlage 4 mit der Gebäudelängsachse fast genau in Ost-West-Richtung schneidet hierbei am schlechtesten ab.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Betriebsstunden der Heubelüftung - hier speziell die Betriebsstunden der Belüftungsgebläse - für die einzelnen Demonstrationsanlagen zusammenfassend aufgeführt. Diese Betriebsstunden sind aus verschiedenen Gründen nicht identisch mit den Stunden, in denen die Dachraumabsaugung durch Sonneneinstrahlung auch tatsächlich eine Erhöhung der Trocknungslufttemperatur gebracht hat. So ist es z.B. erforderlich, daß frisch eingelagertes Anwelkgut auf jeden Fall mindestens in der ersten Nacht nach der Einlagerung ständig belüftet wird. Mit dieser Belüftung wird einmal einer Selbsterwärmung des Futters vorgebeugt (Verminderung von Qualitätseinbußen) und zum anderen auch ein gewisser, wenn auch relativ geringer "Trocknungseffekt" erreicht (s.a. Abb.3). Dies gilt insbesondere bei sehr feuchtem Gut bzw. bei feuchten "Nestern", die sich selbst bei größter Sorgfalt während der Einlagerung nicht mit absoluter Sicherheit vermeiden lassen. Außerdem müssen die Belüftungsgebläse aus den obigen Gründen auch in Betrieb gehalten werden, wenn nach der Einlagerung bzw. zu einem Zeitpunkt, zu dem das Heu noch nicht trocken ist, eine Schlechtwetterperiode folgt.

Tabelle 1: Gesamt-Betriebsstunden der Heubelüftung (Belüftungsgebläse) der Demonstrationsanlagen in den einzelnen Erntekampagnen.

Erntekampagne	1986	1987	1988
Anlage 1 (Schuster)	964,5	504 *	426,3 *
Anlage 2 (Rieder)	329,1	316	295,2
Anlage 3 (Kebinger)	714,4	821	413,5
Anlage 4 (Oberschleissheim)	nicht in Betrieb	1010	1510,9

* Werte nicht vergleichbar, da der Betrieb in Schlechtwetterperioden zusätzlich einen Öllufterhitzer eingesetzt hat!

Tabelle 2: Eingelagerte Heumengen, durchschnittlicher spez. Elektroenergieverbrauch zur Belüftung, durchschnittliche Ein- und Auslagerungsfeuchten sowie Lagerungsdichten in den untersuchten Erntekampagnen der Demonstrationsanlagen.

	Jahr	Anlage 1 (Schuster)	Anlage 2 (Rieder)	Anlage 3 (Kebinger)	Anlage 4 (Oberschleissheim)**
eingelagerte Heumenge (dt TM)	1986	1211,6	310,5	674	/
	1987	941,6	272,1	801	2046,1
	1988	≈993,0	≈521,6	≈670,9	≈1774,8
spez. Elektro- Energieverbr. f. Belüftung (kwh/dt TM)	1986	5,44	8,78	8,78	/
	1987	5,93 *	9,62	8,49	15,57
	1988	2,72 *	5,12	5,87	24,25 ***
durchschn. Einlagerungs- feuchte (%)	1986	32,06	35,02	35,0	/
	1987	35,02	33,14	34,74	34,34
	1988	?	?	?	?
durchschn. Auslagerungs- feuchte (%)	1986	9,45	14,93	≈16	/
	1987	≈8 *	≈14,0	16,85	≤8
	1988	≈10 *	16,7	≈16,79	≤8
durchschn. Lagerungs- dichte (dt TM/m ³)	1986	0,97	0,96	0,95	/
	1987	1,03	0,78	0,91	0,84
	1988	0,97	0,96	0,91	0,85

* Werte nicht vergleichbar, da Einsatz einer ölbefeuerten Zusatzheizung in Schlechtwetterperioden!

** Werte für Luzerne!

*** Durchschnittswert wesentlich beeinflusst durch Belüftung von zwei Belüftungsboxen mit extremem Strömungswiderstand (≈12 mbar)!

? Werte nicht erfasst.

So beträgt z.B. für Anlage 1 in der Erntekampagne 1986 der Anteil der Betriebsstunden mit Temperaturerhöhung durch die Dachraumabsaugung nur rd. 43 % der in Tabelle 1 aufgeführten Gesamt-Betriebsstunden.

Analog dazu enthält die Tabelle 2 einige zusammenfassende Angaben über eingelagerte Heumengen, durchschnittl. spezifischen Elektroenergieverbrauch zur Belüftung sowie durchschnittl. Ein- und Auslagerungsfeuchten in den untersuchten Erntekampagnen. Speziell die Angaben über die durchschnittl. Einlagerungsfeuchte stellen das gewogene Mittel während der einzelnen Erntekampagne dar. So schwankte beispielsweise bei Anlage 1 in der Kampagne 1986 der Feuchtegehalt des eingelagerten Gutes für eine Belüftungsbox zwischen 22,57 und 46,51 % (Durchschnittswerte einzelner Ladewagenfüllungen) und bei einer weiteren Belüftungsbox z.B. zwischen 16,14 und 47,62 %. Andere Belüftungsboxen der gleichen Anlagen wiesen geringere Schwankungsbreiten der durchschnittl. Einlagerungsfeuchte auf, insgesamt ergab sich daraus jedoch eine durchschnittl. Einlagerungsfeuchte dieses Beispiels von 32,06 %.

In den nachfolgenden Abbildungen werden einige Ergebnisse über die Wirkung der Dachraumabsaugung wiedergegeben. Diese Abbildungen enthalten "Messpunkte", die einen Mittelwert über größere Zeiträume (mindestens ca. zwei Stunden) darstellen. Innerhalb dieser Zeiträume konnten zumindest die zwei Faktoren Sonneneinstrahlung und Luftdurchsatz des Belüftungsgebläses nahezu konstant gehalten werden. Die äußeren Bedingungen, wie z.B. Windlasten aus unterschiedlichen Richtungen auf die Dachfläche des Gebäudes, ließen sich nicht konstant halten und stellen damit einen Störfaktor dar, der für eine unterschiedliche Streuung der Meßwerte sorgt, auf den aber später noch eingegangen wird.

Abb.9 zeigt als Beispiel den Verlauf des Austauschwirkungsgrades der Dachraumabsaugung, aufgetragen über dem Luftdurchsatz der Heubelüftung für die Anlage 1. Die mit angegebene Ausgleichsgerade stellt in diesem Fall keine exakte Abhängigkeit dar, sie gibt hier, wie auch in den nachfolgenden Abbildungen, nur eine Tendenz wieder.

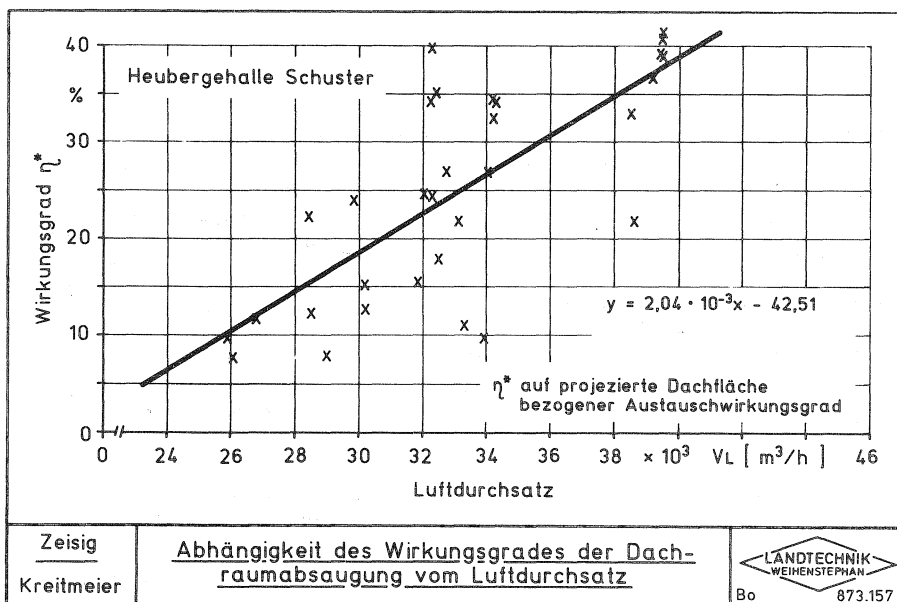


Abb. 9:

Damit ist festzustellen, daß bei steigendem Luftdurchsatz und damit verbunden u.a. auch erhöhten Turbulenzen im Hohlraum der Dachraumabsaugung sowie "verbesserten" Austauschbedingungen generell der Austauschwirkungsgrad ansteigt und im günstigsten Fall sogar Werte bis in eine Größenordnung von 40 % erreichte.

Neben dem Austauschwirkungsgrad ist jedoch für die Effektivität der Heubelüftung die Temperaturerhöhung von entscheidender Bedeutung. Abb.10 zeigt diesen Zusammenhang für zwei "Klassen" des Luftdurchsatzes, aufgetragen über der Einstrahlung. Natürlich bedingt eine geringere Einstrahlung generell auch eine geringere Temperaturerhöhung. Allerdings läßt sich aus Abb.10 auch ableiten, daß für diese Heubergehalle in der Tendenz ein höherer Luftdurchsatz auch eine größere Temperaturerhöhung der Trocknungsluft bewirkt.

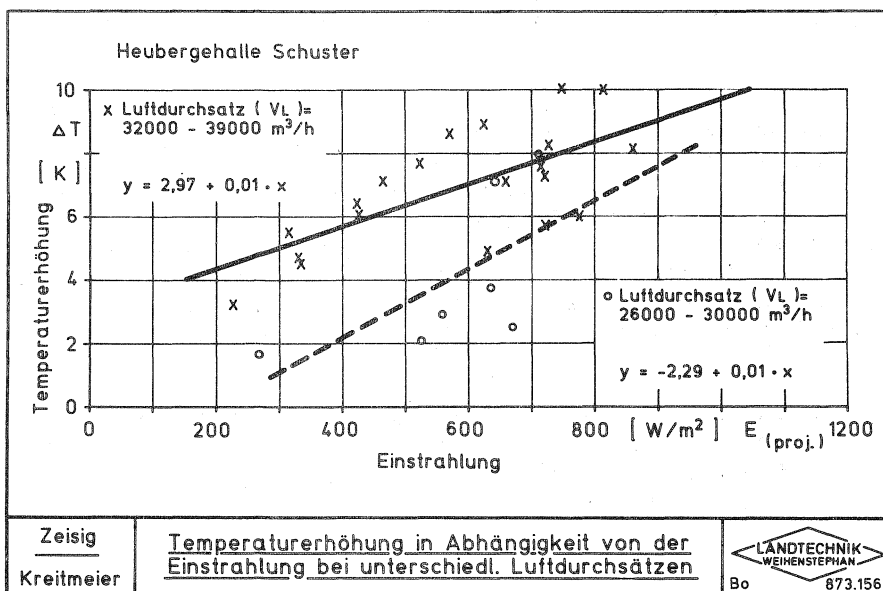


Abb. 10:

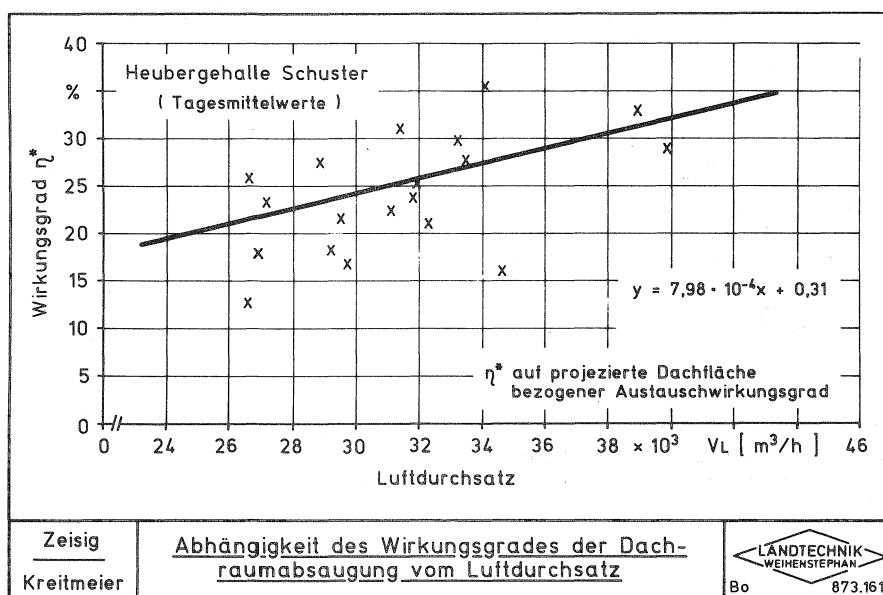


Abb. 11:

Wählt man für die Auswertung der Meßdaten größere Zeiträume, wie als Beispiel in den Abbildungen 11 und 12 für die Heubergehalle 1 mindestens 8 bis etwa 10 Stunden, so sind einmal die Einstrahlungsbedingungen auf die Dachfläche nicht konstant zu halten, zum anderen sinkt der Mittelwert der Einstrahlungsintensität naturgemäß in diesen "vergrößerten" Zeiträumen und weiterhin ist es auch schwierig, wegen der fortschreitenden Trocknung des eingelagerten Gutes und damit verbunden einer Änderung des Strömungswiderstandes, den Luftdurchsatz des Belüftungsgebläses in engen Grenzen konstant zu halten.

Wie die Abb.11 zeigt, verschlechtert sich daher auch der max. erreichbare Austauschwirkungsgrad der Dachraumabsaugung, wobei jedoch auch hier wieder in der Tendenz mit höherem Luftdurchsatz ein besserer Austauschwirkungsgrad zu erzielen ist.

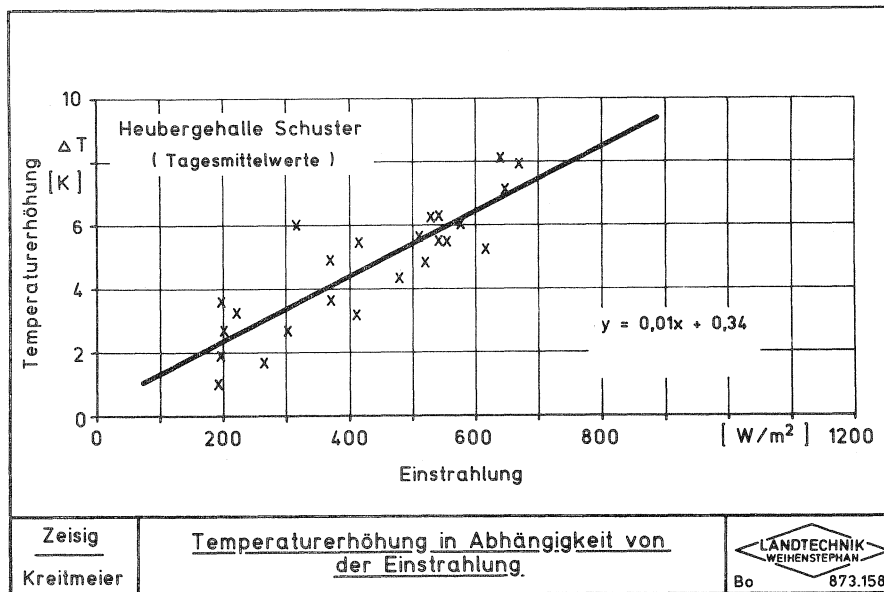


Abb. 12:

Die in Abb.12 aufgetragene Temperaturerhöhung der Trocknungsluft über der Einstrahlung zeigt auch bei den "Tagesmittelwerten" die bereits in Abb.10 erkannte Tendenz, wobei bei diesen Berechnungszeiträumen sowohl die Tagesmittelwerte der Einstrahlung als auch die erreichbaren "Tagesmittelwerte" der Temperaturerhöhung der Trocknungsluft naturgemäß niedriger liegen als bei der Anwendung kürzerer Berechnungszeiträume.

Die Anlage 2 analog Abb.6 stellt versuchstechnisch insofern eine interessante Variante dar, als daß durch Einbeziehung der Dachfläche des rechtwinklig zur Heubergehalle stehenden Milchviehstalles die projizierte Dachfläche bei gleichem Luftdurchsatz auf relativ einfache Weise von normalerweise rd. 290 m² auf 711 m² vergrößert werden konnte. Abb.13 zeigt den Austauschwirkungsgrad der Dachraumabsaugung, aufgetragen über dem Luftdurchsatz des Belüftungsgebläses für die Heubergehalle dieser Anlage, während Abb.14 die analogen Werte für die Heubergehalle einschließlich der Dachraumabsaugung des Milchviehstalles wiedergibt.

Beim Vergleich beider Abbildungen fällt auf, daß zwar auch hier, ähnlich wie bei der Heubergehalle nach Abb.9, bei steigendem Luftdurchsatz der Austauschwirkungsgrad der Dachraumabsaugung ansteigt, daß aber eine wesentlich vergrößerte Dachfläche - und damit auch Einstrahlungsfläche - eine erhebliche Reduzierung des Austauschwirkungsgrades bewirkt.

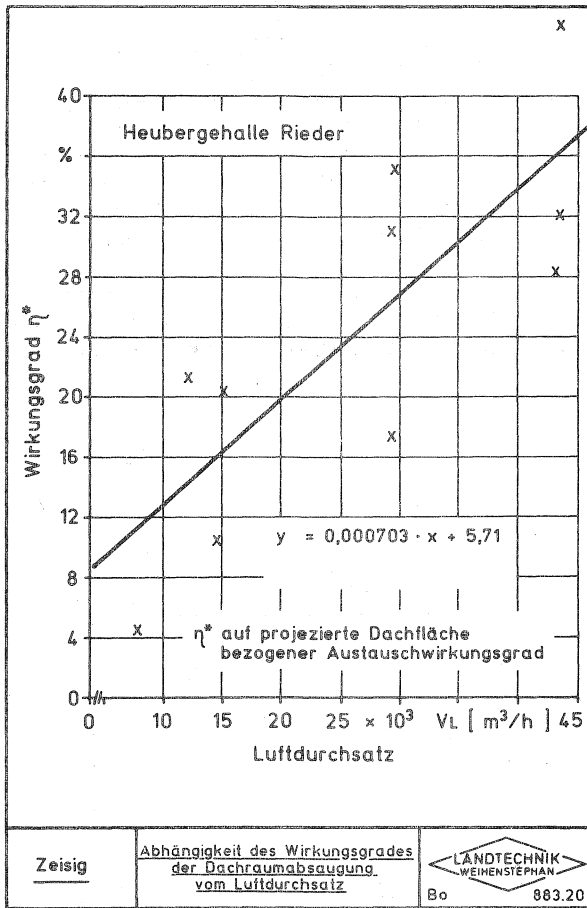


Abb. 13:

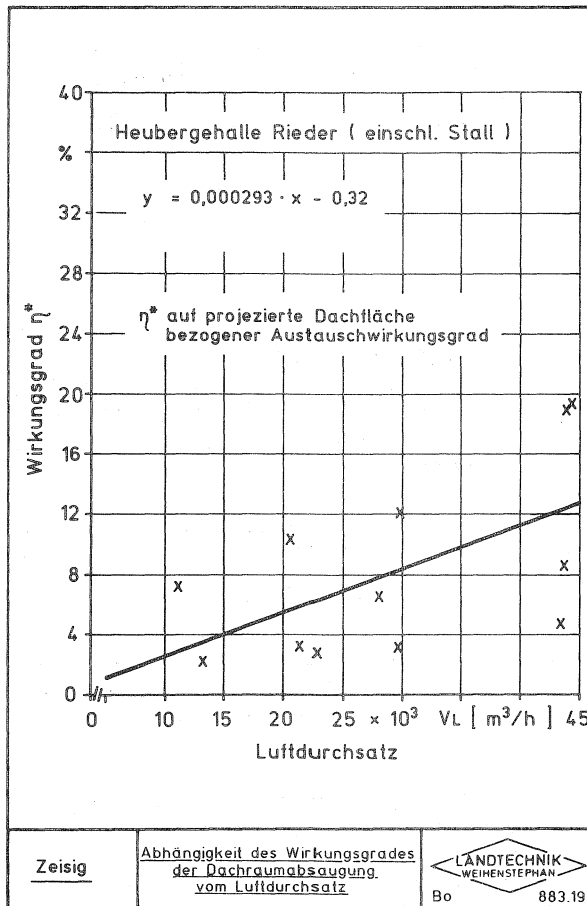


Abb. 14:

Hierbei muß berücksichtigt werden, daß die Vergrößerung der Dachfläche gleichzeitig auch eine entsprechende Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeiten in den Hohlräumen der Dachraumabsaugung bei dieser Art der Gebäudeanordnung zur Folge hat und damit im Grunde genommen die meßtechnisch nachgewiesene Abhängigkeit des Austauschwirkungsgrades von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem Luftdurchsatz in der Dachraumabsaugung bestätigt wird.

Im Gegensatz zu Abb.10 zeigte diese Anlage für die Temperaturerhöhung der Trocknungsluft, aufgetragen über dem Luftdurchsatz des Belüftungsgebläses,

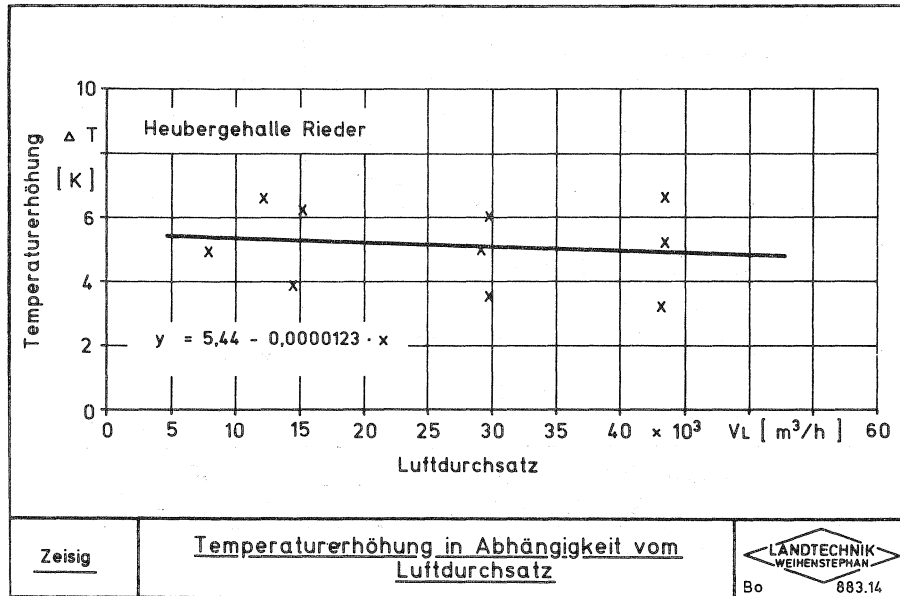


Abb. 15:

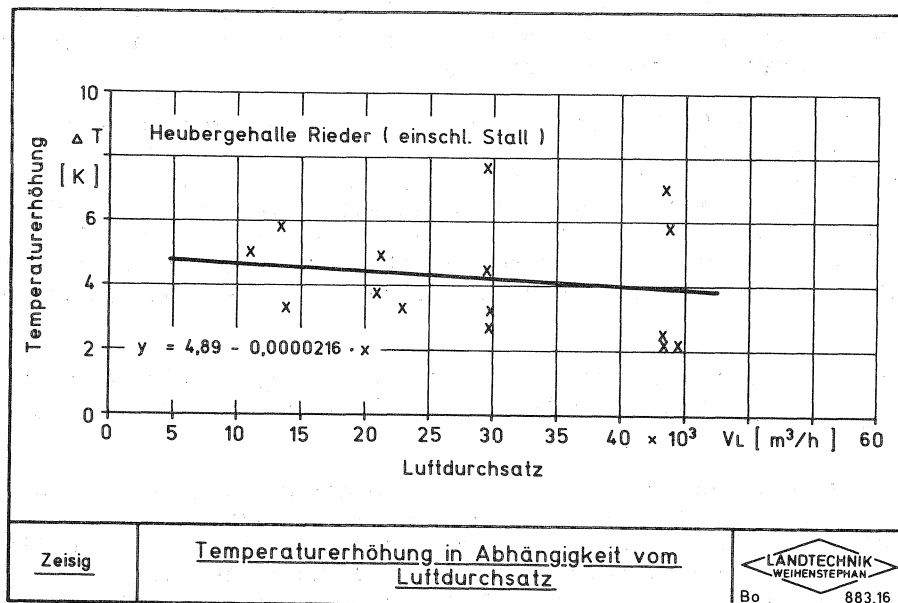


Abb. 16:

eine leicht fallende Tendenz. Dies ist in den Abb.15 und 16 dargestellt, wobei auch hier wieder die Abb.16 für die auf 711 m² vergrößerte projizierte Dachfläche gilt.

Unabhängig davon steigt jedoch auch bei der "vergrößerten" Dachraumabsaugung die Temperaturerhöhung der Trocknungsluft mit stärkerer Sonneneinstrahlung, wie die Abb.17 zeigt.

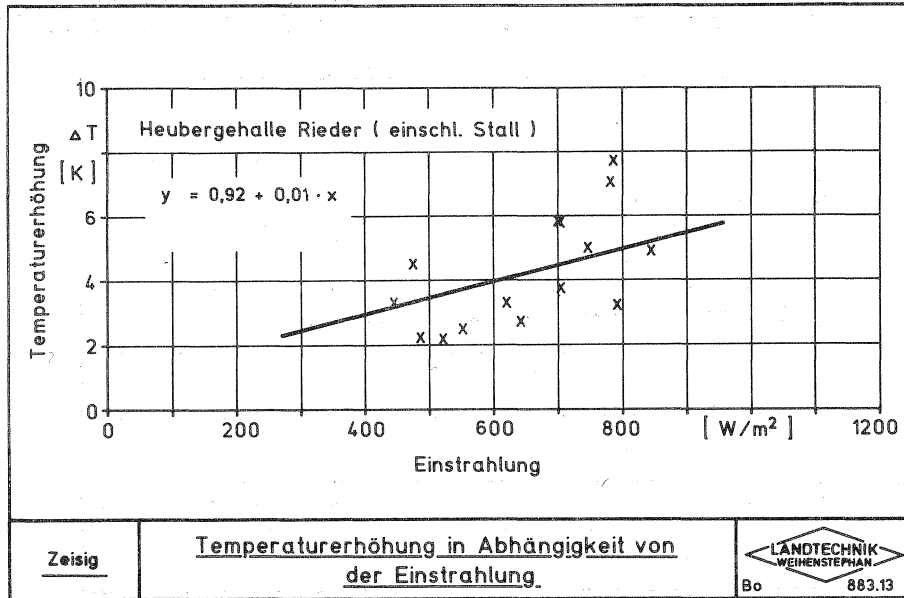


Abb. 17:

Während der Messungen ist uns aufgefallen, daß bei relativ starkem Wind trotz in etwa gleicher Einstrahlungsintensität die Temperaturerhöhung der Trocknungsluft wesentlich geringer war. Wir haben versucht, diesen Einfluß meßtechnisch zu erfassen. Einige Ergebnisse dieser Versuchsanstellung sind in Abb.18 und 19 zusammenfassend dargestellt.

Abb.18 zeigt einmal den Austauschwirkungsgrad, aufgetragen über dem Luftdurchsatz für Witterungsbedingungen, bei denen nahezu Windstille herrschte, d.h., Windgeschwindigkeiten nur unter 1,5 m/sec. auftraten. Gleichzeitig ist in dieser Abbildung aufgetragen der Austauschwirkungsgrad bei Windgeschwindigkeiten von größer als 3,5 m/sec. aus westlicher Richtung auf die Heubergehalle 3. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, bewirken "größere" Windgeschwindigkeiten eine erhebliche Reduzierung des Austauschwirkungsgrades.

Abb.19 zeigt für die gleiche Situation den Einfluß der erhöhten Windgeschwindigkeit auf die Temperaturerhöhung der Trocknungsluft bei gleicher Einstrahlungsintensität.

Die Heubergehalle 4 analog Abb.8 war im Rahmen dieses Demonstrationsvorhabens die größte Heubergehalle mit einer zu belüftenden Heustock-Grundfläche von insgesamt 575 m², die in sieben Belüftungsboxen unterteilt ist. Im Gegensatz zu den anderen Anlagen steht diese Heubergehalle mit ihrer Gebäude-Längsachse fast genau in Ost-West-Richtung (sie weicht nur zwei Grad davon ab), so daß im Tagesverlauf überwiegend nur der südliche Teil der Dachfläche von der Sonne beschienen wird. Trotzdem wurde hier die gesamte Dachfläche mit einer Dachraumabsaugung versehen und vor allem wurde wegen der Schlagkraft des Betriebes während der Ernte die Anlage mit zwei

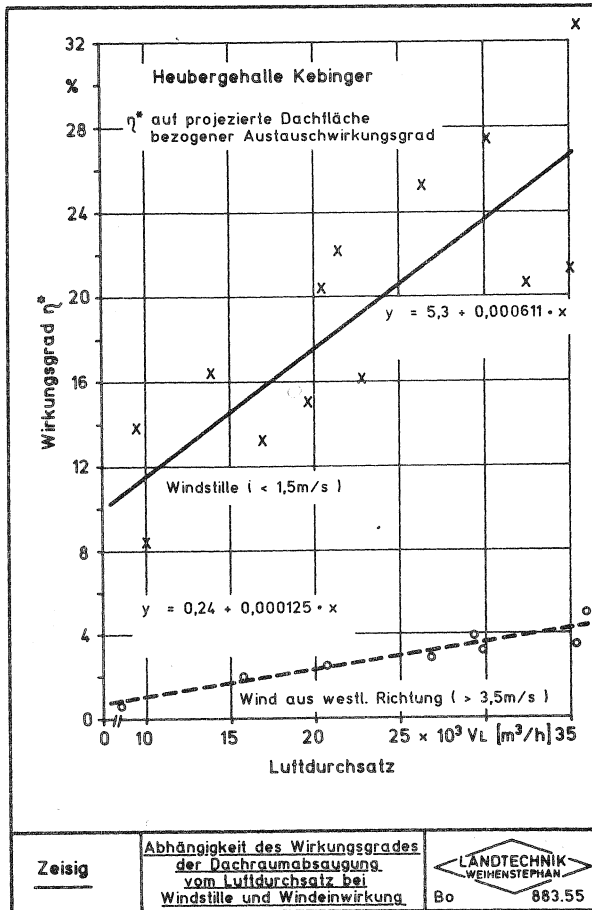


Abb. 18:

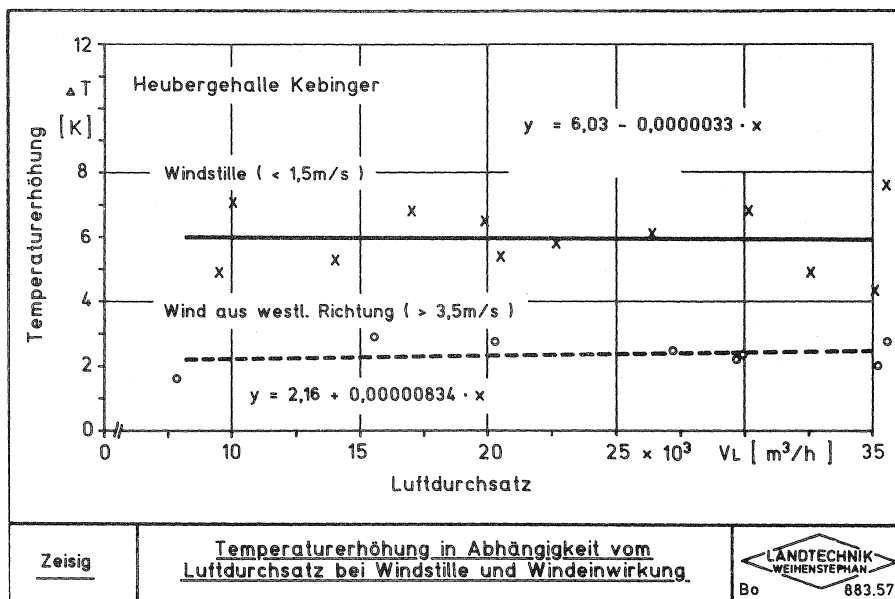


Abb. 19:

getrennten Belüftungsgebläsen ausgerüstet, die aus dem gemeinsamen Dachraum absaugen.

Die Ausrichtung dieser Heubergehalle in Ost-West-Richtung und der Einsatz von zwei Belüftungsgebläsen (eines auf der Südseite und eines auf der Nordseite) bewirken eine unterschiedliche Temperaturerhöhung der Trocknungsluft, wenn beide Belüftungsgebläse gleichzeitig in Betrieb sind. Hierfür ist als Beispiel in Abb.20 der Computerausdruck des "Tagesverlaufs" der Temperaturerhöhung, getrennt nach Südgebläse und Nordgebläse aufgetragen.

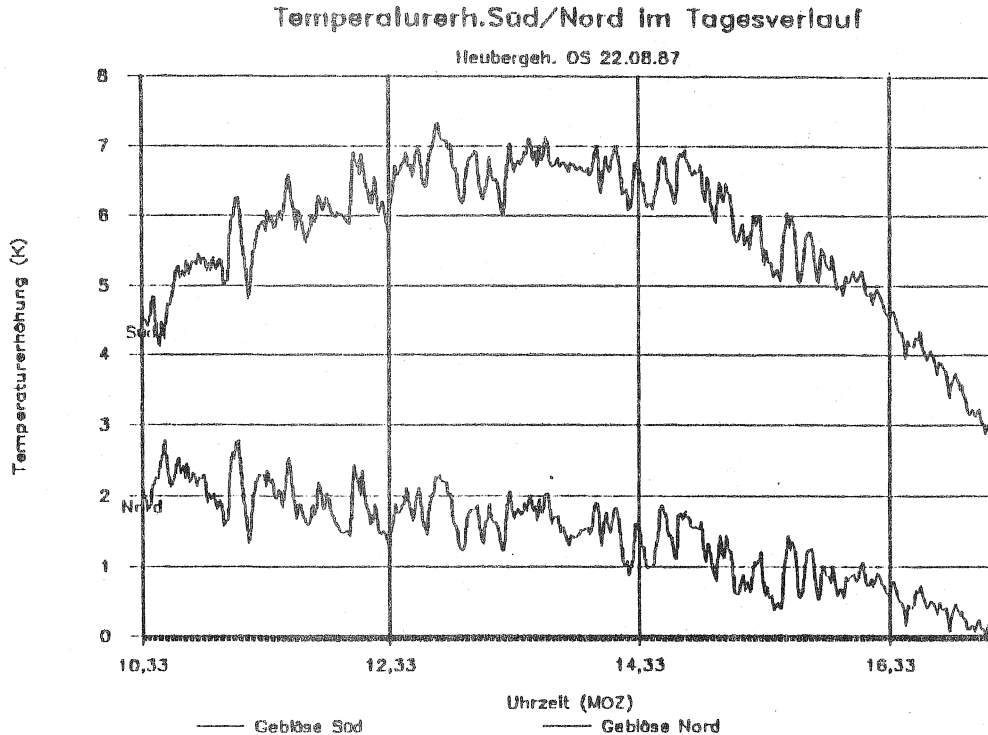


Abb. 20:

Auf der X-Achse ist hier die Ortszeit des Standortes dieser Heubergehalle angegeben, der in Abb.20 dargestellte Verlauf ist am 22.08.1987 zwischen 10.33 Uhr und rd. 17.00 Uhr aufgenommen worden.

Analog dazu zeigt die Abb.21 den auf die projizierte Dachfläche bezogenen Verlauf des Austauschwirkungsgrades während dieses Zeitraumes, getrennt nach Süd- und Nordgebläse.

Daraus ist abzuleiten, daß sowohl der Austauschwirkungsgrad als auch die Temperaturerhöhung der Trocknungsluft bei dieser Anlage für das "Südgebläse" generell wesentlich über den analogen Werten des "Nord-Gebläses" liegen, wenn beide Gebläse gleichzeitig laufen. Ist nur ein Belüftungsgebläse in Betrieb, sind keine Unterschiede in diesen Werten festzustellen, gleichgültig, ob das "Süd-Gebläse" oder das "Nord-Gebläse" in Betrieb sind.

Damit lassen sich aus den Meßdaten zur Dachraumabsaugung folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Für alle untersuchten Anlagen gilt, daß trotz der festgestellten relativ großen Schwankungsbreiten der Austauschwirkungsgrad der Dachraumabsaugung in der Tendenz mit steigendem Luftdurchsatz ansteigt. Dies ist nicht nur auf die damit verbundene höhere Strömungsgeschwindigkeit in dem Hohlraum der Dachraumabsaugung zurückzuführen (aufgrund der Dimensionierung dieses

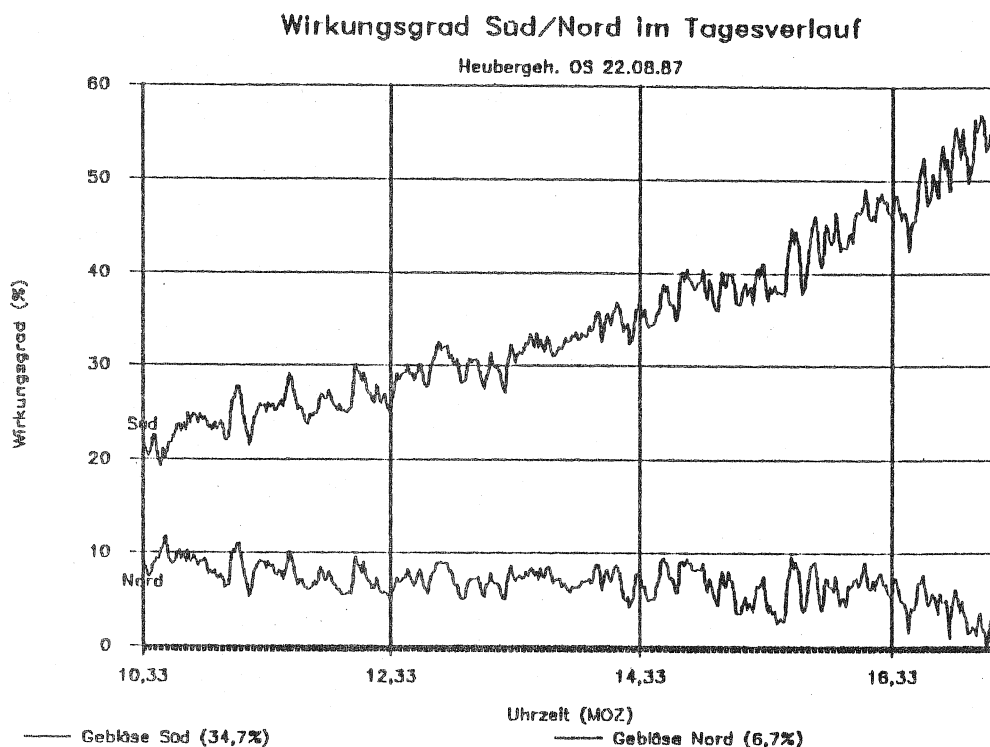


Abb. 21:

Hohlraumes wurden auch bei max. Luftdurchsatz theoretische Durchschnittsgeschwindigkeiten von 3,5 m/s. kaum überschritten), sondern auch auf die Verringerung "Falschluffanteils" bei höheren Luftdurchsätzen.

So konnte z.B. durch Rauchversuche nachgewiesen werden, daß bei extrem niedrigen Luftdurchsätzen nahezu die gesamte angesaugte Luftmenge durch Undichtigkeiten in der Dacheindeckung im Bereich bzw. in unmittelbarer Nähe des Sammelkanals nachströmte und nicht den dafür vorgesehenen Weg über die gesamte Gebäudelänge nahm. Bei höheren Luftdurchsätzen verringerte sich dieser "Falschluffanteil" entsprechend und der größte Teil der angesaugten Luftmenge bewegte sich, wie konstruktiv vorgesehen, unter der Dachhaut in Gebäude-Längsrichtung.

Aufgrund dieser Beobachtungen ist davon auszugehen, daß eine "dichte" Dacheindeckung, wie z.B. eine Eindeckung mit Welleternitplatten oder eine ähnliche Konstruktion höhere Austauschwirkungsgrade erwarten läßt als wir sie festgestellt haben.

Analog dem Austauschwirkungsgrad ist auch die pro m² projizierte Dachfläche zu nutzende Wärmeenergie umso höher, je mehr das Gebäude mit seiner Längsachse in Nord-Süd-Richtung steht. Überall dort, wo das Gebäude so gestellt werden kann, daß seine Längsachse möglichst genau in Nord-Süd-Richtung steht, sind daher auf jeden Fall beide Dachhälften mit einer Dachraumabsaugung zu versehen.

Bei einer Lage des Gebäudes in Ost-West-Richtung bzw. bei nur einer geringfügigen Abweichung davon erscheint die Anbringung einer Dachraumabsaugung auf der nach Norden zeigenden Dachhälfte wenig sinnvoll.

Weiterhin kann aufgrund der in den Abb.18 und 19 wiedergegebenen Ergebnisse festgestellt werden, daß die Nutzung der auf die Dachfläche eingestrahlten Sonnenenergie zur Luftvorwärmung für die Heubelüftung oder für ähnliche Zwecke nur dort sinnvoll ist, wo während der Erntekampagne i.d.R. praktisch Windstille herrscht bzw. nur geringe Windgeschwindigkeiten auftreten. Dies ist normalerweise der Fall z.B. im gesamten Süddeutschen Raum, speziell im Voralpengebiet, nicht aber in Gegenden wie z.B. der Norddeutschen Tiefebene oder auch den Niederlanden. Hier können zwar spezielle, besonders "dichte" Dacheindeckungen gewisse graduelle Verbesserungen des Austausch-

wirkungsgrades bringen, es muß jedoch aufgrund der durchgeführten Untersuchungen bezweifelt werden, ob eine in dieser Weise mögliche Verbesserung in derartigen Gebieten zu einer sinnvollen Nutzung der Dachraumabsaugung führen kann.

Im Sinne einer Erzeugung von Heu hoher Qualität war das Vorhaben durchaus erfolgreich. Obwohl damit das Witterungsrisiko während der Heuernte nicht vollständig ausgeschaltet werden kann, kann unter Berücksichtigung der zu Abb.2+4 gemachten Bemerkungen der Schnittzeitpunkt gegenüber der sonst üblichen Heuernte vorverlegt werden.

Folgerichtig konnten wir auch bei vereinzelt durchgeführten Nährstoffanalysen von dem in den Demonstrationsanlagen getrockneten Heu Nährstoffkonzentrationen bis in eine Größenordnung von etwa 560 bis 580 Stärkeeinheiten/kg Trockensubstanz feststellen. Diese ist eine Größenordnung, wie sie z.B. auch bei der künstlichen Trocknung zur Grünfutterherstellung vorkommt. Allerdings darf nicht verschwiegen werden, daß entsprechend "spät" geschnittenes Heu unter ungünstigen Erntebedingungen auch erheblich niedrigere Nährstoffkonzentrationen aufwies.

Literatur:

1. -Anonym- : Qualitätsheugewinnung durch Belüftungstrocknung in voll mechanisierter Futterhalle mit befahrbarem Rost - eine Alternative. Informationsblatt des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt, Stuttgart, 1977.
2. Bischoff, Th., Meuther, R., Wandel, H.: Zur Mechanisierung der Entnahme und Vorlage von Heu. Landtechn. 34. Jhrg. (1979). S.554+559.
3. Maurer, K.: Heubelüftung bei hohen Einlagerungsfeuchten. In: Heu und Silage von der Ernte bis zur Krippe. KTBL-Schrift Nr. 247, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), Darmstadt, 1982, S.75+83.
4. Zimmer, E.: zit.nach Wieneke, F.: Probleme der Halmfütterernte und -Konservierung. Grundl. Landtechn. Bd.16 (1966), S.9+17.

Neue Entwicklungen bei der Nachtrocknung und Silierung von Großballen

Dr. Heinz Schulz

Während die Großballentechnik bisher einen besonderen Schwerpunkt bei Stroh hatte, ist in letzter Zeit ein vermehrtes Interesse der Praxis zu verspüren, Großballenpressen auch in Heu und Anwelksilage einzusetzen.

Bei der Bergung von bodengetrocknetem Heu besteht jedoch bekanntlich die Schwierigkeit, daß Preßgut nur bei Einfahrfeuchten unter 18 % sicher und ohne Gefahr der Erhitzung und Schimmelbildung lagerfähig ist. Demgegenüber kann Ladewagengut bei lockerer und luftiger Einlagerung notfalls schon mit 20 bis 22 % Feuchte eingefahren werden, insbesondere, wenn es sich um kleinere Mengen handelt. Dies bedeutet, daß hochdruck- und großballengepreßtes Heu meist einen Tag länger auf der Wiese bleiben muß, wodurch Bröckelverluste und Wetterrisiko steigen.

Die Praxis hat diese Zusammenhänge erkannt und in den letzten Jahren in zunehmendem Umfang Anlagen zur Nachtrocknung von Heu-Rundballen errichtet. Dabei wurde hauptsächlich auf die Erfahrungen zurückgegriffen, die seit 12 Jahren an der eigenen Anlage in Kleinviecht gemacht wurden. Grundsätzlich kann man heute sagen, daß die Rundballentrocknung bei Beachtung einiger noch näher zu erläuternder Grundsätze geeignet ist, Qualitätsheu mit tragbarem Aufwand zu erzeugen. Hingegen konnte zur Nachtrocknung eckiger Großballen noch keine empfehlenswerte Lösung gefunden werden.

Es ist zwar vorstellbar, daß nicht zu dicht gepreßte Großpacken auf ähnliche Art in einer mit transparenter Folie abgedeckten Miete mit Solarwärmenutzung getrocknet werden können, wie es für Hochdruckballen versuchsweise mit gutem Erfolg erprobt wurde. Aber es gibt bei uns in Bayern noch zu wenig Großpackenpressen, die in Heu eingesetzt werden, so daß Versuche bisher nicht durchgeführt wurden.

Da nun von erfinderischen Praktikern immer wieder neue Vorschläge zur Nachtrocknung von Rundballen gemacht werden, soll hier nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Erzeugung der heute angestrebten guten Heuqualitäten durch folgende Maßnahmen nicht möglich ist:

- Liegenlassen feuchter Heurundballen auf der Wiese bis zum Verbrauch und Hoffen auf den vieldiskutierten "Heureutereffekt".
- Einschlagen von perforierten und mit Spitze versehenen Rohren in feuchte Ballen und Durchblasen oder Absaugen von Luft mit Kompressor oder Melkmaschine.
- Anlegen eines horizontalen Stapels von mehreren oder gar vielen Rundballen, die wie zum Silieren mit Folie eingeschlagen und verschnürt werden und Absaugen der Luft von einer Stirnseite durch die ganze Stapellänge mit Körnergebläse oder Vakuumfaß. So kann man höchstens heißgewordene Ballen kurzfristig kühlen, aber nicht systematisch trocknen.
- Stapeln von Rundballen mit einer Greiferanlage auf eine vorhandene Kastentrocknung für loses Heu und dabei die Ballen mehrlagig so versetzen, daß die Lücken zwischen den unteren Ballen immer von den oberen abgedeckt werden. Selbst bei sorgfältiger Arbeit geht einfach zu wenig Luft durch die Ballen und zu viel durch die Lücken.

Für eine erfolgreiche Rundballentrocknung ist hingegen nach den inzwischen vorliegenden Erkenntnissen die Beachtung folgender Voraussetzungen und Bedingungen erforderlich:

- 1) Durch die typische Art der kreisförmigen Schichtung der Heualme im Rundballen ist es sinnvoll, die Ballen vorwiegend in axialer Richtung, also von einer Stirnseite zur anderen zu belüften und weniger in radialer Richtung, also von der Ballenmitte zum Umfang hin (Abb. 1).

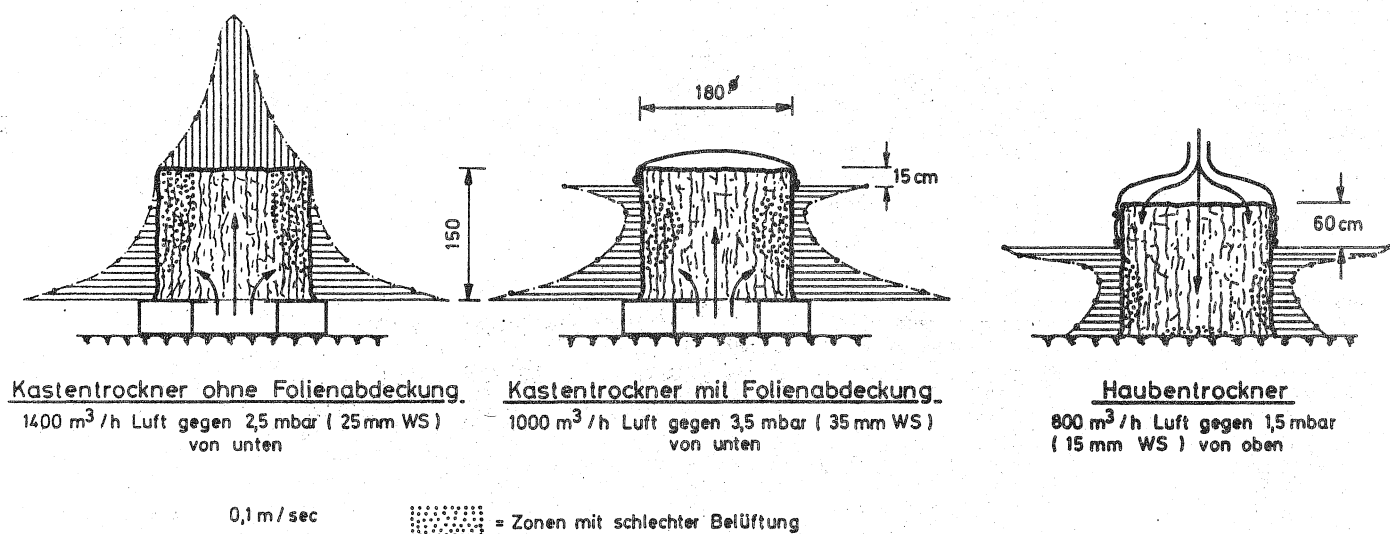


Abb. 1: Abluftgeschwindigkeiten bei der Unterdachtrocknung von Welger Rundballen (180 cm Ø, 150 cm lang) (Wiesenheu 2. Schnitt; 2 8 % Feuchte; Ballengewicht 550 kg; Durchschnittswerte mehrerer Messungen)

- 2) Jeder Ballen muß einzeln belüftet werden. Nur unter besonderen Voraussetzungen, wie grobstengeliges Material mit niedrigem Feuchtegehalt ist es möglich, zwei übereinanderstehende Ballen ausreichend zu durchströmen.
- 3) Die Mindestluftmengen sollten 500 bis 1000 m³ pro Ballen und Stunde betragen, je nach Ballengröße. Die Luft sollte auf 25 bis 40 °C angewärmt sein, je nach Außentemperatur und Ballenfeuchte.
- 4) Die anzustrebende Heufeuchte sollte normalerweise zwischen 25 und 35 % liegen (1,5 bis 2 Tage bei schönem Wetter anwelken) und nur in besonderen Fällen (Trocknung nur zur Hälfte gefüllt, Warmluft auch nachts verfügbar) zwischen 40 und 50 % 1 Tag lang anwelken.
- 5) Der Ventilator muß bei den zu fördernden Luftmengen einen Luftwiderstand von 10 - 30 mmWS, gemessen vorm Ballen überwinden. Hinzu kommt der Druckverlust der Luftkanäle, Verteilerrohre und der Wärmequelle. Unter günstigen Verhältnissen reichen Axiallüfter mit 200 - 300 W Anschlußleistung je Ballen. Bei langen, engen oder verwinkelten Luftwegen ist die Verwendung eines Radialventilators mit größerer Druckstabilität anzuraten.
- 6) Die Ballen dürfen nicht so fest gepreßt werden, wie bei Stroh oder Silage, sondern es sind Raumgewichte von 80 - 100 kg/m³ Trockengut anzustreben.

- 7) Aus Kostengründen sind Rundballentrocknungen als Satzrocknung und nicht als Lagerrocknung zu betreiben. Das heißt, wenn ein Satz nach 2 - 10 Tagen trocken ist, wird er mit dem Frontlader in den Lagerraum gestapelt, um Platz für die nächste Charge zu schaffen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß unter den bayerischen Klimaverhältnissen mit Luftkollektoren kombinierte Rundballentrocknungen vom ersten Schnitt 4 Sätze, vom zweiten Schnitt 3 Sätze und vom 3. Schnitt 2 Sätze bewältigen können, so daß die Anlage im Laufe eines Sommers 9 mal beschickt werden kann.
- 8) Es ist zu beachten, daß wie bei jeder anderen Satz- oder Ruheschichtrocknung auch, das Material schichtweise in Richtung des Luftstroms trocknet. Die Ballen dürfen daher erst dann von der Trocknung genommen werden, wenn die stark ausgeprägte Trocknungszone die ganze Ballenhöhe durchwandert hat. Um diesen Zeitpunkt zu erkennen, braucht man einige Erfahrung, da es immer noch keine preiswerte und praktikable Stechsonde zur Schnellbestimmung der Heufeuchte gibt.

Bei der Luftführung besteht die Möglichkeit, die senkrecht stehenden Ballen von unten oder von oben her zu durchströmen. Bei der Entwicklung der Rundballentrocknung wurde die Luft zunächst von unten her eingeblassen, wobei die Ballen auf einen mit Löchern versehenen Kanal gesetzt wurden. Hierbei traten jedoch sehr hohe Luftverluste und Zonen mangelhafter Durchströmung auf, was erst mit der Entwicklung des Haubentrockners, bei dem die Luft über den ganzen Ballen von oben her einströmen kann, verbessert wurde (siehe auch Abb. 1).

Während in Österreich einige Kanaltrocknungen laufen, bei denen man eine doppelt so hohe Gebläseleistung in Kauf nimmt, sind bisher alle in Bayern erstellten Heu-Rundballentrocknungen als Haubentrockner konzipiert (Abb. 2).

Zur Zeit gibt es in Bayern ca. 25 bekanntgewordene Anlagen mit Kapazitäten zwischen 2 und 30 Ballen; Anlagen mit bis zu 60 Ballen sind in Planung. Einige dieser Anlagen werden zusätzlich zur Trocknung von Getreide, Hülsenfrüchten und Holzhackschnitzeln eingesetzt (Abb. 3). Als Warmluftquelle wird hauptsächlich Solarenergie aus Luftkollektoren oder Dachraumabsaugung verwendet, in einigen Fällen kombiniert mit Abwärmenutzung von Dieselmotoren für den Ventilatorantrieb oder einer vorhandenen Heizung.

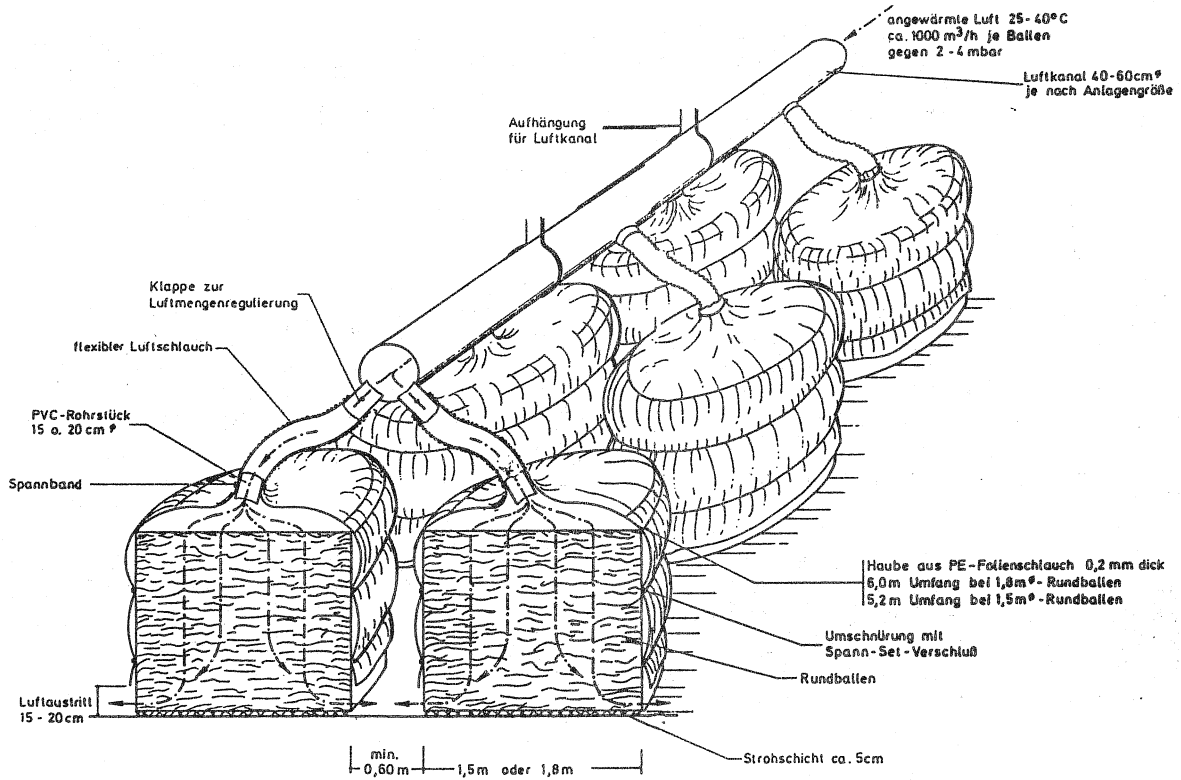


Abb. 2: Haubentrockner für Rundballen

LANDTECHNIK
WEHNSTEFAN
Dr. Schulz 1181/2W

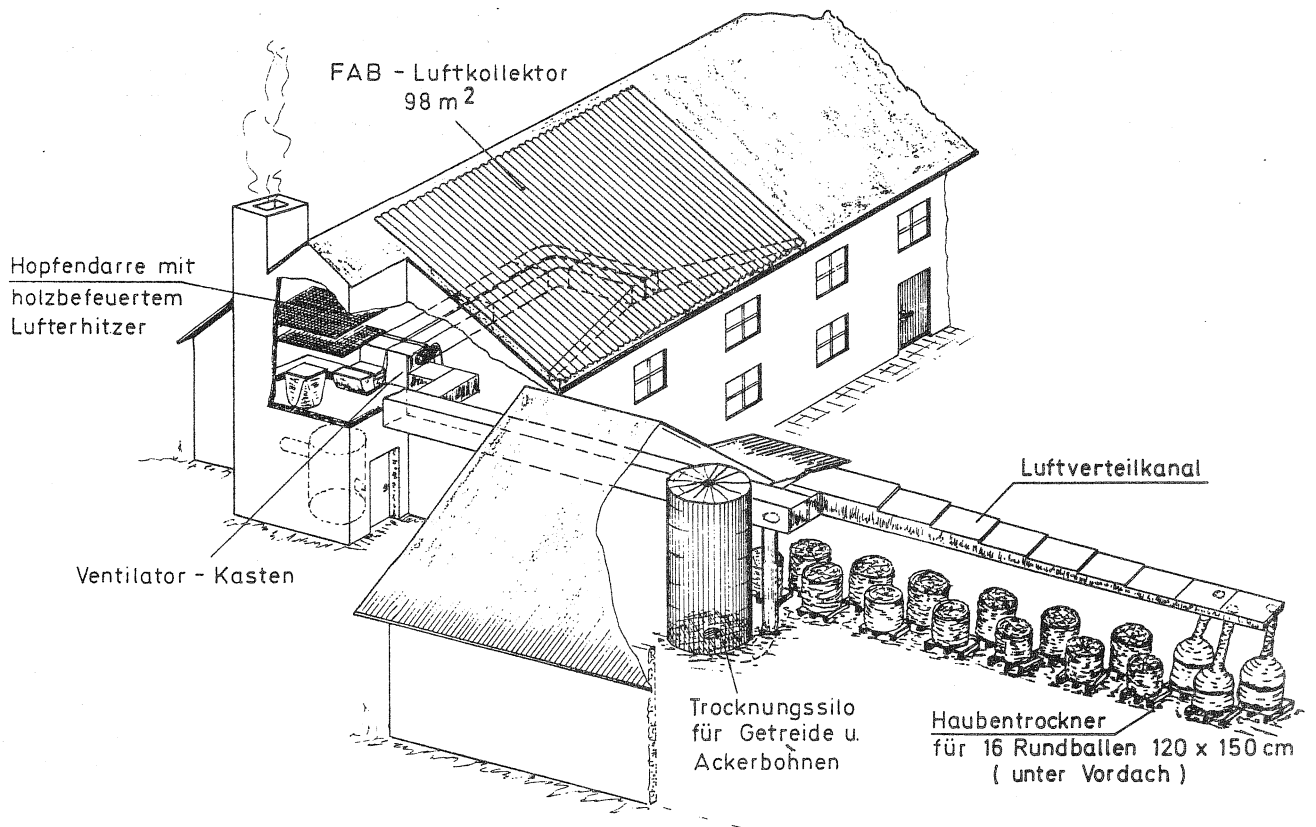


Abb. 3: Solartrocknung Bichlmaier/Wolfau für Heu, Getreide, Hopfen und Ackerbohnen

Während die älteren Rundballentrocknungen meist mit fest eingebauten Luftkollektoren versehen wurden, wird in letzter Zeit mehr und mehr mit dem Solarzelt gearbeitet (Abb. 4), weil hierbei ein sehr günstiges Preis-Leistungsverhältnis besteht. Außerdem können jetzt auch mobile und gebäudeunabhängige Trocknungsanlagen errichtet werden.

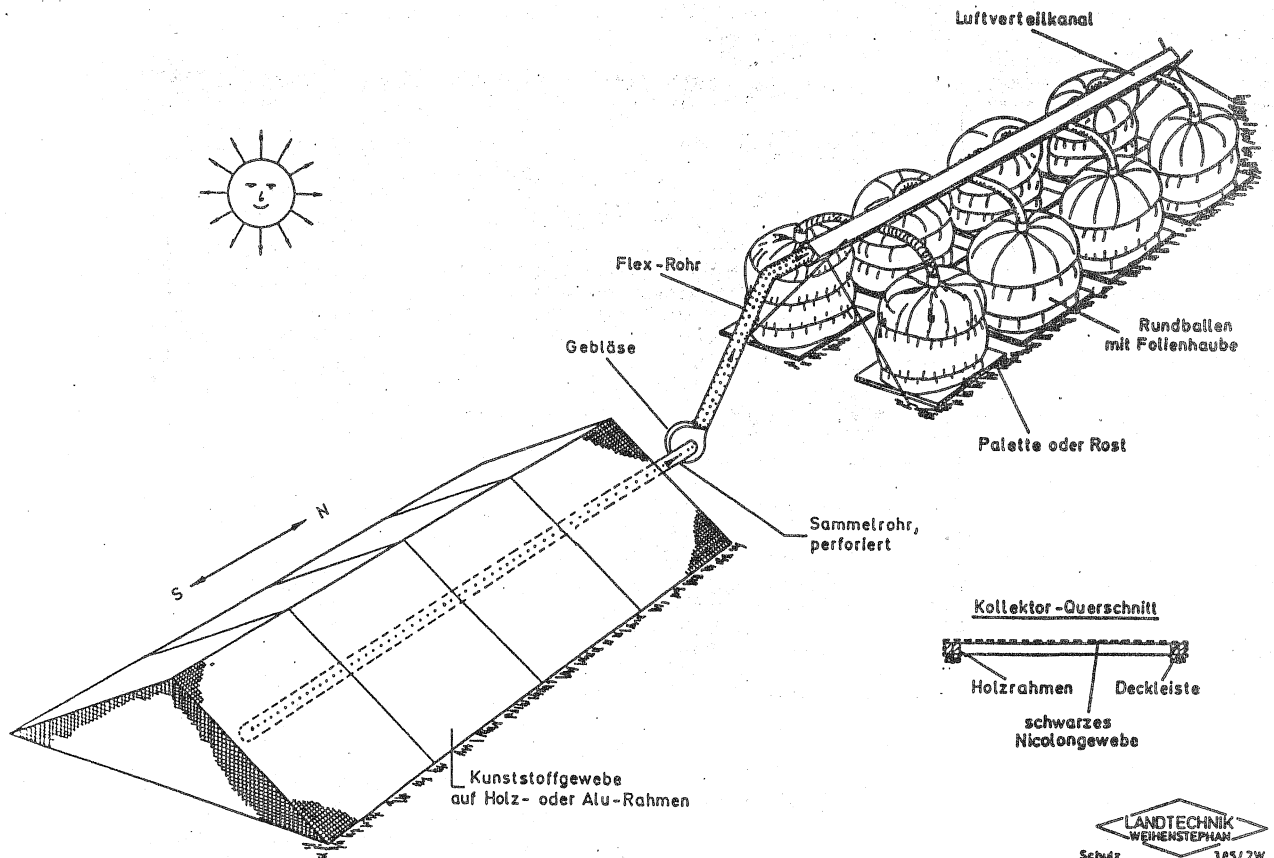


Abb. 4: Mobile Rundballentrocknung kombiniert mit Luftkollektor aus Kunststoffgewebe

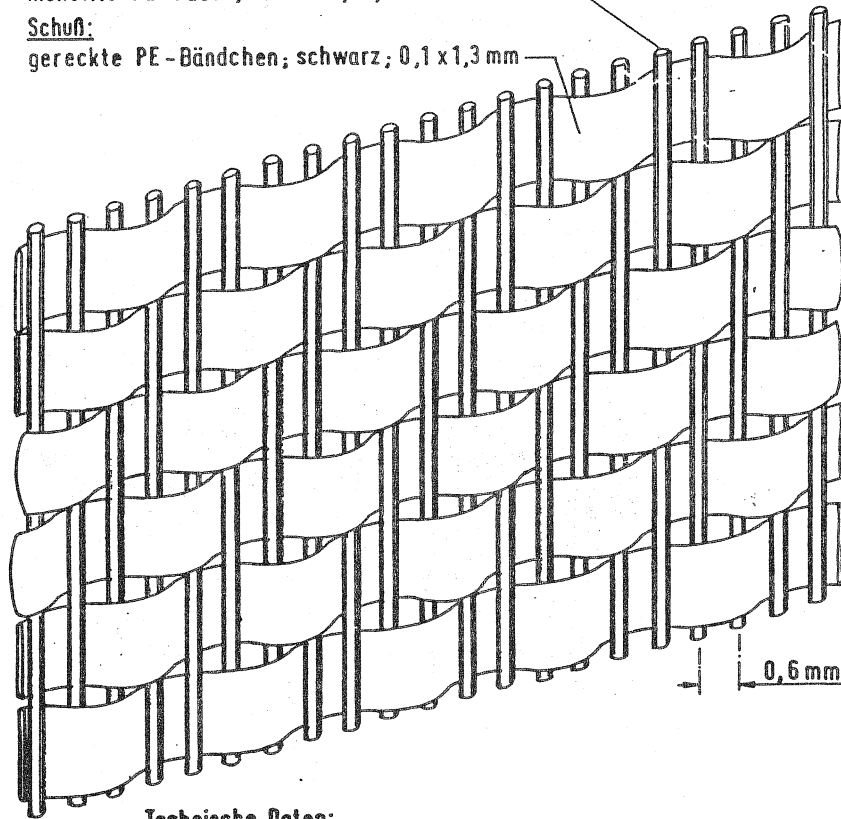
Beim Solarzelt wird als Luftabsorber ein schwarzes Nicolongewebe aus PE verwendet, das sehr luftdurchlässig, witterungsbeständig und selbstreinigend ist (Abb. 5).

Kette:

monofile PE-Fäden, schwarz; 0,25 mm^ø

Schuß:

gereckte PE-Bändchen; schwarz; 0,1 x 1,3 mm



Technische Daten:

Gesamtdicke: ca. 0,5 mm

Gewicht: 182 g/m²

Fertigungsbreite: 2,4 und 5 m

Zugfestigkeit in Längsrichtung (Kette): 2270 N/5cm

Querrichtung (Schuß): 1040 N/5cm

Bruchdehnung in Längsrichtung (Kette): 23 %

Querrichtung (Schuß): 30 %



Abb. 5: Nicolon Kunststoffgewebe 66 530 für Luftkollektoren
(stark vergrößert)

Es läßt sich vielseitig einsetzen und den örtlichen Gegebenheiten anpassen, wobei jedoch immer Außenluft direkt durch das Gewebe gesaugt wird (Abb. 6).

Messungen an Praxisanlagen ergaben, daß bei voller Sonneneinstrahlung von 900 bis 1000 W/m² Temperaturerhöhungen zwischen 8 und 25 K je nach Luftdurchsatz erreicht werden. Dabei liegen die Wirkungsgrade bei Windstille zwischen 30 und 60 %, wobei die untere Wirkungsgradgrenze für niedrige Luftdurchsätze unter 50 m³/m²/h oder starken Windeinfluß und die obere Grenze für hohe Luftdurchsätze über 100 m³/m²/h bei Windstille gilt. Aber nicht nur im Sommer, sondern auch im Herbst bei niedrigem Sonnenstand werden gute Leistungen erzielt, wie Messungen zu Anfang Oktober an der Anlage Häuser in Kagern ergaben (Abb. 7).

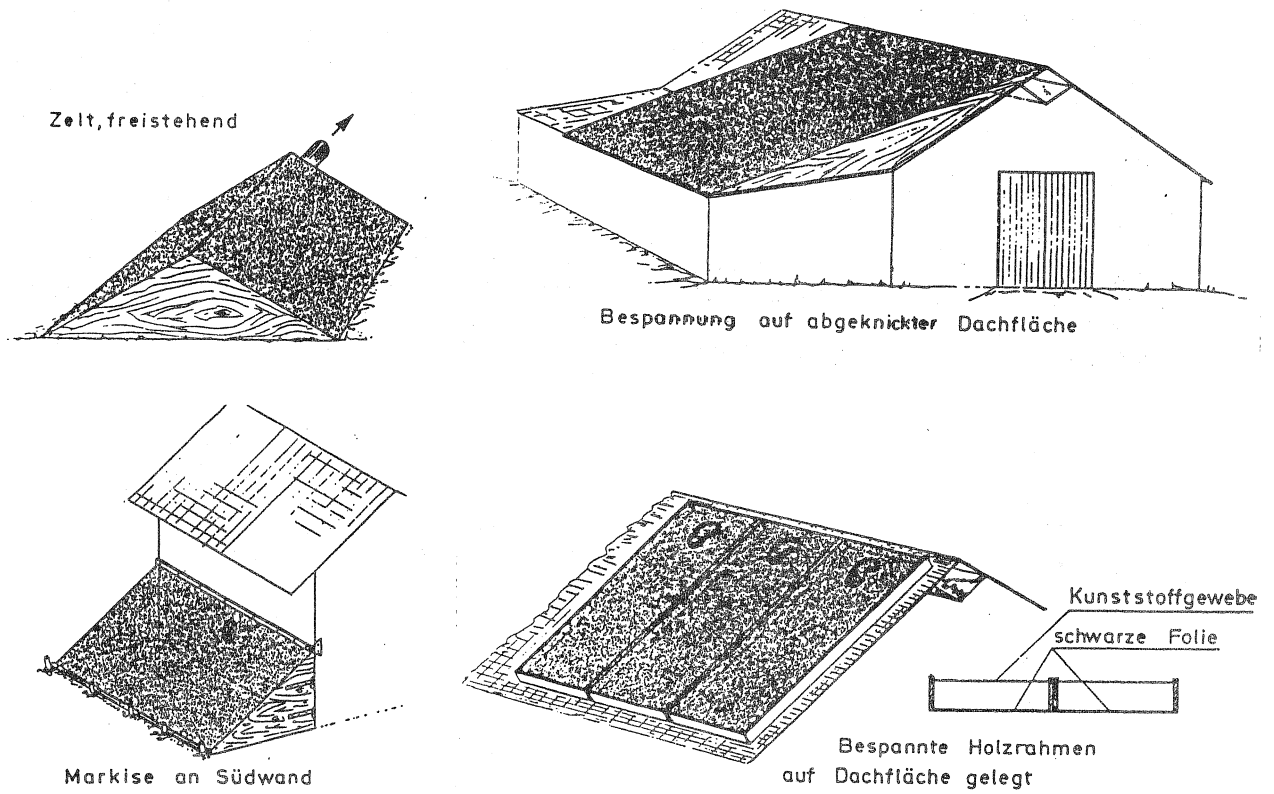


Abb. 6: Möglichkeiten zum Bau von einfachen, nicht abgedeckten Luftkollektoren aus Nicolon-Gewebe

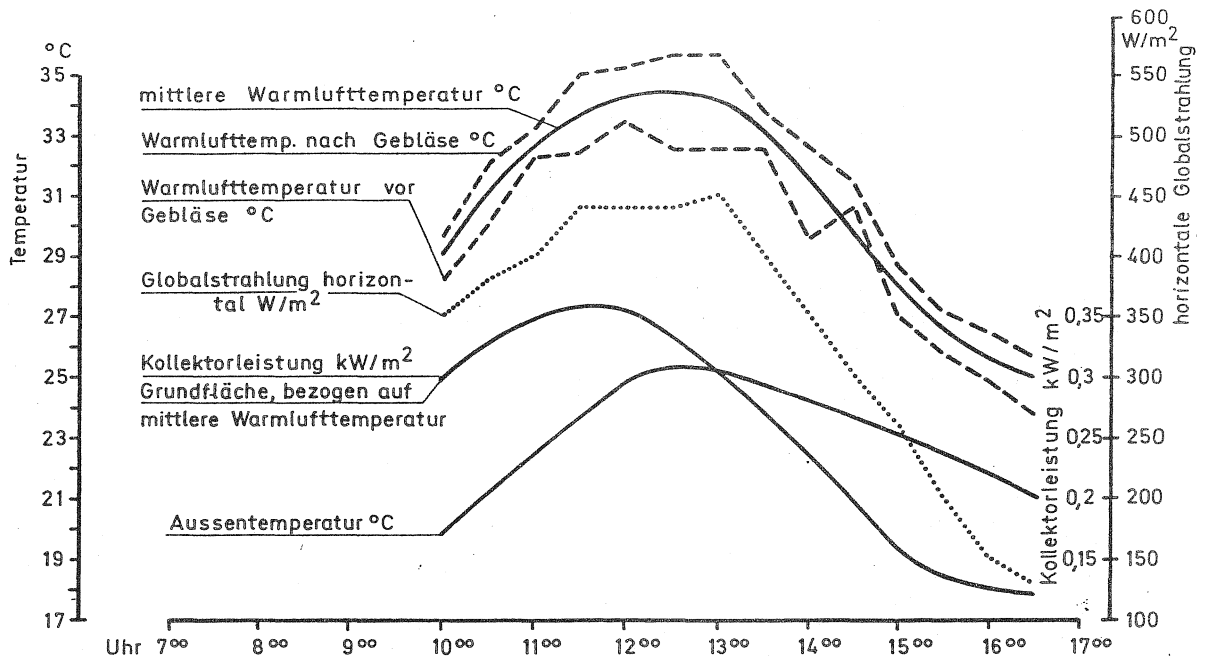


Abb. 7: Messungen am Solarzelt mit Kunststoffgewebe-Absorber ca. 90 m² Oberfläche, ca. 72 m² Grundfläche, 7200 m³ Luft/h (Betr. Häuser in Kagern) 3.10.85

Unter Prüfstandbedingungen wurde die Kennlinie eines Solarzelt-Absorbers bei unterschiedlichem Luftdurchsatz und Solarstrahlungsangebot aufgenommen (Abb. 8). Hier wurde bei einer relativ niedrigen Luftrate von $45 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ bei voller Sonneneinstrahlung eine Temperaturerhöhung von $25 - 26 \text{ K}$ erreicht. Bei einer Außentemperatur von $25 \text{ }^\circ\text{C}$ entspricht dies einer nutzbaren Warmlufttemperatur von ca. $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Aber auch bei geringeren Sonneneinstrahlungen ergeben sich gute Werte, beispielsweise wird bei $0,3 \text{ kW/m}^2$ Einstrahlung (heller, bewölkter Himmel, Sonne ist nicht zu sehen), eine Temperaturerhöhung von 12 K erreicht. Die Wirkungsgrade liegen bei diesem Luftdurchsatz mit $35 - 50 \%$ für einen derart einfachen und billigen Solarabsorber relativ hoch, wenn man bedenkt, daß das Kunststoffgewebe nur $\text{DM } 5,50/\text{m}^2$ kostet und ca. $8 - 10$ Jahre bei richtiger Handhabung hält. Erhöht man den Luftdurchsatz auf $80 - 110 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, ergibt sich durch die dann etwas geringere Temperaturerhöhung ein noch höherer Wirkungsgrad von $50 - 60 \%$.

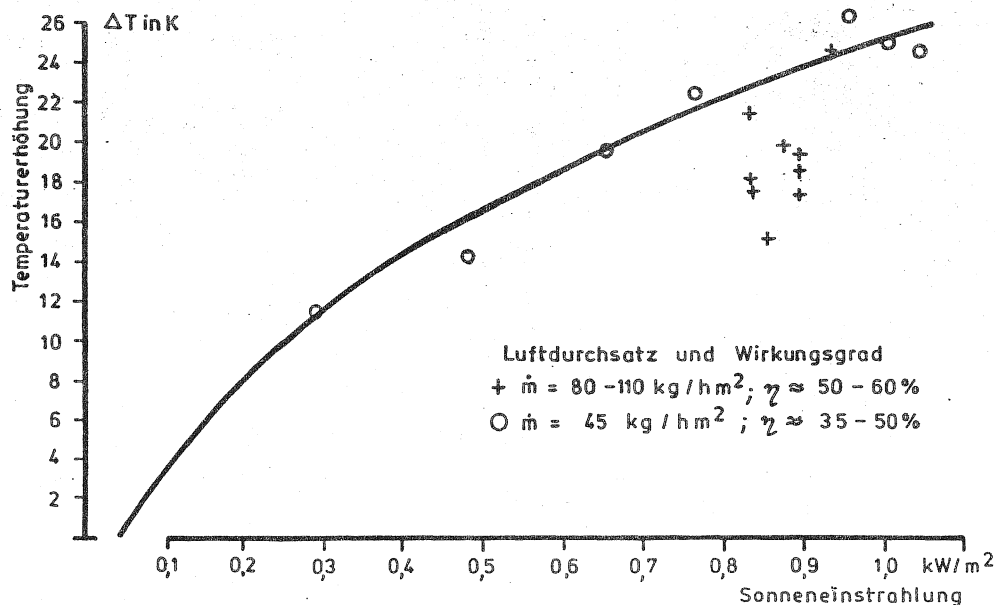


Abb. 8: Temperaturerhöhung und Kollektorwirkungsgrad bei einem Luftkollektor aus Nicolon-Gewebe (Kräutertrockner) in Abhängigkeit von der Intensität der Sonneneinstrahlung bei unterschiedlichem Luftdurchsatz, Wind $1 - 2 \text{ m/sec}$

Wie die Beispiele der Rundballentrocknungsanlagen Häuser/Kagern bei Eggenfelden und Kaindl, Schwifting bei Landsberg zeigen, lassen sich durch die Verwendung des Solarzeltes als Warmluftquelle und durch bauliche Selbsthilfe sehr preiswerte Rundballentrocknungsanlagen erstellen (Tab. 1). Aber auch einige kommerziell errichtete Anlagen laufen seit einigen Jahren zur Zufriedenheit ihrer Besitzer.

Zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs wurden an der Rundballentrocknung Bichlmeier/Wolfau bei Pfeffenhausen Messungen vorgenommen (Tab. 2). Es handelt sich um eine Anlage der Fa. FAB/Beuerberg mit Folienhauben, die durch Schnüre hochgezogen und herabgelassen werden können. Das Fassungsvermögen beträgt 16 Ballen mit $1,5 \text{ m}$ Durchmesser und $1,2 \text{ m}$ Länge. Dabei zeigte es sich, daß zum Aufsetzen der Ballen mit Frontlader eine Arbeitsperson reicht, während zum Überziehen der Hauben und Festgurten 2 Personen zweckmäßiger sind. Insgesamt wurde für einen Ballen eine Zeit von $4,5 \text{ min}$ und ein Zeitaufwand von $6,5 \text{ AP min}$ benötigt. Zur Entnahme der getrockneten Ballen und Einlagerung in eine Scheune mit einer Arbeitsperson wurden $2,5 \text{ min/Ballen}$ bzw. $3,5 \text{ AP min}$ gemessen.

Position	Betrieb	
	Häuser, Kagern (30 Ballen 120 x 120 cm)	Kalndl, Schwifting (18 Ballen 160 x 120 cm)
Ventilator (gebraucht)	2 x 1,7 kW radial DM 2.400,--	7,5 kW axial DM 800,--
Luftkanal + Verteilung	DM 1.250,--	DM 1.360,--
Folienhauben (Silosäcke) + Gurte	DM 710,--	DM 925,--
Solarzeit	72 m ² mit Holzunterkon- struktion DM 1.200,--	250 m ² über Ziegeldach gespannt DM 1.570,--
Materialpreis insgesamt	DM 5.560,--	DM 4.635,--
Arbeitszeit	85 Std	150 Std

Tab. 1: Kapitalaufwand für typische, im Selbstbau erstellte Anlagen zur Nachtrocknung von Heu-Rundballen (Haubentrockner)

Arbeitsgang	AP	min (gesamt)	AP min (gesamt)	min/ Rundballen	AP min/ Rundballen
I Beschickung					
1) Paletten legen	1	2	2	0,12	0,12
2) Ballen mit Frontlader auf- setzen	1	38,5	38,5	2,41	2,41
3) Hauben über- ziehen	2	11	22	0,69	1,38
4) Gurte spannen	2	21	42	1,31	2,62
		72,5	104,5	4,53	6,53
II Entnahme					
1) Gurte öffnen	1	3,9	3,9	0,24	0,24
2) Hauben ab- nehmen	2	16,7	33,4	1,04	2,08
3) Rundballen ent- nehmen und 30 m entfernt ein- lagern	1	18,9	18,9	1,18	1,18
		39,5	56,2	2,46	3,50

Tab. 2: Arbeitszeitmessung bei Beschickung und Entnahme einer Rundballentrocknung (Betr. Bichlmeier, Wolfau; 16 Rundballen, 150 cm Durchmesser, 120 cm Länge)

Auch wurden inzwischen einige Versuche zur Bestimmung der Futterqualität bei Rundballentrocknungen durchgeführt. In einem Fall gelang es, einen Vergleich zur Bodentrocknung zu ziehen (Tab. 3). Dabei zeigte es sich, daß es durch die Solartrocknung von Rundballen mit dem Haubentrockner möglich ist, das Heu auf nur 12 - 13 % Feuchtegehalt herunterzutrocknen, im Vergleich zur Bodentrocknung mit 20 %. Die Trocknungszeiten waren mit 7 Tagen bei den gegebenen Ausgangsfeuchten von ca. 50 und 32 % genügend kurz, um Schimmelbildung während der Trocknung zu vermeiden. Ein Teil der Ballen mit 32 % Feuchte wurde 6 Tage lang senkrecht auf Paletten stehend zwischengelagert, bis die Trocknung frei war, wobei keine meßbaren Verluste auftraten. Außerdem zeigte dieser Versuch, daß nur beim Anwelken Nährstoffverluste in Höhe von 7 % nach einem und 16 % nach 2 Tagen auftraten, nicht aber mehr während der Unterdach Trocknung. Demgegenüber erlitt das bodengetrocknete Heu 23 %. Hinzu kommen bei der Bodentrocknung aber noch zusätzliche, hier nicht erfaßte Bröckelverluste durch die längere Bewitterung und zusätzliche Wendevorgänge.

Botanische Analyse-Gras
(Lehrstuhl f. Grünland u.
Futterbau)

Gräseranteil 52 % (gewogen)
davon ca. 60 % Weisches Weidelgras
ca. 30 % Deutsches Weidelgras
ca. 10 % andere, wertvolle Futter-
gräser (Lieschgras, Goldhafer,
Wiesenschwingel)

Kleeanteil 48 % (gewogen)
davon ca. 55 % Rotklee
ca. 40 % Weißklee
ca. 5 % Hornklee

Proben-Nr.	Probenbezeichnung	TS (%)	Angaben in % der TS (Weender-Analyse)			StE/kg TS	
			Rohasche	Rohprotein	Rohfaser	absolut	%
I	Frischprobe, am 19.6.84 zwischen 7 ⁰⁰ -9 ⁰⁰ gemäht, gezettet, 2 x gewendet	18,3	8.1	14.8	24.6	628	160
II	19.6.84, 17 ⁰⁰ sehr gute Trocknungsbedingungen	33.5	8.0	14.4	25.6	587	93
III	20.6.84, 17 ⁰⁰ sehr gute Trocknungsbedingungen 5 Rundballen gepreßt - Rundballentrocknung	49.4	7.3	10.8	30.6	526	84
IV	21.6.84, 14 ⁰⁰ 1 x gewendet und 15 Rundballen gepreßt - Rundballentrocknung	68.2	7.5	9.9	31.8	511	81
V	26.6.84 Bodengetrocknetes Heu nach ca. 15 mm Regen	79.9	4.8	9.6	38.6	420	67
VI	27.6.84 Probe Nr. III nach Trocknung (20.6.-27.6.84)	87.4	7.9	10.6	29.9	536	85
VII	3.7.84 Probe Nr. IV nach Trocknung (27.6.-3.7.84) vom 21.6.-27.6. in Halle zwischengelagert	88.3	7.7	10.1	28.9	550	87

Der Rohfettgehalt wurde nach Angaben der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer für alle Proben mit 3 % angesetzt.

Tab. 3: Heutrocknungs-Versuch; Wiese Erlau bei Freising; Neuansaat; 1. Schnitt

Grundsätzlich kann man zur Nach Trocknung von Rundballen heute sagen, daß ein ausreichender Erkenntnisstand vorliegt um preiswerte und funktionsfähige Anlagen planen, bauen und betreiben zu können die mithelfen, das Wetterrisiko und Verluste zu mindern und die Heuqualität zu verbessern.

Aber auch zum Silieren von Großballen gibt es Neues und Erfreuliches zu berichten. Wie bekannt ist, konnte das Silieren von Rundballen in Folien-säcken und auch die sogenannte Großpackensilage eine gewisse örtliche Bedeutung erlangen und zwar vor allem dort, wo sich Maschinenringe oder Lohnunternehmer darauf eingestellt haben. Daß diese Verfahren sich nicht stärker durchsetzen konnten, liegt an dem doch umständlichen und arbeit-saufwendigen und nicht ganz risikofreien Verpacken von Rundballen und dem hohen Preis und Kraftbedarf der Großpackenpressen.

Nun kommt ein neues Verfahren, das die wichtigsten Nachteile der Großballensilage vermeidet und auch einige Vorteile gegenüber den Flach- und Folien-silos aufzuweisen hat, hinzu: Das Silawrap- oder Folienwickelverfahren. In den USA, England und Skandinavien hat dieses Verfahren schon große Bedeutung erlangt.

Es werden fest gepreßte Rundballen aus Grasanwelksilage durch spezielle Maschinen mit einem relativ dünnen und ca. 50 cm breiten Stretchfolienstreifen mehrlagig und ganzflächig so eingewickelt, daß ein enganliegender, weitgehend luftdichter Abschluß entsteht (Abb. 9). Die Maschinen können sowohl auf dem Feld, als auch am Hof eingesetzt werden und die eingewickelten Ballen entweder schon auf den Silierplatz, oder zum Weitertransport mit Frontlader und Wagen ablegen. Bei Frontladerarbeit wird eine Gabel verwendet, bei der die Ballen nicht angestochen, sondern mit 2 Kufen unterfahren werden.

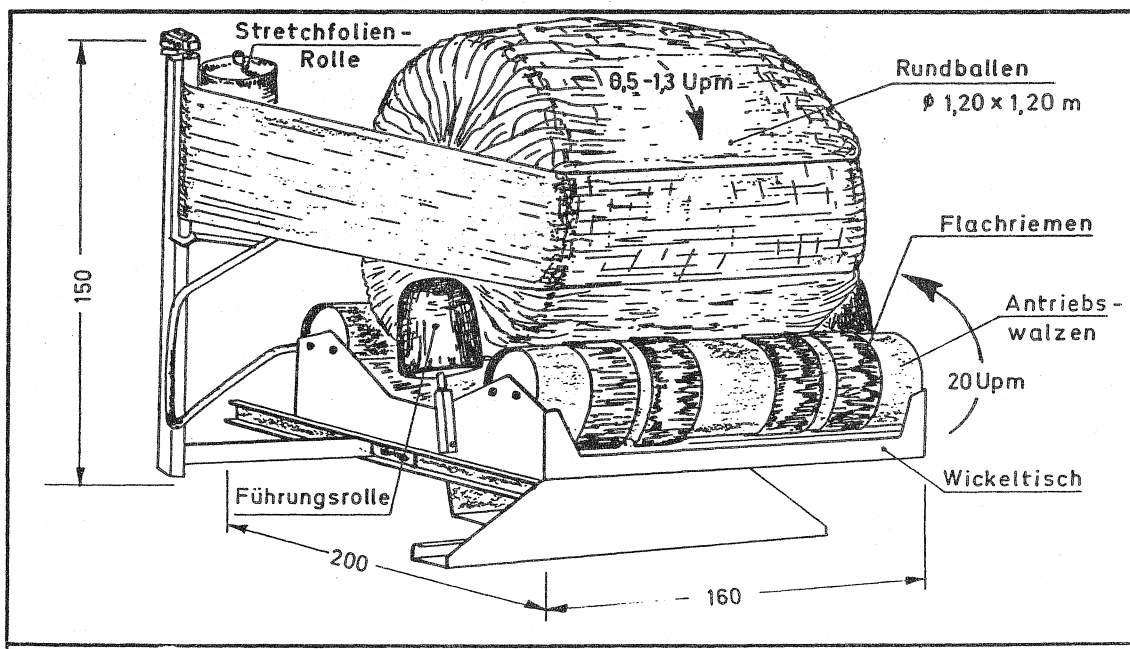


Abb. 9: Kverneland-Rundballenwickelmaschine für Heckenbau mit Frontladerbeschickung

Gegenüber dem bisherigen Silieren von Rundballen in Säcken oder Schlauchfolie ergibt sich eine wesentliche Verringerung des Arbeitsaufwandes und Gärrisikos. Statt 3 sind nämlich nur noch 1 - 2 Arbeitskräfte nötig. Die dichtanliegende Stretchfolie flattert nicht im Wind und bei kleineren Beschädigungen der Abdeckung kann die Luft nicht in den ganzen Ballen eindringen, sondern nur örtliche Schimmelbildung verursachen. Außerdem ist der Folienverbrauch wesentlich geringer, wie noch zu sehen sein wird. Aber auch gegenüber den konventionellen Flach- und Foliensilos sind Vorteile zu verzeichnen.

Vorteilhaft sind vor allem folgende Besonderheiten:

- Es lassen sich auch kleinere Futtermengen problemlos silieren.
- Ein zeitraubendes Festwalzen mit Schlepper oder Radlader entfällt und es gibt keine Verschmutzung des Futters durch Walzschlepper und Wagen.
- Das Futter kann sofort nach dem Pressen eingewickelt und luftdicht verschlossen werden und ist nicht längere Zeit dem Luftzutritt ausgesetzt.

- Man hat eine gute Übersicht über die silierte bzw. noch zum Verbrauch verfügbare Menge.
- Zum Stapeln der eingewickelten Rundballen läßt sich viel leichter ein geeigneter und erforderlichenfalls auch weniger auffälliger Platz finden, als bei der Anlage großflächiger Foliensilos.
- Zur Entnahme und Fütterung sind keine Spezialgeräte (Siloblockschneider, Fräsen) erforderlich.
- Es können auch kleine Mengen entnommen werden, ohne daß der Rest durch Nachgärung gefährdet ist.

Als nachteilig lassen sich folgende Punkte aufführen:

- Das Silawrap-Verfahren erfordert eine Spezialmaschine, die meist nur durch gut organisierten, überbetrieblichen Einsatz sinnvoll ausgelastet werden kann.
- Überständiges oder stengeliges Futter (Luzerne-, Klee gras) kann nicht durch Schneiden oder Häckseln zerkleinert werden.
- Die Stretchfolie kann nicht wiederverwendet, sondern nur wiederverwertet werden.
- Die Folie von Rundballensilage-Stapeln ist durch die größere Oberfläche eher Beschädigungen durch Tier und Mensch ausgesetzt, als bei massiven Fahrsilos.
- Es kommt nur gut angewelktes Futter infrage, bei dem kein Sickersaft anfällt. Rübenblatt, Mais und wasserreiche Zwischenfrüchte sind nicht geeignet.

Trotz dieser Einschränkungen ist ein zunehmendes Interesse der Praxis zu verspüren und es gibt schon einige Betriebe, die sich vollständig auf dieses Verfahren umgestellt haben, obwohl noch weitere Verbesserungen möglich erscheinen.

Bei uns werden zur Zeit zwei Fabrikate angeboten: Kverneland/ Underhaug und Strema. Beim ersten System, das an der Landtechnik Weihenstephan nun im 3. Jahr erprobt werden konnte, wird der liegende Ballen auf einer aus 4 umlaufenden Bändern gebildeten Plattform gesetzt, die zusätzlich noch um eine senkrechte Achse rotiert (siehe auch Abb. 9). Beide Bewegungen sind so aufeinander abgestimmt, daß die in waagerechter Richtung von der Rolle abgezogene Strechfolie mit 2- bis 5-facher Überlappung in einer planeten-förmigen Bahn aufgewickelt wird. Eine Bremseinrichtung an der Folienrolle dehnt die Folienbahn um 50 - 100 %, so daß sie wie eine Schrumpffolie fest am Ballen anliegt und sogar noch dessen Kanten abrundet. Die Folie wird von Hand angelegt und abgerissen, wozu neben dem Schlepperfahrer meist eine zweite Person dabei ist. Den fertig gewickelten Ballen kippt die Maschine hydraulisch ab.

Es gibt die Kverneland-Maschine in verschiedener Ausführung. Die einfachste wird in der Dreipunktaufhängung des Schleppers betrieben, mit Frontlader beschickt und kostet zur Zeit ca. 11.800 DM + MWSt. Eine Ausführung mit eigenem Fahrwerk für Schlepperanhangung und Hubgabel zur selbständigen Beschickung kommt auf ca. 18.900 DM. Bis Oktober 88 wurden schon 176 Maschinen im Bundesgebiet verkauft.

Die erste deutsche Maschine wurde von der Fa. Strema (Stretchmaschinenbau) in Sulzbach-Rosenberg entwickelt, wobei auch Vorschläge der Landtechnik Weihenstephan berücksichtigt wurden. Diese in der Dreipunktaufhängung angebrachte und vollhydraulisch angetriebene Maschine zeichnet sich dadurch aus, daß der Ballen nur in der Längsachse rotiert, während ein beweglicher

Wickelarm die Folienrolle in einer waagerechten Kreisbahn um den Ballen abspult (Abb. 10). Der am Boden liegende Ballen wird durch zwei kufenförmig ausgebildete Rollen angetrieben. Neuerdings kann der Abstand der Rollen je nach Ballendurchmesser verstellt werden.

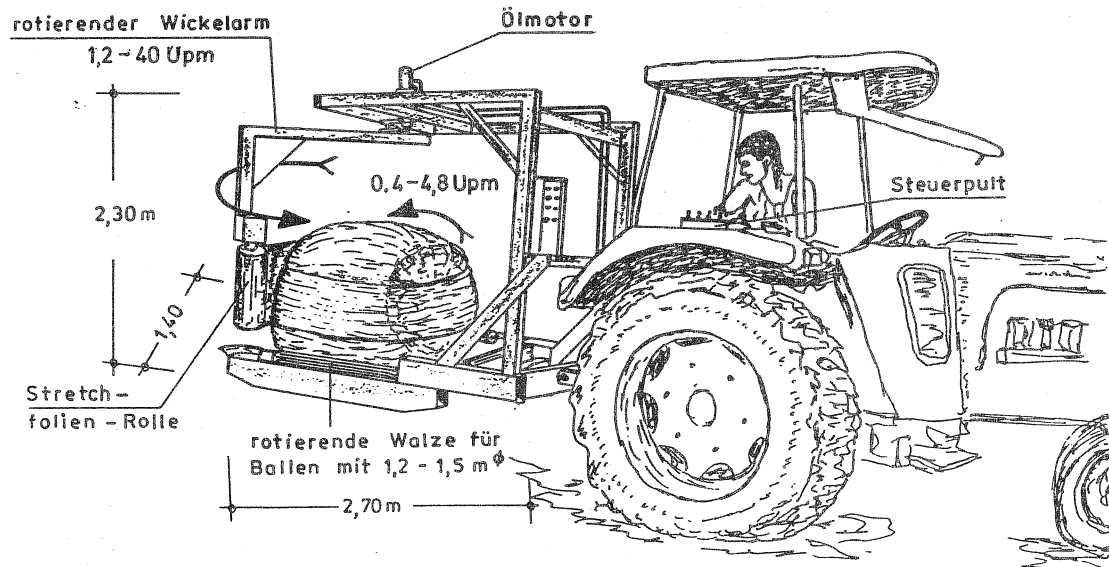


Abb. 10: Strema-Rundballenwickelmaschine für Heckanbau und Bedienung durch Schlepperfahrer

Neben dem sogenannten Halbautomaten, bei dem das Anlegen und Abtrennen des Folienbandes von Hand (Schlepperfahrer oder 2. Person) erfolgt und der ca. 13.000 DM kostet, baut Strema auch einen Vollautomaten für 23.000 DM, bei dem alle Arbeitsvorgänge vom Schleppersitz bzw. elektronisch-hydraulisch gesteuert werden. Diese Ausführung wird empfohlen, wenn mehr als 1000 Ballen pro Jahr gewickelt werden müssen. Strema hat in einer 0-Serie bis jetzt 22 Maschinen gebaut und ist wie Kverneland auf großes Interesse der Praxis gestoßen.

An die Stretchfolien, die nur 0,025 bis 0,03 mm dick und schwach mit Haftkleber beschichtet sind, müssen hohe Anforderungen in Bezug auf Reißfestigkeit, Reißdehnung, Rückstellvermögen, UV-Stabilität, physiologische Unbedenklichkeit und Gleichmäßigkeit der Fertigung gestellt werden. Hier ist sicherlich noch nicht der endgültige Qualitätsstandard bekannt und erreicht.

Nun zu den Erfahrungen und Messungen mit diesem neuen Verfahren: Das zu silierende Gras sollte nach Möglichkeit einen Trockenmassegehalt zwischen 40 und 60 % haben, also bei schönem Wetter einen Tag angewelkt werden. Ballen aus zu feuchtem Futter werden zu schwer, verformen sich und geben Sickersaft ab. Bei zu trockenem Material steigt das Gärrisiko, wenn Luft Zutritt.

Grundsätzlich lassen sich sowohl Ballen von Konstantkammerpressen (deutsches System) als auch von Variokammerpressen (amerikanisches System) verwenden, wenn sie ausreichend stark verdichten können. Raumgewichte von ca. 330 kg/m³ Silogut bei 50 % Trockenmassegehalt bzw. ca. 165 kg/m³ TM sind möglich, das kommt fast an die mittleren Raumgewichte eines gut festgewalzten Fahrtilos heran. Solche Ballen wiegen 440 kg bei 120 cm Länge und 120 cm Durchmesser und 700 kg bei 120 cm Länge und 150 cm Durchmesser (Tab. 4). Nicht alle Pressen erreichen eine so starke Verdichtung, insbesondere kann es Probleme bei Typen mit hydraulischer Verriegelung der Heckklappe geben. Ballen mit

160 cm Durchmesser sind nur unter besonderen Verhältnissen geeignet, solche mit 170 oder gar 180 cm Durchmesser zumindest vorerst nicht. Es sollte möglichst mit Garn gebunden werden, da Ballen mit Netzbindung sich ausdehnen und dadurch lockerer werden.

Geeignete Ballengröße (Ø / Länge m)	1.20 x 1.20	1.50 x 1.20
Ballengewicht (kg)	450	700
Raumgewicht: Anwelkgut 50 % TN (kg/m ³)	330	330
Trockenmasse (kg/m ³)	165	165
Folienverbrauch (kg) Je Rundballen bzw. m ³ bei 0,03 mm Foliendicke		
bei 2 Lagen	0.275/0.202	0.365/0.172
bei 3 Lagen	0.413/0.303	0.548/0.258
bei 4 Lagen	0.550/0.404	0.730/0.344
Folienkosten bei 7 DM/kg + MwSt.(DM)		
Je Rundballen	2.20 - 4.40	2.91 - 5.82
Je m ³	1.62 - 3.24	1.37 - 2.74

Tab. 4: Silieren von Rundballen in Stretch-Folie, Ballenabmessungen, Folienverbrauch und Folienkosten

Der Folienverbrauch hängt von der Ballengröße, der Vorstreckung (Dehnung) und vor allem von der Lagenzahl ab. Mit zwei Lagen sollte nur bei optimalem Futterzustand und kurzer Lagerzeit (z.B. weiches, richtig angewelktes Gras vom 2. o. 3. Schnitt) gearbeitet werden. 4 oder gar 5 Lagen können notwendig werden, wenn hartes, stengeliges Futter (Klee- oder Luzernegrass) vom 1. Schnitt lange lagern muß. In der Regel wird mit 3, höchstens 4 Lagen gearbeitet. Bei 3 Lagen und 120 x 120 cm Ballengröße liegt der Folienverbrauch bei 0,413 kg je Ballen bzw. bei 0,30 kg je m³. Bei 120 x 150 cm großen Ballen braucht man 0,548 kg je Ballen oder 0,258 kg je m³. Gegenüber dem bisherigen Silieren mit 0,16 mm dicken Foliensäcken, bei dem der Folienverbrauch zwischen 0,70 und 0,75 kg je m³ Silage liegt, kann also der Verbrauch um mehr als die Hälfte reduziert werden und liegt etwa im Bereich eines Folienfahrtilos mit 1 m Stockhöhe und 0,16 mm Foliendicke. Allerdings ist die Stretchfolie teurer als normale Silofolie, für die der Landwirt ca. 4 DM/kg zahlen muß. 1987 kostete Stretchfolie ca. 7 DM/kg. Durch die dann einsetzende Konkurrenz fiel der Preis 1988 auf 6 DM/kg und für nächstes Jahr rechnet man mit 5 DM/kg; dies dürfte aber vorerst die unterste Grenze sein. Man kann also sagen, daß das Stretchverfahren von Seiten des Folienverbrauchs her durchaus in einem tragbaren Kostenrahmen liegt. Außerdem sind die Stretchfolienabfälle grundsätzlich regenerierbar und es lassen sich Produkte daraus herstellen, die im ländlichen Bereich wieder mit Vorteil eingesetzt werden können.

Auch über Verfahrensleistung, Arbeitszeitbedarf und notwendige Schlepperstärke liegen inzwischen Erkenntnisse vor (Tab. 5). Bei der am meisten gewählten Ballengröße 120 x 120 cm kann man je nach Maschinenausführung 15 bis 25 Ballen/h einwickeln, wozu 1 - 2 Arbeitskräfte nötig sind. Die zu empfehlende Mindest-Schlepperstärke liegt zwischen 30 und 50 kW.

Mit den bisher erarbeiteten Ergebnissen lassen sich erste Kostenvergleiche zum bekannten Silieren von Rundballen in Säcken anstellen, die aber noch durch weitere Ergebnisse ergänzt und abgesichert werden müssen (Abb. 11). Es wird ersichtlich, daß je nach Ausführung und Preis der Maschine das Stretchverfahren ab einer jährlichen Auslastung von 300 bis 500 Ballen kostengünstiger ist, als die Sacksilage bei einmaliger Folienverwendung.

Setzt man eine zweimalige Nutzung der Folie voraus, die aber in der Praxis selbst bei bester Sorgfalt kaum zum Erreichen ist, sind beide Verfahren etwa kostengleich.

Ballen 1.20 m Ø x 1.20 m	Kverneland		Strema	
	mit Hebe- vorrichtung	mit Frontlader- Beschickung	Vollautomat	Halbautomat
Leistung (Ballen/h)	15	20	25	18
Erforderliche AK	1	2	1	1
Arbeitszeitbedarf (APmin/Ballen)	4	6	2,4	3,3
Arbeitszeitbedarf (APh/ha)	1,2	1,8	0,72	1,0
Ballenzahl/ha 1. Schnitt 80 dt/ha	17,8	17,8	17,8	17,8
Schlepperstärke (kW)	30	50	50	50
Anschaffungspreis (zuzüglich MwSt.)	18.860,—	11.788,—	23.000,—	13.000,—

Tab. 5: Silieren von Rundballen in Stretch-Folie, Kennwerte der untersuchten Maschinen

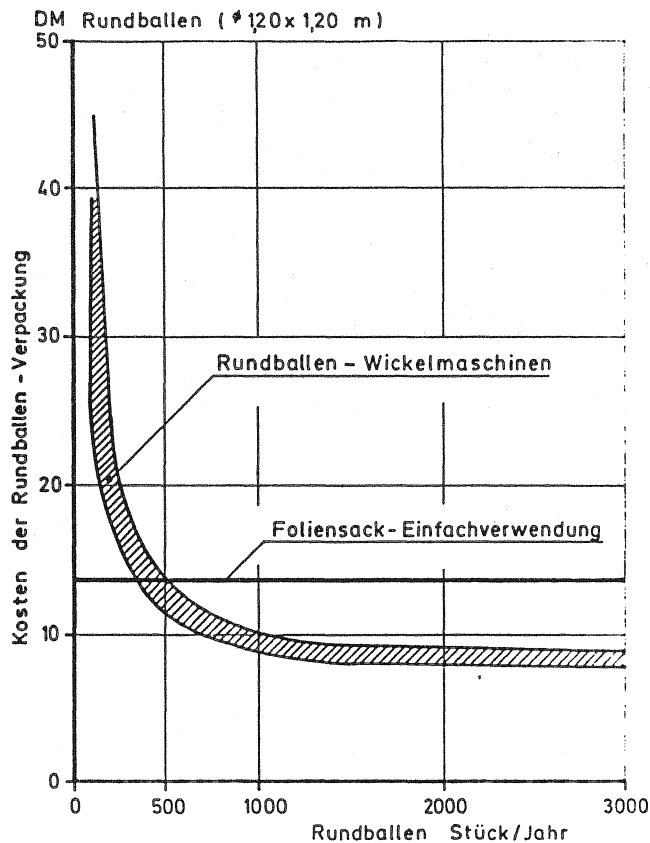


Abb. 11: Kosten der Folienverpackung von Rundballen (Arbeits-, Maschinen- und Folienkosten), ohne Preßkosten

Es hat sich weiterhin gezeigt, daß eine jährliche Einsatzmenge von 1000 Ballen leicht mit den halbautomatischen Maschinen zu erreichen ist, bei noch größeren Mengen erscheint eine vollmechanische Lösung günstiger.

Untersuchungen zur Silagequalität ergaben, daß das Silo-wrap-Verfahren gute Voraussetzungen, aber keine absolute Garantie zum Erreichen bester Silagequalitäten bietet. Bekanntlich kann jede Silage nur so gut werden, wie das Ausgangsmaterial. So spiegeln sich auch in den von uns gezogenen Proben, die von "sehr gut" bis "befriedigend" bewertet wurden, die Einflüsse des Ausgangsmaterials wieder. Wird das Futter im richtigen Zeitpunkt gemäht und ausreichend, aber nicht zu stark angewelkt, gut gepreßt und möglichst bald "eingestretcht", so ist die Sicherheit, eine gute Silagequalität zu erhalten, recht hoch. Dies gilt auch dann, wenn die Folie kleine Beschädigungen erleidet, denn der dort entstehende Schimmelfleck dichtet ab. Bei zu feuchter oder zu trockener, oder auch locker gepreßter und erst nach 1 bis 2 Tagen eingewickelten oder gar bei heiß gewordenen Ballen können wohl kaum 100 Fliegpunkte erreicht werden.

Das Verfüttern der Silage erfolgt bisher in der Praxis ohne größere Probleme von Hand; in besonderen Fällen kann man die Silageballen mit Rollpaletten über den Futtertisch schieben und verteilen. Grundsätzlich wäre es auch möglich, die Stretchmaschinen zum Auflösen und Verteilen der Silagerundballen einzusetzen.

Trotz der bisher recht erfreulichen und positiven Entwicklung bei diesem Verfahren sind doch noch einige Fragen offen und Probleme zu lösen. So ist beispielsweise zu klären, bis zu welcher Hangneigung die Maschinen sicher funktionieren. Auch müssen die Stretchfolien noch gleichmäßiger in der Qualität und möglichst auch besser UV-stabilisiert werden. Recht erfolgreich verliefen schon erste Versuche, den Arbeitskräfte- und Schlepperbedarf durch eine technische Neuentwicklung bei diesem Verfahren noch weiter zu reduzieren.

Obwohl zu erwarten ist, daß beim Silieren von Rundballen in Stretchfolie noch erfolgversprechende Neu- und Weiterentwicklungen erfolgen, kann dieses Verfahren der Praxis schon empfohlen werden, wenn die geschilderten Voraussetzungen eingehalten werden. Dann kann es die bestehenden Silierverfahren sicherlich ergänzen oder zum Teil ersetzen und mithelfen, Arbeit, Verluste und Kosten zu sparen.

Silofolien und -abdeckungen sowie Schutzmaßnahmen bei Beton-Flachsilos

Dr. Gerhard Englert

1. Einleitung

Die betriebsinterne Herstellung von Gärfutter ist heute ein wesentlicher Bestandteil der tierischen Produktion. Als Silo hat sich dabei das Flachsilos, zu seiner Ausführung der Baustoff Beton weitgehend durchgesetzt. Beim Bau und Betrieb von Beton-Flachsilos sind Schutzmaßnahmen in drei Richtungen vorzusehen:

- Schutz des Gärfutters vor Luftzutritt,
- Schutz des Betons vor Gärsäuren,
- Schutz des Grundwassers vor Gärssaft.

Um im Gärfutter die anaerobe Gärung, d.h. die ohne Sauerstoff ablaufende Milchsäuregärung in Gang bringen bzw. halten zu können, muß die Silage bei Einlagerung stark verdichtet und dann auf Dauer vor Luftzutritt geschützt werden. Es wird zunächst dargestellt, mit welchen Werkstoffen und Vorkehrungen diese Abdichtung möglich und was dabei zu beachten ist.

Die bei der Gärung entstehenden Säuren - außer der schon genannten Milchsäure hauptsächlich noch Essig- und Buttersäure - wirken bei Beton-Silos auf den Beton korrosiv. Mit welchen Schutzmaßnahmen man der allmählichen Zerstörung begegnen kann und welche Probleme dabei auftreten, ist Inhalt des zweiten Abschnitts.

Im Schlußabschnitt soll dann kurz umrissen werden, wie Gärfuttersilos ausgeführt sein müssen, damit sich Belastungen des Grundwassers mit Gärssaft ausschließen lassen.

2. Maßnahmen zum Schutz des Gärfutters vor Luftzutritt

2.1 Abdichtung mit PE-Silofolien

An Werkstoffe zur Abdichtung von Gärfutterhaufen werden eine Reihe von Anforderungen gestellt. Die wichtigsten betreffen die folgenden Eigenschaften:

- Gasdichtigkeit,
- Reißfestigkeit, Reißdehnung,
- Witterungsbeständigkeit,
- chemische Beständigkeit.

Es hat sich gezeigt, daß Folien aus dem Kunststoff Polyäthylen (abgekürzt: PE) den Anforderungen an Silofolien in besonders wirtschaftlicher Weise genügen. Die Abdichtung mit PE-Silofolien ist daher heute Stand der Technik.

2.1.1 Marktangebote und Prüfung

Angeboten werden PE-Silofolien mit folgenden Abmessungen:

- | | |
|-----------|----------------|
| ■ Dicke : | 0.12 - 0.20 mm |
| ■ Breite: | 6 - 14 m |
| ■ Länge : | 25 und 50 m |

Folien mit Dicken unter 0.16 mm sollten wegen ihrer höheren Gasdurchlässigkeit und verringerten mechanischen Stabilität nicht ausgewählt werden.

Welche Eigenschaften Silofolien aufweisen müssen, wird aus dem Anforderungskatalog der DLG-Prüfung (Tab. 1) ersichtlich.

Tab. 1: DLG-Prüfung von PE-Silofolien

PRÜFUNGEN	
■ Maßhaltigkeit: größte Abweichungen Dicke +/- 5 % Länge/Breite - 2 %	■ mechanische Eigenschaften Reißfestigkeit: mind. 17 N/mm ² Reißdehnung: mind. 400 %
■ Maßänderung bei Warmlagerung höchstens 2 % Schwindung	■ Gasdurchlässigkeit (CO ₂) höchstens 1000 cm ³ /cm ² in 24 Std.
■ Witterungsbeständigkeit (Xenotest)	■ Säurebeständigkeit 10 Tage in Mischung aus Gärsäuren
BESTÄTIGUNG DES AUFTRAGGEBERS	
■ Physiologische Unbedenklichkeit	■ Regeneratfreiheit

Wenngleich auch nicht DLG-geprüfte PE-Folien auf dem Markt sind, die als Silofolien angeboten werden und für dieses Einsatzgebiet geeignet sind, sollte den Landwirten die geprüfte Zuverlässigkeit der von der DLG anerkannten Folien einen etwas höheren Preis wert sein. Erfahrungen aus der Praxis bestätigen immer wieder, daß auch PE-Folien als Silofolien angeboten werden, die diese Bezeichnung in keiner Weise rechtfertigen und unter denen die Silage verdirbt.

2.1.2 Beeinflussung des Gärverlaufes durch die Farbe der PE-Abdichtfolie

Bei allen frei der Sonne ausgesetzten Silos kommt der Witterungs- und speziell der UV-Beständigkeit der Abdichtfolie besondere Bedeutung zu. Schwarz eingefärbte PE-Folien haben die beste Witterungsbeständigkeit. Daß dennoch alle z.Zt. auf dem Markt angebotenen, DLG-geprüften PE-Silofolien weiß eingefärbt oder zumindest schwarz-weiß koextrudiert sind, erklärt sich damit, daß mit der weißen Einfärbung die Temperaturbelastung der Silage vermindert werden soll. Die Meßergebnisse in Tab. 2 bestätigen, daß sich die Oberflächentemperaturen von schwarzen und weißen Temperaturen bei Sonneneinstrahlung deutlich unterscheiden.

Tab. 2: Oberflächentemperatur von schwarzer und weißer PE-Silofolie. Strahlungsintensität: 800 W/m².

Farbe der PE-Folie	Oberflächentemperatur (°C)
schwarz	70
weiß	47

Da in der Literatur kein Nachweis zu finden war, daß sich bei Abdichtung mit schwarzer Folie die Silageverluste erhöhen, wurde in diesem Jahr an der Landtechnik Weißenstephan versucht, zu dieser Fragestellung eine Antwort zu finden. Dazu waren Hochdruck-Preßballen in weißer

bzw. schwarzer Folie eingehüllt im Zeitraum Mai - Oktober frei der Witterung und damit der Sonneneinstrahlung ausgesetzt. An der Oberfläche des Preßballens wurden jeweils zwei Foliennetze mit homogenisiertem Gras übereinandergelagert. Die an diesen Proben ermittelten Trockenmasse-Verluste sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Trockenmasseverlust von Grassilage bei unterschiedlicher Temperaturbelastung wegen Abdichtung mit weißer bzw. schwarzer PE-Silofolie im Vergleich zum Verlust bei gutem Gärverlauf. Mittelwerte/Standardabweichungen für jeweils drei Proben; Lage oben: direkt unter der Abdichtfolie, unten: unter der obenliegenden Probe.

Farbe der PE-Folie	Lage der Versuchsprobe	Trockenmasseverlust (%)
weiß	oben	15.4/ 8.5
	unten	25.2/15.7
schwarz	oben	31.2/ 0.7
	unten	42.7/ 2.3
Vergleichswert für guten Gärverlauf		10 - 15

Im Vergleich mit den üblicherweise bei Silierung von Gras auftretenden Trockenmasseverlusten zeigt sich, daß auch unter der weißen Folie nicht in allen Fällen gute Gärbedingungen herrschten. Dies erklärt sich damit, daß die Preßballen nicht ausreichend verdichtet waren und daß eine dauerhafte Abdichtung der Ballen mit Klebebändern nicht immer gelang. Die unter der schwarzen Folie festgestellten Verluste sind jedoch in allen Fällen größer. Die Silage war verdorben. Die sich zwischen den direkt unter der Abdeckfolie gelagerten und den darunterliegenden Versuchsproben ergebenden Unterschiede in den Trockenmasseverlusten lassen sich für die Abdeckung mit weißer Folie nicht absichern. Die für die unten gelagerten Proben bei Abdeckung mit schwarzer Folie festgestellten höheren Verluste bestätigen Praxiserfahrungen, wonach die Silage direkt unter der Abdichtfolie besser ist als in der darunterliegenden Schicht.

Es läge nun nahe, die Ergebnisse dieses Versuches dahingehend zu interpretieren, daß die geringere Temperaturbelastung unter weißen Folien tatsächlich deren Vorzug vor schwarzen Folien rechtfertigt. Eine derartige Schlußfolgerung läßt dieser Versuch jedoch nicht zu, schon allein deshalb nicht, weil Wärmebelastungen bei dem relativ kleinen Preßballen sicherlich zu anderen Temperaturerhöhungen führen als bei einem großvolumigen Flachsilo. Daß zu der Fragestellung, ob eine Silofolie weiß sein muß oder auch schwarz sein darf, weitere eingehende Untersuchungen angezeigt sind, wird auch deutlich, wenn man einmal untersucht, wie sich Wärmebelastungen auf die Temperatur der Silage in unterschiedlicher Entfernung zur Oberfläche auswirken. Die Ergebnisse eines Laborversuchs in Tab. 4 zeigen, daß sich schon in einem Abstand von 5 cm kaum mehr feststellen läßt, ob die Abdeckung weiß oder schwarz ist.

Tab. 4: Temperaturverlauf in Silomais unter weißer bzw. schwarzer Silofolie.
Abmessungen des Versuchsbehälters: 80 x 55 x 30 cm;
Bestrahlung mit Osram Ultra-Vitalux-Strahlern;
Strahlungsintensität: 700 W/m².

Abstand zur Oberfläche (cm)	Temperatur (°C) unter	
	weißer Folie	schwarzer Folie
0	43.0	54.0
5	32.0	35.0
10	26.0	26.5

2.2 Abdeckung mit Kunststoffnetzen

Eine wichtige Hilfe zur dauerhaften Abdichtung von Silage bieten die immer häufiger verwendeten Kunststoff-Abdecknetze (meist aus Polypropylen oder Polyäthylen). Dies aus folgenden Gründen:

- Sie verhindern, daß die Silofolien bei Windbelastungen flattern und daß so Luft in die Silage gepumpt wird.
- Sie schützen die Silofolie vor Beschädigungen beim Begehen oder durch Tiere (z.B. Vogelpicken).

2.2.1 Marktangebote

Inzwischen gibt es die Kunststoff-Abdecknetze in verschiedenen Ausführungen und mit unterschiedlicher Maschenweite. Die Tab. 5 gibt einige Beispiele. Den Schutz vor mechanischen Beschädigungen gewährleisten nur die schwereren, engmaschigen Schutznetze.

Tab. 5: Abmessungen, Flächengewichte und Anhaltspreise handelsüblicher Schutznetze zur Abdeckung von Silos (Beispiele).

Abmessung	Flächengewichte	Preise
8 x 25/50 m	50 g/m ²	1,00 DM/m ²
8/9 x 10/15 m	180 g/m ²	4,00 DM/m ²
2/3,7 x 100 m	225 g/m ²	3,10 DM/m ²

2.2.2 Temperaturerhöhung unter schwarzen Abdecknetzen

Die meisten auf dem Markt angebotenen Netze sind schwarz. Es stellt sich damit die Frage, ob bei dieser Abdeckung die Silage nicht ebenfalls höheren Wärmebelastungen ausgesetzt wird. Die Ergebnisse von Temperaturmessungen an weißen bzw. schwarzen Silofolien unter einem feinmaschigen Abdecknetz in Tab. 6 zeigen, daß tatsächlich praktisch die gleichen Oberflächentemperaturen und damit vergleichbar hohe Wärmebelastungen der Silage wie bei der schwarzen Silofolie erreicht werden. Dieses Ergebnis führt dann zwangsläufig zu der Frage, was weiße PE-Folien unter einem schwarzen Abdecknetz noch

bringen. Schwarze PE-Folien sind zudem vor UV- und Wärmebelastungen besser geschützt.

Tab. 6: Temperatur unter einem feinmaschigen schwarzem Silo-Schutznetz im Vergleich mit der Oberflächentemperatur von schwarzer bzw. weißer PE-Silofolie. Messung auf silierten Preßballen. Strahlungsintensität: 800 W/m².

Art der Abdeckung	Temperatur (°C)
weiße PE-Folie	47
schwarze PE-Folie	70
weiße PE-Folie mit Netz	71
schwarze PE-Folie mit Netz	74

2.2.3 Haltbarkeit von PE-Silofolien unter schwarzen Abdecknetzen

Bei den höheren Wärmebelastungen unter schwarzen Abdecknetzen besteht dann auch die Gefahr, daß die von den Netzen abgedeckten PE-Silofolien durch thermischen Abbau schneller altern. Dabei sind natürlich Silofolien, die nur wenig oder gar nicht witterungsbeständig sind, besonders gefährdet, wie sich an den Ergebnissen eines Freibewitterungsversuches in Tab. 7 zeigt.

Tab. 7: Haltbarkeit von UV-stabilisierten und nicht stabilisierten PE-Folien bei Freibewitterung ohne Abdeckung sowie unter schwarz eingefärbten Schutznetzen mit unterschiedlicher Maschenweite. Auslagerungszeitraum: 12.04. - 19.09.1988 (UV-stab.)
22.07. - 19.09.1988 (nicht stab.); Mittelwerte/Standardabweichungen der Reißfestigkeit bzw. -dehnung für 10 Proben; FB: Freibewitterung.

Art der Lagerung bzw. Abdeckung	Reißfestigkeit (N/mm ²)	Reißdehnung (%)
weiße, UV-stabilisierte PE-Folie		
Lagerraum	2.22/0.53	559/48
FB, ohne Abdeckung	1.72/1.52	446/38
FB, dichte Abdeckung	2.08/0.59	549/37
FB, feinmaschige Abdeckung	1.91/1.14	501/35
transparente, nicht UV-stabilisierte PE-Folie		
Lagerraum	1.54/0.59	260/28
FB, ohne Abdeckung	1.19/1.50	125/34
FB, dichte Abdeckung	1.54/1.71	164/55
FB, feinmaschige Abdeckung	1.19/0.67	32/ 7

Für die im Versuch eingesetzte transparente, nicht UV-stabilisierte PE-Folie ergibt sich an dem Wert der Reißdehnung, daß bei der feinmaschigen Abdeckung die hohe Wärmebelastung zusammen mit der nur teilweise verminderten UV-Belastung zu einer totalen Schädigung führt. Bei der praktisch UV-dichten Abdeckung dagegen reicht der Schutz vor

der UV-Strahlung aus, die Schädigung in Grenzen zu halten. Bei der UV-stabilisierten weißen Folie wird die höhere Wärmebelastung unter dem Schutznetz durch die verringerte UV-Belastung auch im deutlich größeren Versuchszeitraum mehr als ausgeglichen. Als Fazit dieses Versuches ist festzuhalten, daß die Verwendung von Schutznetzen auf hochwertigen und ausreichend witterungsbeständigen Silofolien zu erfolgen hat.

2.3 Randabdichtung

Für die Abdichtung des Gärfutterhaufens am Übergang zur Wand hat es sich bewährt, eine etwa 2 m breite PE-Einschlagfolie an der Silowand einzuhängen, wenn das Silo zu etwa zwei Drittel gefüllt ist (s. Abb. 1). Diese Folie wird dann auf den Futterstock geschlagen, bevor die Abdeckfolie aufgelegt wird. Die Beschwerung dieser Randabdichtung erfolgt normalerweise mit Sandsäcken.

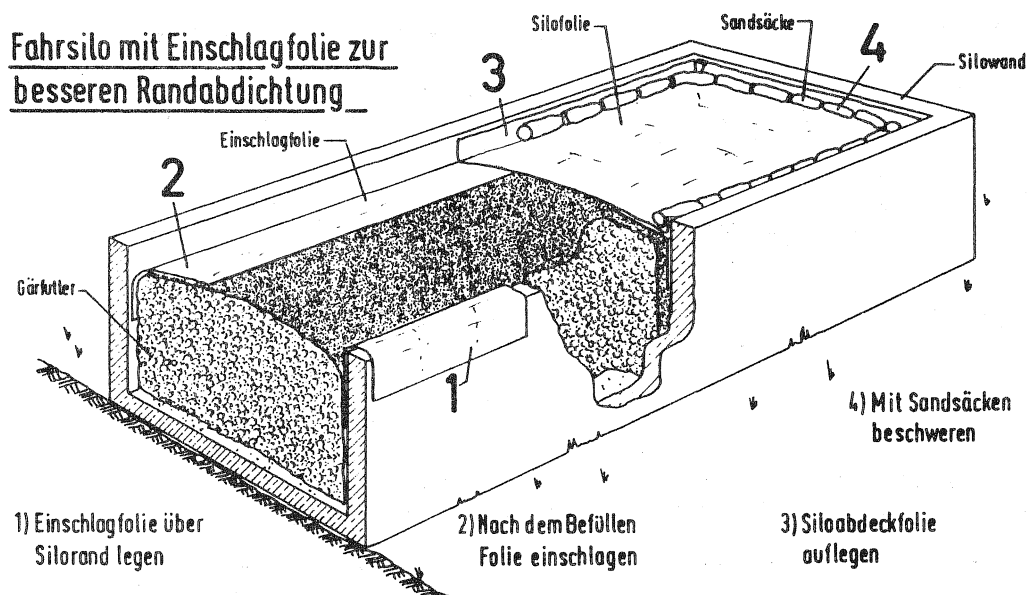


Abb. 1: Randabdichtung eines Beton-Flachsilos mit einer PE-Einschlagfolie und Sandsäcken (Zeichnung: NEUHAUSER)

3. Maßnahmen zum Schutz des Betons vor Gärsäuren

Der als unverwüchtlich geltende Baustoff Beton wird dieser Einschätzung zwar weitgehend, doch nicht in allen Einsatzgebieten gerecht. Auch wenn es gelingt, durch Beachtung bestimmter Regeln bei der Herstellung und Verarbeitung einen Beton mit hohem Widerstand gegen chemischen Angriff zu fertigen, so ist auch dieser Beton dem Angriff der Gärsäuren nicht auf Dauer gewachsen. Der Beton in Flachsilos ist daher vor dem Gärsäure-Angriff zu schützen. Bevor auf die möglichen Schutzmaßnahmen eingegangen wird, soll kurz zusammengefaßt werden, was bei der Betonherstellung und -verarbeitung unbedingt zu beachten ist, denn eine gute Betonqualität ist auch unabdingbare Voraussetzung für das Gelingen fast jeder der möglichen Schutzmaßnahmen.

3.1 Herstellung und Verarbeitung von Beton für Gärfutterbehälter

Was bei der Herstellung von Beton mit hohem Widerstand gegen sehr starke chemische Angriffe gefordert wird, ist in der DIN 1045 ("Beton und Stahlbeton") zusammengestellt. Kurz zusammengefaßt lauten die Anforderungen: Beton B II, Wassereindringtiefe: höchstens 30 mm, Wasser-Zement- Massenverhältnis (w/z-Wert): höchstens 0,5, Schutz vor dem Zutritt der angreifenden Stoffe. Die zur Herstellung von Beton B II erforderliche Ausrüstung der Baustelle und Güteüberwachung berühren dabei sicherlich den Grenzbereich des in der landwirtschaftlichen Baupraxis Möglichen. Die Anforderung Beton B II ist zudem bei Flachsilos mit ausreichendem Betonschutz überzogen.

Für eine gute Betonqualität besonders wichtig sind einige Regeln für die Verarbeitung des Betons (s. Tab. 8), welche in der Praxis meistens unbeachtet bleiben. Damit lassen sich die meisten Betonschäden in Flachsilos erklären.

Tab. 8: Regeln für die Verarbeitung von Beton

- Einbringen und Verdichten sofort nach dem Mischen (bei Baustellenbeton) bzw. nach der Anlieferung (bei Transportbeton). Wasserzugabe zum Erhalten oder Verbessern der Fließfähigkeit erhöht den w/z-Wert und bewirkt eine höhere Porosität und geringere Festigkeiten mit allen nachteiligen Konsequenzen.
- ausreichende Verdichtung, besonders im Bereich der Bewehrung.
- Ausschalen erst nach ausreichender Erhärtung.
- Nachbehandlung zum Schutz vor dem Austrocknen. Etwa 7 Tage, z.B. durch Besprühen mit Wasser oder durch Abdecken mit Kunststoff-Folien oder -Planen. Der Beton benötigt Wasser für den Erhärtungsprozeß! Folgen unzureichender Nachbehandlung können sein: Risse, Absanden, geringere Festigkeit.

3.2 Betonschutz durch Bitumen- und Kunststoff-Anstriche

Die heute übliche Maßnahme des Betonschutzes ist der Anstrich mit einem der auf dem Markt angebotenen Silolacke. Diese gibt es aus folgenden Grundstoffen:

- Bitumen
- Chlorkautschuk
- Polyurethan (PUR)
- Dispersion verschiedener Kunststoffe (z.B. PVC)
- Epoxid

Für die Haltbarkeit dieser Anstriche ist die Qualität des Beton-Untergrundes von ausschlaggebender Bedeutung. Ein Beispiel: Ein Beton mit durch Wasserzugabe oder ungenügender Nachbehandlung verminderter Druckfestigkeit wird unter den hohen Druckbelastungen auf den Boden eines Flachsilos (z.B. durch Entnahmegerate) an der Oberfläche zerstört. Dabei kann der Anstrich Risse bekommen oder gar flächig abplatzen. Für die Haltbarkeit entscheidend ist aber auch, ob das Silo voll der Sonne ausgesetzt ist oder nicht. Alle Kunststoff-Anstriche altern unter dem Einfluß der UV- und Wärmestrahlung der Sonne mehr oder weniger schnell. Die in der Tab. 9 zusammengestellten Haltbarkeiten sind das Ergebnis von visuellen Untersuchungen in verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben. Angegeben sind ebenfalls Anhaltspreise für 1 m² Anstrich.

Tab. 9: Anhalts-Materialpreise von Silolacken sowie Haltbarkeit in Beton-Flachsilos bei Lagerung von Silomais (nach WISSMÜLLER sowie ergänzenden Praxisuntersuchungen). Anhaltspreise ohne MWSt.

Silolackart	Anhaltspreis (DM/m ²)	Haltbarkeit (Jahre) bei Silo			
		ohne Dach		mit Dach	
		Boden	Wand	Boden	Wand
Bitumen	2,20	1	1-2	1-2	2
Kunststoffdispersion	3,30	1-2	3	2	3-4
Chlorkautschuk	4,90	2	3-4	2-3	4
Polyurethan (PUR)	5,50	4	5	5	6
Epoxid (Anstrich)	7,00	4	5	5	6

3.3 Alternative Maßnahmen zum Betonschutz

Die sich aus den Zahlenwerten der Tab. 9 zeigende deutliche Verringerung der Haltbarkeit im durch chemischen Angriff und mechanische Einwirkungen stärker belasteten Bodenbereich ist schon seit Jahren Anlaß, gerade für diesen Bereich alternative Schutzmaßnahmen zu erdenken bzw. zu erproben. Bereits im Versuch, z.T. auch schon in der Praxis eingeführt sind von den in der Tab. 10 zusammengestellten Maßnahmen die Imprägnierung mit Epoxid-Harz sowie die Beschichtung mit Kunststoffmörtel sowie mit Asphaltbeton (mit säurebeständigem, also kalkfreiem Zuschlag). Eine Imprägnierung oder Beschichtung des Bodenbereiches wäre auch deshalb einem Anstrich vorzuziehen, weil damit eine dickere Verschleißschicht gegeben ist, während die relativ dünnen Anstriche bei der Entnahme leicht Kratzer bekommen. An diesen Schädstellen können die Gärsäuren in den Beton eindringen - dies auch flächig durch Unterwanderung des Anstrichs -, und korrosiv einwirken. Daten zur Haltbarkeit der alternativen Beton-Schutzmaßnahmen liegen noch nicht vor. Die Angaben in Tab. 10 sind als Schätzungen anzusehen.

Tab. 10: Anhalts-Materialpreise bei alternativen Schutzmaßnahmen für den Bodenbereich von Beton-Flachsilos sowie voraussichtliche Haltbarkeit bei Lagerung von Silomais. Anhaltspreise ohne MWSt.

Schutzmaßnahme	Anhaltspreis (DM/m ²)	Haltbarkeit (Jahre) bei Silo	
		ohne Dach	mit Dach
Epoxid-Imprägnierung	4,00	4	5
10 mm Kunststoffmörtel	10,00	10	10
4 cm Asphaltbeton*	12,50	20	20
5 cm Estrich zusätzl.	9,50	10	10

* mit säurebeständigem Zuschlag

3.4 Wirtschaftlichkeitsvergleich der Betonschutz-Maßnahmen

Ob sich einige oder gar alle alternativen Maßnahmen durchsetzen, wird letztendlich davon abhängen, ob sie einen wirtschaftlicheren Betonschutz ermöglichen. Mit den Werten der beiden Tabellen 9 und 10 wurde versucht, die einzelnen konventionellen und alternativen Schutzmaßnahmen auf der Basis des Materialaufwandes für 1 m² Betonfläche über die mittleren Jahreskosten für einen Zeitraum von 20 Jahren miteinander zu vergleichen. Die Zusammenstellung in Tab. 11 zeigt zunächst für die konventionellen Schutzmaßnahmen, daß die länger haltbaren Anstriche aus Polyurethan (dieser Anstrich ist für alle Einsatzgebiete interessant) bzw. Epoxidharz den Boden überdachter Silos am wirtschaftlichsten schützen. Für den Boden nicht überdachter Silos und im Wandbereich sind die Unterschiede nicht so deutlich. Zum Schutz von Beton-Siloböden eröffnen alle untersuchten alternativen Schutzmaßnahmen eine interessante Perspektive.

Tab. 11: Vergleich der mittleren Jahreskosten pro 1 m² Betonschutz im Wand- und Bodenbereich von Beton-Flachsilos mit bzw. ohne Dach an Hand des Materialaufwandes. Betrachtungszeitraum: 20 Jahre: Zinssatz 5 % /Jahr.

Schutzmaßnahme	flächenbezogene mittlere Jahreskosten (DM/m ² Jahr)			
	Boden		Wand	
	mit Dach	ohne Dach	mit Dach	ohne Dach
■ Anstrich mit - Bitumen	1,60	2,30	1,20	1,60
- Dispersion	1,75	2,40	1,10	1,25
- Chlorkautschuk	2,15	2,65	1,40	1,60
- Polyurethan	1,25	1,55	1,20	1,25
- Epoxid	1,60	1,95	1,55	1,60
■ Epoxid-Imprägn.	0,90	1,15	-	-
10 mm K.-Mörtel	1,30	1,30	-	-
4 cm Asphaltbeton	1,00	1,00	-	-
5 cm Estrich	1,25	1,25		

Ein realistischer Wirtschaftlichkeitsvergleich erfordert jedoch auch die Einbeziehung des Arbeitsaufwandes. Mit vorliegenden, wenigstens einigermaßen verlässlichen Angaben zum Arbeitszeitbedarf (s. Tab. 12) wurde deshalb eine den Material- und Arbeitsaufwand umfassende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchgeführt. Die Ergebnisse in Tab. 12 bestätigen die an Hand der Materialpreis-Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse im wesentlichen.

Für die beiden haltbareren Anstriche ergeben sich jetzt auch beim Schutz des Bodens überdachter Silos die geringsten Jahreskosten, die arbeitsintensiven Anstriche mit Bitumen und Chlorkautschuk erfordern die höchsten Jahreskosten bei den konventionellen Schutzmaßnahmen.

Tab. 12: Vergleich der mittleren Jahreskosten pro 1 m² Betonschutz im Wand- und Bodenbereich von Beton-Flachsilos mit bzw. ohne Dach an Hand des Material- und Arbeitsaufwandes. Zahlenwerte für den Arbeitszeitbedarf nach Praxismessungen; Lohn: 15 DM/Std.; Betrachtungszeitraum: 20 Jahre; Zinssatz: 5 % /Jahr.

Schutzmaßnahme	Arbeitszeitbedarf (min/m ²)	flächenbezogene mittlere Jahreskosten (DM/m ² Jahr)			
		Boden		Wand	
		mit Dach	ohne Dach	mit Dach	ohne Dach
■ Anstrich mit - Bitumen	9,0	3,25	4,65	2,40	3,25
- Dispersion	7,5	2,80	3,80	1,70	1,95
- Chlorkautschuk	10,0	3,20	4,00	2,10	2,40
- Polyurethan	4,5	1,50	1,85	1,45	1,50
- Epoxid	9,0	2,15	2,60	2,00	2,15
■ Epoxid-Imprägn.	4,5	1,20/ -	1,45/ -	-	-
10 mm K.-Mörtel	-	- /3,30 ¹⁾	- /3,30 ¹⁾	-	-
4 cm Asphaltbeton	-	- /1,70 ²⁾	- /1,70 ²⁾	-	-
5 cm Estrich	-	- /3,75 ³⁾	- /3,75 ³⁾	-	-

Einbau im Auftrag: 1) 25,50 DM/m²; 2) 21,00 DM/m²; 3) 29,00 DM/m²

Sollte sich die vermutete Haltbarkeit der Epoxid-Imprägnierung bestätigen, wäre damit eine interessante Alternative für den Bodenschutz in Eigenleistung gegeben. Auch der im Auftrag hergestellte Bodenschutz mit Asphaltbeton (mit Kunststoffmörtel nur, wenn sich eine längere Haltbarkeit nachweisen läßt) bleibt wirtschaftlich interessant, wobei für den Asphaltbeton eine Haltbarkeit von mehr als zehn Jahren in einigen Praxisbetrieben bereits bestätigt ist.

Asphaltbeton dürfte aber nicht nur als Schutz von Betonböden zunehmendes Interesse finden, sondern vor allem auch als Ersatz. Dies zeigt ein vorliegendes Angebot, nach dem ein in ein Traunsteiner Silo eingebauter 20 cm dicker Betonboden mit Anstrich etwa 52 DM/m², ein gleichwertiger Boden aus 4 cm Asphaltbeton auf 10 cm Tragschicht dagegen nur etwa 43 DM/m² kosten würde.

4. Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers vor Gärssaft

Die zum Schutz des Grundwassers vor Gärssaft-Einleitung notwendigen Maßnahmen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- dauerhafte Abdichtung der Dehnfugen in den Silowänden mit dauerelastischem Kautschukprofilen,
- Ableitung des Gärssaftes in einen Sickerschacht bzw. in eine Auffanggrube,
- laufende Kontrolle der Auffanggrube zum Verhindern des Überlaufens.

Der Boden eines Flachsilos muß zur Ableitung des Gärssaftes ein Gefälle von etwa 0,5 - 1 % zur Sammelrinne hin haben. Empfehlenswert ist auch ein leichtes Gefälle (unter 0,5 %) vom Rand zur Längsachse hin, damit eine

Konzentration der Säuren und damit die in der Praxis oft zu beobachtende Betonzerstörung im statisch wichtigen Übergangsbereich Boden-Wand vermieden werden kann. Wie sich der Grundwasserschutz bei einer als Übergangslösung anzusehenden, frei aufgesetzten Silomiete verwirklichen läßt, zeigt die abschließende Abb. 2. Das Gärfutter wird auf einer PE-Bodenfolie gelagert und mit einer PE-Silofolie sowie einem Schutznetz abgedeckt. Die Auffangrinne und -grube sind mit PE-Folie ausgekleidet.

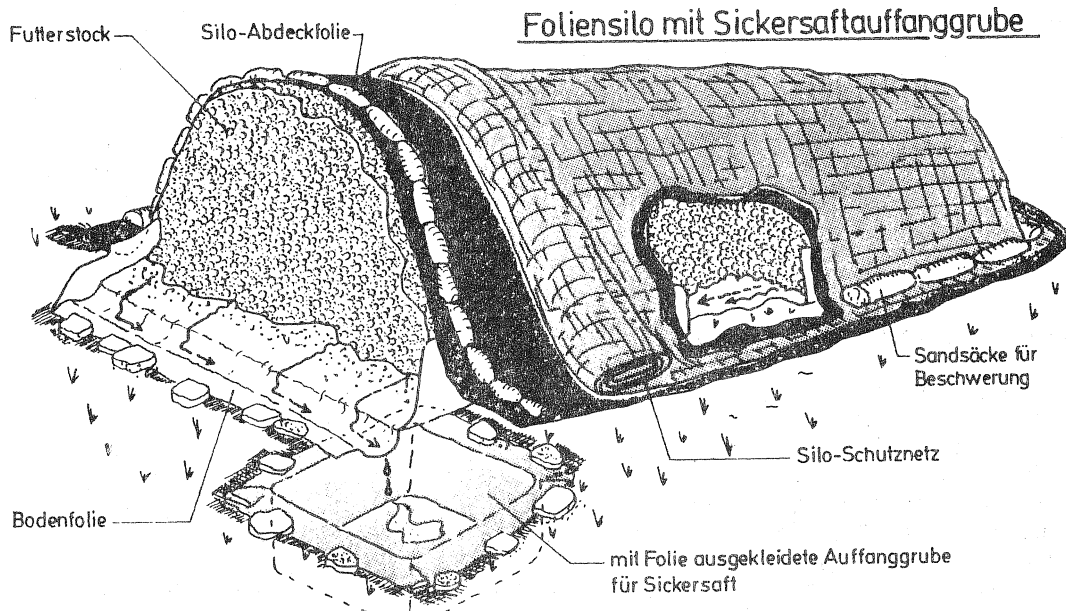


Abb. 2: Silomiete mit Auffangrinne und -grube mit PE-Folie-Abdichtung (Zeichnung: NEUHAUSER).

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die bisher zum Schutz der Silage verwendeten weißen PE-Folien mit der zunehmenden Verwendung schwarzer Abdecknetze ihren Zweck des Schutzes der Silage vor Wärmebelastungen verlieren und durch die besser UV- und wärmestabilisierten schwarzen Folien abgelöst werden können. Es bleibt allerdings noch in der Praxis nachzuprüfen, ob die höhere Wärmebelastung der Silage unter der schwarzen Abdeckung zu nicht tragbaren Verlusten führt.

Beim Betonschutz im Bodenbereich von Silos zeichnen sich mit der Epoxidharz-Imprägnierung sowie mit der Beschichtung mit Kunststoffmörtel bzw. Asphaltbeton interessante Alternativen zu den bisher üblichen Anstrichen ab. Die Ausführung des Silobodens mit Asphaltbeton auf einer Tragschicht dürfte darüber hinaus Zukunft haben.

Das Problem der Grundwasserbelastung wird in Zukunft auch in Bezug auf Gärfuttersilos sicherlich stärker thematisiert als bisher. Um untragbaren Anforderungen vorzubeugen, sind die bekannten baulichen Lösungen für das Auffangen und Zwischenspeichern des Gärstoffes sorgfältig auszuführen und zu kontrollieren.

Siliertechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Silagequalität im Fahrsilo

Dr. Heinrich Pirkelmann

Eine reichliche Versorgung mit qualitativ hochwertigem Grundfutter ist aus ökonomischen und physiologischen Gründen eine der wichtigsten Maßnahmen für eine gewinnbringende Rinderhaltung. Einen wesentlichen Beitrag kann dazu die Silage leisten, die heute von allen Futterkonserven mit einem geschätzten Anteil von über 60 % die am meisten eingesetzte Futterkomponente darstellt.

Von den möglichen Silierverfahren steht seit vielen Jahren der Fahrsilo im Vordergrund. Trotz der weiten Verbreitung und der langjährigen Einsatzerprobung ist das Silierergebnis oftmals nicht befriedigend. Nachfolgend sollen daher einige Hinweise zur effektiveren Umsetzung der bekannten Regeln der Siliertechnik aufgezeigt werden, um bessere Silagequalitäten zu erzeugen.

Voraussetzung und Begründung guter Silagequalitäten

Eine gute Silagequalität setzt nährstoffreiches Ausgangsmaterial und die Erhaltung der im Siliergut gegebenen Nährstoffe durch möglichst geringe Gärverluste voraus. Gras verändert vom Ähren- bzw. Rispschieben bis zum Beginn der Blüte die Verdaulichkeit der org. Masse von 77 auf 67 % und hat nach einem Vergleichsversuch von ZIMMER, HONIG und ROHR (1981) je nach Gärverlauf erhebliche Auswirkungen auf die mögliche Milchproduktion (Abb. 1). Naßsilage hat gegenüber Anwelkgut höhere Gärverluste zur Folge. Daraus resultiert nicht nur eine geringere Energiekonzentration, sondern auch eine niedrigere Futteraufnahme, so daß eine Differenz in der Milchproduktion von 1660 kg entsteht. Im Vergleich zum späteren Schnittzeitpunkt ergibt sich sogar ein Unterschied von 3800 kg Milch. Im niedrigeren Energieniveau sind die Auswirkungen auf die Verluste, die Futteraufnahme und damit die Milchleistung insgesamt geringer. Vor allem bei hochwertigem Ausgangsmaterial ist somit bei der Silierung größte Sorgfalt aufzuwenden, da sich Verluste hier besonders schwerwiegend auswirken.

Schnittzeitpunkt		Ähr./Risp. Schieben		Beginn Blüte	
		Naß	Anwelk	Naß	Anwelk
OM Verdaulichkeit	%	77		67	
Ertrag	t TM/ha	7,5 ^x		7,5 ^{xx}	
TM Verluste	%	23	12	18	12
Nettoenergiegehalt	MJ/kg TM	6,4	6,5	5,3	5,4
Tägl. Silageaufnahme	kg TM/Kuh	10,7	12,0	9,3	9,5
Milch aus Silage	kg FCM/Tag	11,1	13,9	5,0	5,5
Milch je ha	kg FCM	5990	7650	3330	3840
x) 1.+2. Schnitt		xx) 1. Schnitt			

Abb. 1: Einfluß von Schnittzeitpunkt und Konservierungsverfahren auf die Futtermittelverwertung (Gras), (nach ZIMMER, HONIG, ROHR, 1981)

Ursachen für Silierverluste

Die Gründe und Quantifizierung der Verluste machen deutlich, wo Forderungen an die Siliertechnik bestehen. So sind nach ZIMMER (1982) Verluste durch Restatmung und Fermentation unvermeidbar (Abb. 2). Die weitaus größeren Verluststraten sind jedoch in der Verfahrenstechnik begründet und somit von der Sorgfalt der Durchführung des Silierverfahrens abhängig. Wesentliche Verlustursachen stellen die Länge der Feldphase (siehe S. 11), der Sickersaft sowie Fehlgärungen und aerobe Umsetzungen bei der Lagerung und Entnahme dar. Die Gesamtverluste können sich demnach im Bereich von 10 - 40 % bewegen. Die vom Gärverlust abhängige Differenz von 30 %-Punkten, die einem finanziellen Wert von ca. 15 DM/m³ entspricht, ist somit siliertechnisch zu beeinflussen.

Ursache	Bewertung	Verluste %
Restatmung	unvermeidbar	1 - 2
Vergärung	unvermeidbar	4 - 10
Sickersaft	verfahrensabh.	0 - 7
Feldverluste	verfahrensabh. vermeidbar	1 - 5 ->20
Fehlgärungen	vermeidbar	0 ->10
Aerobe Umsetzungen (Lagerung)	vermeidbar	0 ->10
Aerobe Umsetzungen (Entnahme)	vermeidbar	0 ->10
Gesamtverluste		6 ->40

Abb. 2: Verluste an Nettoenergie bei der Silierung (nach ZIMMER, 1982)

Vermeidung von Gärtsaft

Naßsilagen sind sowohl wegen des anfallenden Gärtsaftes und der damit verbundenen Gefährdung der Gewässer als auch hinsichtlich des Gärverlaufs und der Futteraufnahme von Nachteil. Deshalb sollten nach Möglichkeit bei allen Siliergütern T-Gehalte von mindestens 30 % angestrebt und damit die Entstehung von Sickersaft vermieden werden.

Bei der Silierung von Gras ist diese Forderung jedoch abzuwägen gegen den optimalen Schnittzeitpunkt und eine kurze Feldphase für das Vorwelken. Da der Schnittzeitpunkt hinsichtlich Energiegehalt, Verdaulichkeit und auch Nachwuchs große Priorität besitzt, sollte auch bei nicht stabiler Wetterlage bei einem Rohfasergehalt von etwa 23 % geerntet werden. Für die Feldphase ist eine Zeitspanne von längstens 2 Tagen anzusetzen, da dann die Verluste durch Anwelken deutlich die des Gärtsaftes übersteigen.

Muß das Silieren unter den gegebenen Umständen mit zu geringen T-Gehalten erfolgen, so kann der Gärvorgang durch Silierhilfsmittel unterstützt werden. Dazu steht eine Vielzahl von Produkten mit spezifischen Wirkungsmechanismen zur Verfügung (Abb. 3). Für Naßsilagen bringen die chemischen Zusätze als Säuren und Salze eine gute Unterstützung des Säuerungsprozesses und eine Hemmung der konkurrierenden Schadorganismen. Biologische Siliermittel als Impfkulturen mit Milchsäurebakterien können in zuckerarmen Siliergütern nur zur Entwicklung kommen, wenn gleichzeitig ein zuckerhaltiges Nährsubstrat

verabreicht wird. Organische Säuren wirken vorrangig gegen Hefe- und Schimmelpilze und damit gegen Nachgärungen. Auch zuckerhaltige Mittel allein können bei ausreichender Bemessung die Gärung fördern, während eine Unterdosierung die Umsetzungsverluste sogar erhöhen kann.

	Stoffgruppe	Art der Wirkung	Anwendungsbereich	Mittel z.B.
Stabilisierung des Gärverlaufes und Senken der Konservierungsverluste	Zuckerhaltige Mittel	Bakteriennahrung Förderung der Milchsäurebildner	Silage zwischen 20 und 30% T	Futterzucker Melasse und melass. Schnitzel Zuckerschnitzel
	Säuren und deren Salze	pH-Wert senkend, durch Säureanteil Hemmwirkung auf Bakterien	Nass-Silagen und Anwekksilagen bis um 30% T	Amleinsäure, Essigsäure, Schwefelsäure und deren Salze in versch. Mischungen
	Impfkulturen (Milchsäure- bakterien, ggf. mit Enzymen)	Leistungsfähige Säurebildner, Unterdrückung von Gärsechädlingen	Anwekksilagen 30 - 50% T zuckerreiche Nass-Silagen oder mit Zuckergärung	versch. Stämme von Milchsäurebakterien einzeln oder kombiniert
Senkung des Nachgärrisikos	Organische Säuren und deren Salze	Hemmwirkung, besonders auf Hefepilze und Schimmelpilze	bevorzugt Anwekksilagen Über 30% T Silomais, Körnersilagen	Propionsäure, Blausulfid
	Impfkulturen (Milchsäure- bakterien)	Leistungsfähige Säurebildner, Verminderung des Hefeflorabesatzes	Anwekksilagen 30 - 50% T	versch. Stämme Milchsäurebakterien, einzeln oder kombiniert
Aufwertung des Futters	Trockenfuttermittel	Binden von Gärstoff "Vorwelkeffekt"	Nass- und Anwek- Silagen bis um 30% T	Getreide-, Malsschrote, Taploka, Trockenschnitzel, Schrot-/Salzgemisch
	Nicht-Protein- Stickstoff (NPN)	Ergänzung des Stickstoff- oder Mineralstoffgehaltes	nur Silomais teigreif über 25% T	Harnstoff, * Ammoniak
* Nebeneffekt: Verringerung des "Nachgärrisikos" durch Hemmwirkung auf Hefen				

Abb. 3: Hauptsächliche Wirkungsarten der Siliermittel
Quelle: AID-Heft 176 (1986)

Alle Mittel erreichen nur eine zufriedenstellende Wirkung, wenn sie gleichmäßig im Siliergut verteilt werden. Dazu sind Dosiergeräte am Ladewagen oder Feldhäcksler erforderlich, da eine Handverteilung im Silo zu ungenau ist. Auch Oberflächenbehandlungen können meist nur eine unzureichende Wirkung bringen.

Die Aufwandmengen sind nach den Herstellerempfehlungen einzuhalten. Die Kosten der meisten Mittel bewegen sich nach THAYSEN und SINDT zwischen 5 und 8 DM pro t Siliergut. Dem muß für eine ökonomische Rechtfertigung eine Verlustminderung um wenigstens 10 %-Punkte entgegenstehen. Dies wird nur erreicht wenn zusätzlich alle sonstigen Siliermaßnahmen sorgfältig durchgeführt werden.

Die genannten Siliermittel können zwar die Fermentationsverluste vermindern, nicht aber den Gärstoffanfall verhindern. Dazu sind Trockenfutterstoffe wie ZR-Trockenschnitzel in der Lage, die durch die Melassierung gleichzeitig als Silierzusatz wirken. Dies zeigen die Ergebnisse eines Laborversuches (Abb. 4). Im Ausgangsmaterial steigt die Gärstoffmenge mit zunehmender Belastung auf nahezu 30 % der Frischmasse. Wird der T-Gehalt durch natürliches Vorwelken oder Zugabe von Trockenschnitzeln angehoben, so ergibt sich eine kontinuierliche Abnahme bei gleichzeitiger Erhöhung des T-Gehaltes des Gärstoffes. Ab etwa 28 % T hört die Gärstoffbildung völlig auf.

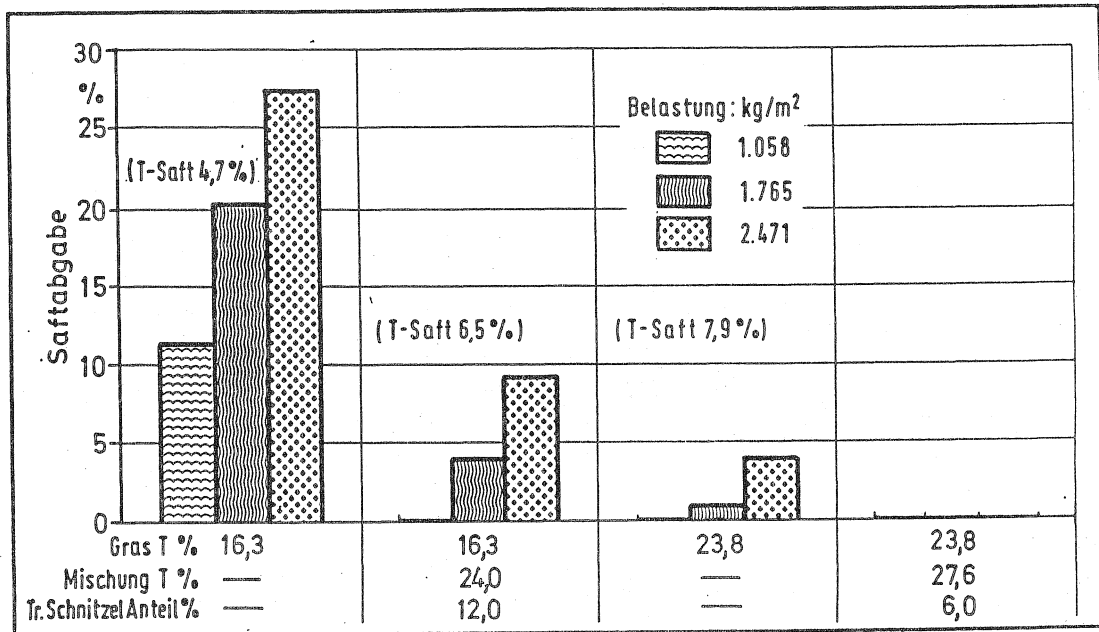


Abb. 4: Saftabgabe der Grassilage in Abhängigkeit von Trockenmassegehalt und Belastung (Futter: Weidelgrass)

Das Saugvermögen der Trockenschnitzel beträgt je nach Einsatzbedingungen das 2 - 2.5 fache des Eigengewichtes. Um eine zur Verlustminderung erwünschte völlige Saftbindung zu erreichen, sind die erforderlichen Aufwandmengen dem T-Gehalt des Siliergutes anzupassen. Für Grüngut bedeutet dies erhebliche Aufwandmengen mit 12 - 15 % der Frischmasse. Bereits geringe Vorwelkgrade führen zu einer deutlichen Reduzierung des Saftaustritts und ermöglichen damit auch die Verringerung der Schnitzelmenge. Um das Saugvermögen der Schnitzel voll nutzen zu können, ist wie bei den anderen Silierzusätzen eine gleichmäßige Verteilung mit geeigneten Dosiergeräten erforderlich.

In der Bewertung des finanziellen Aufwandes für die Trockenschnitzel ist zu berücksichtigen, daß dadurch nicht nur die Gärbedingungen verbessert werden, sondern auch eine beachtliche Energieanreicherung der Grassilage erfolgt (Abb. 5). Gleichzeitig wird mit diesem Zusatz dem permanenten Eiweißüberschuß im Grünlandbetrieb entgegengewirkt, so daß neben den verbesserten Gärbedingungen und der Saftbindung auch die Bereitstellung einer im Eiweiß: Stärke-Verhältnis ausgeglichenen Ration erleichtert wird. Als direkte Kosten sind somit nur die Silierverluste der Schnitzel anzurechnen, so daß keinesfalls höhere Belastungen als für die übrigen Silierhilfsmittel anfallen.

Befüllung und Verdichtung

Eine weitere wesentliche Maßnahme zur verlustarmen Erzeugung guter Silagequalitäten ist eine schnelle Befüllung und intensive Verdichtung des Siliergutes. Für die Ernte stehen leistungsfähige Verfahren mit Ladewagen und Feldhäckslern zur Verfügung, die in Anwelkgut die Bergung von 4 bis 22 t/h und in Silomais bis zu 50 t/h ermöglichen. Damit kann vor allem in Verbindung mit dem überbetrieblichen Maschineneinsatz für alle Silogrößen die Forderung abgedeckt werden, daß eine Siloeinheit in 1 bis maximal 2 Tagen zu befüllen ist.

Diesen hohen Bergeleistungen muß im Fahrsilo unbedingt eine entsprechende Walzleistung angepaßt werden, da die Verdichtung der Silage sowohl für die aeroben Umsetzungen bei der Vergärung als auch bei der Entnahme von ausschlaggebender Bedeutung sind. Um die gewünschten Raumgewichte von mindestens 200 besser 220 kg T/m³ zu erreichen, sind einige futterspezifische und walztechnische Einflußgrößen zu beachten.

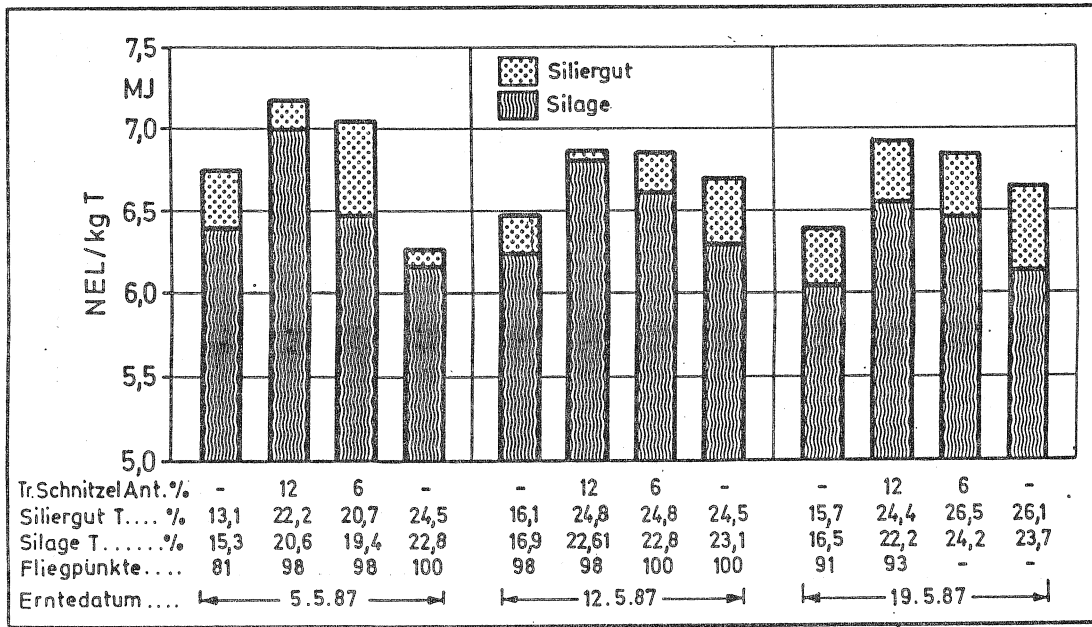


Abb. 5: Energiedichte in NEL von Grassilage bei unterschiedlichen T-Gehalten vor und nach dem Silieren

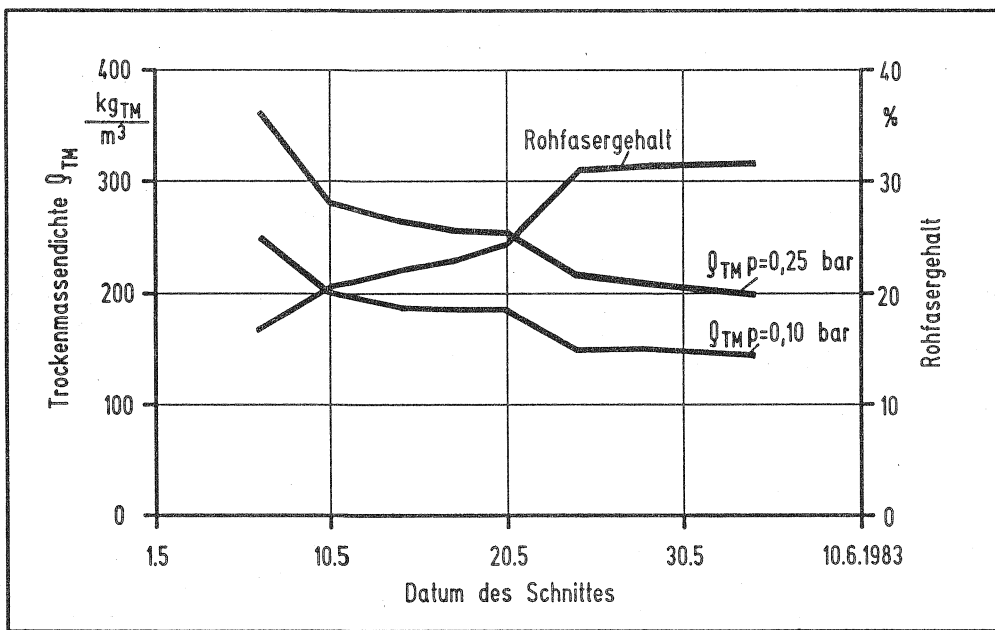


Abb. 6: Einfluß des Rohfasergehaltes auf die Verdichtbarkeit von Gras, Welsches Weidelgras, TM-Gehalt 40 %, Häcksellänge 1 th = 14 mm (nach DERNEDDE, 1983)

Eine wesentliche Auswirkung auf die Verdichtbarkeit von Anwelkgut hat neben dem T-Gehalt der Rohfasergehalt (Abb. 6). Mit zunehmendem Anteil erhöht sich die Sperrigkeit und das Rückstellungsvermögen des Futters, so daß bei gleichem Druck ein starker Rückgang der erzielbaren T-dichte zu verzeichnen ist. Diese Entwicklung wird vor allem bei einem Rohfasergehalt ab 25 %

deutlich, der auch als Grenzwert hinsichtlich der Verdaulichkeit des Futters von Bedeutung ist. Wechselbeziehungen bestehen auch zwischen Rohfaser und Futterstruktur. Hohe Rohfasergehalte über 30 % bewirken mit zunehmender Halmlänge in Abhängigkeit vom Preßdruck eine starke Reduzierung der Verdichtung (Abb. 7). In roh-faserarmem Material geht der Einfluß der Häcksellänge dagegen stark zurück, so daß in früh geschnittenem Gras die Unterschiede zwischen Feldhäcksler und Siloladewagen nicht so stark zu Tage treten. In der Handhabung und Verteilung verdient dagegen das Exakthäcksel gegenüber dem Ladewagen den Vorzug. Es wirkt sich zudem auch positiv auf die Futteraufnahme aus (Abb. 8).

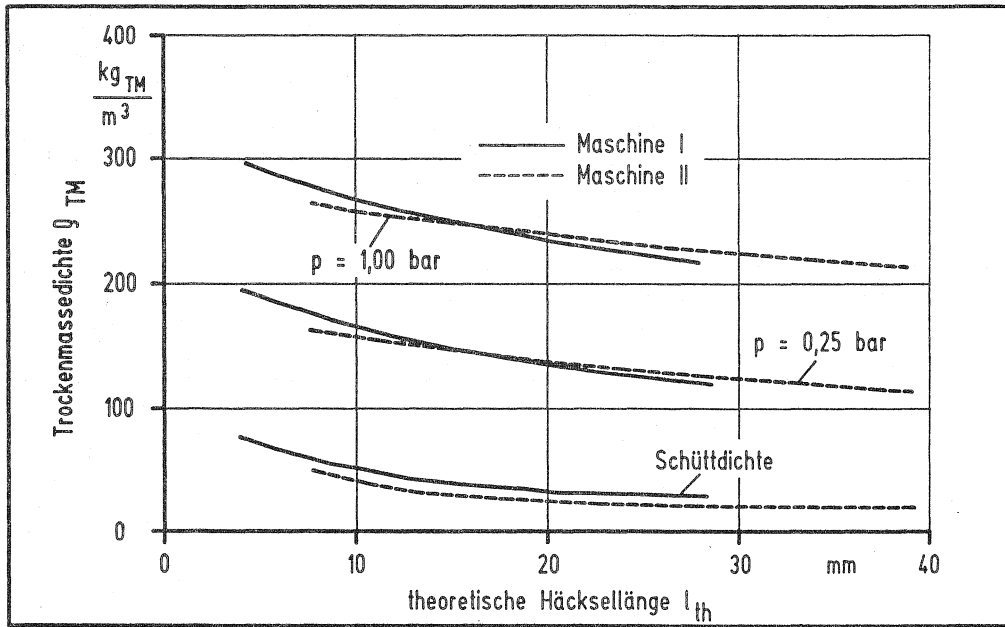


Abb. 7: Einfluß der Häcksellänge auf die Verdichtbarkeit von Gras (Wiesenschwingel, Rohfasergehalt 35,1 %, TM-Gehalt 37 - 39 %, Belastungsdauer 15 min) nach DERNEDE (1983)

Silage	Häckselung			Quelle
	kurz (4-7 mm)	mittel (22-54 mm)	lang (Ladewagen)	
	kg Silage-TM/Kuh und Tag			
Frischsilage (20,0% TM)	9,7	9,4	8,5 ¹⁾	Rohr und Mitarbeiter
Anwelksilage (57,0% TM)	10,3	-	9,5 ¹⁾	
Anwelksilage (35,0% TM)	11,2	10,2	9,2 ²⁾	De Brabander und Mitarbeiter
Anwelksilage (47,0% TM)	12,4	11,7	9,4 ³⁾	

¹⁾ 125 mm ²⁾ 21 Messer ³⁾ 3 Messer

Abb. 8: Einfluß der Häcksellänge auf die Trockenmasseaufnahme von Milchkühen (in Verbindung mit 4,5 bis 7,0 kg Kraftfutter)

Übertragen auf die praktische Walzarbeit bedeutet dies, daß möglichst hohe Radlasten angestrebt werden sollten. Bisher liegen zwar keine exakten Versuchsergebnisse aus Praxisversuchen über den Verdichtungsablauf im Siliergut vor. Es darf jedoch analog zur gemessenen Druckverteilung im Boden geschlossen werden, daß auch ähnliche Vorgänge im Silo ablaufen. Demnach erhöht die Radlast bei gleichem Luftdruck auch mit Zunahme der Reifengröße die Tiefenwirkung des Druckes (Abb. 9). Bei konstanter Radlast wird sie dagegen mit abnehmendem Reifendruck und Vergrößerung der Reifenaufstandsfläche deutlich verringert. Daraus ist abzuleiten, daß beim Walzen im Fahrsilo im Gegensatz zur bodenschonenden Bereifung im Acker möglichst hohe Punktlasten mit großer Tiefenwirkung anzustreben sind. Dies bewirken hohe Schleppergewichte bzw. zusätzliche Ballastgewichte, ein hoher Reifendruck, ein grobes Reifenprofil und wahlweise schmale Bereifungen. Zwillingsbereifungen sind demnach nicht zu empfehlen und wegen der Erhöhung der Stand-sicherheit nur zu vertreten für das Befahren der Randzonen von Folienfahr-silos. Eine geringe Vorfahrtgeschwindigkeit erhöht die Zeitdauer der Druck-einwirkung und vermindert dadurch das Rückstellungsvermögen des Futters. Große Sorgfalt ist vor allem auf die Verdichtung der Randzonen zu legen. Geneigte Seitenwände sind hier sicherlich von Vorteil, bringen aber bei zu großer Schräge Nachteile bei der Siloentnahme.

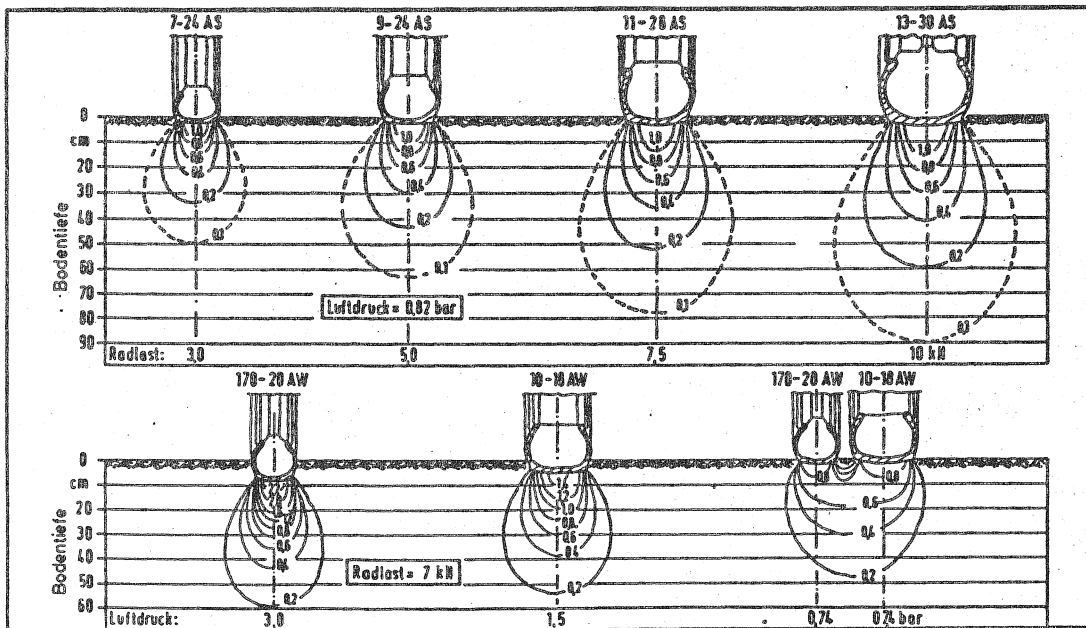


Abb. 9: Einfluß der Radlast und des Kontaktflächendrücken auf die Tiefenwirkung des Bodendruckes (nach SÖHNE)

Trotz guter Walzarbeit wird die obere Siloschicht immer geringere Raumgewichte aufweisen als die tiefer liegenden Zonen. Um diesen Anteil möglichst gering zu halten, sollte die Silohöhe wenigstens 1,2 - 1,5 m betragen.

Der ausreichend gewalzte Futterstock muß unmittelbar mit geeigneten Folien abgedeckt werden. Die Anforderungen an die Folien und das notwendige Einschwerungsmaterial wurden bereits dargestellt (s.S. 53).

Siloentnahme

Der Eintritt von Sauerstoff in den Silagestock muß auch während der Entnahme weitgehend vermieden werden, da vor allem energiereiche Silagen durch aerobe Umsetzungen stark gefährdet sind. Dazu sollte die Folie nur so weit geöffnet werden, wie es für die tägliche Entnahme erforderlich ist. Quer über den

Silostock gelegte Einschwerungen verhindern, daß die Luft über die volle Silooberfläche einströmt. Die wichtigste Maßnahme ist jedoch eine ausreichende tägliche Entnahmemenge mit einem durchschnittlichen Vorschub von 10 - 15 cm und eine glatte Anschnittfläche. Hier haben in allen Silagearten die Blockschneider große Fortschritte gebracht, die heute bis zur vollmechanisierten Kette auch mit Verteileinrichtungen kombinierbar sind. Für weitergehende Mechanisierungsstufen der Fütterung sollte aber auch den Fräsen in Verbindung mit Futterverteiler- oder Futtermischwagen wieder mehr Beachtung geschenkt werden. Verbesserungen an den Entnahmewerkzeugen durch Kombination einer Schneid- und Austragsvorrichtung ermöglichen auch hier eine Erhöhung der Funktionssicherheit in Grassilage.

Verfahrenseinordnung

Im Laufe der Jahre haben sich verschiedene Formen der Fahrsilos herausgebildet. Neben dem konventionellen Fahrsilo mit eingespannten, meist 2 - 2,5 m hohen Wänden sind vor allem der Traunsteiner Silo, das Folienfahrsilo und die Ballensilage mit Rund- und Rechteckballen zu nennen. In einer Gegenüberstellung der verfahrensbedingten Kosten sind die verschiedenen Fahrsiloformen bezogen auf die Winterfütterungsperiode einer Kuh mit Nachzucht bei den gewählten Unterstellungen annähernd gleich zu bewerten (Abb. 10). Die Rundballensilage verursacht bei der Verpackung mit Säcken deutlich höhere Kosten. Das neue Stretchverfahren bringt eine Reduzierung um etwa 60 DM/Kuh durch geringere Folienkosten und weniger Arbeitsaufwand. Es liegt damit ähnlich hoch wie die Packensilage bei einem Lohnunternehmerpreis von 21 DM/Ballen für Pressen, Transport und Setzen des Stäpels. Den etwas höheren Kosten der Ballensilage stehen als Vorteile keine Festkosten durch bauliche Anlagen und damit keine längerfristige Festlegung im Konservierungsverfahren sowie die Möglichkeit der Silierung auch kleinerer Futtermengen gegenüber.

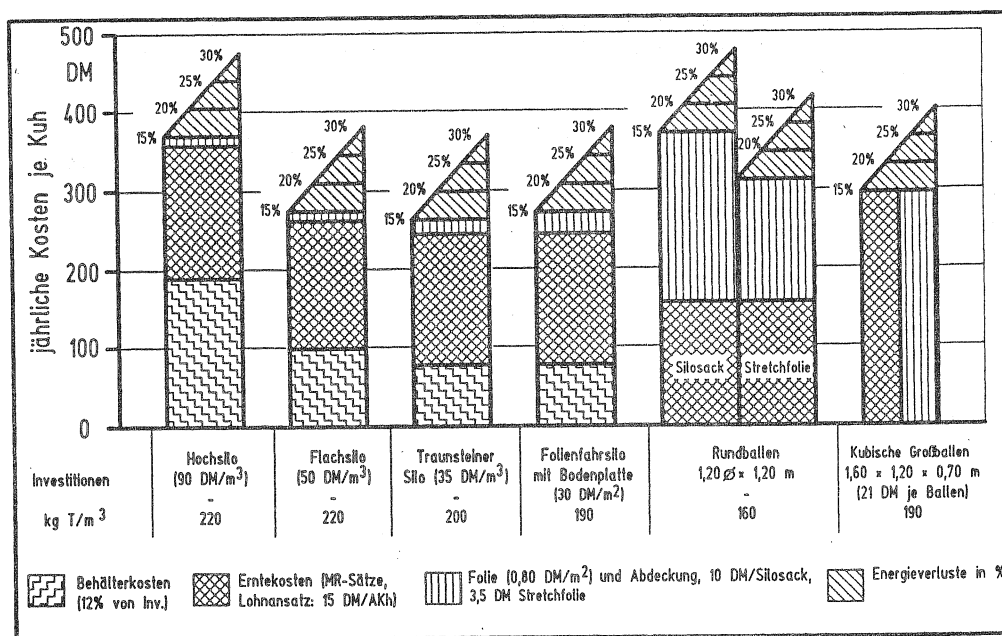


Abb. 10: Kosten der Bergung und Silierung von Anwelkgut (von Schwad bis Siloabschluß) Kuh mit Nachzucht = 1,65 GV, 200 Futtertage, 36 kg Silage/Tag, 125 dt/ha, 40 % T, 5,5 MJ NEL

Diese Aussage gilt jedoch nur, wenn bei allen Verfahren eine einheitliche Verlustrate von 15 % unterstellt wird. Erhöhen sich verfahrensbedingt die Verluste, so kann eine völlig andere Wertung entstehen. Bei der vorgegebenen

Futterrationswürden nämlich 5 % mehr Verluste eine zusätzliche Belastung von etwa 35 DM pro Kuh mit Nachzucht bedeuten.

Als Fazit aus dieser Gegenüberstellung ist zu ziehen, daß die konventionellen Fahrsilos nach wie vor als Standardverfahren bestehen können, zumal wenn in einem Betrieb gleichzeitig Gras- und Maissilage anfallen. Die Ballensilage kann in grünlandstarken Betrieben und zur Konservierung von Futterüberschüssen eine wertvolle Ergänzung sein. Dabei sollte bei einer Neuaufnahme des Verfahrens die gesamte Kette einschließlich Fütterung bedacht werden.

Darüberhinaus ist aber auch abzuleiten, daß neben der Siloform die Verlustrate einen wesentlichen Einfluß auf die Verfahrensbewertung hat. Rechtzeitiger Schnittpunkt zur physiologischen Reife, eine kurze Feldphase, ein ausreichender T-Gehalt, wiederkäuergerechte Aufbereitung, die Schaffung anaerober Bedingungen bei der Lagerung und Entnahme sind bei allen Verfahren unabdingbare Voraussetzungen für eine qualitativ hochwertige und verlustarm gewonnene Silage.

Literatur

- 1 DERNEDDE, W.: Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Verdichtung von Gras in Lagerbehältern bei statischer Belastung. Landbauforschung Völkenrode 33 (1983), H. 4, S. 259 - 263
- 2 LEBZIEN, P.: Schnittzeitpunkt und Zerkleinerung müssen stimmen. Die Milchpraxis 26 (1988) H. 2, S. 66 - 67
- 3 SÖHNE, W.: Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlep-
perreifen. Grundlagen der Landtechnik, H. 5 (1953), S. 49 - 63
- 4 SÖHNE, W.: Wechselbeziehungen zwischen Fahrzeuglaufwerk und Boden beim
Fahren auf unbefestigter Fahrbahn. Grundlagen der Landtechnik, H. 13
(1961), S. 21 - 34
- 5 THAYSEN, J. u. SINDT, P.: Siliermittel und Dosiergeräte
für die Silagebereitung. Schriftenreihe der Landwirtschaftskammer
Schleswig Holstein 1987

Verfahrenstechnische Einordnung der ganzjährigen Silagefütterung

Dr. Hermann Auernhammer und Dr. Heinrich Pirkelmann

1. Einleitung

Das übliche Fütterungsregime in der Milchviehhaltung ist der Einsatz von Grüngut im Sommer und die Fütterung von Konserven in den Wintermonaten. In der Sommerfütterung ergeben sich dabei regionale Unterschiede in der Nutzung der Weide oder der Stallfütterung. Im süddeutschen Bereich zeichnet sich dabei eine stärkere Entwicklung zur ganzjährigen Stallhaltung und damit zum Eingrasen ab.

Als zusätzliche Variante kommt in jüngster Zeit die ganzjährige Silagefütterung hinzu. Sie wird mit regionalen Schwerpunkten bereits von mehreren Betrieben praktiziert, wobei weniger der Grünland-, als vielmehr der Ackerfütterbaubetrieb im Vordergrund steht.

Als Gründe für die Einführung der ganzjährigen Silagefütterung werden vor allem genannt

- eine gleichbleibende, gut kalkulierbare Futterration, die eine bedarfsgerechte Fütterung erleichtert und nicht mit Futterumstellungen belastet ist,
- daraus resultiert eine über das Jahr gleichmäßigere Milchproduktion mit geringeren Schwankungen der Inhaltsstoffe vor allem in den Sommermonaten,
- diese negativen Einflüsse sind vor allem zu vermeiden in Schlechtwetterperioden mit zusätzlichen Erschwernissen hinsichtlich der Futteraufnahme, der Arbeitswirtschaft und der Bodenbelastung sowie in Trockenperioden,
- die Futterernte kann zum optimalen Schnittzeitpunkt erfolgen, so daß hochwertiges Futter zur Verfügung steht und die bei der Grünfütterung gegebenen Schwankungen in Qualität und Zusammensetzung entfallen,
- durch die größere Silagemengen sind insgesamt bessere Voraussetzungen zur Gärfutterbereitung in größeren Einheiten gegeben,
- dadurch wird der überbetriebliche Einsatz in der Futterernte erleichtert und die Möglichkeit zu erheblichen Kapitaleinsparungen für die eingesparte eigenbetriebliche Technik erschlossen,
- mehr Spielraum für die Anschaffung einer leistungsfähigen Fütterungstechnik, die im täglichen Einsatz genutzt wird,
- die verfügbare Arbeitsmacht kann sich auf die Rinderhaltung konzentrieren oder die frei gesetzte Zeit kann für Zusatzeinkommen genutzt werden.

Dem stehen gegenüber

- größere Investitionen für den erforderlichen Siloraum,
- ein größeres Risiko in der Grundfuttermittellieferung, wenn witterungsbedingt schlechte Silagequalitäten erzeugt wurden,

- die Konservierungsverluste für die Silage müssen für die ganzjährige Fütterungsperiode getragen werden,
- durch die Konservierung vermindert sich die Energiekonzentration mit der Folge einer verminderten Futteraufnahme und damit geringeren Milchleistung aus dem Grundfutter,
- Probleme mit Nachgärungen der Silage in den Sommermonaten und damit erhöhtes Verlustrisiko.

2. Unterstellungen

Diese Vor- und Nachteile gilt es gegeneinander abzuwägen und konkrete Bewertungskriterien für die gegebenen Verfahrensvarianten zu erarbeiten. Wesentliche Faktoren sind dabei im landtechnischen Bereich die Arbeitswirtschaft und die Verfahrenskosten.

Ein Verfahrensvergleich kann nur aussagefähig sein auf einer einheitlichen Ausgangsbasis im Produktionsniveau und Betriebsmanagement. Deshalb werden die nachfolgend genannten Unterstellungen vorgenommen.

Die Futterration im Sommer besteht aus Wiesen gras, ergänzt mit Maissilage zum Eiweißausgleich. Die Winterration ist identisch mit der für die ganzjährige Silagefütterung und besteht aus Mais-, Grassilage und einen geringen Heuanteil. Die Futterinhaltsstoffe, die Rationsanteile und die produzierbare Milchmenge sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Rationszusammensetzung und Milchleistung aus Grundfutter

Futterarten	T %	NEL MJ	Rohprot. g	Grünfütteration		Silageration	
				kg FM	kg T	kg FM	kg T
Wiesen gras	16	6,3	170	63	10	-	-
Maissilage	30	6,5	84	10	3	18,3	5,5
Grassilage	40	6,1	175	-	-	14	5,5
Heu	86	4,7	111	-	-	1,2	1,0
T Aufnahme					13		12
Milch kg							
NEL				15		12,2	
Rohprotein				17,4		12,5	

Die Erträge aus dem Grünland sind für die Grünfütter- und Silagegewinnung einheitlich mit 100 dt T/ha unterstellt. Die Silomaiserträge betragen 50 t Frischmasse bzw. 15 t T/ha.

Die Mechanisierung der Grünfütterung erfolgt eigenbetrieblich mit Ladewagen bzw. Dosierladewagen und die Silagentnahme und -fütterung mit Blockschneider bzw. Fräsmischwagen. Alle übrigen Arbeiten der Futterernte und -konservierung im Fahrsilo werden überbetrieblich in schlagkräftigen Verfahren mit Ladewagen oder Feldhäcksler durchgeführt. Der Arbeitsaufwand ist den bekannten Kalkulationsdaten entnommen.

Zur Kostenermittlung werden für die eigenbetriebliche Mechanisierung Jahreskosten in Höhe von 20 % der Neuanschaffung unterstellt (Tab. 2).

Tab. 2: Anschaffungspreise der eingesetzten eigenbetrieblichen Maschinen

Maschine	Preis DM	Maschine	Preis DM
Kreiselmäherwerk	6.100	Fräsmischwagen 5 m ³	26.000
Ladewagen	24.000	6 m ³	30.000
Dosierladewagen	35.000	7 m ³	35.000
Blockschneider	8.000	8 m ³	40.000
		10 m ³	45.000

Dem überbetrieblichen Maschineneinsatz liegen die Verrechnungssätze der Maschinenringe zugrunde. Der Lohnansatz beträgt einheitlich 15 DM/h.

Die Flachsilos beinhalten ein Raumgewicht von 210 kg T/m³ und werden bei der ganzjährigen Silagefütterung für Grassilage zu 1/3 zweimal genutzt. Sie sind mit einem Baupreis von 50 DM/m³ und Jahreskosten von 10 % berücksichtigt. Für den Heubergerraum mit einem Raumgewicht von 100 kg/m³ werden Investitionen von 50 DM/m³ und 5 % jährliche Nutzungskosten kalkuliert.

3. Arbeitszeitbedarf und Kosten

Die verfahrenstechnischen Kenngrößen Arbeitszeitbedarf und Kosten der Arbeitserledigung sollen zuerst für beispielhafte Bestandsgrößen dargestellt werden. Daran anschließend erfolgt eine Gegenüberstellung des Arbeitszeitbedarfes über den untersuchten Bestandsgrößen für alle Verfahrensalternativen und letztendlich eine Einordnung nach den Kosten. Auch diese erfolgt über der Bestandsgröße und erfaßt alle Verfahrensvarianten.

3.1 Arbeitszeitbedarf und Kosten bei ausgewählten Bestandsgrößen

Grundsätzlich lassen sich sinnvolle Vergleiche nur bei angepaßter Technik durchführen. Deshalb wird je nach Bestandsgröße nur auf eine dafür relevante Mechanisierung zurückgegriffen.

3.1.1 Bestandsgröße 20 Kühe

Zentrale Techniken für diese Bestandsgröße sind der Ladewagen für die Sommerstallfütterung und der Blockschneider für Silageentnahme und Transport auf den Futtertisch. Sowohl die Grünfütter-, wie auch die Silagevorlage erfolgen in Handarbeit (Abb. 1).

Auf der Seite des Arbeitszeitbedarfes ergeben sich bei beiden Verfahren kaum merkliche Unterschiede. Trotzdem schneidet dabei die Sommerstallfütterung etwas günstiger ab.

Hingegen zeigen die Kosten einen deutlichen Vorteil zugunsten der ganzjährigen Silagefütterung. Sie betragen immerhin etwa 194 DM/Kuh und Jahr oder eine Ersparnis von 21% bei der ganzjährigen Silagefütterung gegenüber der kombinierten Fütterungsmethode.

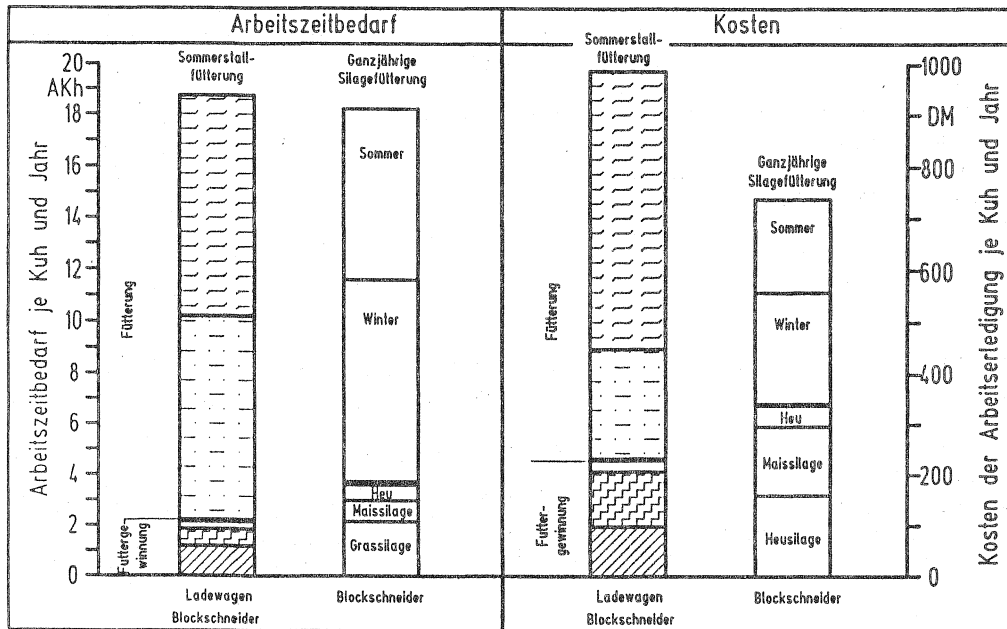


Abb. 1: Arbeitszeitbedarf und Kosten der Arbeitserledigung für Sommerstallfütterung und ganzjährige Silagefütterung bei 20 Kühen ohne Nachzucht

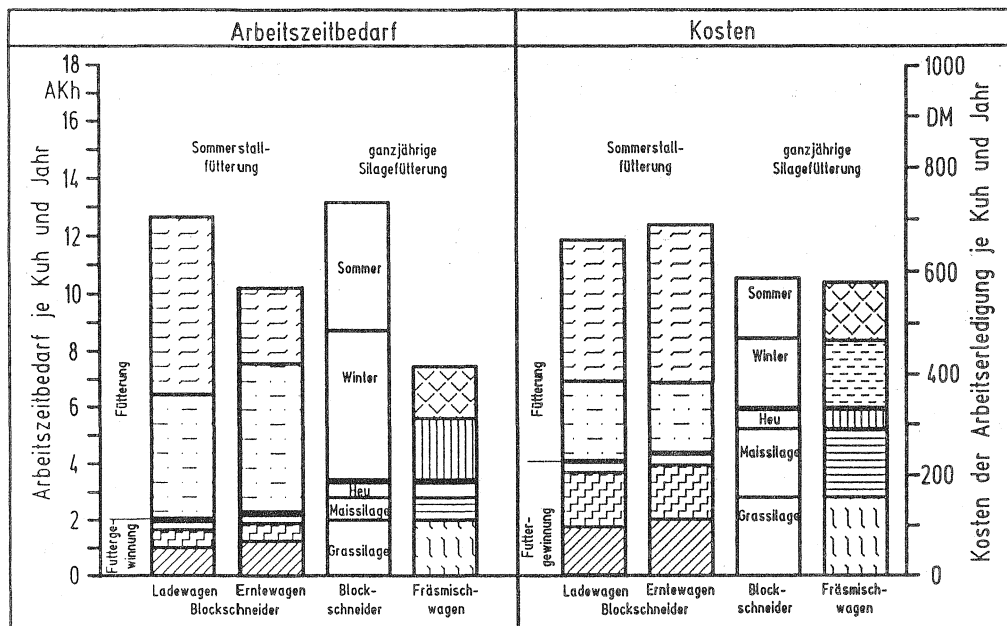


Abb. 2: Arbeitszeitbedarf und Kosten der Arbeitserledigung für Sommerstallfütterung und ganzjährige Silagefütterung bei 40 Kühen ohne Nachzucht

3.1.2 Bestandsgröße 40 Kühe

Bei Beständen mit 40 Kühen muß auf der Sommerstallfütterungsseite auch der Erntewagen in den Vergleich einbezogen werden. Als Alternative für die ganzjährige Silagefütterung erscheint ein kleiner Fräsmischwagen angebracht. Im Vergleich ergeben sich für diese Alternativen die Ergebnisse nach Abbildung 2.

Danach erbringt der Erntewagen eine Verringerung des Arbeitszeitbedarfes je Kuh und Jahr von 16%. Noch drastischer sind die Abstände bei der ganzjährigen Silagefütterung. Dabei erhöht sich der Mehrbedarf für die Blockschneidervariante gegenüber der Sommerstallfütterung mit dem Ladewagen um etwa 10%. Der Fräsmischwagen führt dagegen zu einer Reduzierung um 38%, wodurch insbesondere der Arbeitszeitbedarf in der Sommerfütterung sehr stark reduziert wird.

Bei den Kosten der Arbeitserledigung werden dagegen durch die höherwertigen Techniken die Abstände geringer. Gegenüber dem Ladewagen erhöhen sich die Kosten durch den Erntewagen um etwa 10%. Die beiden ganzjährigen Silagefütterungsvarianten sind dagegen in etwa gleich zu beurteilen. Unter Einbeziehung der arbeitswirtschaftlichen Vorteile müßte deshalb schon bei dieser Bestandsgröße der Blockschneider ausscheiden.

3.1.3 Bestandsgröße 60 Kühe

Für die 60-Kuhherde wurde der Ladewagen mit Handzuteilung aus dem Vergleich herausgenommen. Als alleinige Variante verbleibt deshalb für die Sommerstallfütterung der Erntewagen mit seinen unumstrittenen arbeitswirtschaftlichen Vorteilen. Für die ganzjährige Silagefütterung kommen alternativ der Blockschneider und der Fräsmischwagen mit angepaßter Größe zum Vergleich. Nach Abbildung 3 ergeben diese Varianten folgende Ergebnisse:

Rein arbeitswirtschaftlich bietet der Fräsmischwagen in Verbindung mit ganzjähriger Silagefütterung die größten Vorteile. Sehr deutlich zeigt sich der gravierende Nachteil des Blockschneiders mit seinem hohen Arbeitszeitbedarf für die Futterzuteilung bei den größeren Herden.

Aus Sicht der Kosten reduzieren sich dagegen die Unterschiede nahezu vollständig. Allenfalls der Blockschneider könnte dabei geringe Vorteile gegenüber der Sommerstallfütterung bringen. Ob dabei jedoch die erreichten Vorteile die später abzuwägenden Nachteile ausgleichen können, mag vorerst noch offen bleiben.

3.1.4 Bestandsgröße 80 Kühe

Somit verbleiben im letzten Vergleich bei Herden mit 80 Kühen nur noch die leistungsfähigen und zugleich arbeitssparenden Verfahren des Erntewagens mit Blockschneidereinsatz zur Silagefütterung (wie in allen bisherigen Betrachtungen), der Erntewagen in Verbindung mit einer zweiten teureren Technik zur Silagefütterung in Form eines Fräsmischwagens und der alleinige Fräsmischwagen bei ausschließlicher Silagefütterung. Dieser Vergleich erbringt die Ergebnisse nach Abbildung 4.

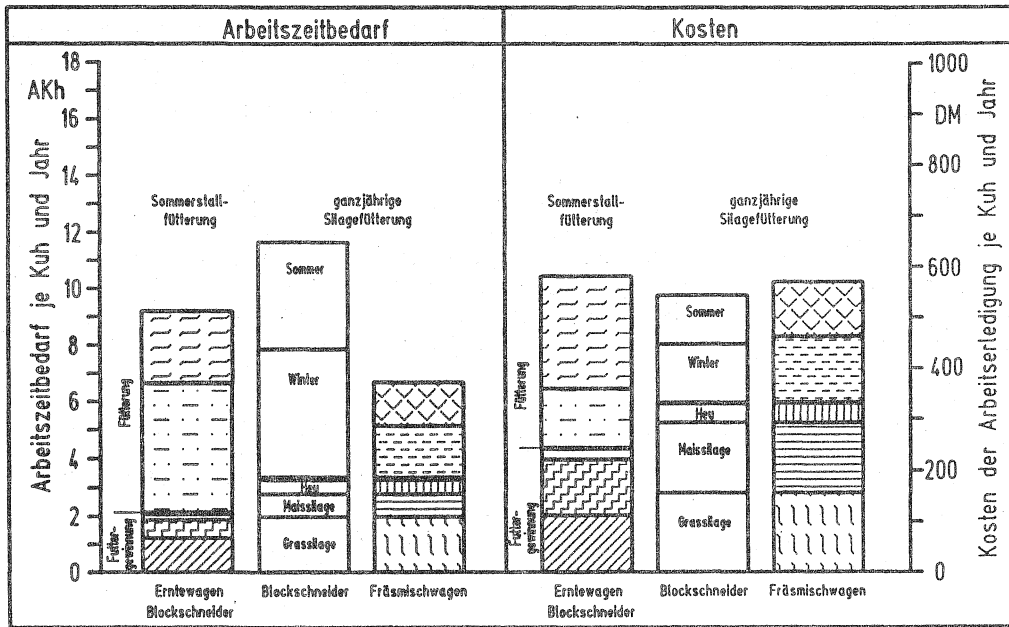


Abb. 3: Arbeitszeitbedarf und Kosten der Arbeitserledigung für Sommerstallfütterung und ganzjährige Silagefütterung bei 60 Kühen ohne Nachzucht

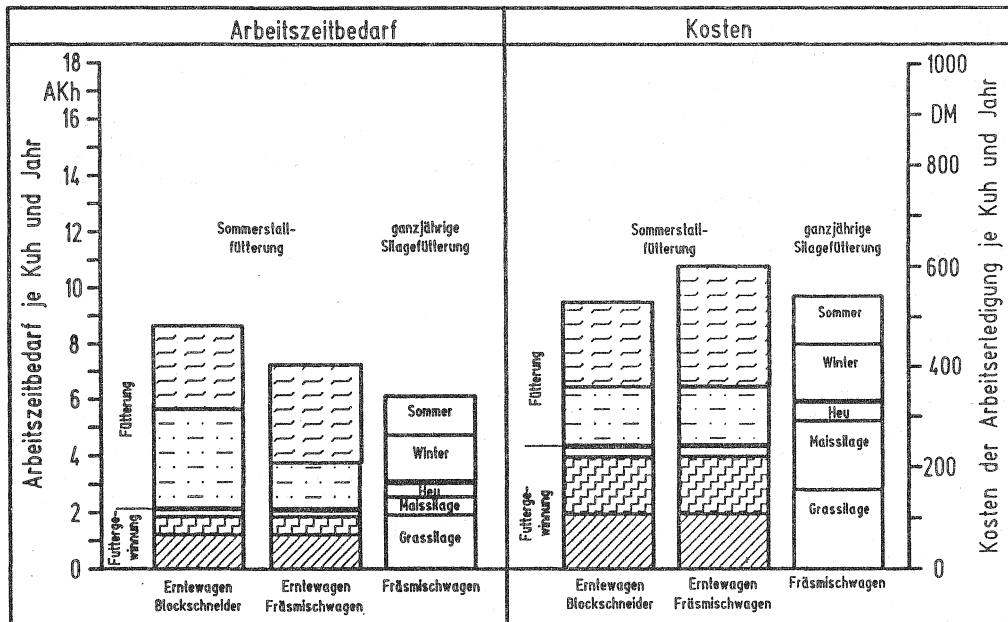


Abb. 4: Arbeitszeitbedarf und Kosten der Arbeitserledigung für Sommerstallfütterung und ganzjährige Silagefütterung bei 80 Kühen ohne Nachzucht

Dabei zeigen sich erneut die starken arbeitswirtschaftlichen Vorteile einer ganzjährigen Silagefütterung in Verbindung mit einem Fräsmischwagen. Selbstverständlich werden diese Vorteile auch durch die Kombination mit der Sommerstallfütterung erreicht. Allerdings müssten dafür erhebliche Kosten in Kauf genommen werden, weshalb auf der Kostenseite nunmehr sogar die Sommerstallfütterung zur günstigsten Variante wird.

3.2 Arbeitszeitbedarf der untersuchten Verfahrensalternativen

Werden nun die einzelnen Varianten in Abhängigkeit von der Herdengröße betrachtet, dann ergeben sich die Ergebnisse nach Abbildung 5.

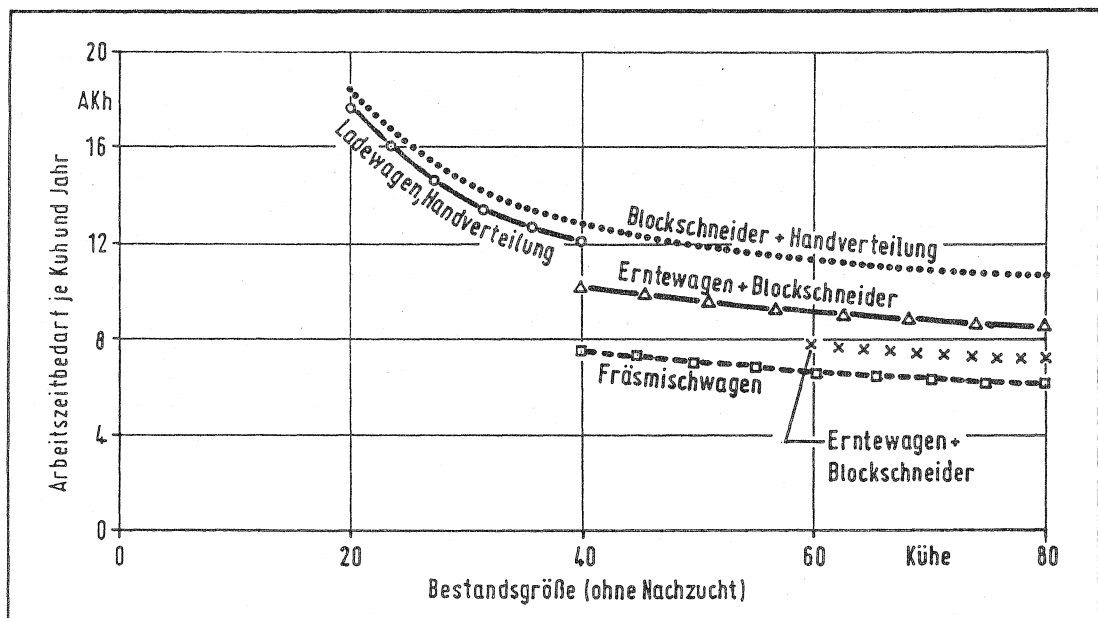


Abb. 5: Arbeitszeitbedarf für Sommerstallfütterung und ganzjährige Silagefütterung in Abhängigkeit von der Bestandsgröße (ohne Nachzucht)

Dabei stellen die beiden Mechanisierungsvarianten für die ganzjährige Silagefütterung jeweils die Extreme dar. Der Blockschneider mit Handverteilung erfordert über allen Herdengrößen den höchsten Arbeitszeitbedarf, wobei auch die nicht unwesentliche Arbeitsbelastung zu beachten ist. Demgegenüber reduziert der Fräsmischwagen den Arbeitszeitbedarf um etwa ein Drittel und dies natürlich bei einer vergleichsweise geringen Arbeitsbelastung.

Ladewagen mit Handverteilung, Erntewagen mit Blockschneider für die Silagefütterung und Erntewagen mit der zusätzlichen Fräsmischwagentechnik bewegen sich zwischen den reinen ganzjährigen Silagefütterungsvarianten. Wird auch dabei die Arbeitsbelastung angesprochen, dann müsste zweifelslos der Erntewagen den Vorteil erhalten.

3.3 Kosten der untersuchten Verfahrensalternativen

Eine gänzlich andere Situation ergibt sich bei der Betrachtung der Kosten der Arbeitserledigung (Abb. 6).

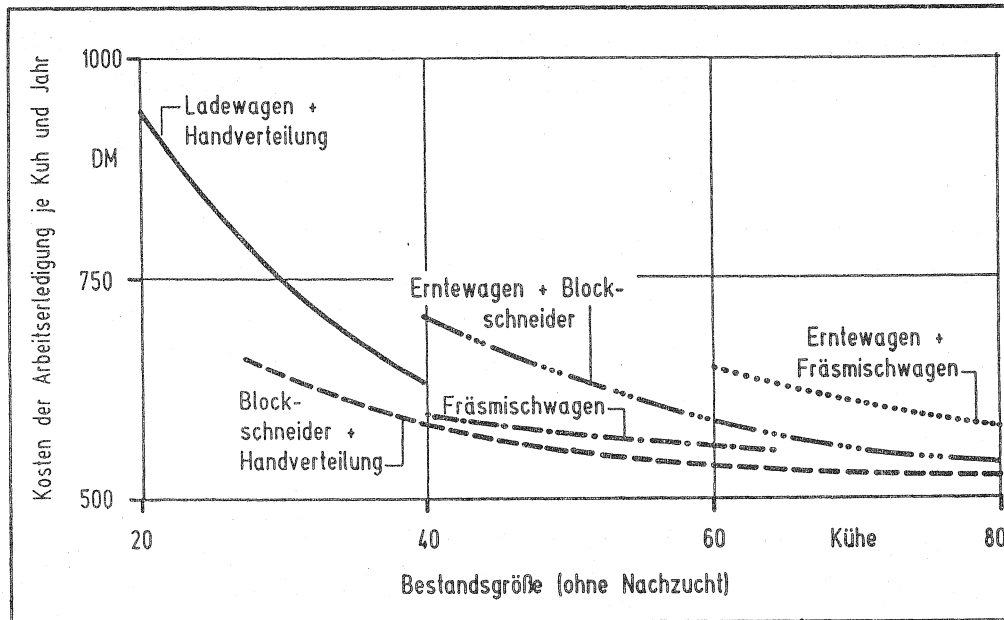


Abb. 6: Kosten der Arbeitserledigung für Sommerstallfütterung und ganzjährige Silagefütterung in Abhängigkeit von der Bestandsgröße (ohne Nachzucht)

Dabei liegen die beiden ganzjährigen Silagefütterungsvarianten nahezu immer günstiger als die Varianten mit Sommerstallfütterung. Allerdings werden diese Unterschiede bei 40, 60 und auch bei 80 Kühen je Herde relativ gering. Sie sind dagegen beträchtlich, wenn jeweils kleine Herden in Verbindung mit einer dafür teureren Technik betrachtet werden. Dies ist z.B. bei der 20-Kuhherde der Fall, bei der sogar der Ladewagen mit Handverteilung wesentliche Mehrkosten erfordert. Dies trifft aber ebenso für die 30 bis 40 Kuhherde zu, wenn dafür der Erntewagen eingesetzt werden soll.

4. Einordnung der Ergebnisse und Ausblick

Sollen nun alle diese Ergebnisse zu Empfehlungen für den Praktiker umgesetzt werden, so müssen die arbeitswirtschaftlichen und fütterungsspezifischen Kosten in einer zusammenfassenden Darstellung analysiert, daneben aber auch zusätzliche verfahrensrelevante Einflußgrößen bewertet werden.

Aus der rein arbeitswirtschaftlichen Sicht bietet bei größeren Herden ab etwa 40 Kühen die ganzjährige Silagefütterung auf der Basis des Fräsmischwagens eindeutige Vorteile. Hinzu kommt dabei, daß damit gerade in der Sommerzeit die tägliche Arbeitszeit auf ein Minimum reduziert wird und dadurch in Verbindung mit der Gesamtbetriebsorganisation u.U. zusätzliche erhebliche Vorteile entstehen. In Betrieben bis etwa 35 oder 40 Kühe stellt dagegen die Sommerstallfütterung in Verbindung mit dem Blockschneider das arbeitswirtschaftlich bessere Verfahren dar. Dies gilt solange, wie für diese Bestandsgrößen eine preisgünstige Alternative auf der Basis eines Fräsmischwagens nicht verfügbar ist.

Aus der Sicht der Kosten dagegen muß dieses relativ einfache Einordnungsschema sehr stark differenziert werden. In Beständen bis zu etwa 40 Kühen ist bereits aus arbeitswirtschaftlichen Gründen ein Kostenvorteil zugunsten der ganzjährigen Silagefütterung gegeben. Diese Spanne erhöht sich, wenn nicht die günstigen Bedingungen des überbetrieblichen Einsatzes der Futterbergung für die Silierung, sondern die in dieser Betriebsgröße wesentlich aufwendigere Eigenmechanisierung unterstellt wird. Im kleineren, häufig im Nebenerwerb bewirtschafteten Betrieb ist weiterhin die Flexibilität der Arbeitsgestaltung von Bedeutung. Hier bietet die ganzjährige Silagefütterung mehr Möglichkeit als die Grünfütterung und erleichtert somit die Kombination mit außerlandwirtschaftlichen Einkommen.

Mit zunehmender Bestandsgröße ergibt sich eine weitgehende Kostenanpassung der Verfahren zur Grünfütter- und ganzjährigen Silagefütterung, da alle erforderlichen Investitionen zu einer ökonomisch gerechtfertigten Auslastung kommen. Von Bedeutung können hier die pro Betrieb verfügbare Arbeitsmacht und die erforderlichen Investitionen sein. Betriebe mit angespannter Arbeitskraftbesetzung sollten die eigenen Arbeitskräfte auf die Erledigung der innerbetrieblichen Arbeiten und damit die ganzjährige Silagefütterung konzentrieren, die Futterbergung dagegen auf den überbetrieblichen Einsatz verlagern. Andererseits erfordert die ganzjährige Silagefütterung durch die zusätzlichen baulichen Investitionen eine längerfristige Festlegung der Betriebsorganisation. In der Zielvorgabe unsichere Betriebe werden sich daher in der Grünfütterung mehr Spielraum für die künftige Betriebsorganisation offen halten.

Für alle Bestandsgrößen wird schließlich für die Bewertung der ganzjährigen Silagefütterung die Milchproduktion aus dem Grundfutter von großer Bedeutung sein. Die unterstellte Differenz von 1 kg T-Aufnahme aus Grundfutter würde nahezu 2 kg Milch pro Tag oder etwa 320 kg pro Sommerfütterungsperiode weniger bedeuten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch die ganzjährige Silagefütterung der bei Grünfütterung übliche Einbruch des Fettgehaltes in den Sommermonaten vermieden wird und somit eine entsprechende Korrektur der Milchleistung bzw. des Milchpreises anzusetzen ist. Die dennoch verbleibende Differenz kann in kleineren Bestandsgrößen durch die arbeitswirtschaftlichen Einsparungen ausgeglichen werden, während für größere Herden diesbezüglich nur ein Teilausgleich neben sonstigen betriebsorganisatorischen Vorteilen möglich ist.

Ansonsten muß die in der Futteraufnahme angesetzte Differenz von 1 kg Trockenmasse pro Kuh und Tag nicht über die gesamte Sommerfütterungsperiode bestehen. Bei guten Silagequalitäten kann längerfristig durchaus eine Annäherung an die Grünfütteraufnahme möglich sein, wie die große Spanne in den bisher diesbezüglich analysierten Betrieben zeigt. Eine unverzichtbare Voraussetzung und ökonomisch sehr wichtige Ausgangsbasis für die ganzjährige Silagefütterung wird daher für alle Bestandsgrößen die Bereitstellung bester Silagequalitäten sein.

Literatur

- RUTZMOSER, K.: Auswirkungen einer ganzjährigen Silagefütterung in praktischen Milchviehbetrieben. Schule und Beratung, H. 7 (1986), S. IV-1 - IV-6.
- SCHWARTING, G. und MÜNST, S.: Ganzjährige Konservenfütterung bringt viele Vorteile. Veredlungsproduktion 3 (1988), S. 18/19.

Veröffentlichungen der Landtechnik Weihenstephan 1988

- APFELBECK, R.: Energy production from rape.- Proceedings of International Conference: Alternative Energy Sources Today and for 21st Century, S. 287 - 294, Brioni/Jugoslawien, 5. - 8.10.1988; YU ISBN 86-80991-02-3, Technical Faculty University Rijeka/YU
- AUERNHAMMER, H.: Elektronik im Kuhstall hilft Kraftfutter sparen. Land-Report Nr. 5 1988, S. 14
- AUERNHAMMER, H.: Billiger, langlebiger, bodenschonender und bedienungsfreundlicher ? dlz 39 (1988), H. 2, S. 171 - 176
- AUERNHAMMER, H.: Perspektiven künftiger Entwicklungen in der Schlepper-technik - was ist Wunsch, was ist Notwendigkeit ? Allgemeine Forst Zeitschrift Nr. 7 1988, S. 139 - 141
- AUERNHAMMER, H.: Perspektiven künftiger Entwicklungen in der Schlepper-technik I - was ist Wunsch, was ist Notwendigkeit ? Lohnunternehmen in Land- und Forstwirtschaft 43 (1988), H. 2, S. 76 - 83
- AUERNHAMMER, H.: Perspektiven künftiger Entwicklungen in der Schlepper-technik II - immer mehr Zusatzeinrichtungen gewünscht ? Lohnunternehmen in Land- und Forstwirtschaft 43 (1988), H. 3, S. 156 - 163
- AUERNHAMMER, H., H. PIRKELMANN und G. WENDL: Microprocessor Based Farm Management System for Dairy Family Farms Proceedings of the third international livestock environment symposium in Toronto (Canada) 1988, published by the ASAE Michigan (USA), p. 248 - 254
- AUERNHAMMER, H.: Systematik der Schlepperelektronik - ein anwendungsbezogener Einordnungsversuch. Landtechnik 43 (1988), H. 5, S. 213 - 214
- AUERNHAMMER, H.: Schnittstellennormung - wo stehen wir ? Landtechnik 43 (1988), H. 5, S. 220 - 222
- AUERNHAMMER, H.: Auswirkungen der Strukturentwicklung auf die Praxis, die Arbeitsorganisation und die Arbeitsteilung. Arbeitsunterlage E/88 der DLG Frankfurt a.M., S. 27 - 51
- AUERNHAMMER, H.: Stallsystemvergleiche für die Milchviehhaltung Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 65 (1988), Sonderheft 1, S. 177 - 189
- AUERNHAMMER, H.: Einbindung der Prozeßsteuerung in das rechnergestützte Management. In: Elektronikeinsatz in der Tierhaltung, VDI/MEG-Kolloquium Landtechnik, Heft 5 Düsseldorf 1987, Seite 311 - 324
- AUERNHAMMER, H.: Wiegen in der Schlepperdreipunkthydraulik - In den Hubarmen stecken die Sensoren. Agrar-Übersicht 39 (1988), H. 10, S. 26 - 27 u. 33
- AUERNHAMMER, H.: Spezial- oder Universalschlepper, das ist die Frage - 10 Thesen zum Traktor der Zukunft. dlz 39 (1988), H. 10, S. 1470 - 1477
- AUERNHAMMER, H., DEMMEL, M. und H. STANZEL: Wiegemeöglichkeiten in der Schlepperdreipunkthydraulik. Landtechnik 43 (1988), H. 10, S. 414 - 418

- AUERNHAMMER, H., STANZEL, H., DEMMEL, M.: Electronical weighing equipment for the three-point linkage of tractors.- In: Proc. of the 3rd Ag-Eng Conference 1988, Paris, 3rd March - 6th March. Hrsg.: Cemagreff. Paris 1988. S. 217 - 218
- AUERNHAMMER, H., STANZEL, H.: An electronical weather station for multi-purpose on-farm use. In: Proc. of the 3rd Ag-Eng Conference 1988, Paris, 3rd March - 6th March. Hrsg.: Cemagreff. Paris 1988. S. 41 - 42
- BLUDAU, D.A.: Sweet sorghum for ethanol production.- Proceedings of International Conference: Alternative Energy Sources Today and for 21st Century, S. 295 - 300, Brioni/Jugoslawien, 5. - 8.10.1988; YU ISBN 86-80991-02-3, Technical Faculty University Rijeka/YU
- BINDER, S., DISTL, O., KRÄUSSLICH, H. und H. AUERNHAMMER: Computereinsatz als Hilfsmittel für das Management von Milchrinderherden. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 65 (1988), H. 2, S. 231 - 239
- BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Die Gülle fließt über Staurinnen ab. Schwäbischer Bauer, 40, H. 5, S. 22-24, 1988. Badisches Landw. Wochenblatt. 156, H. 5, S. 23-24. 1988. Württembergisches Wochenblatt für Landwirtschaft. 155, H. 5, S. 26-28, 1988.
- BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Staurinnen werden so verlegt. Schwäbischer Bauer, 40, H. 5, S. 24-25, 1988. Badisches Landw. Wochenblatt. 156, H. 5, S. 24-26. 1988. Württembergisches Wochenblatt für Landwirtschaft. 155, H. 5, S. 28-30, 1988.
- BOXBERGER, J., LANGENEGGER, G. u. ECKEL, B.: Futter aus dem Rohr - technischer Stand der Flüssigfütterung. Bayer. Landw. Wochenblatt. 178, H. 8, S. 28-31. 1988.
- BOXBERGER, J.: Hofeigene Futteraufbereitung und Fütterung. In KTBL Manuskriptdruck "Landwirtschaft und Elektrizität" Hrg. KTBL, Darmstadt, 1988.
- BOXBERGER, J. u. LEHMANN, B.: Verhalten von tragenden Sauen an Abrufstationen. Landtechnik, 43, H. 5, S. 234-236, 1988.
- BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Jetzt wird der Festmist von unten in den Haufen gepreßt. Badische Bauernzeitung, H. 21, S. 30-31, 1988.
- BOXBERGER, J. u. KEMPKENS, K.: Laufstall auch schon für 20 Kühe? Der praktische Tierarzt, 69, H. 6, S. 29-38, 1988.
- BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Güllepumpen mit integriertem Vorbehälter. DLZ, 39, H. 6, S. 888-892, 1988.
- BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Die Stauungen haben sich aufgelöst. Bay. Landw. Wochenblatt. 178, H. 29, S. 18-20, 1988.
- BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Dem Festmist Druck machen. Bay. Landw. Wochenblatt. 178, H. 35, S. 32, 1988.
- BOXBERGER, J.: Spaltenböden in der Diskussion. Bauen für die Landwirtschaft. 25, H. 2, S. 3, 1988.
- BOXBERGER, J. u. KEMPKENS, K.: Tiergemäße Gestaltung des Liege- und Laufbereiches kleinerer Liegeboxenlaufställe. In: Landtechnik 1988, Kurzfassung der Vorträge, S. 156-158. VDI, Düsseldorf, 1988.
- BOXBERGER, J., EICHORN, H. u. SEUFERT H.: Stallmist: Entmisten - Lagern - Ausbringen. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1988.

- BOXBERGER, J.; HAIDN, B.: Wer schaut schon Bullen auf die Sohlen. Bayer. Landw. Jahrbuch, Sonderheft 2/1987, H. 23, S. 20-21
- BOXBERGER, J.; HAIDN, B.: Sicherheit auf Schritt und Tritt. Schwäbischer Bauer. 39 (1987), H. 27, S. 22-23 Württembergisches Landw. Wochenblatt, 154, H. 27, S. 27. Badisches Landw. Wochenblatt, 155, H. 27, S. 21-22
- DEMMELE, M.: Spezialschlepper für Spezialisten. - In: Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 3, 1988, S.13 - 14.
- DEMMELE, M.: Weniger Gänge reichen auch - Grünlandschlepper sollten den speziellen Anforderungen gerecht werden.- In: Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 16, 1988, S. 34 - 35.
- DEMMELE, M.: Bordcomputer auch fürs Grünland.- In: Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 17, 1988, S. 20 - 22.
- EDELMANN, H., REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T. U. SCHULZ, H.: Leistungsmessungen an bestehenden Solaranlagen in der Praxis. BMFT Abschlußbericht, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising, 1988, 110 S.
- ENGLERT, G. U. J. NEUHAUSER: Anstrichmittel für Silos. RKL-Schrift. Kiel: RKL 1987, S. 476-483
- ENGLERT, G.: Zur Bemessung der Wärmedämmung von Ställen. Grundl. Landtechnik 38 (1988) Nr. 2, S. 49-58
- ENGLERT, G.: Dämmen nicht nur der Wärme wegen. Bayer.Landw.Wochenblatt 178 (1988) Nr. 13, S. 24-26
- ENGLERT, G.: In einem Arbeitstag erledigt - Wärmedämmung und Feuchteschutz mit Sichtplatten. Bayer.Landw.Wochenblatt 178 (1988) Nr. 14, S. 16-18
- ENGLERT, G. u. J. NEUHAUSER: Braucht das Silo einen neuen Anstrich? Badische Bauern Zeitung 41 (1988) Nr. 15, S. 34-37
- ENGLERT, G. u. J. NEUHAUSER: Zurechtschneiden und Befestigen ist kein Problem. Bayer.Landw.Wochenblatt 178 (1988) Nr. 16, S. 40-42
- ENGLERT, G.: Dämmung aus dem Sack und von der Rolle. Bayer.Landw.Wochenblatt 178 (1988) Nr. 17, S. 26-28
- ENGLERT, G. u. J. NEUHAUSER: Unter dichter Folie gereift. Bayer.Landw.Wochenblatt 178 (1988) Nr. 18, S. 48-50
- ENGLERT, G. u. J. NEUHAUSER: Vollwertiger Ersatz für die alten Reifen. Bayer.Landw.Wochenblatt 178 (1988) Nr. 19, S. 36
- ESTLER, M.: Zu viel Arbeitgänge bei der Saatbettbereitung - wo ist zu reduzieren ? Deutsche Zuckerrübenzeitung 24 (1988) Nr.1, S. 15
- ESTLER, M.: Neue Tendenzen in der Anbau- und Erntetechnik von Mais. Saatgut Magazin, 1988, Seite 14 -15
- ESTLER, M.: Möglichkeiten und Grenzen der mechanischen Unkrautbekämpfung. Sonderheft der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XI/1988, S. 33 - 44
- ESTLER, M.: Geräte für die Bodenbearbeitung. In: Jahrbuch der Landtechnik, Frankfurt 1988, Band 1, S. 51 - 56

- ESTLER, M.: Bodenbearbeitung und Bestellung im integrierten Pflanzenbau (Obrada tla sjetva ũ integralnoj biljnoj proizvodnij) Agrotekničar, Zagreb/Jugoslawien, 1988, Heft 10, S. 23 -27
- HAIDN, B.: Ermittlung von Maßen der Klauensohle bei Mastbullen zur Gestaltung tiergerechter Schlitzweiten von Spaltenböden. -In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1986 Hrsg.: KTBL Darmstadt u. Deutsche Veterinärmed. Gesellschaft Gießen (KTBL-Schrift 319), Münster-Hiltrup 1987, S. 107-119.
- HAIDN, B.; AUERNHAMMER, H.: Ermittlung der Sonderarbeiten in der Zucht-sauenhaltung mit Video-Technik. In: Kongressdokumentation. XXIII. Kongress des Internationalen Ringes für Landarbeit, Bled, Slovenia, Jugoslawia, 13.-16. September 1988, Biografika BORI, Ljubljana, 1988, S. 277-285.
- HAIDN, B.; KEMPKENS, K.: Spaltenböden für Rinder. Bauen für die Landwirtschaft, Heft 2/1988, S. 4-6
- MITTERLEITNER, H.: Derzeitige Situation der Biogasproduktion in Bayern, Teil II. Bericht über die Praktiker-Informationstagung am 29.02.1988. Schriftenreihe des Bayer. Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Landmaschinen und Energiewirtschaft Nr. 27, S. 20 - 29
- MITTERLEITNER, H.: Sechs Rundballenpressen im Vergleich. top agrar (1988), H. 4, S. 94 - 104
- MITTERLEITNER, H.: Was können die Ballen-Wickler? Agrar-Übersicht 39 Jg., (1988), H. 5, S. 14 - 16 (Gras, Silomais, GPS)
- MÜLLER, R., REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T., SCHULZ, H. U. WAGNER, B.: Heat Transfer Phenomena in a Ground coupled Storage with Vertical Heat Exchangers. Final Report, Hrsg.: Aranovitch, E.; Gilliaert, D., Joint Research Centre, Ispra, Italy, 1988, 83 S.
- PIRKELMANN, H.: Futter per Computer. Abrufautomaten für leistungsgerechte Milchviehfütterung. Bayer. Landw. Wochenblatt 178, (1988), H. 4, S. 14 - 16
- PIRKELMANN, H.: Futterqualität weiter verbessern. DLG-Mitteilungen 103, (1988), H. 8, S. 383
- PIRKELMANN, H.: Pferdehaltung im bäuerlichen Betrieb. Landtechnik 43, (1988), H. 7 + 8, S. 316 - 319
- PIRKELMANN, H.: Im Laufstall bleiben Pferde auf Trab. Bayer. Landw. Wochenblatt 178, (1988), H. 33, S. 24 - 26
- PIRKELMANN, H. u. S. MAURITZ: Silierung von Futterrüben -Arbeitssparende Alternative. agrar praxis 104, (1988), H. 8, S. 47 - 50
- PIRKELMANN, H.: Rechnergestützte Tränkeverfahren für Kälber. VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, VDI-Fachgruppe Landtechnik, Düsseldorf, (1988), H. 5, S. 84 - 98
- PIRKELMANN, H.: Rübenblatt silieren ohne Gär-saftverluste. Deutsche Zuckerrüben Zeitung 24 (1988), Nr. 5, S. 5
- PIRKELMANN, H.: Mechanisierung der Futterrüben-ernte Futterrüben lagern oder silieren? Bayer. Landw. Wochenblatt 178 (1988), H. 39, S. 13 - 15
- PIRKELMANN, H. u. F. WENDLING: Micro-Processor Based Feeding and Controlling of Calves. Proceedings of the third intern. Symposium Livestock Enviroment, Toronto, Canada 25. - 27.04.88, S. 248 - 254

- PIRKELMANN, H.: Futterrüben mit Blättern einsilieren. top agrar (1988), Nr. 10, S. R18 - R19
- PIRKELMANN, H.: Ensiling - a new method for fodderbeet conservation. Proceedings of the VI. World Conference on Animal Production, Helsinki 27.06. - 01.07.1988
- PIRKELMANN, H. u. G. WENDL: Micro computer - based feeding of dairy cows by using automatic milk recording and body weighing. Proceedings of the AG ENG, Paris 02. - 06.03.1988, S. 128 - 130
- PIRKELMANN, H.: Bewertung von Techniken der Grundfuttermittellage, Tagungsband zur VDI Tagung, 27./28.10.88 in Neu-Ulm, S. 72 - 74
- REUSS, M., SCHULZ, H. u. WAGNER, B.: Planung und Erstellung von Anlagen zur Speicherung von Niedertemperaturwärme im Erdreich mit vertikalen Wärmetauschersonden. Tagungsbericht des 6. Internationalen Sonnenforums Berlin v. 30.08. - 02.09.1988, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, München, Band 1, S. 710 - 715
- REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T. u. SCHULZ, H.: Development and Testing of Simple Solar Air Heating Collectors. - In Advances in Solar Energy Technology, Volume 2, Hrsg.: Bloss, W.H.; Pfisterer, F. New York, Pergamon Press, 1988, S. 1061 - 1066
- REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T. u. SCHULZ, H.: Development and Testing of Two Hybrid-Collectors. - In Advances in Solar Energy Technology, Volume 2, Hrsg.: Bloss, W.H.; Pfisterer, F. New York, Pergamon Press, 1988, S. 1155 - 1161
- REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T. u. SCHULZ, H.: Performance monitoring on a Solar Drying Plant for Herbs. - In Advances in Solar Energy Technology, Volume 2, Hrsg.: Bloss, W.H.; Pfisterer, F. New York, Pergamon Press, 1988, S. 1478 - 1483
- REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T. u. SCHULZ, H.: Durability of Collector Glazings and Performance of Air Collector Arrays. Final Report, Hrsg.: Aranovitch, E.; Gilliaert, D., Joint Research Centre, Ispra, Italy, 1988, 130 S.
- RITTEL, L.: Im Flachlager auf bessere Preise warten. Agrarübersicht 1/1988, S. 23 - 25
- RITTEL, L.: Eigenes Holz oder Bausätze. Agrarübersicht 3/1988, S. 68 - 69
- RITTEL, L.: Heubergehallen mit Boxenbelüftung. Landtechnik 4/88, 1988, S. 180 - 183
- RITTEL, L.: Zum Anbindestall "verdammte". DLG-Mitteilungen, Heft 11, Juni 1988, 103. Jahrgang, S. 572 - 574
- SCHNEIDAWIND, T., GEYER M.: Maschinelle Ernte von Himbeeren. Obstbau 13/88 S. 247 - 253
- SCHULZ, H.: Fortschritte und Probleme bei der Nutzung von Windenergie in Bayern. Windkraft Journal Heft 4/87, S. 207 - 209 erschienen Februar 1988
- SCHULZ, H.: Das Solarzelt, ein neuer, preiswerter und leistungsfähiger Luftkollektor. 2. Auflage, März 1988, 18 Seiten, Schriftenvertrieb des Landtechnischen Vereins, Weihenstephan

- SCHULZ, H. u. MITTERLEITNER, H.: Techniken zur Erzeugung von Qualitätsheu. Abschlußbericht über ein Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben, Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für E.L.u.F., Referat Landmaschinen und Energiewirtschaft, Nr. 26, 68 Seiten
- SCHULZ, H.: Derzeitige Situation der Biogasproduktion in Bayern, Teil 1. Bericht über die Praktiker Informationstagung in Grub am 29.02.1988, Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für E.L.u.F., Referat Landmaschinen und Energiewirtschaft, Nr. 27, S. 4 - 19
- SCHULZ, H.: Das Solarzelt, ein neuartiger, preiswerter, leistungsfähiger und praxiserprobter Luftkollektor zur Trocknung landwirtschaftlicher Produkte. Tagungsbericht des 6. Internationalen Sonnenforums Berlin v. 30.08. - 02.09.1988, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, München, Band 1, S. 226 - 233
- SCHULZ, H., u. MITTERLEITNER, H.: Das Folienwickelverfahren zum Silieren von Rundballen, Landtechnik Heft 11, 1988, S. 456 - 459
- SCHURIG, M.: Feldverluste begrenzen, Agrar Praxis 4/88, S. 47 - 49
- SCHURIG, M.: Ernte von Arznei- und Gewürzpflanzen, KTBL-Schrift 1988 in Vorbereitung
- SCHURIG, M., Rödel, G.: Erste Erfahrungen mit Reißwalzen zur Aufbereitung von Halmgut und anderen Produkten, 46. Internationale Tagung Landtechnik, 27. - 28. Oktober 1988, Neu-Ulm
- STANZEL, H., Emberger, K.: Automatische Gewichtserfassung in der Tierhaltung. In: VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, Heft 5: Elektronikeinsatz in der Tierhaltung, Düsseldorf 1988, S. 140 - 154
- STREHLER, A.: Landtechnische Entwicklungen für die Produktion von Industrie- rohstoffen und Energieträgern.- In: Bayerisches Landwirtschaft- liches Jahrbuch, 65. Jahrgang, SH 1/1988, S. 57 - 91
- STREHLER, A.: Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Holz.- In: Anbau schnellwachsender Laubbaumarten in Kurzumtrieben auf landwirt- schaftlichen Nutzflächen als Problem von Forst- und Holzwirtschaft, Kolloquium der Lehrstühle für Forstpolitik und forstliche Betriebs- wirtschaftslehre, Schriftenreihe der forstwirtschaftlichen Fakultät der Universität München, 90/1988, S. 58 - 81
- STREHLER, A.: Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Holz.- Holz-Zentral- blatt, Nr. 36, S. 538 - 540 und Nr. 43, S. 622 - 624, März und April 1988
- STREHLER, A.: Technical and economical evaluation of different systems in energy generation from biomass.- Conference Proceedings Addis Abeba University "Problems of Man and his Biosphere", Januar 1988, S. 46 - 52
- STREHLER, A., W. STÜTZLE, H. WEISGERBER und W. HIEGE: Short rotation forest biomass in the Federal Republic of Germany.- In: Biomass Forestry in Europe: A Strategy for the Future, Hummel, F. (1988) S. 325 - 372, ISBN 1-85166-255-3
- STREHLER, A.: Produktion und Verwertung von Energieträgern aus Biomasse in Entwicklungsländern - technische Möglichkeiten und Rentabilität.- In: 6. Internationales Sonnenforum 1988, Tagungsbericht, DGS- Sonnenenergie Verlags-GmbH., München, September 1988, S. 1035 - 1046

- STREHLER, A.: Possibilities for biomass as fuel production, conversion, utilization.- Proceedings of International Conference: Alternative Energy Sources Today and for 21st Century, S. 361 - 367, Brioni/Jugoslawien, 5. - 8.10.1988; YU ISBN 86-80991-02-3, Technical Faculty University Rijeka/YU
- WENDL, G., PIRKELMANN, H.: Erfahrungen mit rechnergestützten Prozeßsteuerungsanlagen in der Milchviehhaltung. In: Documentation of the XXIII. CIOSTA/CIGR V Congress 1988, Bled (Jugoslavia), 13. - 16. Sept. 1988. Hrsg.: CIOSTA, Bled 1988, S. 176 - 182
- WENDL, G., PIRKELMANN, H.: Erfahrungen mit rechnergestützten Fütterungsverfahren in praktischen Milchviehbetrieben. In: VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, Heft 5: Elektronikeinsatz in der Tierhaltung, Düsseldorf 1988, S. 50 - 65
- WENDL, G.: Reparaturkostenuntersuchung an Ackerschleppern. In: Dokumentation der 46. Intern. VDI-/MEG-Tagung 1988, Neu-Ulm, 27. u. 28. Okt. 88. Hrsg.: VDI, Düsseldorf 1988, S. 8 - 10
- WENNER, H.L., BOXBERGER, J., PIRKELMANN, H. u. H. WORSTORFF: Technik in der Rindviehhaltung. Jahrbuch der Agrartechnik, VDI, MEG, KTBL, LAV Maschinenbau-Verlag, Frankfurt, (1988), S. 113 - 118
- WENNER, H.L., W. BÖHM, M. DEMMEL, M., AUERNHAMMER, H.: Elektroenergiekosten für den Landwirtschaftlichen Betrieb - AEL-Bericht 11, Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e. V., Essen, 1988
- WENNER, H.L. und A. STREHLER: Getreidetrocknung und -lagerung.- In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, Herausgeber Ruhr-Stickstoff AG. Bochum, 11. überarbeitete Auflage 1988, Landwirtschaftsverlag GmbH., Münster-Hiltrup, S. 440 - 450
- ZEISIG, H.D.: Experiences with the use of biofilters to remove odours from piggeries and hen houses, In: Nielsen, V.C. Voorburg, J.H., L'Hermite, P.: Volatile Emissions from Livestock Farming and Sewage Operations. Elsevier Applied Science, London, New York, 1988, S. 209÷216
- ZEISIG, H.D., Kreitmeier, J.: Grundlagen der Dimensionierung und Ausführung von Porenlüftungsanlagen. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (Hrsg.) Heft 2/1988, ISBN 3-9801727-1-6, Freising 1988
- ZEISIG, H.D.: Einsatzmöglichkeiten von Biofiltern zur Schadstoffminderung in Industrie und Gewerbe. In: VFWL-Tagungsband 1988, "Umweltschutz als Daueraufgabe der Industrie - flüchtige organische Stoffe" VFWL-Spanweidstr. 3 - Zürich (Hrsg.), Zürich 1988, S. 30÷34

Diplomarbeiten 1988

- BÖCKL, M. Ermittlung vereinfachter Zeitbedarfsfunktionen für die Feldarbeit anhand von Tagebuchaufzeichnungen
- DUFTER, P. Analyse der Daten von Milchmengenmeßgeräten in Bezug auf die Einzelmelkbucht
- ECKEL, B. Dosiergenauigkeit einer computergesteuerten Flüssigfütterungsanlage für Mastschweine
- FEULNER, G. Technische und ackerbauliche Aspekte der Beetkultur
- JÄCKLE, H. Untersuchung über die Verrichtung von Sonderarbeiten in der Rindviehhaltung unter besonderer Berücksichtigung einzelbetrieblicher Unfallererfahrung
- KRINGS, W. Belüftung von Luzernegras-Rundballen in einer Solartrocknungsanlage, Technische Daten, Trocknungsverlauf, Keimbefallsatz
- MEYER, N.-H. Vergleich von Labor- und Feldmessung zur Schätzung des Bodenabtrages
- MÜLLER, A. Reparaturkostenuntersuchungen bei Schleppern - dargestellt an einem ausgewählten Beispiel
- REITHMEIER, M. Gegenüberstellung von Handarbeitsstufe und Vollmechanisierung anhand von Getreide-, Hackfrucht- und Futterbau
- RUDOLF, B. Untersuchung zum Verhalten von Pferden im Offenlaufstall mit rechnergesteuerter Fütterung
- SCHLEGEL, G. Vergleich von konventioneller Ernte mit einem mobilen Feldverpackungssystem (Ernte und Aufbereitung von Eisbergsalat)
- SCHMACHTENBERGER, R. Programmtechnische Grundlagen für einen Stallsystemvergleich im Bereich Milchviehhaltung mit einem Tabellenkalkulationsprogramm
- WIDMANN, B. Gewinnung und Reinigung von Rapsöl - Untersuchungen an einer Kleinanlage

Dissertationen 1988

- HELLWIG, M. Zum Abbrand von Holzbrennstoffen unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe

In der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan sind
bisher erschienen:
(mit * gekennzeichnete Hefte sind vergriffen)

- 1/1973* Zeisig, H.D. und Kreitmeier, J.: Ablufthauben zur Verminderung der Immissionen aus der Stallluft; 9 Seiten
- 15/1973*: Jahrestagung 1973; Vortragsmanuskripte, 213 Seiten
- 1/1974* Stanzel, H.: Untersuchungen zur Verbesserung der Maisbestelltechnik; 128 Seiten
- 2/1974* Whitaker, J. und Zeisig, H.D.: Collection of Samples of Odorous Air from Stables; 14 Seiten
- 3/1974* Schön, H. und Pen, C.L.: Arbeitswirtschaftliche Simulation verschiedener Melkverfahren;
- 4/1974* Hamm, A. und Scherb, K.: Biologisch aerober Abbau in Verbindung mit Mineralisierung des Kot-Harn-Gemisches; 25 Seiten
- 5/1974* Pirkelmann, H.: Lagern von Flüssigkeit in abgedichteten Erdbecken; 10 Seiten
- 6/1974* Strehler, A.: Die Trocknungslufttemperatur bei der Körnermaistrocknung in ihrer Auswirkung auf Trocknungstechnik, Futterqualität und Kosten; 235 Seiten, Dissertation
- 7/1974* Schulz, H. und Perwanger, A.: Ergebnisprotokoll über Möglichkeiten und Probleme der Strohverwertung; 26 Seiten
- 8/1974*: Jahrestagung 1974; Vortragsmanuskripte, 126 Seiten
- 1/1975* Schulz, H. und Pirkelmann, H.: Flach- und Foliensilos, Strohverwertung; 101 Seiten
- 2/1975* Zeisig, H.D. und Langenegger, G.: Geruchsbeseitigung bei der Förderung, Lagerung und Ausbringung von Flüssigmist; 59 Seiten
- 3/1975* Langenegger, G. und Zeisig, H.D.: Die Pumpfähigkeit von Flüssigmist, 24 Seiten
- 4/1975*: Jahrestagung 1975; Vortragsmanuskripte, 142 Seiten
- 1/1976* Auernhammer, H. und Reinholz, J.: EDV-Programmbibliothek, 39 Seiten
- 2/1976* Lasson, E.: Untersuchungen über die Anforderungen von Rindern an die Wärme- und Härteeigenschaften von Stand- und Liegeflächen; 180 Seiten, Dissertation
- 3/1976* Metzner, R.: Kennwerte für tiergemäße Versorgungseinrichtungen des Kurzstandes für Fleckviehkühe; 213 Seiten, Dissertation
- 4/1976*: Tätigkeitsbericht 1976; 158 Seiten
- 1/1977* Zeisig, H.D., Kreitmeier, J. und Franzspeck, J.: Untersuchungen über Erdfilter zur Verringerung der Geruchsbelastigung aus Tierhaltungen; 50 Seiten
- 2/1977* Strehler, A. und Hofstetter, E.M.: Untersuchungen über verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh; 193 Seiten
- 3/1977*: Tätigkeitsbericht 1977; 139 Seiten
- 1/1978* Strehler, A.: Studien über zur Hochdruckverdichtung geeignete pflanzliche Reststoffe aus der Landwirtschaft und dem Kommunalbereich, 73 Seiten
- 2/1978* Zeisig, H.D., Kreitmeier, J. und Langenegger, G.: Ozonbehandlung von Gülle zur Verringerung der Geruchsbelastigung aus Tierhaltungen, 34 Seiten
- 3/1978* Grimm, K., Rödel, G. und Beck, A.: Ein neues Verfahren zur Gewinnung und Verwertung des Maiskolbens in der Schweine- und Rinderhaltung, 2. Folge, 82 Seiten
- 4/1978* Pirkelmann, H. und Wendling, F.: Untersuchungen zur Zuteilgenauigkeit des Volumendosierers bei Kraftfutter in der Milchviehfütterung, 33 Seiten
- 5/1978* Schulz, H., Heins, F., Hofstetter, E.M., Koller, G. und Mittrach, B.: Energie; 64 Seiten
- 6/1978* Perwanger, A. und Burgstaller, G.: Strohverwertung; 34 Seiten
- 7/1978*: Tätigkeitsbericht 1978; 155 Seiten

- 1/1979* Strehler, A., Perwanger, A., Mitterleitner, H. und Hofstetter, E.M.: Stroh- und Holzaufbereitung einschließlich Ermittlung geeigneter Trocknungsverfahren; 123 Seiten
- 2/1979* Zeisig, H.D., Kreitmeier, J. und Holzer, A.: U-V-Bestrahlung von Stallluft in der Schweinemast; 39 Seiten
- 3/1979* Strehler, A., Hofstetter, E.M.: Untersuchungen über verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh; Endbericht zum Forschungsvorhaben ET 4117 A, 167 Seiten
- 4/1979*: Tätigkeitsbericht 1979, 117 Seiten
- 1/1980* Worstorff, H., Prediger, A., Stanzel, H. und Schulz D.: Ringelektrodengeber zur Milchmengenmessung; 22 Seiten
- 2/1980* Zeisig, H.D., Holzer, A. und Kreitmeier, J.: Anwendung von biologischen Filtern zur Reduzierung von geruchsintensiven Emissionen; Forschungsbericht 80-1040 33 82 UBA, 100 Seiten
- 3/1980* Hennlich, W.: Mikroflora in Flüssigmist als Parameter zur Beurteilung der Wirksamkeit desodorierender Maßnahmen; Dissertation Weihenstephan, 196 Seiten
- 4/1980* Strehler, A., Hofstetter, E.M. und Heins, F.: Energiegewinnung aus Stroh; Forschungsbericht zum Vorhaben 408-77-10 ESD, 320 Seiten
- 1/1981*: Tätigkeitsbericht 1980, 68 Seiten
- 2/1981* Schulz, H., Boxberger, J., Hammer, K. und Perwanger, A.: Gülle-Biogas, 75 Seiten
- 3/1981*: Tagungsbericht von der 2. LKS-Informationstagung, 06.10.1980, 92 Seiten
- 4/1981*: Bericht über das Fachgespräch "Energiegewinnung aus Stroh und Holz unter besonderer Berücksichtigung der geltenden Vorschriften", 234 Seiten
- 5/1981 Zeisig, H.D., Holzer, A., Kreitmeier, J., Langenegger, G., Tastel, P. und Zirngibl, O.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes für einige ausgewählte Bereiche der Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe, 62 Seiten
- 6/1981*: Bericht über das Fachgespräch "Einsatz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierbeobachtung", 91 Seiten
- 7/1981 Zeisig, H.D., Holzer, A. und Kreitmeier, J.: Anwendung von biologischen Filtern zur Reduzierung von geruchsintensiven Emissionen aus Tierkörper-Verwertungsanstalten; Forschungsbericht 81-1040 33 82 UBA, 79 Seiten
- 8/1981*: Arbeitszeitkalkulation in der Landwirtschaft mit dialogfähigen EDV-Programmen an Groß- und Kleinrechnern. Tagungsband zum 3. Fachgespräch des Projektbereiches A im Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken in der Rinderhaltung" am 7./8.10.1981 in Weihenstephan, 180 Seiten
- 1/1982*: Tätigkeitsbericht 1981 der Landtechnik Weihenstephan mit Vorträgen der "Landtechnischen Jahrestagung 1981", 134 Seiten
- 2/1982*: Bericht über das Fachgespräch des Projektbereiches F im Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" - Fütterungstechnik in der Rinderhaltung, 125 Seiten
- 3/1982* Grimm, K.: Tagungsbericht von der 3. LKS- und GPS-Informationstagung, 138 Seiten
- 1/1983*: Tätigkeitsbericht 1982 der Landtechnik Weihenstephan
- 2/1983*: Vortragstagung des Landtechnischen Vereins e.V., Weihenstephan "Güllebehandlung - Energietechnik - Futterkonservierung", 107 Seiten
- 3/1983* Strehler, A.: Weiterentwicklung und praktischer Einsatz von Anlagen zur Energiegewinnung aus Holz und Stroh im landwirtschaftlichen Bereich (ländlicher Raum), Endbericht zum Forschungsvorhaben 03 E 5268 A, Förderung durch BMFT Bonn über KFA Jülich, 3/1983, 255 Seiten
- 4/1983* Auernhammer, H.: Prozeßsteuerung in der Tierhaltung, 131 Seiten
- 1/1984*: Tätigkeitsbericht 1983 der Landtechnik Weihenstephan, 110 Seiten
- 2/1984* Grimm, K.: Tagungsbericht von der 4. LKS- und GPS-Informationstagung, 92 Seiten
- 3/1984*: Vortragstagung des Landtechnischen Vereins e.V., Weihenstephan, Techniken zur Verbesserung der Grundfutterqualität im Grünlandbetrieb, 58 Seiten
- 1/1985: Tätigkeitsbericht 1984, 187 Seiten

- 2/1985 Pirkelmann, H.: Prozeßsteuerung i.d. Tierhaltung, 114 Seiten
- 3/1985* Grimm, K.: Informations- und Tagungsbericht der 5. LKS- und GPS-Tagung, 7. Folge, 103 Seiten
- 1/1986 Grimm, K.: Informations- und Tagungsbericht der LKS- und GPS-Tagung, 8. Folge, 60 Seiten
- 1/1987 Grimm, K. Abschlußbericht GPS- und LKS-Verfahren, 9. Folge, 110 Seiten
- 2/1987*: Vorträge zur Jahrestagung, 160 Seiten
- /1987 Wenner, H.L., Böhm, W., Demmel, M. und Auernhammer, H.: Elektroenergiekosten für die Landwirtschaft, 169 Seiten
- /1988 Edelmann, H., Reuß, M., Schmalschläger, Th. und Schulz, H.: Leistungsmessungen an bestehenden Solaranlagen in der Landwirtschaft, 110 Seiten
- 2/1988 Zeisig, H.D., Kreitmeier, J.: Grundlagen der Dimensionierung und Ausführung von Porenlüftungsanlagen, 25 Seiten

