Landtechnik von morgen

Folge 21

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern anläßlich der 24. Landtechnischen Informationstagung auf Gut Schlüterhof am 6. Oktober 1981 gehalten wurden.

1. Alternative Möglichkeiten der Pflanzenproduktion; von Prof. Dr. Gerhard Fischbeck, Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München, Weihenstephan, Seite 2

2. Ertragssicherung mit modernen Verfahren der Feldberegnung; von Prof. Dr. Hans Schön, Dipl.-Ing. H. Sourell und Dr. A. Bramm, Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode, Seite 14

3. Mechanische Pflegemaßnahmen im Maisanbau; von Prof Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan, Seite 28

4. Moderne Fütterungstechnik bei Maissilage; von Dr. Heinrich Pirkelmann, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan, Seite 36

Herausgegeben von der
MOTORENFABRIK ANTON SCHLÜTER MÜNCHEN — WERK FREISING

Alternative Möglichkeiten der Pflanzenproduktion

von Prof. Dr. Gerhard Fischbeck, Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München, Weihenstephan.

Der allgemeine Trendwechsel, der heute nahezu alle Lebens- und Arbeitsbedingungen erfaßt, läßt auch den Agrarsektor nicht unberührt. Von ''den Alternativen'' ist heute fast in jeder Zeitung zu lesen. Obwohl der rational-konstruierenden lateinischen Sprache entlehnt, hat dieses Wort im heutigen Sprachgebrauch eine Vielzahl von irrationalen, oft auch emotionalen Elementen in sich aufgenommen. Dies trifft nicht selten auch für die Forderung nach ''alternativem Landbau'' zu. Soweit es sich dabei um alternative Möglichkeiten in der Pflanzenproduktion handelt, wollen wir diesen Begriff hier jedoch ausschließlich in seiner ursprünglichen rationalen Bedeutung gebrauchen.

Externe Kräfte

Externe Kräfte erheben schon seit mehreren Jahren die Forderung nach einer wesentlichen Veränderung in den Methoden der Pflanzenproduktion. Zweifel an dem Gesundheitswert unserer Nahrung gemeinsam mit ökologischen Bedenken gegen die heute praktizierten Methoden in der Landwirtschaft, ebenso wie die Konstruktion prinzipieller Gegensätze zwischen Biologie und Technik sind in der öffentlichen Meinung heute weit verbreitet. Dieser Bereich der öffentlichen Meinung hat sich schließlich mit großer Sympathie einiger schon seit längerer Zeit existierender Randgruppen in der praktischen Landwirtschaft angenommen, die für sich selbst zwar gerne die Bezeichnung ''biologischer Landbau'' in Anspruch nehmen, ihre Landbaumethoden in aller Regel jedoch weit weniger missionarisch propagieren als ihre Sympathisanten, die im allgemeinen recht wenig mit praktischer Landwirtschaft zu tun haben. In der daraus hervorgegangenen öffentlichen Diskussion auch mit den Vertretern der allgemeinen Landwirtschaft haben sich diese zu Recht das Eigenschaftswort ''biologisch'' nicht streitig machen lassen wollen. So kam es schließlich zu einer Art von Kompromiß in der Übereinstimmung, daß die bereits erwähnten Randgruppen mit dem Ausdruck ''Alternativer Landbau'' bezeichnet werden, obwohl ihnen der selbstgewählte Name ''biologischer Landbau'' weitaus lieber gewesen wäre. In dieser Formulierung ist inzwischen der Begriff ''alternativer Landbau'' auch zu einem wesentlichen Bestandteil der oftmals ins Utopische ausgreifenden Forderungen nach einem alternativen Leben geworden.

Zu den ''alternativen'' Landwirtschaftsformen, die zum Teil schon seit mehreren Jahrzehnten praktiziert, aber immer nur vereinzelt angetroffen werden, gehören zuerst der biologisch-dynamische Landbau, weiterhin der organisch-biologische Landbau. Diese und andere Gruppen, die diesem Kreis angehören, verbindet hauptsächlich ein ganzheitliches Denken, das die Synthese betont, aber die Analyse oft vernachlässigt. Ganzheitliches Denken bezieht sich in unserem Fall auf die Einheit und nicht auflösbare Verbindung zwischen Boden - Pflanze - Tier und Mensch in einem landwirtschaftlichen Betrieb, die aber auch noch weitergeführt werden könnte bis hin zu einer ''gesunden Landschaft''. Insofern stößt man in der Diskussion mit Vertretern dieser Richtungen vielfach von vorneherein auf Ablehnung gegenüber einem mehr kausal ausgerichteten Denken, das sich bemüht, Ursache und Wirkung einzelner Vorgänge zu analysieren. Das ganzheitliche Denken in diesen Kreisen hat viel dazu beigetragen, wenn insbesondere neuere Methoden der Landbewirtschaftung auf starke Ablehnung stoßen. Darüberhinaus kommen - besonders in der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise - aber auch noch weltanschaulich bedingte Besonderheiten hinzu.

Da die wechselseitige Diskussion allzu oft von Vorurteilen belastet und beherrscht wird, soll hier versucht werden, zunächst einmal die gemeinsamen Grundzüge der Landbewirtschaftung dieser Gruppierungen aufzuzeigen. (Abb. 1, 2, 3).

Als die wesentlichen Säulen der Landbewirtschaftung gelten die Beachtung bestimmter Regeln der Fruchtfolge, der Bodenbearbeitung und der Düngung. Das herausragende Ziel der **Fruchtfolge**gestaltung stellt die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit dar, wobei man an sehr langfristige Auswirkungen denkt und glaubt. Aus diesem Grunde wird eine Bewirtschaftung mit Wechselgrünland in

Charakteristische Forderungen ''alternativer'' Landbewirtschaftung*

Grundsätze und Ziele	Maßnahmen und Geräte
1. **Fruchtfolge**	
Erhaltung der **Bodenfruchtbarkeit;**	**Wechselgrünland** mit artenreicher Flora,
Langfristige Auswirkungen.	ein- und mehrjährige **Leguminosen,**
	Getreide 2- höchstens 3-jährig,
	ausreichendes Maß an Hackfrüchten,
	systematische Einplanung von **Gründüngung.**
2. **Bodenbearbeitung**	
21 Bodenlockerung	
Lockern wichtiger als wenden;	Pflug, Schichtengrubber (mit Rotoregge)
Bodenhorizonte **nicht vermischen;**	
Oberflächen**vorrotte** f. organ. Substanz;	Rotierende Geräte
möglichst **wenig Arbeitsgänge;**	
Ausführung bei **optimaler Bodenfeuchte.**	Untergrundlockerung (50-60 cm)
22 Oberflächenbearbeitung	
Saatbettbereitung;	Egge, Kreiselegge, Fräse
Vorrotte v. Ernterückständen und Gründünger;	Egge, Fräse, Feingrubber
Unkrautbekämpfung	Egge und Hacke
Lockerung der obersten Bodenschicht	Egge und Hacke
23 Bodenbearbeitung durch Bodenlebewesen und Pflanzen	Förderung von **Bodenflora** und -fauna
	Anbau von **Tiefwurzlern**
Bewahrung stabiler **Bodenstruktur**	**Mischbestände**

* dargestellt nach Angaben in
C. Aubert: Organischer Landbau, Ulmer, Stuttgart 1981
H. Koepf, D. Petterson u. W. Schaumann: Biologisch-dynamische Landwirtschaft, Ulmer, Stuttgart 1980

Abb. 1

Charakteristische Forderungen ''alternativer'' Landbewirtschaftung*

Grundsätze und Ziele	**Düngemittel**
3. Düngung Gedüngt wird der **Boden, nicht** die **Pflanze**	
31 **organische** Düngung notwendige **Grundlage der Bodenverbesserung** (Humus) a. **Humus**anreicherung b. **Stickstoff**dünger c. Ergänzung zu a. und b. d. **Sonderwirkungen**	Kompost, Stallmist, Ernterückstände, organische Handelsdünger; Schlachtabfälle, Guano, Jauche (Gülle); Gründünger: **mikrobielle Starter** (biolog. Aktivität) b.-d. **Präparate** Hornmist (Präp. 500) Hornkiesel (Präp. 501) Kompostpräparate 502-507 (Schafgarbe, Kamille, Brennessel, Eichenrinde, Löwenzahn, Baldrian).
32 **mineralische** Düngung bei intensiver Bewirtschaftung notwendige **Ergänzung** der organischen Düngung **durch Naturprodukte** a. vorw. **silikat**haltig b. vorw. **phosphat**haltig c. vorw. **kalk**haltig d. vorw. **kali**haltig e. vorw. **stickstoff**haltig während d. Betriebsumstellung und in Spezialfällen	Gesteinsmehle: Rohphosphate, andere natürl. Phosphate Thomasschlacke; nat. Kalkdünger, Maerl, Algenkalk; Holzasche, Patentkali; Chilesalpeter

* dargestellt nach Angaben in:
C. Aubert: Organischer Landbau, Ulmer, Stuttgart 1981
H. Koepf, D. Petterson u. W. Schaumann: Biologisch-dynamische Landwirtschaft, Ulmer, Stuttgart 1980

Abb. 2

Charakteristische Forderungen ''alternativer'' Landbewirtschaftung*

Grundsätze und Ziele	Maßnahmen
4. **Pflanzenschutz**	
Positive Auswirkungen der system-gerechten **Wirtschaftsweise** sollen die Gefährdung der Kulturpflanzen vermindern.	Förderung der biolog. **Bodenaktivität,** abgestimmte **Fruchtfolgen** (Wechselgrünland, Hackfrüchte), Boden**bearbeitung,** Saatbettvorbereitung, **Gründüngung** mit artverwandten Kulturpflanzen
41 **Unkrautbekämpfung**	
a. **vorbeugende** Maßnahmen	**Eggen** und **Hacken** **Abflammen** (vor oder nach der Saat)
b. **mechanisch**	
c. **thermisch**	
42 Bekämpfung von **Krankheiten** und **Schädlingen**	
a. **vorbeugend**	o.-b.-**Wirtschaftsweise** soll Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen fördern (Silikate) und Gefährdung reduzieren (Schädlinge verschwinden); Nutzung von **Art**- und **Sortenunterschieden** (Landsorten). **Präparate** auf **pflanzlicher** Grundlage (Brennesseljauche, Tee aus Brennessel, Wermut, Farn) z.T. fungizid, z.T. insektizid wirksam; Stäuben mit **gemahlenen Mineralien** Silikate, Algenkalk;
b. **direkte** Bekämpfung	**Pflanzliche Insektizide** Rotenon, Quassia, Pyrethrum, (Nikotin); **milde Fungizide** (Obst- und Gemüsebau) Schwefel u. Kupfer, Maneb, Zineb, Mancozeb (Richtungsunterschiede).

* dargestellt nach Angaben in
C. Aubert: Organischer Landbau, Ulmer, Stuttgart 1981
H. Koepf, D. Petterson u. W. Schaumann: Biologisch-dynamische Landwirtschaft, Ulmer, Stuttgart 1980

Abb. 3

Charakteristische Forderungen ''alternativer'' Landbewirtschaftung*

Grundsätze und Ziele	**Maßnahmen**
4. **Pflanzenschutz** Positive Auswirkungen der system-gerechten **Wirtschaftsweise** sollen die Gefährdung der Kulturpflanzen vermindern.	Förderung der biolog. **Bodenaktivität,** abgestimmte **Fruchtfolgen** (Wechselgrünland, Hackfrüchte), Boden**bearbeitung,** Saatbettvorbereitung, **Gründüngung** mit artverwandten Kulturpflanzen
41 **Unkrautbekämpfung** a. **vorbeugende** Maßnahmen	**Eggen** und **Hacken** **Abflammen** (vor oder nach der Saat)
b. **mechanisch** c. **thermisch**	o.-b.-**Wirtschaftsweise** soll Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen fördern (Silikate) und Gefährdung reduzieren (Schädlinge verschwinden);
42 Bekämpfung von **Krankheiten** und **Schädlingen** a. **vorbeugend**	Nutzung von **Art**- und **Sortenunterschieden** (Landsorten). **Präparate** auf **pflanzlicher** Grundlage (Brennesseljauche, Tee aus Brennessel, Wermut, Farn) z.T. fungizid, z.T. insektizid wirksam; Stäuben mit **gemahlenen Mineralien** Silikate, Algenkalk;
b. **direkte** Bekämpfung	**Pflanzliche Insektizide** Rotenon, Quassia, Pyrethrum, (Nikotin); **milde Fungizide** (Obst- und Gemüsebau) Schwefel u. Kupfer, Maneb, Zineb, Mancozeb (Richtungsunterschiede).

* dargestellt nach Angaben in
C. Aubert: Organischer Landbau, Ulmer, Stuttgart 1981
H. Koepf, D. Petterson u. W. Schaumann: Biologisch-dynamische Landwirtschaft, Ulmer, Stuttgart 1980

Abb. 3

artenreicher Flora als besonders hochwertig angesehen. In keinem Fall kann aber auf den Anbau von ein- und mehrjährigen Leguminosen verzichtet werden. Getreide soll zwei- allerhöchstens dreijährig nacheinander folgen. Auch ein ausreichendes Maß an Hackfrüchten ist erwünscht. In vielen Fällen wird an die systematische Einplanung der Gründüngung gedacht, aus Gründen, die wir später noch etwas erörtern werden.

Bei der **Bodenbearbeitung** geht es hauptsächlich um die Bodenlockerung. Lockerung erscheint wesentlich wichtiger als Wendung des Bodens. Insbesondere sollen unterschiedlich belebte Bodenhorizonte möglichst nicht miteinander vermischt werden. Große Bedeutung wird der Vorrotte von organischer Substanz an der Bodenoberfläche zugemessen. Man ist aber auch daran interessiert, den Boden durch möglichst wenig Arbeitsgänge zu belasten und achtet sehr auf die Ausführung der Bodenbearbeitung bei optimaler Bodenfeuchte.

Besondere Maßnahmen zur Oberflächenbearbeitung werden zunächst zur Saatbettbereitung erforderlich, sollen aber auch der Vorrotte von Ernterückständen und der Gründüngung dienen, ferner der Unkrautbekämpfung oder auch nur der Lockerung der obersten Bodenschicht.

Schließlich wird darauf geachtet, die Möglichkeiten einer ''biologischen Bodenbearbeitung'' zu nutzen, die durch Bodenlebewesen und Pflanzen erfolgen kann und der Bewahrung einer stabilen Bodenstruktur besonders förderlich ist. Aus diesen Überlegungen erwachsen die stark propagierten Maßnahmen zur Förderung von Bodenflora und Bodenfauna, ebenso die bevorzugte Eingliederung von Tiefwurzlern und Mischbeständen in die Fruchtfolgen.

Alle bisher erwähnten Forderungen sind auch den allgemeinen Landwirtschaftsformen keineswegs fremd. Älteren Landwirten werden die dabei gebrauchten Formulierungen sogar sehr vertraut in den Ohren klingen. Sie sind ihnen zum großen Teil in den älteren Formen der allgemeinen Landwirtschaftslehre begegnet. Die darin zum Ausdruck kommenden Erfahrungen sind zweifellos auch heute anwendbar. Man muß ihnen sogar eine gewisse ''Bodennähe'' zusprechen, die dem technisierten Landwirt nicht immer im früheren Umfang erhalten geblieben ist. Sie deckt aber keineswegs das heute viel umfangreichere Instrumentarium für eine sachgerechte Bodenbewirtschaftung ab.

Erheblich größere Differenzierungen treten jedoch im Bereich der **Düngung** auf. Als oberster Grundsatz gilt, daß nur der Boden, nicht die Pflanze gedüngt werden soll. Für die Ernährung der Kulturpflanzen sollen ausschließlich entsprechende Umsetzungsvorgänge des Bodens sorgen. An dieser Forderung wird nach unserer Auffassung in ziemlich dogmatischer Weise festgehalten. Sie hat zur Folge, daß der organischen Düngung der absolute Vorrang eingeräumt wird. Man sieht darin die unentbehrliche Grundlage der Bodenverbesserung, insbesondere über die Beeinflussung des Humushaushaltes und -umsatzes. Die Düngungsmaßnahmen zielen einerseits auf eine Humusanreicherung der Böden ab, zum anderen soll damit organisch gebundener Stickstoff in den Boden gebracht werden. Beide Forderungen und Zielsetzungen begründen, daß im alternativen Landbau die Viehhaltung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb eine fast unabdingbare Forderung darstellt, obwohl in Sonderfällen auch von organischem Handelsdünger Gebrauch gemacht wird. Eine wesentliche Ergänzung der beiden zuerst genannten Düngungsziele wird weiterhin in der systematischen Einplanung von Gründüngungsmaßnahmen gesehen.

Schließlich werden von bestimmten Maßnahmen auch Sonderwirkungen erwartet, wobei es zwischen den verschiedenen Richtungen des alternativen Landbaues deutliche Unterschiede gibt. Solche Sonderwirkungen sollen beispielsweise von mikrobiellen Startern zur Förderung der biologischen Aktivität der Böden ausgehen. In der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise spielen die Präparate 500 (Hornmist) und das Präparat 501 (Hornkiesel) eine große Rolle. Für ihren Einsatz sind weltanschauliche Überzeugungen von Bedeutung. Man möchte mit ihrer Hilfe eine gleichgewichtige Verteilung von kosmischen und erdgebundenen Kräften auf die heranwachsenden Pflanzenbestände erreichen. Besondere Bedeutung haben schließlich die Kompostpräparate 502-507, wobei es sich um Aufgüsse verschiedener Gewürzpflanzen handelt, wie z.B. Schafgarbe, Kamille, Baldrian, aber auch Brennessel, Eichenrinde und Löwenzahn. Man erwartet von ihrem Einsatz eine raschere Reifung der Komposte, die ihrerseits ein beson-

ders wichtiges Hilfsmittel zur Aufrechterhaltung geschlossener Nährstoffkreisläufe und der Düngung zur Humusanreicherung darstellen.

Mineralischer Dünger wird nur bei intensiver Bewirtschaftung eingesetzt und stets als Ergänzung der organischen Düngung angesehen. Dabei dürfen nur solche Düngemittel eingesetzt werden, die sich aus Naturprodukten gewinnen lassen. Man unterscheidet dabei vorwiegend silikathaltige Düngemittel, insbesondere Gesteinsmehle, häufig aus Basalt, phosphorhaltige Düngemittel, bei denen Rohphosphate, andere natürliche Phosphate, aber auch die Thomasschlacke Verwendung finden, weiterhin vorwiegend kalkhaltige Düngemittel aus natürlichen Kalkdüngern und Algenkalken, ferner kalihaltige Düngemittel, bei denen Holzasche und Patentkali in Gebrauch sind. Vorwiegend stickstoffhaltige Mineraldünger sollen nur während der Betriebsumstellung Verwendung finden. Dabei stützt man sich im allgemeinen auf Chilesalpeter.

An dieser Stelle sei eine sehr charakteristische Darstellung führender Vertreter der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise über die Wirkung der bereits erwähnten biologisch-dynamischen Präparate zitiert (siehe Köpf, Pettersen, Schaumann: Biologisch-dynamische Landwirtschaft, 1980, Seite 161). Es heißt dort: ''Die durch Präparateanwendung meist erhöhten Erträge sind in einer Reihe von Fällen auch statistisch signifikant, bei hohem Ertragsniveau ist die Wirkung weniger ausgeprägt oder bleibt ganz aus, doch sind die Erträge nicht das einzige Kriterium''. Dieses Zitat läßt m.E. besonders deutlich erkennen, daß an kritische Analysen über die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen innerhalb dieser Bewirtschaftungssysteme nicht gerade strenge Maßstäbe angelegt werden und die vorhandenen Kräfte viel stärker dafür verwendet werden, das System als Ganzes zu verteidigen als es im Einzelnen weiter zu entwickeln.

Im Gegensatz über die zumeist sehr ausführliche Darstellung der Düngungsmaßnahmen wird in den einschlägigen Publikationen nur recht wenig über spezielle Maßnahmen zum **Pflanzenschutz** ausgesagt. Grundsätzlich wird geltend gemacht, daß eine systemgerechte Wirtschaftsweise durch ihre positiven Auswirkungen auf Boden und Pflanze von vorneherein die Gefährdung der Kulturpflanzen vermindert. Auch hierzu fehlen in aller Regel kritische Untersuchungen. Zur Unkrautbekämpfung werden vor allem vorbeugende Maßnahmen angewandt. Sie zielen zunächst auf die Förderung biologischer Bodenaktivität und positive Auswirkungen abgestimmter Fruchtfolgen unter Einschluß von Wechselgrünland und Hackfrüchten. Hinzu kommen Nebenwirkungen der Maßnahmen zur Bodenbearbeitung, zur Saatbettvorbereitung und der Gründüngung, möglichst mit solchen Kulturpflanzen, die in artverwandter Beziehung zur Unkrautflora stehen. Das heißt also, bei vorherrschendem Auftreten von Kreuzblütlern wäre die Gründüngung bevorzugt mit Raps oder Rübsen durchzuführen.
Bei der direkten Unkrautbekämpfung stehen mechanische Maßnahmen im Vordergrund, z.B. durch Eggen und Hacken. Neuerdings werden auch thermische Bekämpfungsmaßnahmen eingesetzt, die in einem Abflammen der Bodenoberfläche vor oder nach der Saat bestehen.
Auch die Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen soll nach Möglichkeit vorbeugend durchgeführt werden, wobei ebenfalls angenommen wird, daß die systemgerechte Wirtschaftsweise dazu beiträgt, die Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen zu fördern. Dabei weist man insbesondere auf einen entsprechenden Einfluß der in die Düngung einbezogenen Silikate (Gesteinsmehle) hin. Man glaubt auch, daß eine Reihe von Schädlingen mehr oder weniger von selbst verschwinden und betont die Möglichkeit der Art- und Sortenunterschiede, wobei (ohne weitere Überprüfung) den älteren Landsorten vielfach ein höherer Gesundheitswert zugeschrieben wird.
Trotzdem kommt man auch in der alternativen Wirtschaftsweise längst nicht immer ohne direkte Bekämpfungsmaßnahmen aus, wobei sich die zu diesem Zweck eingesetzten Maßnahmen zum Teil recht deutlich zwischen den verschiedenen Gruppierungen des alternativen Landbaues unterscheiden. In der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise finden Präparate auf pflanzlicher Grundlage Verwendung, zu denen Brennesseljauche, Tee aus Brennesseln oder Wermut oder Farnkräutern gehört, die zum Teil eine schwach fungizide, zum Teil auch insektizide Wirkung aufweisen können. Ferner gilt das Stäuben mit gemahlenen Minera-

lien, insbesondere mit Silikaten, als wirksame Abwehrmaßnahme. Andere Richtungen des biologisch-organischen Landbaus bevorzugen Algenkalk oder sind bereit, auch pflanzliche Insektizide, wie Rotenon, Quassia, Pyrethrum oder Nikotin (mit Vorbehalt) anzuwenden. Einige Gruppen verwenden besonders in der Erzeugung von Obst und Gemüse aber auch milde Fungizide, wobei Schwefel und Kupfer, in anderen Fällen Maneb, Zineb oder Mancozeb bevorzugt werden.

Überblickt man diese Grundsätze und Methoden, so findet man darin sehr viel alte pflanzenbauliche Erfahrungen verankert, die zum Teil mit recht eigenwilligen Festlegungen über bevorzugt eingesetzte oder prinzipiell abgelehnte Produktionshilfsmittel verbunden werden. Im Mittelpunkt steht dabei stets der Wunsch und das Bestreben, ein möglichst geschlossenes System, besonders im Hinblick auf den Nährstoffkreislauf zu bewahren, wie es vor Einführung mineralischer Düngemittel ja tatsächlich erforderlich war, einen ähnlichen Vorrang aber heute keineswegs beanspruchen kann. Es ist sicher auch richtig, daß bei Beachtung all dieser Grundsätze nicht von vorneherein mit sehr niedrigen Hektarerträgen gerechntet werden muß, insbesondere, wenn man sie auf nährstoffreichen Böden anwendet. Viel stärker dürfte die relativ geringe Marktleistung ins Gewicht fallen, die sich in Relation zu dem unvermeidlich höheren Arbeitsaufwand und dem geringeren Anteil von Verkaufsfrüchten ergibt. Eine notwendige Kompensation ist daher in jedem Fall der höhere Preis, der ja in gewissem Umfang auch für die Produkte aus diesen Bereichen der Pflanzenproduktion bezahlt wird und zum Teil sehr beachtliche Dimensionen erreicht. Es ist jedoch sehr zu bezweifeln, daß diese Preise bei einem höheren Angebot gehalten werden können.

Abschließend läßt sich daher feststellen, daß der ''alternative Landbau'' in seinen strengeren Formen wahrscheinlich nur für einen sehr begrenzten Kreis von Landwirten realistische Alternativen zur bisherigen Wirtschaftsweise bietet. Vorzugsweise könnte dies für solche Landwirte gelten, deren allgemeine Lebenseinstellung mit den übergeordneten Gedanken und Prinzipien übereinstimmt, die sich in den verschiedenen Formen des ''alternativen'' Landbaues niedergeschlagen haben. Es ist auch nicht abzustreiten, daß den Grundsätzen der Landbewirtschaftung, die in diesem Bereich praktiziert werden, in weiten Teilen biologisches Denken zu Grunde liegt, das allerdings viel stärker auf die Erhaltung von Gleichgewichten und weniger auf Ermöglichung von Leistungssteigerungen ausgerichtet ist. Man kann weiterhin einräumen, daß der Mehrbedarf an technischem Verständnis gelegentlich das biologische Verständnis in der allgemeinen Landwirtschaft zurückgedrängt hat und man daher in manchen Bereichen durchaus auch von ''alternativ'' wirtschaftenden Landwirten lernen kann. Dessen ungeachtet behält jedoch die Feststellung uneingeschränkte Gültigkeit, daß alle Entwicklungsabläufe und ertragsbildenden Prozesse auf unseren Feldern nach biologischen Gesetzmäßigkeiten ablaufen und biologisches Denken in besonderem Maße für die Optimierung des Einsatzes derjenigen Produktionsmittel und Produktionstechniken erforderlich ist, deren Nichtanwendung im ''alternativen'' Landbau letzten Endes auf subjektiven Vorwegentscheidungen beruht, die man ganz gewiß respektieren, keineswegs aber naturgesetzlich nachweisen kann.

Interne Kräfte

Der einleitend erwähnte Trendwechsel im Wirtschaftsklima weckt aber auch landwirtschafts-interne Kräfte, die nach rationalen Alternativen suchen. Sie werden ausgelöst von den deutlich ungünstiger werdenden Preisrelationen zwischen den Produktionsmitteln und den damit erzielbaren Ertragssteigerungen (Abbildung 4). Die Ansätze hierfür sind leicht zu finden, wenn man sich vor Augen hält, daß Landbewirtschaftung eigentlich schon immer als Biotechnik betrieben wird, die stets ein breites Spektrum alternativer Lösungen kennt. Es besteht ganz sicher kein Grund zu prinzipieller Abkehr von der bisherigen Wirtschaftsweise. An Bedeutung gewinnt aber wieder einmal die Anpassungsfähigkeit an neue Situationen. Man kann klar erkennen, daß das Optimum für den Betriebsmitteleinsatz enger wird, als es bisher war, und daher auch ziemlich sicher voraussagen, daß seine Abstützung durch biologische Sorgfalt größere Bedeutung erlangen wird. Die Zahl der Fälle, in denen man einen überproportionalen Ertragsanstieg durch steigenden Betriebsmitteleinsatz erwarten darf, werden weniger häufig auftreten. Gleichzeitig dürfte sich die Zahl der Fälle

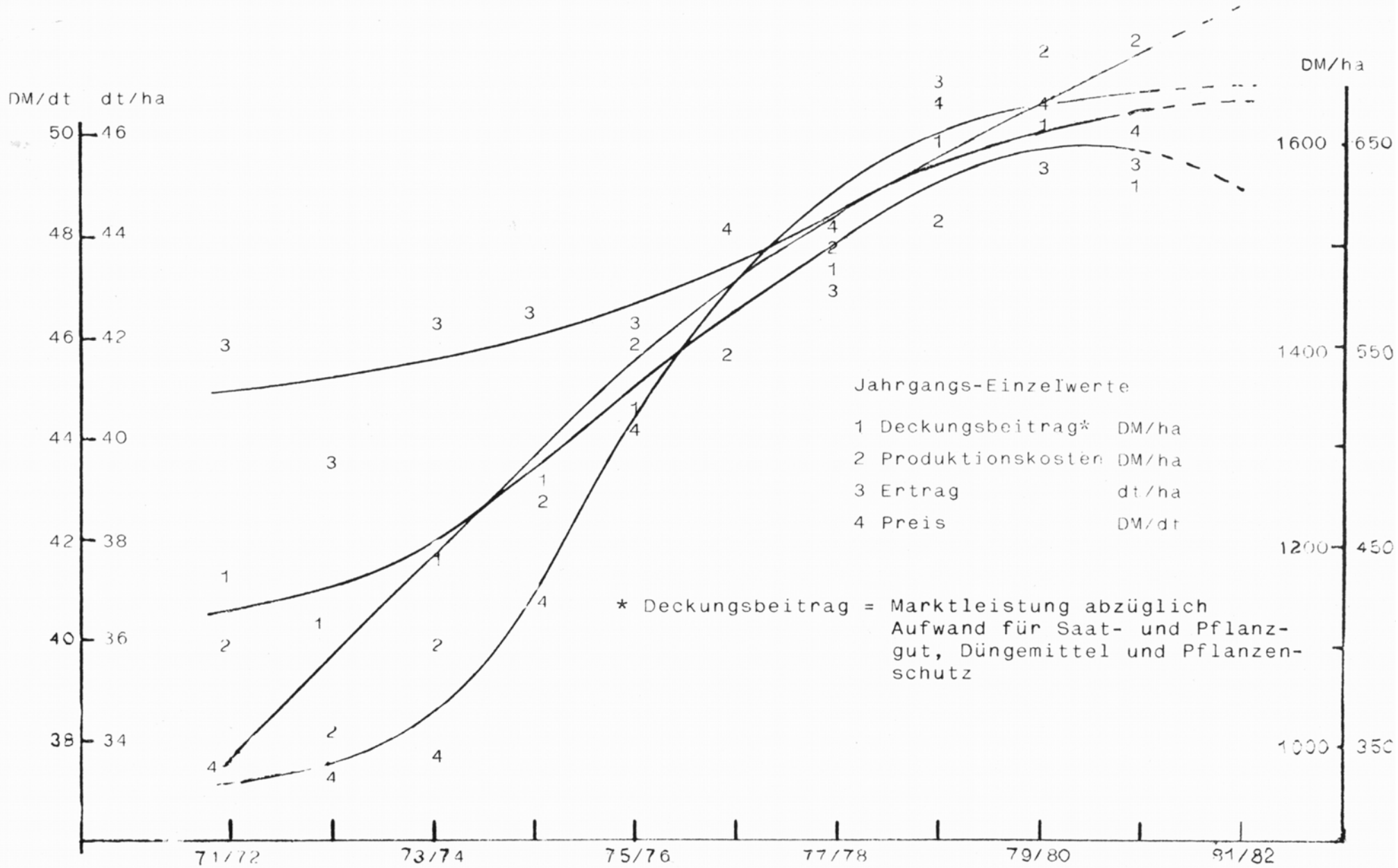


Abb. 4
Entwicklung von Aufwand und Ertrag im Getreidebau
(Buchführungsergebnisse der Marktfrucht-Futterbau-Betriebe in Bayern)

mehren, in denen ein reduzierter Aufwand zu wirtschaftlich besseren Ergebnissen führt. Hierzu einige Beispiele:
An Hand eines in Bayern durchgeführten Landessortenversuches mit Wintergerste (Tabelle 1), der an 6 Versuchsstellen in den Jahren 1979 und 1980 durchgeführt wurde, läßt sich zwar zeigen, daß der Kornertrag des Versuchsgliedes mit dem höchsten Aufwand an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in 9 von 12 Einzelver-

Wirtschaftlicher Erfolg zusätzlicher N-Düngung und Fußkrankheitsbekämpfung bei Wintergerste, dargestellt am Beispiel von Landessortenversuchen der BLBP Weihenstephan

						ohne Derosal			0.3 kg/ha Derosal St. 30-32	
		kg/ha N	Frühj.	70	80	90	70	80	90-N_{min}	GD
			April	–	20	40	–	20	40	dt/ha
			St.51/54	40	40	40	40	40	40	
Ort	Jahr	Bdz.	Vorfr.			KORNERTRAG dt/ha				
Landsberg Obb.	79	70	Wi-Ra	**59.3**+	56.0	52.9	**60.5**(+)	56.7	56.7	3.6
	80	70	A-Bo	69.4	68.5	65.7	69.9	**73.4**+	**70.9**	2.9
Desching Obb.	79	65	Wi-W	62.6	70.5	**74.5**+	67.4	73.7	**76.1**(+)	2.1
	80	60	Wi-W	66.5	76.8	81.2	70.4	81.2	**84.9**+	4.0
Mainkofen Ndb.	79	64	So-G	49.9	57.0	**60.4**+	50.5	58.8	**59.1**	1.7
	80	68	Wi-W	**73.3**+	70.5	61.6	**73.2**	70.1	64.2	1.7
Triesdorf Mfr.	79	40	Wi-Ra	46.8	**59.8**+	**61.4**(+)	49.1	58.3	**59.9**	2.9
	80	40	Wi-Ra	62.8	71.7	68.6	68.5	71.6	**76.7**+	2.0
Seligenstadt Ufr.	79	78	Wi-Ra	**59.9**+	**59.8**	56.4	**59.5**	**59.6**	**58.1**	2.2
	80	76	Wi-Ra	72.8	76.8	80.8	74.3	80.2	**83.1**+	1.5
Lohhof Schw.	79	45	So-G	65.3	64.2	57.6	**68.2**+	**66.7**	65.4	1.9
	80	45	Kart.	**69.5**+	**69.7**	**67.9**	**70.0**	**69.6**	**67.8**	2.8
Gesamtdurchschnitt 16 Vers., 2 Jahre 9 Sorten				60.8	64.3+	63.5	62.6	65.6+	65.4	
Mehraufwand (DM/ha) Preise für 1981					65.0	113.0	47.5	112.5	160.4	

Fettdruck = Höchsterträge im Rahmen des Versuchsfehlers
+ lohnender Mehraufwand; (+) etwa gleichwertig mit +

Tab. 1

Vergleich von Anbausystemen zu Winterweizen (Augustenhof)*

	1978/79			1979/80		
	I	II	III	I	II	III
Sorte	NIMBUS			OKAPI		
Saatzeit	11.10.1978			30.10.1979		
Saatst. (K/m^2)	475	380	315	500	420	350
N-Düngung	260	210	280	260	200	250
Z. d. N-Gaben	4	4	5	6	3	4
CCC	1.5 + 0.5 l/ha			1.5+0.5	1.0	1.0
Pfl.-Schutz	nicht differenziert			nicht differenziert		
Ergebnisse						
Keimpflanzen	460	381	295	396	352	305
Ähren/m^2	612	532	496	623	579	608
Kornzahl/Ähre	29.1	31.9	31.6	36.9	39.8	39.2
Kornz./m^2 · 10^3	17.8	17.0	15.7	23.0	22.9	23.8
1000-Korngew.	45.6	44.1	40.8	31.9	35.2	32.2
g/Ähre	1.08	1.28	1.28	1.11	1.34	1.22
dt/ha	66.4	68.3	63.7	69.3	77.3	74.0
Lager	1	1	1	3	1	2
Mehltau	6	4	3	4	3	4
Blattsept.	3	2	2	4	3	3

I Anbausystem "Schleswig-Holstein"
II Anbausystem "Heyland"
III Anbaussystem "Laloux"

* nach Angaben von Dr. Fröhling 1981

Tab. 2

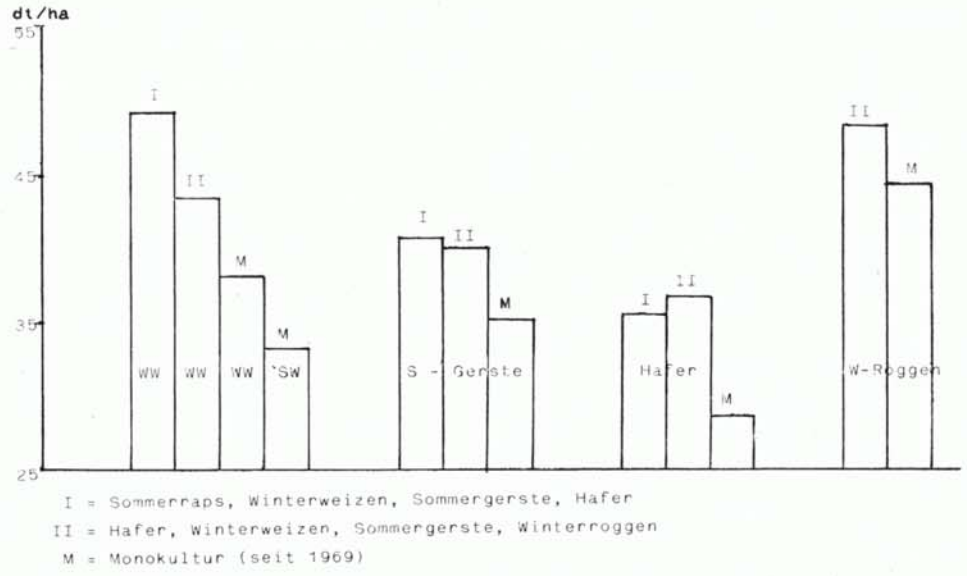


Abb. 5
Differenzierung der Kornerträge von Getreide durch Fruchtfolgewirkungen (Roggenstein 1976-79)

I = Sommerraps, Winterweizen, Sommergerste, Hafer
II = Hafer, Winterweizen, Sommergerste, Winterroggen
M = Monokultur (seit 1969)

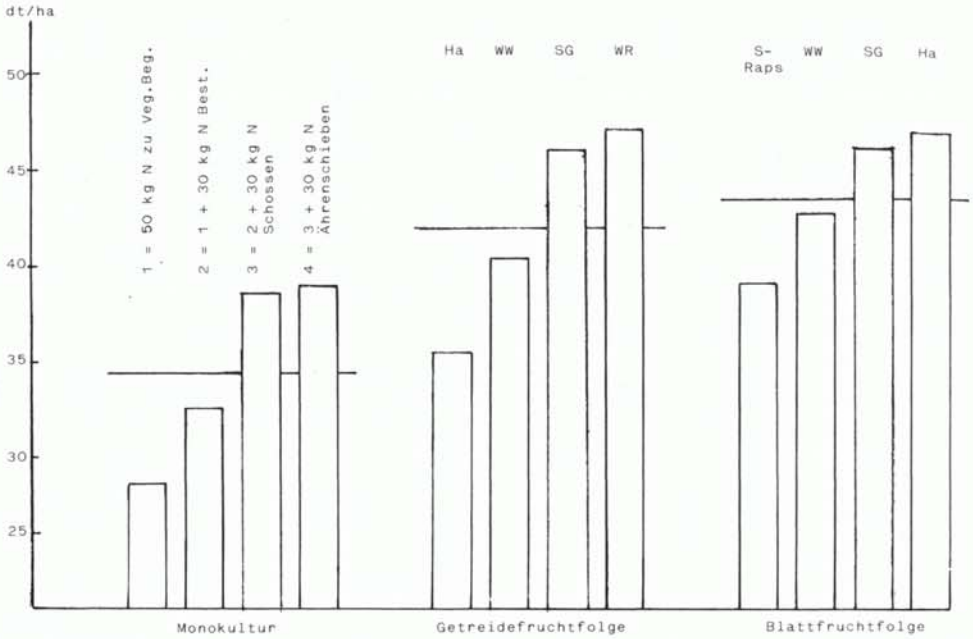


Abb. 6
Düngerwirkung auf die Getreideerträge im Fruchtfolgeversuch Roggenstein (1978-80)

suchen im Bereich gesicherter Differenzen für den Höchstertrag lag (fettgedruckte Werte), während dies nur in 4 Fällen für den geringsten Düngemittelaufwand ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln der Fall war. Vergleicht man jedoch die für zusätzliche Düngemittel- und Pflanzenschutzeinsatz erforderlichen Mehrkosten nach den heutigen Preisen und den Wert des erzielten Mehrertrages, dann wäre es nur in 4 der insgesamt 12 Fälle wirklich lohnend gewesen, diesen Einsatz auch tatsächlich zu praktizieren (+ Zeichen). Es ist selbstverständlich, daß dies für alle 4 Fälle mit niedrigem Aufwand und gleichzeitiger Zugehörigkeit zum Höchstertragsbereich der Fall ist. Unser Beispiel macht ferner deutlich, daß die im Gesamtdurchschnitt dieser Versuchsreihe optimal erscheinende Kombination der mittleren N-Gabe mit oder ohne Fußkrankheitsbekämpfung in Wirklichkeit nur je einmal der pro Versuchsstelle tatsächlich günstigsten Kombination entsprach. Ein anderes Beispiel möchte ich aus Schleswig-Holstein zitieren (Tabelle 2). Hier wurde auf dem gleichen Betrieb in zwei aufeinan-

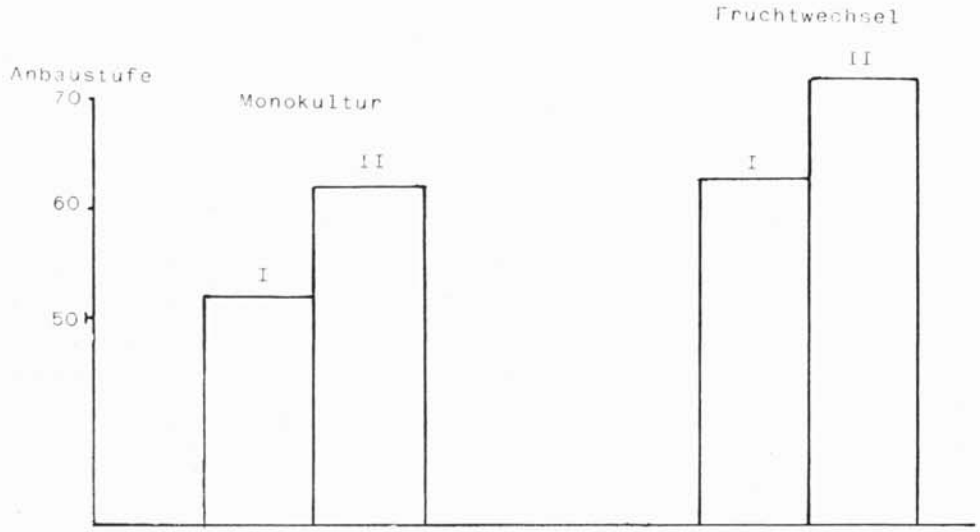


Abb. 7
Differenzierung des Kornertrags im Winterweizen durch Fruchtfolgestellung und Anbauintensität*

* nach Angabe von Pommer, Oppitz und Fink 1979
I = ortsübliche Düngung, chem. Unkrautbekämpfung, CCC, 1974-78
II = ortsübliche Düngung + 40 kg N (KSt)/ha im Herbst
Bekämpfung von Fuß- und Blattkrankheiten, 1974-78.

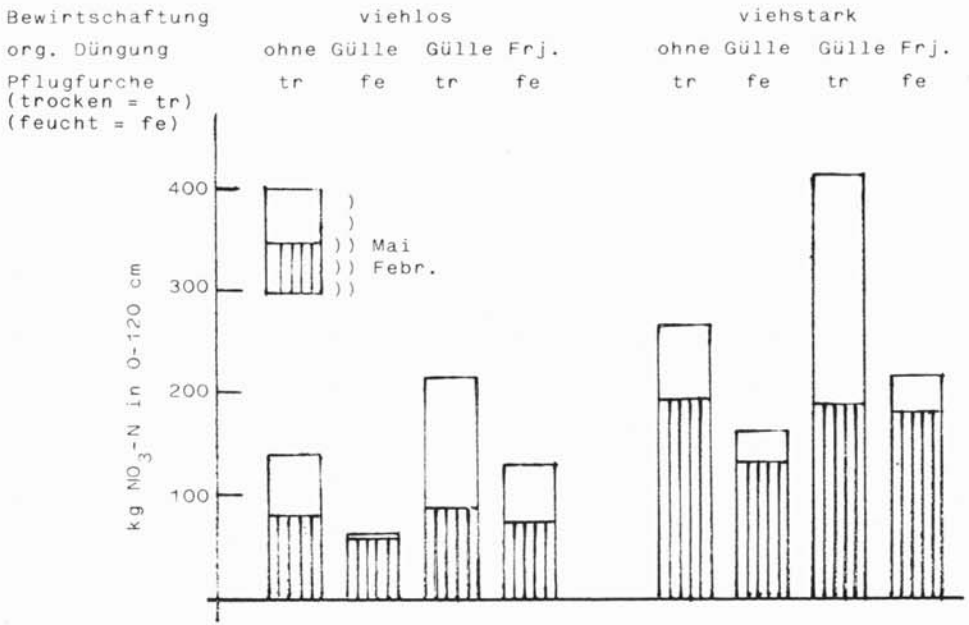


Abb. 8
Auswirkung von Bodenbearbeitung und Gülledüngung auf die N-Mobilisierung in Zuckerrübenbeständen (Versuche von F.X. Maidl)

Bodentyp	st. ps. Parabraunerde	schw. ps. Parabraunerde
K_2O mg/100 g	19	29
K_2O_5 mg/100 g	19	36
C %	0.88	1.09
N %	0.11	0.14
C/N	8.0	7.7

derfolgenden Jahren das auf hohe Bestandesdichten zielende Winterweizen-Anbausystem Schleswig-Holstein mit dem auf möglichst hohen Einzelährenertrag ausgerichteten System Laloux verglichen und außerdem das mit einer mehrfachen Kontrolle der Bestandesentwicklung verbundene System Heyland in Vergleich gesetzt. Dafür ist es erforderlich, sowohl die Auflaufdichten genau zu zählen, als auch gegen Ende der Bestockung die Zahl der Bestockungstriebe zu ermitteln, um daraus Richtlinien für die Opti-

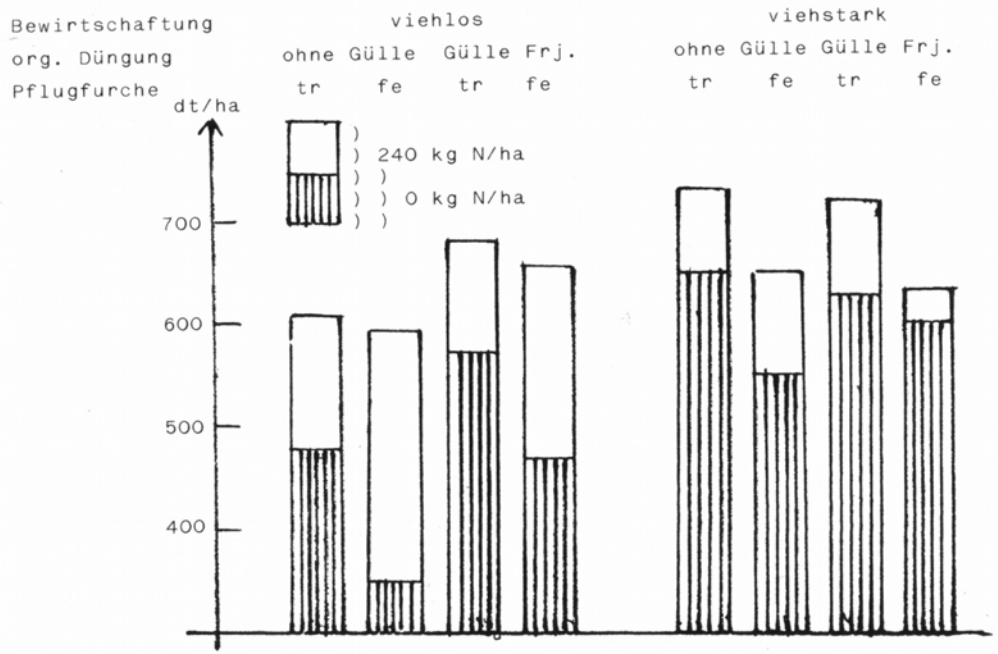


Abb. 9
Auswirkung von Bodenbearbeitung und Gülledüngung auf die Ertrags- und Qualitätsbildung von Zuckerrüben (Versuche von F.X. Maidl)

mierung der Stickstoffdüngung abzuleiten. Es zeigt sich aber, daß auf diesem Wege in beiden Jahren mit einem recht deutlich verminderten Düngereinsatz die höchsten Kornerträge erzielt werden konnten.

Diese beiden Beispiele mögen genügen, um aufzuzeigen, daß sorgsame Beobachtungen an den eigenen Feldbeständen sowie die Entwicklung sicherer Prognosen über das ertragsschädigende Auftreten von Pflanzenkrankheiten im Hinblick auf die damit verbundenen Optimierungsmöglichkeiten für den Einsatz teurer werdender Produktionsmittel zunehmende Bedeutung erlangen werden.

Weitere Möglichkeiten sehe ich in der Tatsache, daß es auch bei eingeengten Fruchtfolgen oftmals möglich sein dürfte, ertragsstützende Wirkungen aus einer verbesserten Fruchtfolgegestaltung auszunutzen. In Abbildung 5 ist das Ergebnis eines Fruchtfolgeversuches dargestellt, aus dem nicht nur zu erkennen ist, daß die Monokultur jeder der vier Hauptgetreidearten zu Ertragsdepressionen führt, sondern darüberhinaus deutlich wird, daß die Einfügung von Winterroggen anstelle von Sommerraps in eine sonst 4-gliedrige Fruchtfolge keineswegs zu Minderleistungen geführt hat, obwohl auch auf diese Weise ein vollständiger Getreidebau praktiziert wird. Man kann daraus ableiten, daß sich jede Steigerung in der Artenvielfalt der Bodennutzung positiv auf das Gesamtergebnis auswirken kann. Dies kommt beispielsweise auch darin zum Ausdruck (Abbildung 6), daß die Düngerwirkungen bei günstigeren Fruchtfolgeverhältnissen keineswegs abnehmen, sondern in aller Regel die positiven Auswirkungen optimaler Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen (Abbildung 7) sich mit den leistunssteigernden Fruchtfolgewirkungen zu höheren Gesamtleistungen addieren.

Ein dritter Bereich von unzureichend ausgenutzten Einwirkungsmöglichkeiten liegt in der Sorgfalt der Bodenbearbeitung und in der Handhabung der organischen Düngung. In Abbildung 8 ist die Entwicklung von Nitratstickstoff auf den Rübenschlägen eines seit 18 Jahren viehlos wirtschaftenden Betriebes und eines viehstarken Betriebes im gleichen Anbaugebiet dargestellt. Ferner wurden auf beiden Schlägen feuchte und trockene Herbstfurche verglichen und die Wirkung einer Gülleausbringung im Frühjahr in die Darstellung einbezogen. Das Niveau der Nitratfreisetzung auf beiden Schlägen läßt eindeutige Unterschiede zwischen dem viehlosen und viehstarken Betrieb erkennen. Darüberhinaus wird aber deutlich, daß die Gewinnung von Nitratstickstoff aus der Gülle ganz wesentlich durch die Bodenbearbeitung modifiziert werden kann, wobei die Dimension dieser Unterschiede erst in dem Zeitraum zwischen Februar und Mai voll zum Ausdruck kam. Betrachtet man ergänzend dazu die auf den gleichen Feldern ermittelten Zuckerrübenerträge (Abbildung 9), so kommt die Nachwirkung der trockenen Bodenbearbeitung auf dem viehstarken Betrieb sogar deutlicher zum Ausdruck als auf dem viehlosen Be-

trieb. Andererseits hatte der Einsatz der Gülle nur auf dem viehlosen Betrieb wirklich positive Wirkungen zur Folge. Auf dem viehstarken Betrieb konnte der weitere Einsatz von Gülledüngung lediglich den Zweck der Güllebeseitigung erfüllen, berücksichtigt man außerdem die Qualitätswerte, so mußte diese Art der Güllebeseitigung sogar mit eindeutigen Mindererträgen erkauft werden. Darüberhinaus ist die weitere Feststellung interessant, daß die Wirkung der Gülle auf dem viehlosen Betrieb augenscheinlich nicht vollständig durch ansteigende Mineraldüngung ersetzt werden kann, während umgekehrt auch auf dem viehstarken Betrieb trotz negativer Güllewirkung noch immer positive Auswirkungen der mineralischen N-Düngung zu verzeichnen sind.
Auch diese Ergebnisse sollen hier nur den Hinweis verdeutlichen, daß sowohl im Bereich der Bodenbearbeitung, besonders aber im Hinblick auf den Einsatz der heute verfügbaren organischen Dünger die damit verbundenen Ertragskräfte gegenwärtig nur unvollständig ausgenutzt werden.
Dieser keineswegs vollständige Überblick läßt aber wohl doch erkennen, daß es eine recht beachtliche Zahl von alternativen Möglichkeiten gibt, deren Ausnutzung geeignet ist, die Pflanzenproduktion auch unter schwierigeren ökonomischen Bedingungen auf einem hohen Leistungsstand zu halten. Es kommt sicher darauf an, schärfer zu rechnen, sorgfältiger zu beobachten und ohne Scheuklappen die Hilfe biologischer Kräfte in Anspruch zu nehmen, die sich völlig unparteiisch jedem Landwirt erschließen, der sie zu mobilisieren weiß.

1) Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Bundesallee 50, 3300 Braunschweig (Leiter: Prof. Dr. H. Schön)
2) Mitteilung aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Bundesallee 50, 3300 Braunschweig (Leiter: Prof. Dr. M. Dambroth)

Ertragssicherung mit modernen Verfahren der Feldberegnung

von Prof. Dr. Hans Schön und Dipl.-Ing. H. Sourell[1] und Dr. A. Bramm[2], Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

1. Einleitung

Die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen ist eine der effektivsten Maßnahmen zur Sicherung der Welternährung. Weltweit werden etwa 250 Mio. ha vor allem in ariden Gebieten bewässert. Das sind etwa 16,6 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (6). Auf diesem relativ geringen Flächenanteil werden aber etwa 30...40 % aller Nahrungsmittel erzeugt (1). Dagegen ist der Umfang der bewässerten Fläche in der Bundesrepublik Deutschland recht bescheiden. Derzeit werden etwa 260.000 ha beregnet, das sind etwa 2 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Dies dürfte aber nur ein geringer Teil der tatsächlich beregnungsbedürftigen landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Bundesrepublik Deutschland sein (3).
Ursache für diesen geringen Umfang der beregneten Fläche sind die besonderen Einsatzbedingungen für die Feldberegnung in humiden Klimagebieten. Während in ariden Klimazonen die Beregnung Basis jedes intensiven Pflanzenbaues ist, hat sie unter unseren humiden Bedingungen nur eine **ergänzende Funktion**. Infolge der unterschiedlichen Jahreswitterung, der Bodenverhältnisse und der Anbauintensität ist ihr Einsatz und der Erfolg des Einsatzes von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich.
Dies erschwert eine eindeutige Aussage über die Bedeutung und Zuordnung dieses sehr kostenintensiven Betriebsmittels. Im Endeffekt muß diese, mit sehr hohen Investitionen verbundene Entscheidung von Bertrieb zu Betrieb im einzelnen und nach sehr genauen Kalkulationen getroffen werden. Dafür ist es aber erforderlich, alle die Faktoren zu nennen, die für eine ökonomisch sinnvolle Entscheidung maßgebend sind.

2. Beregnungsbedürftigkeit und Beregnungswürdigkeit

Prinzipiell ist bei einer solchen Abwägung zwischen Beregnungsbedürftigkeit und Beregnungswürdigkeit zu unterscheiden (Abb. 1) (5).

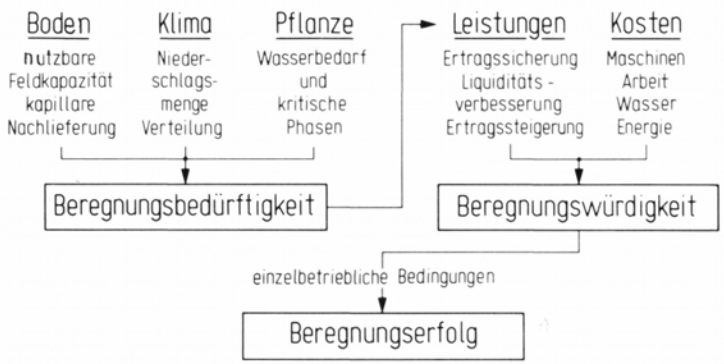


Abb. 1:
Faktoren des Beregnungserfolges
(vereinfacht nach Meinhold und Schmidt 1978)

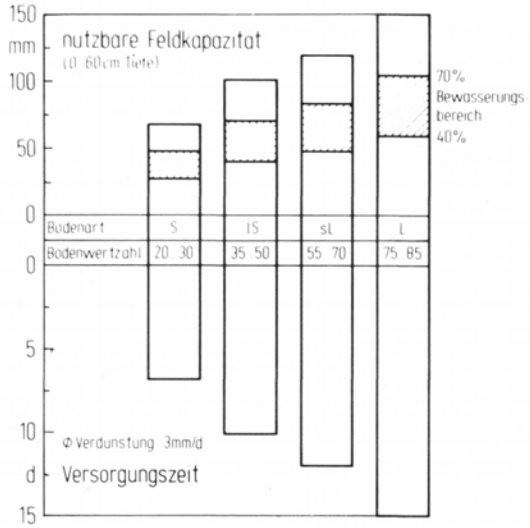


Abb. 2:
Nutzbare Feldkapazität und mögliche Wasserspeicherung bei verschiedenen Böden

Die Beregnungsbedürftigkeit wird durch ein ertragsgefährdendes Wasserdefizit bestimmt. Dieses wiederum ist abhängig vom Boden, vom Klima und von den Pflanzen.

Die verschiedenen **Bodenarten** weisen unterschiedliches Wasserspeicherungsvermögen auf (Abb. 2).

Die für die Pflanzen nutzbare Wasserspeicherkapazität wird als ''nutzbare Feldkapazität'' bezeichnet, wobei optimale Wachstumsbedingungen bei einer nutzbaren Feldkapazität von 40... 70 % gegeben sind. Feinsandige Lehmböden verfügen in etwa über eine doppelt so große pflanzennutzbare Speicherfeuchte wie Sandböden. Entsprechend länger reicht bei diesen Böden nach einer vorausgegangenen Auffüllung - z.B. durch die Winterfeuchte oder nach anhaltenden Regenfällen - auch der Wasservorrat im Boden aus. Wegen ihrer geringen Speicherfähigkeit sind Sandböden unter einer Bodenwertzahl von 30 Punkten selbst bei normalverteilten Niederschlägen beregnungsbedürftig. Bei den anderen Bodenarten entscheiden zusätzlich das Klima und die angebauten Pflanzen.

Beregnung ist immer dann von Bedeutung, wenn die natürlichen Niederschläge und das im Boden gespeicherte Wasser nicht mehr ausreicht, die über den Pflanzenbestand erfolgte Verdunstung auszugleichen, wie in (Abb. 3) am Beispiel der Region Braunschweig gezeigt wird.

Hier zeigt sich langfristig während der Sommermonate eine geringe negative Tendenz, die natürlich von Jahr zu Jahr großen Schwankungen unterliegt.

Die **Pflanzen** reagieren während ihrer Entwicklungsphase allerdings sehr unterschiedlich auf eine solche negative Wasserbilanz. Je nach Kulturart sind unterschiedliche kritische Phasen zu beobachten, während denen der Wasserversorgung eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist (Tabelle 1).

Die Beregnungsbedürftigkeit eines Standortes bzw. eines Bodens kann nicht von vorneherein gleichgesetzt werden mit deren **Beregnungswürdigkeit**, denn entscheidend ist schließlich der zusätzliche Betriebserfolg beim Einsatz der Feldberegnung. Diese wiederum ergeben sich aus den zusätzlich erbrachten Leistungen und den dafür aufzubringenden zusätzlichen Kosten.

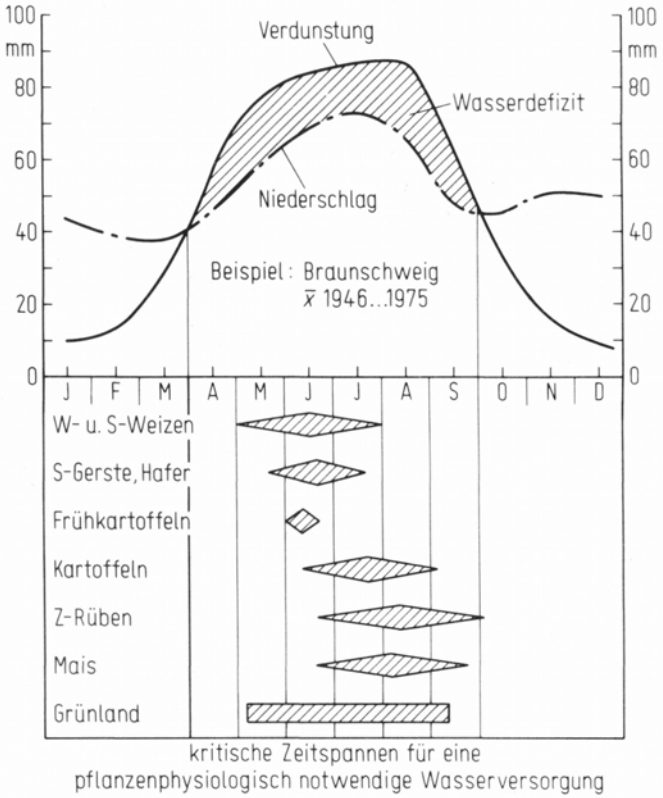


Abb. 3:
Bestimmungsgründe für die Beregnungsbedürftigkeit

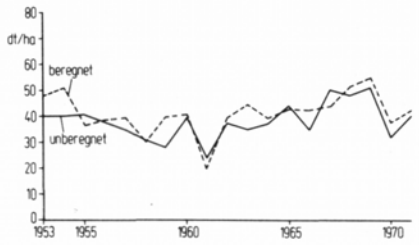
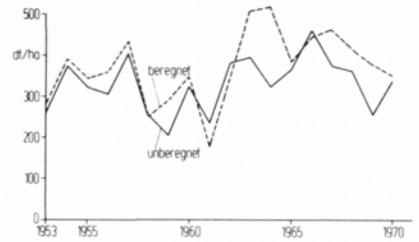
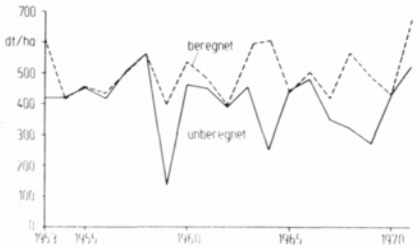
Die zusätzlichen **Leistungen** beim Beregnungseinsatz sind um so ausgeprägter, je größer die Beregnungsbedürftigkeit eines Standortes ist; sie sind über einen längeren Zeitraum standortspezifisch zu ermitteln. (Abb. 4) zeigt als Beispiel die zusätzlichen Leistungen verschiedener Kulturpflanzen auf dem Standort Braunschweig-Völkenrode in den Jahren 1953 bis 1970.
Diese Versuche zeigen, daß in den Jahren mit langanhaltenden Trockenperioden, wie sie in den Jahren 1959, 1964 und 1967 bis 1969 aufgetreten sind, bei unberegneten Flächen deutliche

Fruchtart	Wachstumsstadium
Getreide	Halmstreckung bis Gelbreife
Kartoffel	erster Knollenansatz bis Mitte der Blüte
Z.-Rüben	Schließen des Bestandes bis 3 Wochen vor Ernte
Mais	Rispenschieben bis Milchreife

Tabelle 1: Kritische Phasen über die Wasserversorgung

Ertragseinbrüche zu verzeichnen sind, welche durch die Feldberegnung ausgeglichen wurden. In Jahren mit normalen Niederschlägen sind keine bzw. nur sehr geringe Ertragssteigerungen durch die Beregnung möglich. Dies bedeutet, daß die Beregnung in erster Linie der **Ertragssicherung** bei auftretenden Trockenperioden dient. Dieser Effekt der Ertragssicherung ist je nach angebauter Feldfrucht sehr unterschiedlich, wie die ∅ 10jährigen Mehrerträge durch die Beregnung ebenfalls am Beispiel des Standortes Völkenrode in (Abb. 4) zeigt.

Nur sehr geringe Mehrerträge sind bei Wintergerste und allen Sommergetreidearten möglich, ganz im Gegensatz zu Winterweizen, der deutliche Mehrerträge bringt. Ebenfalls lohnt sich eine Beregnung zu Kartoffeln und Zuckerrüben bei entsprechenden Standorten. Auch Silomais und Grünland erbringen in Trockenjahren deutliche Ertragssteigerungen.
Diese durchschnittlichen Ertragssteigerungen sind verständlicherweise in Extremjahren wesentlich größer, wie am Beispiel des Jahres 1969 gezeigt wird. Insbesondere bei Zuckerrüben und Futterpflanzen kommt es hier bei gefährdeten Standorten zu erheblichen Ertragseinbrüchen, welche bei spezialisierten Marktfruchtbaubetrieben oder spezialisierten Futterbaubetrieben zur Existenzgefährdung führen können.

Feld-frucht	Frischmasse-Mehrertrag durch Beregnung	Durchschnitt 1950...'71		Extremjahr 1964	
		dt / ha	DM/ha[1)]	dt / ha	DM/ha[1)]
Winter-gerste		3,1	143	0,1	5
Winter-weizen		15,4 ★★★	804	35,5	1853
Kartoffeln		65,5 ★★	1605	194,2	4758
Zucker-rüben		119,4 ★★	1370	354,0	4060

Silomais	Trockenmasse-Mehrertrag	1975	1976	1977
	dt/ha	ca 70	ca 64	0

1) Preisniveau 1981 Beispiel Völkenrode nach Bramm, Tries, Siegert

Abb. 4:
Zusätzliche Leistungen verschiedener landwirtschaftlicher Kulturen durch Beregnung

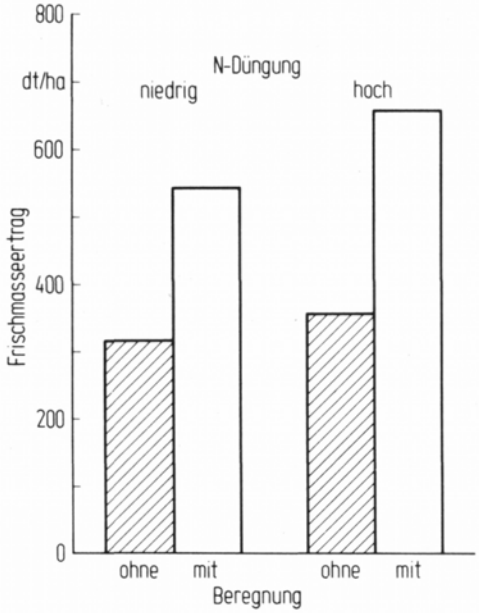


Abb. 5:
Beregnung und Düngung von Zuckerrüben

In diesen Spezialbetrieben gewinnt die Beregnung über die Ertragssicherung zur Sicherung der **Liquidität** eine zunehmende Bedeutung. Dies erklärt auch die starke Verbreitung der Grünlandberegnung in den Niederlanden, da nur so der hohe Viehbesatz unabhängig von den Wetterrisiken möglich ist.
Demgegenüber ist die Möglichkeit einer **ertragssteigernden** Wirkung durch die Beregnung auch in Jahren mit normalen Niederschlägen umstritten. Sie ist zumindest bei gleichbleibendem Ertragsniveau zu verneinen. Erst bei einem sehr hohen Ertragsniveau kann auch unter **normalen** Anbaubedingungen die Wasserversorgung zum Engpaß werden, wie am Beispiel eines Stickstoffsteigerungsversuches auf dem Limburger Hof ∅ von 1969... 1978 dargestellt ist (Abb. 5).
Ohne Beregnung brachten bei Zuckerrüben die Steigerung der N-Gaben nur sehr geringe Mehrerträge. Erst bei der entsprechenden Wasserversorgung führte es darüber hinaus zu einer entsprechenden Düngerwirkung. Gegebenenfalls könnten sich im intensi-

ven Ackerbau mit ertragsreichen Sorten, optimaler Nährstoffversorgung und einer ausgefeilten Anbautechnik der Beregnung neue Einsatzgebiete eröffnen.

Den durchschnittlichen Leistungsbeiträgen der Beregnung stehen allerdings nicht unerhebliche Beregnungskosten gegenüber, welche zwischen 500,-- bis 1000.-- DM/ha betragen können. Maßgebend werden diese Kosten von dem Arbeits- und Kapitalbedarf sowie vom Energie- und Wasserbedarf der verschiedenen Beregnungsverfahren bestimmt. Bevor aber auf diese Fakten näher eingegangen werden soll, ist ein kurzer Überblick über den derzeitigen Stand der Beregnungstechnik erforderlich.

3. Stand der Beregnungsverfahren

Die Verfahren der Feldberegnung lassen sich in drei Gruppen unterteilen (5, 11), die sich bezüglich der Beregnungsintensität, des erforderlichen Wasserdruckes und hinsichtlich ihres Einsatzes unterscheiden, (Abb. 6).

Einzelregnerverfahren werden beweglich eingesetzt, wobei zwischen Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug oder Maschinenvorschub unterschieden wird. Der Maschinenvorschub war vor allem bei größeren Anlagen üblich, da er größere Rohrdurchmesser und Rohrlängen zuließ. Heute überwiegen für alle Einsatzbereiche Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug (Abb. 7). Die meisten der Beregnungsmaschinen sind mit Starkregnern bei einer Beregnungsintensität von 21...40 mm/h ausgerichtet.

Zur vollen Nutzung der möglichen Wurfweite, vor allem aber für eine gute Strahlauflösung, ist ein Wasserdruck am Hydrant ab etwa 8 bar erforderlich. Neben Beregnungsmaschinen mittlerer Bauart für eine Einsatzfläche von 25...40 ha werden heute große Maschinen für 50...70 ha und spezielle kleine Aggregate mit 50 mm Rohrdurchmesser für einen Einsatzbereich von 5...10 ha angeboten, (Abb. 8).

Beregnungsmaschinen eignen sich besonders für einen arbeitssparenden mobilen Einsatz. Sie sind allerdings nicht geeignet für die Frostschutzberegnung, für den Einsatz in hängigem Gelände (über 5 % Steigung) und für die Verabreichung kleinerer und häufigerer Regnergaben.

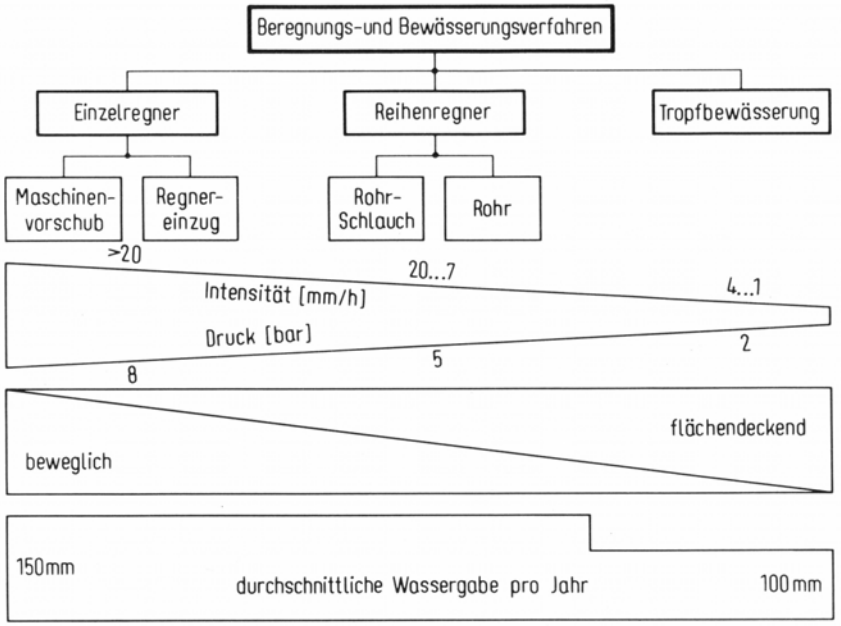


Abb. 6:
Übersicht über die Verfahren der Feldberegnung

Reihenregnerverfahren

Reihenregnerverfahren arbeiten mit Mittelstark- oder Schwachregnern und erfordern bei einer Beregnungsintensität von 7...20 mm/h einen Wasserdruck von etwa 5 bar. In der Praxis überwiegt nach wie vor die Rohrberegnung, die flächendeckend verlegt, insbesondere für die Frostschutzberegnung geeignet ist, andererseits aber einen außerordentlich hohen Arbeitszeitbedarf beim Auf- und Abbau oder Umsetzen erfordert. Um diesen Arbeitszeitbedarf zu mindern, sind verschiedene Weiterentwicklungen bekannt:

- **längsversetzbare Rohrberegnung**, wobei die Regnerrohre längs des Feldschlages mit dem Schlepper hin- und herbewegt werden. Dies setzt Feldlängen von mehr als 400 m voraus, weshalb sich dieses Verfahren nur im Ausland verbreiten konnte.

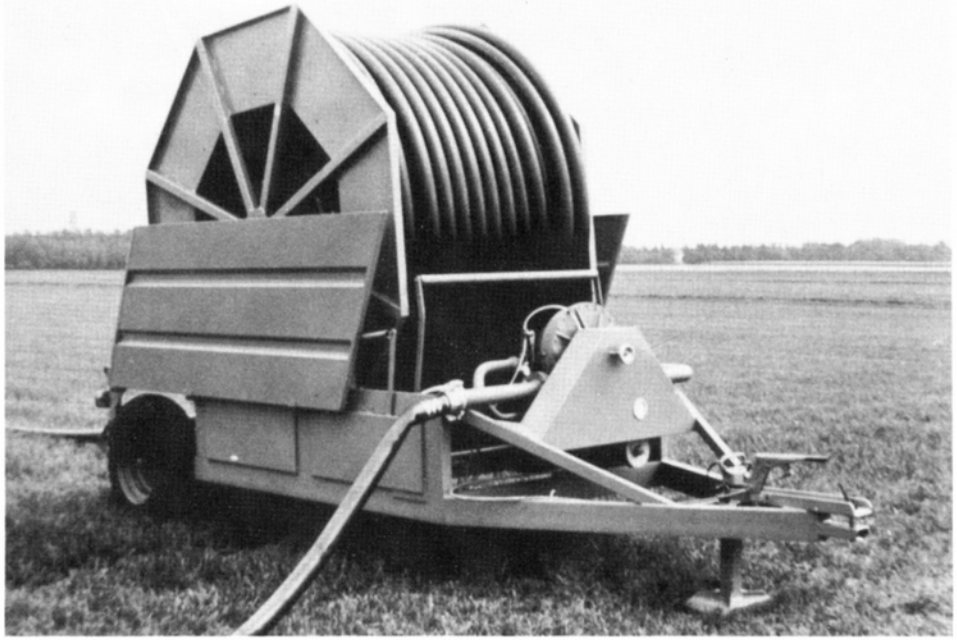


Abb. 7:
Beregnungsmaschine mit Regnereinzug und Turbinenantrieb

- **Rohr-Schlauchberegnung**, bei der an einer festverlegten Regnerleitung Schläuche mit Schwachregner angekoppelt sind. Diese lassen sich relativ leicht versetzen.
- **Schlauchberegnung** (Abb. 9), bei der die Regnerleitung aus einem flexiblen Kunststoffschlauch besteht. Im 18 m Abstand sind einklappbare Regnerelemente mit dem Schlauch verbunden. Mittels einer Schlauchtrommel werden sowohl der Schlauch als auch die Regnerelemente in einem Arbeitsgang und von einer Arbeitskraft auf- bzw. abgetrommelt. Dieses Verfahren erlaubt nur das Beregnen niedriger Pflanzenbestände und hat sich deshalb vor allem bei der Grünlandberegnung bewährt.

Tropfbewässerung

Eine gänzlich andere Form der Wasserverteilung wird mit der Tropfbewässerung erreicht, wenn sie flächendeckend für Ackerfrüchte eingesetzt wird (Abb. 10).

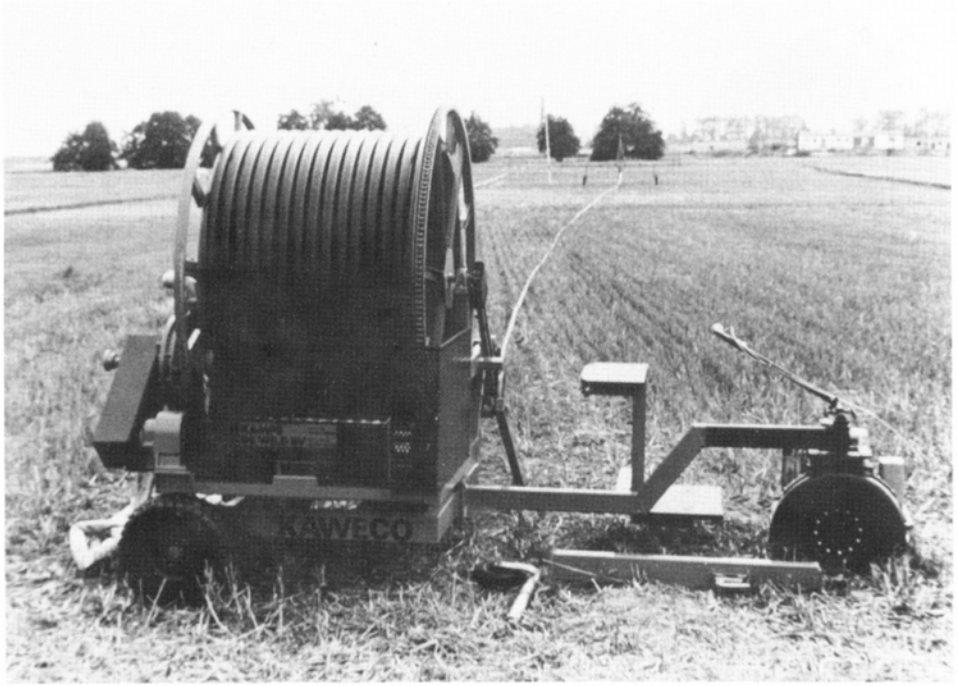


Abb. 8:
Beregnungsmaschine mit Regnereinzug und Selbstfahreinrichtung für das Umsetzen

Durch Tropfrohre und Tropfelemente wird mit erheblich niedrigerem Wasserdruck von weniger als 2 bar und mit geringerer Beregnungsintensität von 1...4 mm/h das Wasser möglichst direkt der Pflanze zugeteilt, wodurch Wasserverluste weitgehend reduziert (8) und erhebliche Energieeinsparungen möglich werden. Die exakte Wasserzuteilung ermöglicht eine gezielte und häufigere Düngergabe über das Bewässerungswasser. Der Einsatz der Tropfbewässerung ist in flächendeckenden Ackerfrüchten, im Garten-Obstbau und im Gemüse- und Zierpflanzenabau möglich. Um den hohen Arbeitszeitbedarf beim Auf- und Abbauen der Tropfbewässerung zu verbessern, wurde ein ölhydraulisches Trommelgerät für den Schlepperanbau entwickelt (Abb. 11), mit dem zwei Tropfrohre gleichzeitig mechanisch mit einer Geschwindigkeit von 6...10 km/h ausgelegt und auch wieder aufgetrommelt werden.

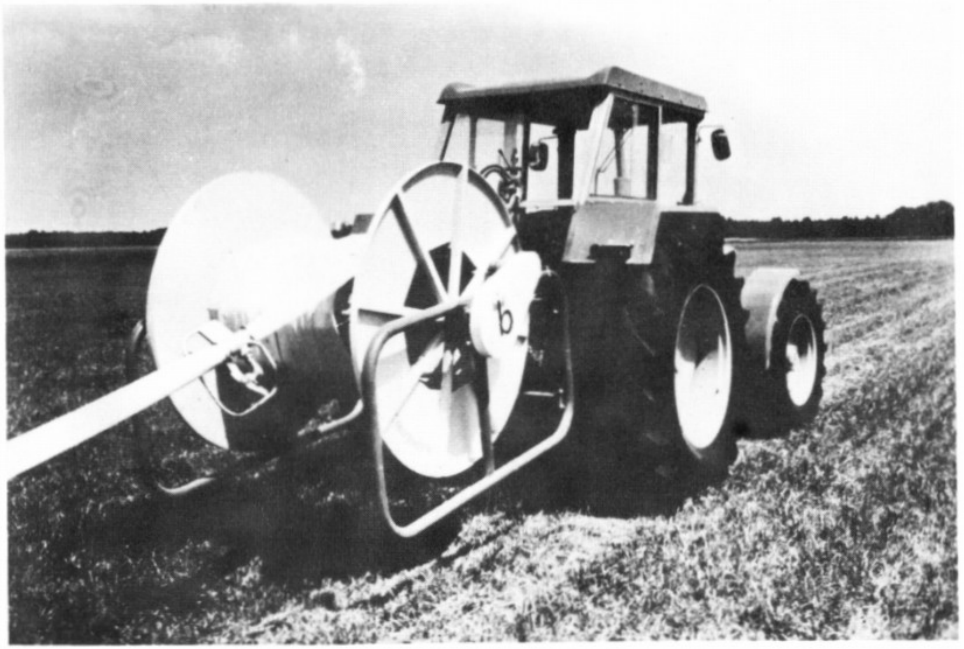


Abb. 9:
Schlauchberegnung beim Auslegen auf Grünland

Abb. 10:
Tropfbewässerung in Zuckerrüben

4. Vergleich der Beregnungsverfahren

Ein Vergleich und eine Zuordnung dieser genannten Beregnungsverfahren muß neben den technischen Einsatzbedingungen vor allem die kostenverursachenden Kriterien Kapitalbedarf, Arbeitszeitbedarf sowie Energie- und Wasserverbrauch einbeziehen. Der **Kapital- und Arbeitszeitbedarf** der wichtigsten Beregnungsverfahren ist, bezogen auf 1 ha bei 5, 10 und 30 ha Einsatzfläche in (Abb. 12) dargestellt.

Den höchsten Kapitalbedarf erfordert die flächendeckend verlegte Rohrberegnung bzw. Tropfbewässerung. Bei den anderen, nicht ortsfest verlegten Beregnungsverfahren, sind die Investitionen je ha von der Einsatzfläche abhängig. Hier erfordert die teilortsfeste Rohranlage den geringsten Kapitalbedarf je ha. Demgegenüber erfordern Beregnungsmaschinen bei kleinen Einsatzflächen einen relativ hohen Kapitalbedarf, erst bei größeren Einsatzflächen sind die Kapitalaufwendungen denen der Rohrberegnung ähnlich. Eine völlig andere Aussage der einzelnen Verfahren ist beim Arbeitszeitbedarf gegeben, der ebenfalls in (Abb. 12) je ha und Jahr für intensive Beregnung aufgetragen ist. Der höchste Arbeitszeitbedarf ist beim beweglichen Einsatz von Rohrberegnungsanlagen mit 12...14 h/ha · a erforderlich. Dabei handelt es sich um eine sehr schwere Arbeit, die zwei Arbeitskräfte erfordert. Der niedrigste Arbeitszeitbedarf ist trotz mehrmaligen Umsetzens bei den Beregnungsmaschinen (ab etwa 200 m Feldlänge) erforderlich. Die Tropfbewässerung liegt im Arbeitszeitbedarf bei flächendeckender Auslegung relativ hoch, allerdings ist diese Arbeit nicht direkt termingebunden und fällt teilweise vor bzw. nach der Bewässerungssaison an.

Abb. 11:
Tropfrohrtrommelgerät

Insgesamt zeigt diese Gegenüberstellung, daß Beregnungsmaschinen bei mittleren und größeren Einsatzflächen den geringsten Arbeitszeitaufwand bei tragbarem Kapitalbedarf erfordern.
Neben dem Arbeits- und Kapitalbedarf muß bei einem Vergleich der Beregnungsverfahren zunehmend auch der **Energie- und Wasserbedarf** beachtet werden, zumal zunehmend Beschränkungen auch bei der Nutzung des Wassers durch die Landwirtschaft in intensiven Beregnungsgebieten zu befürchten sind. Eine Gegenüberstellung des Energie- und Wasserverbrauches erfolgt am Beispiel der intensiven Zuckerrübenberegnung in Abb. 13. Energie- und Wasserverbrauch sind demnach bei Einzelregnern mit 1000 kWh/ha - verursacht durch den erforderlichen hohen Wasserdruck - und einem Wasserverbrauch von 150 mm/a, am höchsten.
Bei den Reihenregnern mit Rohren genügt ein niedrigerer Wasserdruck, so daß der Energiebedarf auf etwa 850 kWh/ha sinkt. Bei

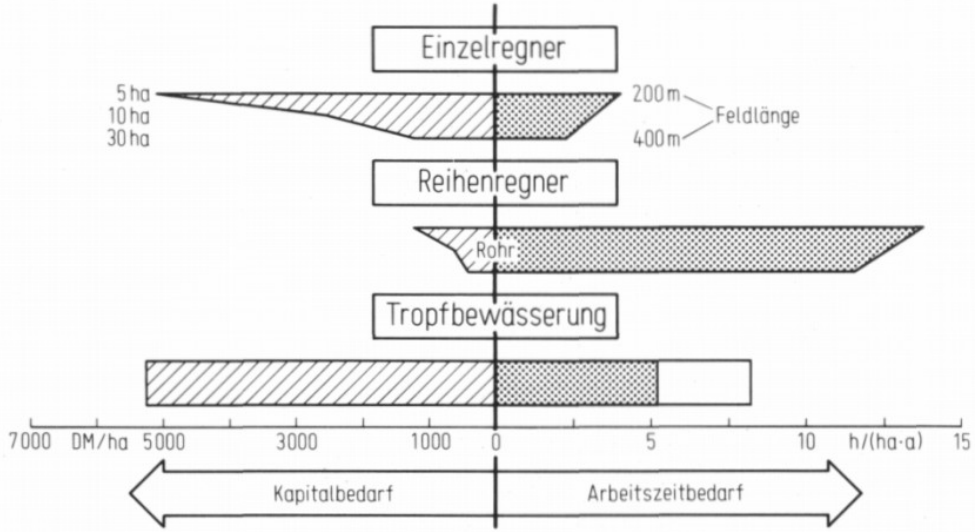


Abb. 12:
Arbeitszeit- und Kapitalbedarf verschiedener Bewässerungsverfahren

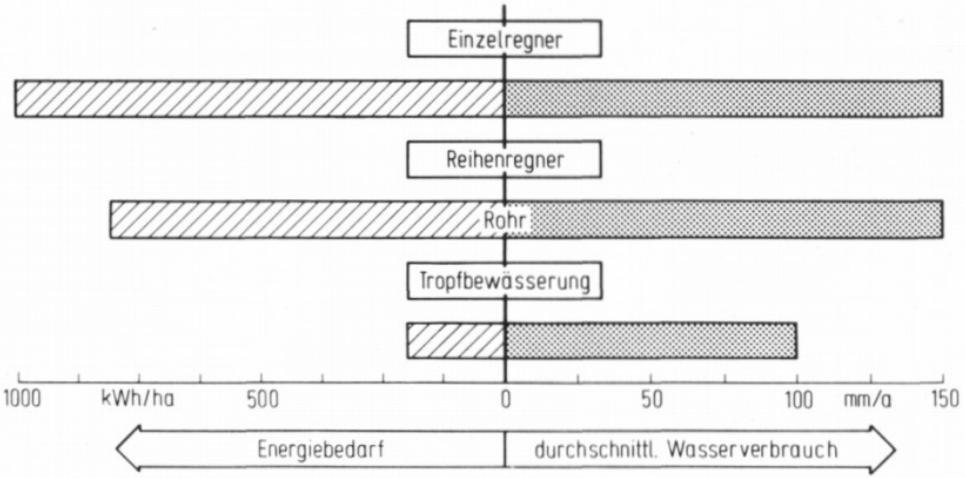


Abb. 13:
Wasserverbrauch und Energiebedarf bei der intensiven Zuckerrübenberegnung mit unterschiedlichen Bewässerungs- und Beregnungsverfahren

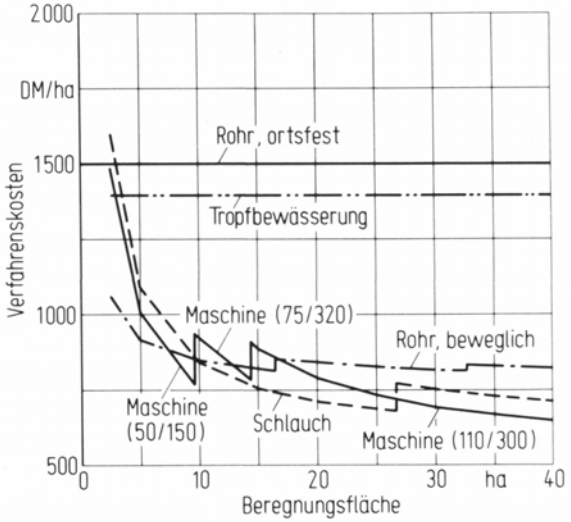


Abb. 14:
Verfahrenskosten der Beregnung bei überbetrieblicher Wasserbereitstellung

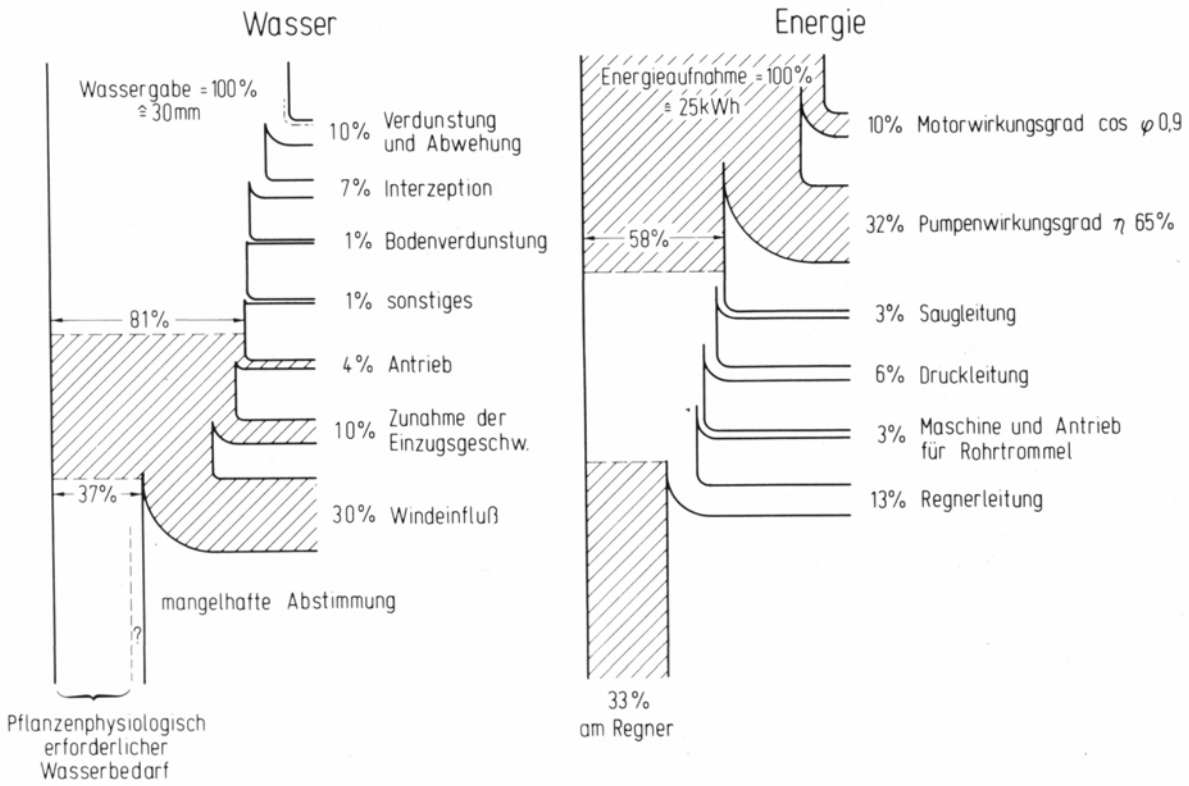


Abb. 15:
Wasser und Energiebilanz beim Einsatz von Beregnungsmaschinen

der Tropfbewässerung kann wegen des geringeren Wasserverbrauches und des niedrigen Wasserdruckes der Energiebedarf auf etwa 160 kWh/ha reduziert werden. Weiterhin sind durch die verlustlose Zuteilung des Wassers direkt an der Pflanze Wassereinsparungen bis zu 30 % möglich, ohne daß nach unseren Untersuchungen eine Beeinträchtigung des Beregnungserfolges zu befürchten ist.
Vom Energie- und Wasserverbrauch ist die Tropfbewässerung also eindeutig den anderen Beregnungsverfahren, insbesondere dem Einzelregnerverfahren überlegen.

Für den wirtschaftlichen Erfolg der Beregnung sind die **Verfahrenskosten** von besonderem Gewicht. Sie umfassen die jährlichen Arbeits-, Maschinen-, Wasser- und Energiekosten. In (Abb. 14) sind diese Verfahrenskosten am Beispiel der überbetrieblichen Wasserbereitstellung und intensiver Beregnung in Abhängigkeit von der Beregnungsfläche dargestellt.
Die höchsten Verfahrenskosten werden demnach von der flächendeckend verlegten Tropfbewässerung verursacht. Lediglich bei sehr kleinen Flächen liegen sie in einem vertretbaren mit anderen Verfahren konkurrierenden Bereich. Die beweglich eingesetz-

te Rohrberegnungsanlage ist bis etwa 10 ha im Kostenminimum. Darüber hinaus sind Beregnungsmaschinen allen anderen Verfahren; nicht nur aus arbeitswirtschaftlichen Gründen, sondern auch von den Kosten her überlegen. Beregnungsmaschinen werden deshalb auch in Zukunft zunehmende Bedeutung bei der Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen haben. Es verbleibt aber der Nachteil des hohen Wasser- und Energiebedarfes.

5. Möglichkeiten zur Wasser- und Energieeinsparung bei Einzelregnern

Für die großflächige, landwirtschaftliche Feldberegnung stellt sich deshalb die Aufgabe, die arbeitssparenden Einzelregnerverfahren im Hinblick auf eine effizientere Wassernutzung bei geringem Energieaufwand weiter zu entwickeln (13). Ansatzpunkte dafür können aus einer Analyse der Wassernutzung bei Beregnungsmaschinen abgeleitet werden (Abb. 15). Bei allen Beregnungsverfahren treten Wasserverluste durch **Verdunstung und Abwehung** auf, die nach verschiedenen Autoren (4, 7, 10) selbst bei extremen Wetterlagen selten über 10 % steigen. Sie werden in ihrer Bedeutung meist überschätzt. Weitere Verluste in Höhe von 7 % entstehen durch Interzeption (7), von etwa 1 % durch die Bodenverdunstung (9) und sonstiger Ursachen, wie z.B. Abfluß oder Versickerung, mit etwa 1 % . Die bisher beschriebenen direkten Wasserverluste betragen ca. 20 % und lassen sich nur im beschränkten Umfang vermindern.

Ansatzpunkte zu Verbesserungen sind bei den indirekten Verlusten gegeben. Diese werden bei Beregnungsmaschinen verursacht durch einige Rohrtrommelantriebe auf etwa 4 % durch inkonstanten Regnereinzug (etwa 10 %) und durch unregelmäßige Wasserverteilung quer zur Regnerleitung, die mit etwa 30 % Verlust zu veranschlagen ist. Weitere Verluste in noch nicht bekannter Höhe werden durch die ungenügende Abstimmung des pflanzenphysiologisch erforderlichen Wasserbedarfes und der verabreichten Wassergabe verursacht.

Aus dieser Analyse lassen sich bei Beregnungsmaschinen folgende Ansätze zur Wasser- und Energieeinsparung ableiten:

1. Verbesserung der Wasserverteilung **längs** der Regnerleitung durch gleichmäßigen Regnereinzug bzw. Maschinenvorschub.

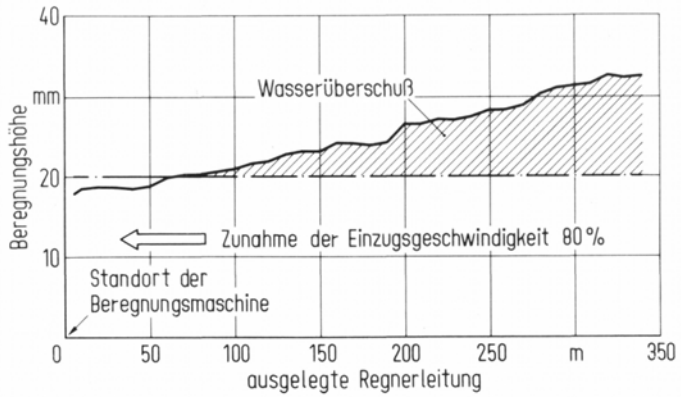


Abb. 16:
Wasserverteilung längs der Regnerleitung bei zunehmender Einzugsgeschwindigkeit

2. Verbesserung der Wasserverteilung **quer** zur Regnerleitung durch verbesserte, mit niedrigem Wasserdruck arbeitende und damit auch energiesparende Verteilsysteme.
3. Die bessere Anpassung der Regnergabe an den pflanzenphysiologisch erforderlichen Wasserbedarf.

5.1. Verbesserung der Wasserverteilung längs der Regnerleitung

Beregnungsmaschinen verursachen Wasserverluste durch einen ungleichmäßigen Regnereinzug bzw. Maschinenvorschub (12). Dafür sind zwei Gründe maßgebend:

- Zum einen ist für den Einzug der Regnerleitung je nach Regnerleitungslänge und Bodenbeschaffenheit ein unterschiedlicher Gleit- und Haftwiderstand zu überwinden. Dies führt beim hydraulischen Antrieb zu unterschiedlichen Drehzahlen der Rohrtrommel.
- Zum anderen verändert sich beim Aufwickeln der Regnerleitung die Lagenzahl und damit der Radius des Rohrbundes auf der Rohrtrommel. Dies führt zu einer schnelleren Einzugsgeschwindigkeit des Regnerwagens bzw. des Maschinenvorschubes.

Ohne Ausgleichseinrichtungen nimmt bei einer Feldlänge von 350 m die Einzugsgeschwindigkeit um etwa 80 % zu, (Abb. 16).

Dies führt im maschinenfernen Feldteil - bedingt durch geringe Einzugsgeschwindigkeit - zu einer Überversorgung im maschinennahen Feldteil durch steigende Einzugsgeschwindigkeit zu einer entsprechenden Unterversorgung.
Um auch die maschinennahen Feldteile ausreichend mit Wasser zu versorgen, müssen zwangsläufig die anderen Feldteile überversorgt werden.

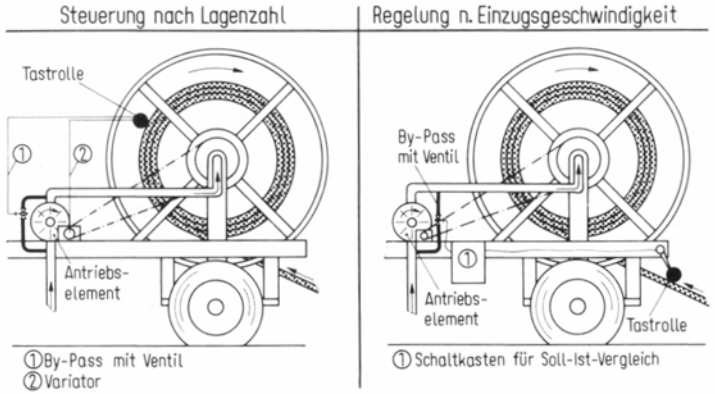


Abb. 17:
Steuerung oder Regelung der Einzugsgeschwindigkeit

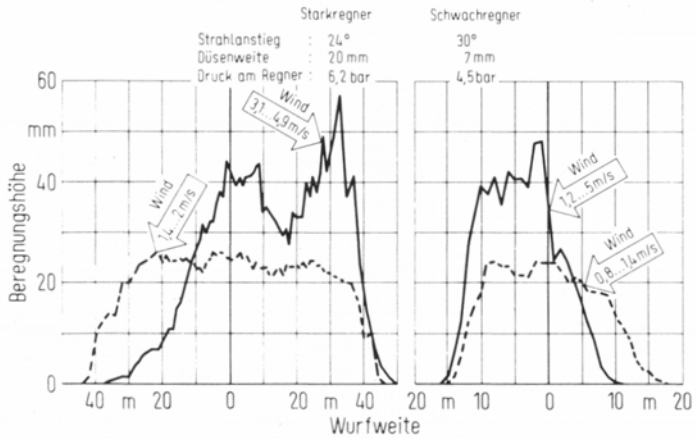


Abb. 18:
Wasserverteilung eines Stark- und Schwachregners bei unterschiedlichen Windverhältnissen

Die Landmaschinenindustrie bemüht sich deshalb bereits seit längerem, die Beregnungsmaschinen mit einem entsprechenden Ausgleichsmechanismus auszurüsten, wobei die Steuerung nach der **Lagenzahl** üblich ist (Abb. 17). Durch eine Tastwelle wird die Veränderung des Durchmessers beim Aufwickeln erfaßt und danach der Antrieb der Rohrtrommel gesteuert. Diese Steuerung gleicht nur Veränderungen der Einzugsgeschwindigkeiten aus, die durch die unterschiedliche Lagenzahl beim Aufwickeln der Regnerleitung verursacht werden, nicht aber Veränderungen der Einzugsgeschwindigkeit infolge unterschiedlicher Einzugskräfte. Bei höheren Einzugsgeschwindigkeiten werden trotz dieser Einrichtungen Abweichungen in der Einzugsgeschwindigkeit zwischen Feldanfang und Ende von mehr als 50 % gemessen. Neu ist die **Regelung der Regnereinzugsgeschwindigkeit**, die beide Faktoren berücksichtigt.
Mit einer Tastrolle wird die Einzugs- bzw. Vorschubgeschwindigkeit ermittelt. Dieser gemessene Istwert wird mittels eines Mikrocomputers mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen. Abweichungen des Istwertes werden durch Drehzahländerungen der Rohrtrommel ausgeglichen, so daß unter allen Bedingungen ein gleichmäßiger Regnereinzug und damit eine gleichmäßige Wasserverteilung längs der Regnerleitung möglich wird.

5.2. Verbesserung der Wasserverteilung quer zur Regnerleitung

Die Wasserverteilung quer zur Regnerleitung erfolgt bei Beregnungsmaschinen ausschließlich durch Drehstrahlregler. Deren Wasserverteilung wird neben den Faktoren Wasserdruck, Volumendurchfluß, Düsenweite und Regnerbauart vor allem durch die Windgeschwindigkeit beeinflußt (2), wie dies aus den Wasserverteilkurven (Abb. 18) hervorgeht. Durch Windgeschwindigkeiten ab etwa 3 m/s wird die verregnete Wassermenge einseitig ausgebracht, ohne daß ein Ausgleich durch Überlappung erfolgen kann. Dies gilt sowohl bei Stark- als auch bei Schwachregnern. Zur ausreichenden Wasserversorgung aller Pflanzen muß auch in diesem Fall eine höhere Wassergabe verabreicht werden. Die dadurch entstehenden Wasserverluste betragen etwa 30 %.
Die Entwicklung windunabhängiger Wasserverteilsysteme ist deshalb vordringlich. Als Lösung bietet sich beispielsweise ein Reg-

Abb. 19:
Düsenwagen mit 50 m Arbeitsbreite

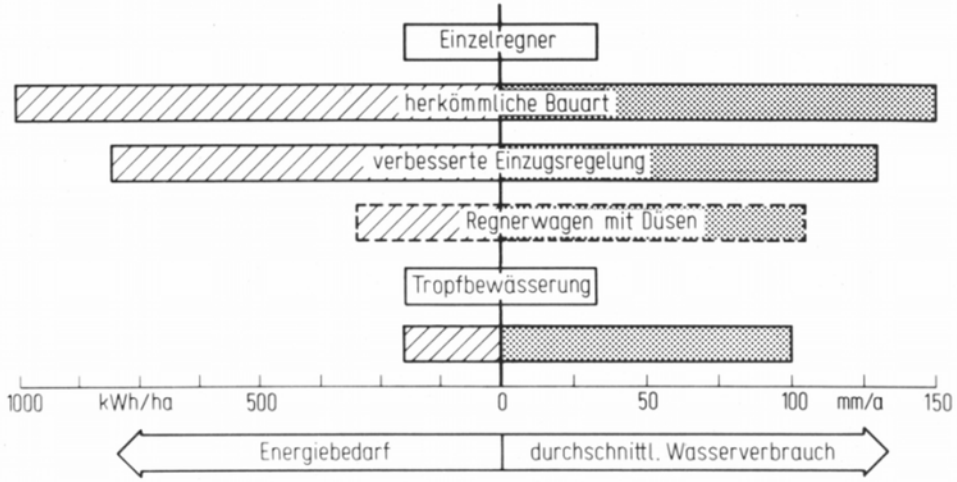


Abb. 20:
Wasser- und Energieverbrauch verbesserter Bewässerungs- und Beregnungsverfahren

nerwagen mit Ausleger an, welcher durch Düsen das Wasser erdnah den Pflanzen zuteilt. Als besonders geeignet erwiesen sich dafür Pralldüsen mit großer Düsenöffnung (8...10 mm Düsenweite), welche lediglich einen Wasserdruck von 1 bar benötigen. (Abb. 19) zeigt ein Funktionsmodell eines Düsenwagens (System ''Völkenrode'') mit einklappbaren Auslegern für eine Arbeitsbreite von 50 m und einer Pendelaufhängung um auch bei unebener Feldoberfläche die Ausleger im vorgegebenen Bodenabstand zu halten.
Dieses Verteilsystem hat ferner den Vorteil einer guten Wasserstrahlauflösung in Form kleinerer Tropfen, um damit die Verschlämmung der Bodenoberfläche zu mindern. Ferner kann infolge der exakten Verteilung eine Einspeisung von Düngerlösungen in das Beregnungssystem erfolgen und damit eine effektive Düngung in mehreren kleinen, dem Pflanzenwachstum angepaßten Gaben erreicht werden. Für den Transport und für das Umsetzen der Beregnungsanlage läßt sich der Düsenwagen von einer Arbeitskraft einklappen. Es sind also durchaus Ansätze gegeben, um auch beim arbeits- und kapitalsparenden Einzelregnerverfahren durch technische Weiterentwicklung die Effizienz der Wassernutzung zu verbessern und erhebliche Energieeinsparungen zu erzielen (Abb. 20).
Durch Verbesserung des Antriebes und einer Regelung des Rohreinzuges kann der Energie- und Wasserbedarf gesenkt werden. Die entsprechenden technischen Einrichtungen sind praxisreif.
Einschneidende Einsparungen an Wasser und Energie setzen neue Wasserverteilsysteme voraus. Erste Versuche mit einem Düsenwagen zeigen erhebliche Wasser- und Energieeinsparungen, welche sich teilweise den Einsparungen bei der Tropfbewässerung nähern.

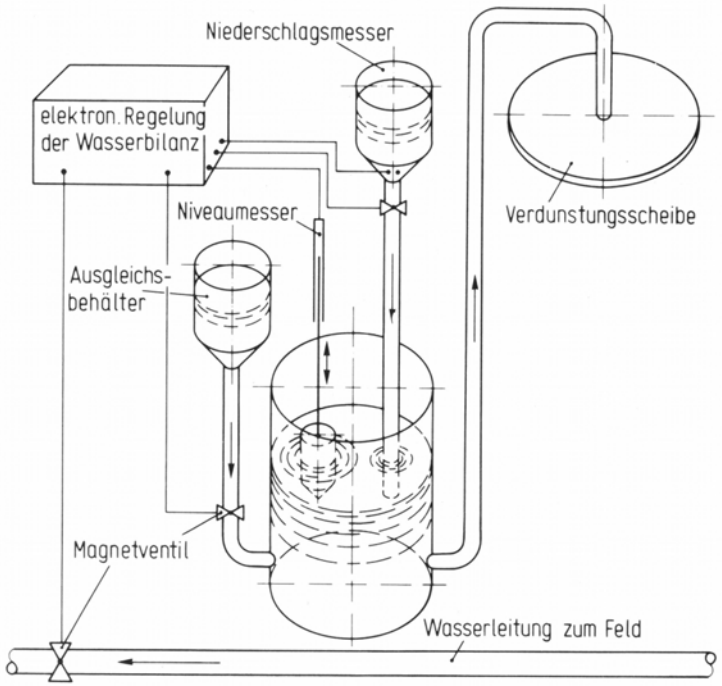


Abb. 21:
Steuergerät für automatische Bewässerung

5.3. Möglichkeiten zur besseren Steuerung der Bewässerung und Beregnung

Schließlich eröffnet sich noch eine weitere Möglichkeit der effektiveren Wassernutzung durch eine Verbesserung der Einsatzsteuerung. Da weder der pflanzenverfügbare Wasservorrat des Bodens noch der jeweilige Wasserbedarf der Pflanze in den verschiedenen Vegetationsstadien vom Landwirt exakt bestimmt werden kann, wird häufig auf ''Vorrat'' beregnet. Moderne Verfahren der Steuerung und der Einsatz von Mikroprozessoren eröffnen auch hier neue Möglichkeiten, wie ein im Institut für Betriebstechnik entwickeltes Steuergerät in (Abb. 21) zeigt.

Dabei wurde von den Meßgrößen Verdunstung und Niederschlag ausgegangen und ein Gerät entwickelt, das selbstregulierend mittels eines Mikroprozessors die klimatische Wasserbilanz erstellt. Eine einstellbare, je nach Bodenart unterschiedliche negative Abweichung vom Gleichgewicht setzt die Bewässerung in Betrieb. Dieses Steuergerät war in Verbindung mit der Tropfbewässerung bereits über mehrere Bewässerungsperioden in Zuckerrüben erfolgreich im Einsatz. Die klimatische Wasserbilanz war so eingestellt, daß bei Erreichen von ca. 30 % nutzbarer Bodenwasserkapazität die Bewässerung begann. Vorgesehen ist der weitere Ausbau mit Mikroprozessoren, welche für jede einzelne Pflanzenart spezielle Steuerprogramme vorgeben.

6. Zusammenfassung

Die Feldberegnung hat unter unseren humiden Klimabedingungen nur eine ergänzende Funktion, welche bei zunehmender Intensivierung der Landwirtschaft aber an Bedeutung gewinnt. Bei leichten Böden und/oder mangelnden Niederschlägen ist eine Beregnungswürdigkeit zur Ertragssicherung vor allem bei Winterweizen, Kartoffeln und Zuckerrüben gegeben. In viehstarken Veredelungsbetrieben gewinnt die Beregnung von Silomais und Grünland zur Liquiditätssicherung an Bedeutung. Ein über die ertragssichernde Wirkung hinausgehender Effekt der Feldberegnung in Richtung Ertragssteigerung ist gegebenenfalls bei sehr hohem Produktionsniveau möglich.

Den Vorteilen der Beregnung stehen erhebliche Arbeits-, Maschinen, Energie- und Wasserkosten gegenüber. Aus Gründen der Arbeitszeiteinsparung stehen heute Beregnungsmaschinen beim großflächigen landwirtschaftlichen Einsatz im Vordergrund, die allerdings einen hohen Energiebedarf erfordern und deren Wassernutzung nicht voll befriedigt. Letzterer Gesichtspunkt gewinnt zunehmend an Bedeutung, da in intensiven Beregnungsgebieten Beschränkungen bei der Nutzung des Wassers für Beregnungszwecke zu befürchten sind.

Die Weiterentwicklung der Einzelregnerverfahren konzentriert sich deshalb auf die Reduzierung des Wasser- und Energiebedarfes. Durch eine gleichmäßige Regelung der Einzugsgeschwindigkeit können bereits merkliche Verbesserungen in der Effizienz der Wassernutzung erzielt werden. Erheblich größere Einsparungen an Wasser und Energie sind durch einen neu entwickelten Düsenwagen anstelle der Starkregner zu erwarten.

Eine weitere Verbesserung der Wassernutzung ist durch eine gezielte Einsatzsteuerung möglich. Die moderne Elektronik und Prozeßsteuerung könnte hier die Möglichkeit eröffnen, die Wassergabe dem tatsächlichen physiologischen Wasserbedarf der Pflanze anzupassen. Mikroprozessoren eröffnen auch hier, wie in vielen anderen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion die Möglichkeit, mit vermindertem Aufwand ein hohes Ertragsniveau zu erzielen.

Literatur

(1) L.J. Booher: Surface Irrigation. FAO Agricultural Development Paper Nr. 95, Rome 1974, 160 Seiten

(1a) A. Bramm, B. Tries und E. Siegert: Zusammenfassende Ergebnisse aus den Völkenroder Beregnungsversuchen 1953 - 1971. - Landbauforschung Völkenrode, 31 (1981), H. 3, S. 139-150

(2) V. Branscheid: Witterungseinflüsse auf die Wasserverteilung bei Drehstrahlreglern. - Dissertation, Kiel 1970

(3) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Wasserverbrauch für Bewässerung - BML Daten-Analysen 1979

(4) I.E. Christiansen: Irrigation by sprinkling. - Bulletin 670, University of California, Agricultural Experiment Station Berkeley, California 1942

(5) Dambroth, M., K. Meinhold, S. Rosegger, B. Schmidt und F.-P. Sörgel: Felberegnung. - Kartei für Rationalisierung (RKL), Kiel 1977.

(6) FAO: The state of food and agriculture 1976. Agriculture Series No. 4.

(7) Nasdalck, S. und I. von Hoyningen-Huene: Interzeption in landwirtschaftlichen Beständen - Arbeitsbericht KWK (1978). - Deutscher Wetterdienst AMF Braunschweig.

(8) Rosegger, S., M. Dambroth und E. Siegert: Ergebnisse des Einsatzes der Tropfbewässerung in Reihenkulturen. - Landbauforschung Völkenrode 27 (1977), H.2, S.81-96.

(9) Seginer, I.: A resistance model of evaporation during sprinkling. - Agr. Meteorol. 7 (1970), S. 487-497.

(10) Shtangel, A.J. und J.S. Shpak: Verdunstung von Wasser während eines Tropfenfalles bei der Beregnung mit einem DDA-100 M Regner. - Meteorlogija i Gedrologija 11 (1975), S. 100-104.

(11) Sourell, H.: Feldberegnung, Verfahren und Bauarten. - KTBL Arbeitsblatt Nr. 0174, 1979.

(12) Sourell, H.: Veränderung der Einzugsgeschwindigkeit und des Zugkraftbedarfes beim Einsatz von Beregnungsmaschinen. - Landtechnik 33 (1978), H. 3, S. 123-126.

(13) Verschiedene Autoren: Landbauforschung Völkenrode, Sh. 57 (1980).

Mechanische Pflegemaßnahmen im Maisanbau

von Prof. Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan

Seit Anfang der 60er Jahre sind die Maisanbauflächen in der Bundesrepublik Deutschland sprunghaft angestiegen. Zwei Komponenten waren im wesentlichen für diese Entwicklung maßgebend:

- die Entwicklung neuer Hybridmaissorten, die auch unter unseren klimatisch weniger günstigen Anbaubedingungen hohe und sichere Ernteerträge gewährleisten
- die konsequente Mechanisierung sämtlicher Arbeitsgänge, wobei durch den Einsatz einer verbesserten Gerätetechnik und neuer Arbeitsverfahren nicht nur ein drastisches Senken des Arbeitszeitbedarfes und das Einsparen von Arbeitsgängen, sondern auch der Abbau von Arbeitsspitzen erzielt werden konnte.

Die Vorteile dieser neuen Produktionstechnik im Maisanbau machten sich auch bei den Pflegearbeiten deutlich bemerkbar. In umfangreichen Versuchen konnte nachgewiesen werden, daß hochwirksame Herbizide die gezielte Unkrautbekämpfung übernehmen können. Damit entfiel nicht nur weitgehend der bisherige, hohe Arbeitszeitaufwand für das Hacken von Hand oder mit weniger funktionstüchtigen Hackgeräten. In gemischten Betrieben konnte auch die bis dahin obligatorische Arbeitsspitze bei der Maispflege und Heuernte abgebaut werden. Der Mais entwickelte sich rasch von einer ''Hack''-Frucht zu einer ''Spritz''-Frucht.

Wenn heute das Anwenden mechanischer Pflegemaßnahmen im Maisbau wieder aktuell ist, dann sind unter anderem folgende wichtige Gründe dafür maßgebend:

- das Problem einer zunehmenden Resistenz bei verschiedenen, schwer bekämpfbaren Unkräutern (z.B. Schwarzer Nachtschatten, verschiedene Meldenarten, Weißer Gänsefuß, Behaartes Franzosenkraut und verschiedene Hirsearten) gegenüber den bisher vorwiegend verwendeten Herbizid-Wirkstoffen .
- der oft eng begrenzte Zeitraum, in welchem eine optimale Wirkung der Herbizide, vor allem im Nach-Auflauf-Verfahren, gewährleistet ist. Ungünstige Witterungsbedingungen in diesem Zeitraum, darunter sind Trockenperioden ebenso zu verstehen wie Nässe- und Kälteperioden, können bei ausschließlichem Einsatz chemischer Maßnahmen den Bekämpfungserfolg in Frage stellen. Darüberhinaus kann es notwendig werden, zusätzliche und kostensteigernde Maßnahmen wie z.B. die Unterblattspritzung durchzuführen.
- die Kosten der chemischen Unkrautbekämpfung sind in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Vor allem die Spezial-Herbizide für schwer bekämpfbare Unkräuter, die ein breites Wirkungsspektrum aufweisen und eine gezielte Bekämpfung ermöglichen, verursachen hohe Mittelkosten.
- das zunehmende Bestreben, in allen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion die Belastung von Boden und Umwelt durch Agro-Chemikalien auf ein vernünftiges, d.h. das unbedingt notwendige Maß zu reduzieren.
- die Möglichkeit, mit den mechanischen Pflegemaßnahmen nicht nur eine gezielte Unkrautbekämpfung, sondern auch eine wirksame Bodenpflege (Durchlüftung, besserer Gasaustausch, Auflösen von Verschlämmungen und Verkrustungen), insgesamt also ein Verbessern der Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanzen zu erreichen.
- die umfangreiche Palette moderner und funktionssicherer, mechanischer Pflegegeräte, mit denen eine hohe Schlagkraft und ein sicheres Erreichen der gewünschten Arbeitseffekte bei gleichzeitig erheblicher Reduzierung des Arbeitszeitbedarfes erzielt werden kann.

Es erhebt sich jedoch die Frage, ob, unter welchen Umständen, und mit welcher Gerätetechnik die Möglichkeit besteht, die erforderlichen Pflegemaßnahmen im Maisbau ordnungsgemäß und erfolgreich durchzuführen. Dabei ist grundsätzlich zwischen vier wesentlichen Aufgaben bei der Pflege der Maisbestände zu unterscheiden (Abb. 1). Der Schutz der Pflanzen gegen Schädlinge, Krankheiten usw. erfolgt ausschließlich auf chemischem Wege. Für eine Spätdüngung werden vorwiegend mineralische Dünger, gegebenenfalls auch wirtschaftseigene Dünger wie z.B. Gülle verwendet. Dagegen besteht im Bereich der Unkrautbekämpfung und der Bodenpflege die Möglichkeit, sowohl auf chemische als auch auf mechanische Pflegemaßnahmen zurückzugreifen. Die

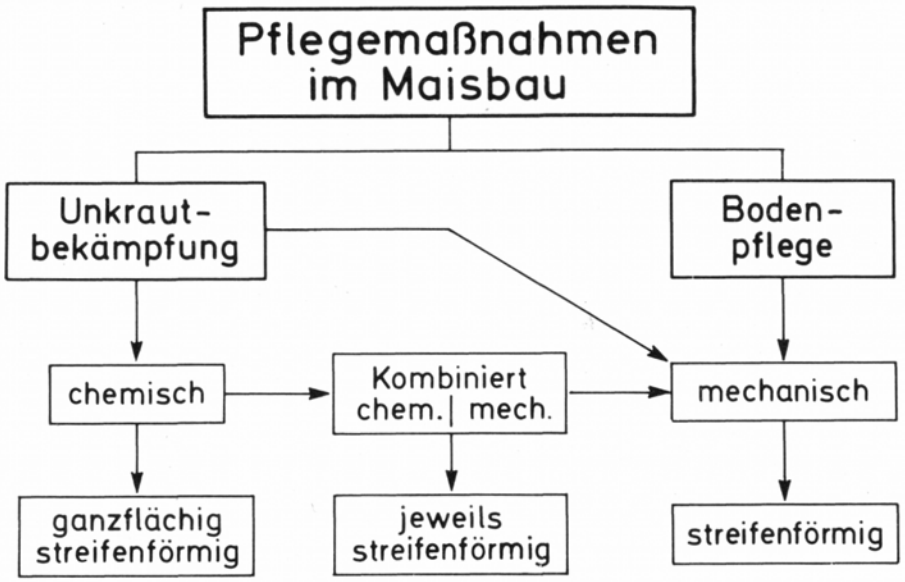


Abb. 1

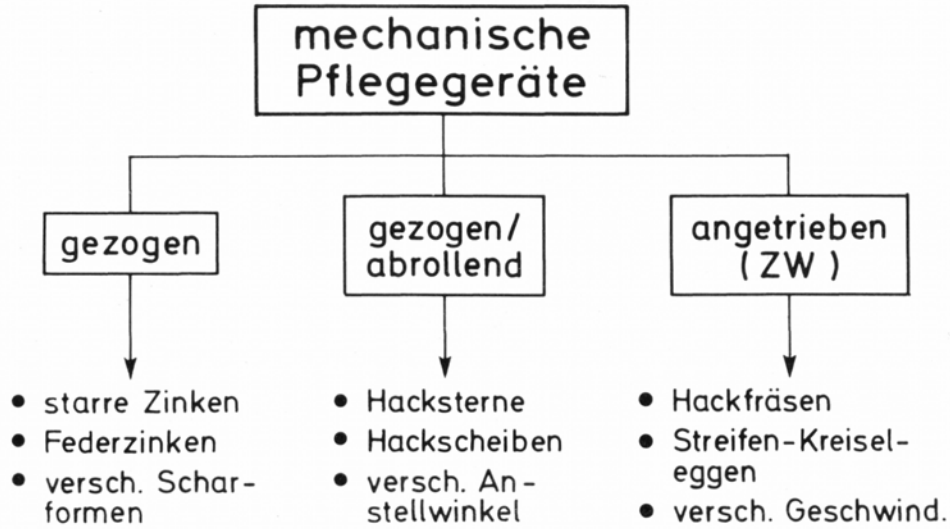


Abb. 2

Unkrautbekämpfung auf thermischem oder elektrischem Wege konnte im Vergleich dazu bislang nur begrenzt Eingang in die Praxis finden.

Mechanische Pflegegeräte

Das derzeitige Angebot an Geräten für mechanische Pflegemaßnahmen im Maisanbau ist sehr vielfältig, läßt sich aber prinzipiell in drei unterschiedliche Gerätegruppen einordnen (Abb. 2):

- gezogene Geräte
- gezogen/abrollende Geräte
- von der Schlepperzapfwelle angetriebene Geräte.

Wesentliche Kennzeichen der **gezogenen Maishackmaschinen** sind: die große Rahmenhöhe, die es erlaubt, auch in Maisbeständen bis ca. 70 cm Pflanzenhöhe die mechanischen Pflegearbeiten durchzuführen. Es werden vorwiegend S-förmige Federzinken oder halbgefederte Zinken, dagegen seltener starre Zinken angeboten. Sie sind mit unterschiedlich breiten Scharen bestückt und am Parallelogramm in Gruppen angeordnet. Ähnlich wie in anderen Bereichen der Bodenbearbeitung soll durch das Verwenden von Federzinken ein Vibrieren der Arbeitswerkzeuge und damit eine intensivere Wirkung sowohl hinsichtlich der Unkrautbekämpfung, als auch der Bodenlockerung erzielt werden. Für den Einsatz in jungen Maisbeständen lassen sich verschiedene Bauformen von scheibenförmigen oder langgestreckten Schutzvorrichtungen anbringen. Besonderes Merkmal dieser modernen Maishackmaschinen ist, daß sie mit ein oder zwei großdimensionierten, federbelasteten Scheibensechen ausgestattet sind. Sie dienen zur Richtungsstabilisierung und ''Selbstführung'', so daß derartige Maishackmaschinen ohne zusätzlichen Steuermann gefahren werden können. Man spricht daher heute von ''Ein-Mann-Hackmaschinen''.

Bei Hackgeräten mit **abrollenden Werkzeugen** sind kompakte Werkzeuggruppen mit sternförmigen Arbeitswerkzeugen oder Hohlscheiben nebeneinander angeordnet. Je Reihe sind in der Regel zwei dieser Werkzeuggruppen vorhanden. Sie lassen sich im Anstellwinkel verändern, so daß Eindringtiefe und Arbeitseffekt variiert sowie eine gewisse Häufelwirkung erzielt werden kann.

Zapfwellengetriebene Geräte sind unter der Bezeichnung

''Schlepperanbau-Reihenhackfräsen'' in Sonderkulturen schon seit längerem im Einsatz. Für die Verwendung bei der Maispflege werden, angepaßt an die hier vorliegenden Reihenentfernungen, entsprechend breite Fräsaggregate angeboten. Die Umfangsgeschwindigkeit der geschwungenen Mulch-Fräsmesser ist meist konstant, zum Teil läßt sie sich über ein Untersetzungsgetriebe variieren. Im Zusammenwirken mit einer entsprechenden Arbeitsgeschwindigkeit ist es dann möglich, den Arbeitseffekt gezielt zu steuern.
Ebenso wie in der Kartoffelpflege lassen sich auch für mechanische Pflegemaßnahmen im Maisbau abgeänderte Kreiseleggen verwenden. Es ist dann erforderlich, den jeweiligen Rotor mit Zinken, der direkt über der Maisreihe läuft, abzunehmen und gegebenenfalls zum Schutz der Maispflanzen vor Bedeckung mit Erde Schutzvorrichtungen ähnlich wie bei den gezogenen Maishacken anzubringen.
Ergänzend zu dieser Grundausstattung bieten die Herstellerfirmen verschiedenartige Zusatzeinrichtungen wie z.B. Krümelwalzen, Reihendüngerstreuer für eine Spätdüngung sowie Unterblatt-Spritzeinrichtungen für die Bekämpfung einer Spätverunkrautung an.

Geräteeinsatz

Erklärtes Ziel beim Einsatz dieser mechanischen Pflegemaßnahmen ist es, eine intensive Unkrautbekämpfung **und** Bodenpflege zu erreichen, wobei der unbearbeitete Streifen auf beiden Seiten der Pflanzenreihen möglichst gering gehalten werden soll. Betrachtet man jedoch das Wurzelbild wachsender Maispflanzen (Abb. 3), so läßt sich folgendes erkennen: in der ersten Wachstumsperiode treibt die Maispflanze ihre Wurzeln sehr flach unter der Bodenoberfläche ausschließlich horizontal bzw. leicht abwärts voran. Erst ab einer bestimmten Wuchshöhe erfolgt auch eine verstärkte Durchwurzelung des Bodens in der Tiefe. Bereits im 8-Blatt-Stadium, d.h. bei einer Wuchshöhe des Maises von etwa 60 cm, erreichen die Wurzeln die jeweils benachbarte Pflanzenreihe. Beim Einsatz mechanischer Pflegegeräte sollte daher unbedingt darauf geachtet werden, daß Wurzelverletzungen und dadurch Wachstumsbeeinträchtigungen vermieden werden. Dabei

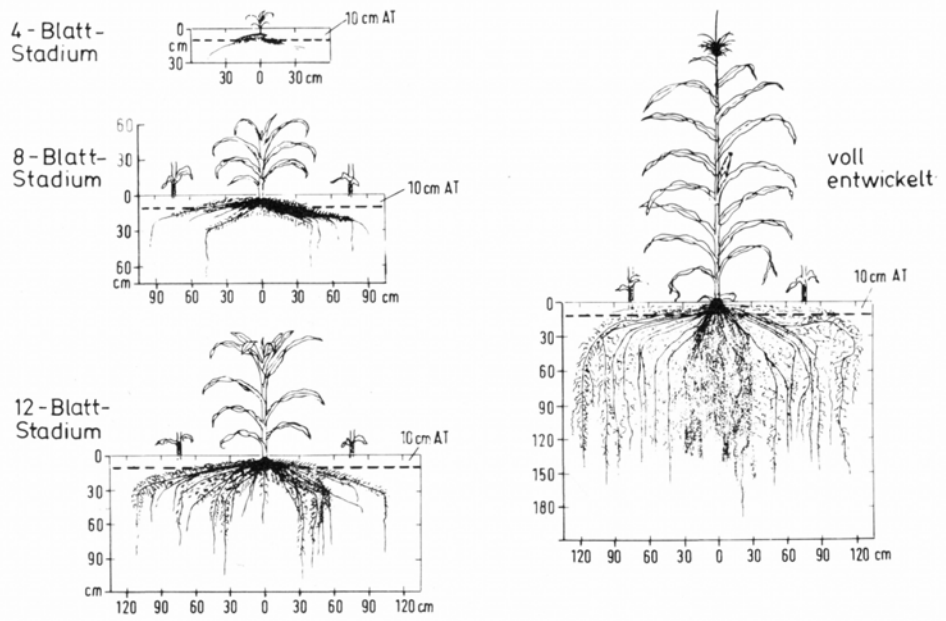


Abb. 3

bestehen zwischen den unterschiedlichen Gerätebauformen hinsichtlich der erforderlichen Bearbeitungstiefe deutliche Unterschiede. Die Werkzeuge von gezogenen Maishackmaschinen benötigen eine Arbeitstiefe von mindestens 5 cm, um ein sicheres Abschneiden der Pflanzenwurzeln und eine intensive Bodenlockerung zu erreichen. Abrollende Geräte arbeiten hingegen meist flacher, ihre schräg zur Fahrtrichtung angestellten Werkzeuge reißen die Unkrautpflanzen aus dem Boden bzw. schneiden sie ähnlich einer Scheibenegge ab. Bei zapfwellengetriebenen Hackgeräten läßt sich ebenfalls bei einer relativ flachen Bearbeitungstiefe eine intensive Unkrautbekämpfung und Bodenlockerung erreichen.
Generell aber sollte zur Vermeidung von Wurzelbeschädigungen und damit Störungen des Pflanzenwachstums bereits im sehr jungen Stadium ein ausreichend großer Abstand zwischen den Arbeitswerkzeugen und der Pflanzenreihe eingehalten werden. Welche Maße in den verschiedenen Wuchsstadien der Maispflanze empfohlen werden können, ist in Abb. 4 zusammengestellt.

Wuchsstadium der Maispfl.	Werkzeug-abstand zur Pflanzenreihe cm	Breite des unbearb. Streifens cm	Arbeits-tiefe cm	Schutz-vorr.
bis 4-Blatt	10	20	10	mit
4 bis 6-Blatt	20	40	10	ohne
6 bis 8-Blatt	30	60	5	ohne

Abb. 4

Ein ausreichend großer Abstand der Werkzeuge zur Pflanzenreihe erleichtert zwar die Steuerung der Hackgeräte in den Beständen, hat aber andererseits zur Folge, daß ein relativ breiter Bodenstreifen unbearbeitet bleibt. Beim ausschließlichen Einsatz mechanischer Pflegemaßnahmen ist dort eine echte Konkurrenzsituation zwischen Maispflanzen und Unkräutern im Hinblick auf Nährstoffe und Wasser zu befürchten. Eine der Möglichkeiten, dennoch eine Unkrautbekämpfung auf diesem unbearbeiteten Streifen zu erreichen, ist die Verwendung von häufelnden Werkzeugen. Damit ist ein Zuschütten und damit Ersticken der Unkräuter zu erreichen. Bei gezogenen Spezial-Hackmaschinen für Mais ist es prinzipiell durch Verwenden zusätzlicher Häufelkörper möglich, bislang werden diese Aggregate jedoch noch nicht angeboten. Bei den abrollenden Geräten läßt sich dagegen durch Verändern des Anstellwinkels der Hackgruppen eine mehr oder minder intensive Häufelwirkung erzielen. Vorsicht ist jedoch in jungen Maisbeständen geboten, wo der intensive Seitentransport des Bodens unter Umständen ein Umknicken der jungen Maispflanzen hervorrufen kann. Die bereits geschilderten Schutzvorrichtungen bieten hier einen wirksamen Schutz. Bei größeren Pflanzen, etwa ab dem 6-Blatt-Stadium der Maispflanzen, sind jedoch keine Probleme mehr zu befürchten. Auch bei den zapfwellengetriebenen Geräten bewirken die Hackwerkzeuge selbst keinen Seitentransport des Bodens. Häufelkörper werden derzeit lediglich für den Einsatz dieser Geräte bei Pflegemaßnahmen im Kartoffelanbau angeboten.

Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und vor allem zum Ausnutzen der günstigsten Pflegezeitspannen wird eine hohe **Flächenleistung** der mechanischen Maishackgeräte gefordert. Da die Maisbestellung überwiegend mit vierreihigen Einzelkornsämaschinen erfolgt, werden auch vierreihig arbeitende mechanische Pflegegeräte bevorzugt. Um trotz dieser begrenzten Arbeitsbreite eine hohe Schlagkraft zu erreichen, ist das Einhalten einer entsprechend hohen Fahrgeschwindigkeit erforderlich. Moderne, gezogene und abrollende Geräte erfüllen diese Forderung, ihr günstigster Arbeitsgeschwindigkeitsbereich liegt etwa bei 10 km/h und darüber. ''Günstig'' vor allem auch deshalb, weil dann außer der hohen Flächenleistung ein besonders intensiver Bearbeitungseffekt erzielt wird. Bei zapfwellengetriebenen Geräten ist ein Steigern der Fahrgeschwindigkeit unter Beibehaltung des geforderten Bearbeitungseffektes nur dann möglich, wenn gleichzeitig ein Erhöhen der Umfangsgeschwindigkeit bei den Arbeitswerkzeugen erfolgt.

In diesem Zusammenhang muß auf ein einsatztechnisches Problem hingewiesen werden. Bei der ''neuen Generation'' von Hackgeräten (gezogen bzw. abrollend) erfordern die hohen Fahrgeschwindigkeiten eine volle Konzentration des Schlepperfahrers auf das Lenken des Schleppers. Schon geringfügige seitliche Abweichungen können Wurzelbeschädigungen oder das Vernichten der Maispflanzen auf der gesamten Arbeitsbreite hervorrufen. Da die gezogenen und abrollenden Geräte vorwiegend im Heckkraftheber des Schleppers angebaut werden, ist ein Einweisen des Schlepperfahrers durch eine zusätzliche Person während der Eingewöhnungsphase unerläßlich. Trotzdem ist es vorteilhaft, einen ausreichenden Sicherheitsabstand zwischen Maispflanzen und Hackwerkzeugen einzuhalten.

Am weitesten verbreitet ist der Geräteanbau im Heck-Dreipunkt-Kraftheber. Einige dieser Spezial-Mais-Hackmaschinen werden auch für den Frontanbau angeboten. Nicht nur die bei System-Schleppern obligaten Frontkraftheber, sondern auch die für Normalschlepper angebotenen Fronthubeinrichtungen machen es

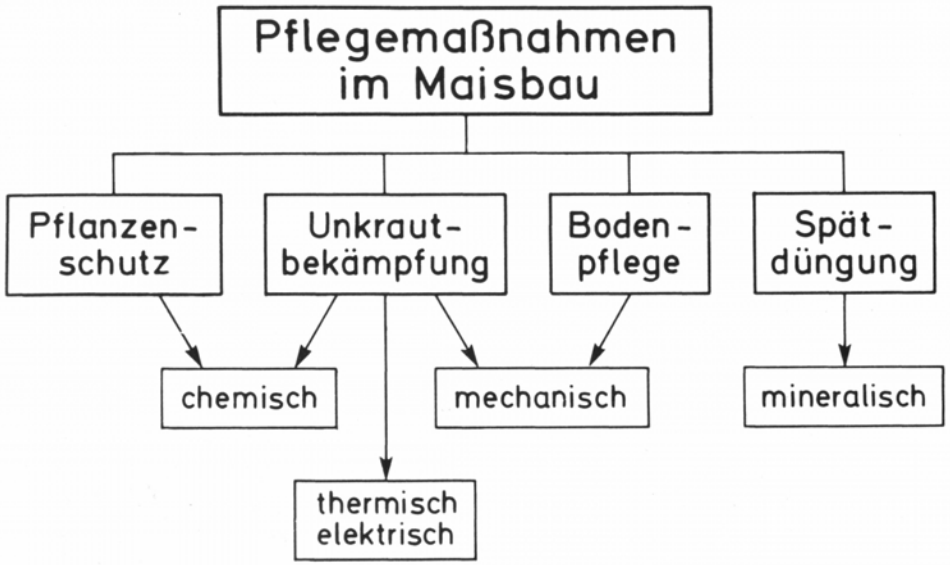


Abb. 5

möglich, diese aus der Sicht der Gerätebedienung sehr vorteilhafte Anbringung am Schlepper in größerem Stil einzuhalten. Das Anbringen der Hackgeräte in Blickrichtung des Schlepperfahrers ermöglicht dann nicht nur eine exaktere Steuerung, sondern auch das Einhalten eines schmaleren Sicherheitsabstandes. Dagegen bleibt die Anbringung der Hackgeräte im Zwischenachsanbau nach wie vor auf Geräteträger beschränkt.

Verfahrenskombinationen und Ertragserwartungen

Unkrautbekämpfung und Bodenpflege stellen die beiden Eckpfeiler der Pflegemaßnahmen im Maisbau dar (Abb. 5). Um eine objektive Beurteilung der mechanischen Pflegeverfahren vornehmen zu können, ist es erforderlich, vorab die Wirkung der chemischen Pflegemaßnahmen festzuhalten.

Am weitesten verbreitet ist bei der chemischen Unkrautbekämpfung im Vor- und Nachlaufverfahren die ganzflächige Spritzung. Beim Auftreten von Spätverunkrautung kann eine zusätzliche Unterblattspritzung erforderlich sein, die sowohl ganzflächig als auch streifenförmig angewandt wird.

Als wesentliche Vorteile einer chemischen Unkrautbekämpfung sind anzusehen:

- bei geringer Verunkrautung kann eine ausreichend wirksame Bekämpfung mit geeigneten Spritzmitteln mit **einer** ganzflächigen Spritzung, also in einem Arbeitsgang durchgeführt werden
- bei Auftreten einer Spätverunkrautung läßt sich die gezielte Bekämpfung mit entsprechenden Wirkstoffen im Unterblattspritzverfahren sowohl streifenförmig als auch ganzflächig erzielen
- große Arbeitsbreiten und angemessene Arbeitsgeschwindigkeiten gewährleisten eine hohe Flächenleistung und damit eine hohe Schlagkraft bei den oft streng termingebundenen Spritzarbeiten.

Als nachteilig sind anzusehen:

- der relativ hohe Spritzmittelaufwand
- es wird keine bodenpflegende Wirkung erzielt
- bei Spätverunkrautung sind weitere Arbeitsgänge und das Verwenden relativ teuerer und aggressiver Spezial-Herbizide erforderlich.
- bei ungünstigen Witterungsverhältnissen und hohem Spritzmittelaufwand (d. h. mangelhaftem Wirkstoffabbau im Boden) besteht die Gefahr von Nachbauprobleme

Im Vergleich dazu bietet die Anwendung mechanischer Pflegemaßnahmen, bei welchen im allgemeinen nur ein streifenförmiger Einsatz der Arbeitswerkzeuge zwischen den Maisreihen möglich ist, folgende generellen Vorteile:

- intensive Unkrautbekämpfung beim Einsatz geeigneter Arbeitswerkzeuge zwischen den Pflanzenreihen
- zugleich gezielte Lockerung des Bodens in variabler Arbeitstiefe
- durch das Auflockern der Bodenoberfläche wird eine bessere Durchlüftung, günstigerer Gasaustausch und raschere Bodenerwärmung erzielt
- das Auflockern der oberen Bodenschicht gewährleistet eine günstige Beeinflussung des Wasserhaushaltes und ein besseres ''Schluckvermögen'' des Bodens bei heftigen Gewitterregen
- außerdem wird durch Zerstörung der Kapillaren die unproduktive Wasserverdunstung an der Bodenoberfläche verhindert

- freiere Gestaltung der Fruchtfolge, da keinerlei Nachbauprobleme für die nachfolgende Fruchtart bestehen
- hohe Flächenleistungen und Ein-Mann-Arbeit gewährleisten einen geringen Arbeitszeitbedarf und eine hohe Schlagkraft bei den mechanischen Pflegearbeiten.

Es soll aber auch auf einige generelle und für die unterschiedlichen Bauarten mechanischer Maispflegegeräte spezielle Probleme hingewiesen werden:

- keine oder zumindest nur unbefriedigende Bekämpfung des Unkrautes im Bereich der Pflanzenreihen
- bei Geräten im Heckanbau können beim Arbeiten im hängigen Gelände Steuerungsprobleme auftreten
- bei gezogenen Geräten ist eine ausreichende Arbeitstiefe erforderlich, um neben einem exakten Abschneiden der Unkrautwurzeln auch eine intensive Bodenlockerung zu erreichen. Dies erhöht die Gefahr von Wurzelbeschädigungen.
- abrollende Werkzeuge besitzen eine gute Wirkung gegen Samenunkräuter und Hirsen, dagegen werden Quecken und andere Wurzelunkräuter oft nicht wirksam genug bekämpft
- bei zapfwellengetriebenen Pflegegeräten ist oft technisch keine Möglichkeit zur Veränderung der Werkzeug-Umlaufgeschwindigkeit vorhanden. Bei intensiver Verunkrautung kann es deshalb erforderlich sein, eine geringere Arbeitsgeschwindigkeit einzuhalten. Dies reduziert die Flächenleistung.

Aus diesen Gründen findet in letzter Zeit eine Kombination chemischer und mechanischer Pflegemaßnahmen zunehmendes Interesse. Im praktischen Einsatz stellen sich diese kombinierten Maßnahmen folgendermaßen dar: im Bereich der Pflanzenreihen wird eine Bandspritzung vorgenommen, der verbleibende Zwischenraum zwischen den Pflanzenreihen wird zu gegebener Zeit in einem oder mehreren Arbeitsgängen bearbeitet. Eine derartige Verfahrenskombination läßt Vorteile in mancherlei Hinsicht erwarten:

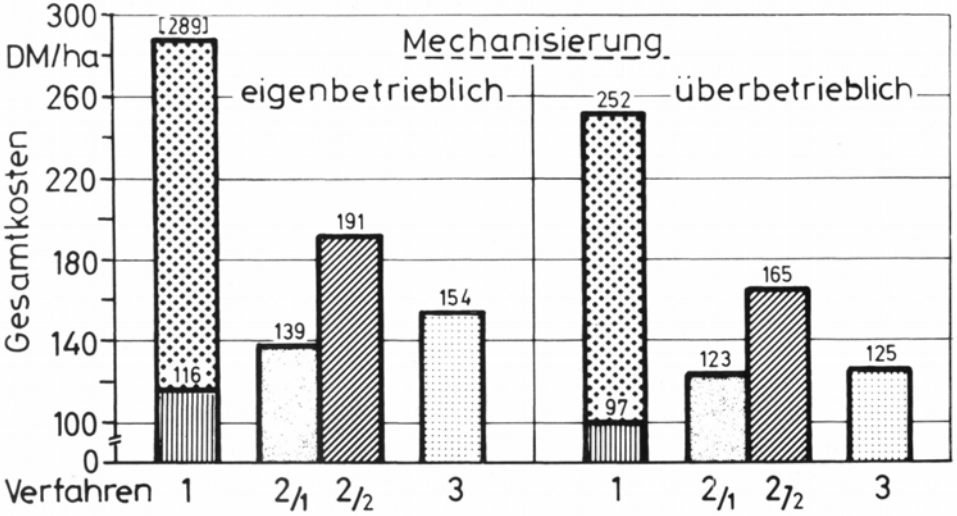
- wirksame Unkrautbekämpfung im Bereich der Pflanzenreihen durch geeignete chemische Wirkstoffe
- gezielte mechanische Unkrautbekämpfung und gleichzeitig Bodenpflege im Bereich zwischen den Pflanzenreihen
- Reduzierung des Spritzmittelaufwandes. Bei 75 cm Reihenabstand und einer Spritzbandbreite von 20 cm verringert sich der Spritzmittelaufwand im Vergleich zu einer Ganzflächenspritzung auf etwa 25 - 30 %
- Kombination der Vorteile von chemischen und mechanischen Pflegemaßnahmen bei gleichzeitiger Abschwächung der jeweils vorhandenen Nachteile.

Die Entscheidung darüber, welches Pflegeverfahren im speziellen Fall angewandt werden soll, hat sich vor allem an zwei wesentlichen Kriterien zu orientieren: den Gesamtkosten der jeweiligen Pflegemaßnahme und dem zu erwartenden Ernteertrag.

Bei einem Vergleich der Gesamtkosten für den Einsatz verschiedener Maispflegeverfahren (Abb. 6) wurde von folgenden Unterstellungen ausgegangen: in zwei Säulengruppen sind die Gesamtkosten bei eigenbetrieblicher bzw. überbetrieblicher Mechanisierung dargestellt. Für das Verfahren 1) ist die Ganzflächenspritzung (unterer, senkrecht schraffierter Teil der Säule) unterstellt. Ist in Folge von Spätverunkrautung eine zusätzliche Unterblattspritzung erforderlich, gilt die gesamte Säulenhöhe. Im Verfahren 2) ist das kombinierte Verfahren mit Bandspritzung bei der Saat und einmaliger mechanischer Hacke (2/1) bzw. zweimaliger mechanischer Hacke (2/2) dargestellt. Für das Verfahren 3) ist eine ausschließlich mechanische Unkrautbekämpfung mit drei Bearbeitungsgängen unterstellt. Die Gesamtkosten enthalten Schlepperkosten, Gerätekosten, Arbeitskräftekosten und (bei Ganzflächen- und Bandspritzung) auch die entsprechenden Kosten für die Spritzmittel. Für die eigenbetriebliche Mechanisierung wurde eine Einsatzfläche (Maisanbaufläche) von 20 ha/Jahr angenommen.

Die Darstellung läßt erkennen, daß sich verfahrensspezifisch erhebliche Kostenunterschiede ergeben. Bei einer **normalen** Verunkrautung reicht, beim Verfahren 1) die alleinige Ganzflächenspritzung und beim Verfahren 2) außer der Bandspritzung eine einmalige mechanische Hacke aus. In diesem Falle schneidet eindeutig das Verfahren 1) am kostengünstigsten ab, dagegen verursacht die rein mechanische Unkrautbekämpfung die höchsten Gesamtkosten. Unterstellt man jedoch die Situation einer **intensiven** Verunkrautung, ist beim Verfahren 1) eine zusätzliche Unterblattspritzung, beim Verfahren 2) außer der Bandspritzung eine zweite mechanische Hacke erforderlich. Unter diesen Voraussetzungen verursacht das Verfahren 1) infolge des hohen Preises und der

Gesamtkosten von Maispflegeverfahren bei eigen- und überbetrieblicher Mechanisierung



Verfahren 1: Ganzflächenspritzung [+ Unterblattspritzung]
—"— 2/1: Bandspritzung bei der Saat + 1× mech. Hacken
—"— 2/2: ——"—— + 2× —"—
—"— 3: Mech. Unkrautbekämpfung (3×)

Abb. 6

Aufwandmengen für die Unterblattspritzung eindeutig die höchsten Gesamtkosten.
Ein derartiger Vergleich ausschließlich der Maschinen- und Spritzmittelkosten kann jedoch kein objektives Bild ergeben. Es ist vielmehr zu berücksichtigen, welche Mehr- bzw. Mindererträge beim Einsatz der verschiedenen Pflegeverfahren entstehen können. Dies soll an Hand von Versuchsergebnissen aufgezeigt werden, die von BROD und MARTIN während der Jahre 1975 bis 1977 auf mehreren Standorten mit unterschiedlicher Bodenart, Unkrautentwicklung und Klimavoraussetzung ermittelt wurden (Abb. 7). Versuchsergebnisse der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München, decken sich weitgehendst mit diesen Ergebnissen. In diesen Untersuchungen wurde

Verfahren	Kornertrag (14% Kornfeuchte) 1975 1) dt/ha	rel.	1976 2) dt/ha	rel.	1977 3) dt/ha	rel.	Ø von 3 Jahr. rel.
① Herbizid-Ganzflächenspritzung	78,3	100	91,2	100	73,5	100	100
② Herbizid-Bandspritzung + mech. Unkrautbekämpfung	88,2	113	93,2	102	71,5	98	104
③ Mech. Unkrautbekämpfung (1-3mal)	70,5	90	77,5	85	67,8	92	89
④ Herbizid-Ganzflächenspritzung + mech. Unkrautbekämpfung (1-3mal)	79,1	100	94,1	104	73,2	100	101

Quelle: BROD/MARTIN 1) 5 Standorte 2) 6 Standorte 3) 4 Standorte

Abb. 7

zusätzlich zu den drei vorgenannten Pflegeverfahren auch eine Herbizid-Ganzflächenspritzung mit nachfolgender, ein- bis dreimaliger mechanischer Unkrautbekämpfung überprüft. Die Ertragsergebnisse sowie die Relativzahlen lassen deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren erkennen. Auffallend ist jedoch, daß im Durchschnitt der drei Versuchsjahre die alleinige mechanische Unkrautbekämpfung den geringsten Kornertrag brachte. Dies ist darauf zurückzuführen, daß infolge einer erheblichen Verunkrautung vor allem innerhalb der Pflanzenreihen keine Möglichkeit bestand, mit ausschließlich mechanischen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen die Konkurrenzsituation zwischen Unkraut-und Maispflanzen auszuschalten.
Um ein objektives Bild über die Gesamtkosten der Maispflegeverfahren zeigen zu können, ist es daher erforderlich, die vorgenannten Mehr- oder Mindererträge entsprechend zu berücksichtigen. Ausgangsbasis sind die Relativzahlen des Ernteertrages aus Abb. 7, die im dreijährigen Durchschnitt erzielt wurden. Bei einem unterstellten Ertrag von 60 dt/ha und einem Erlös von 50.-- DM/dt

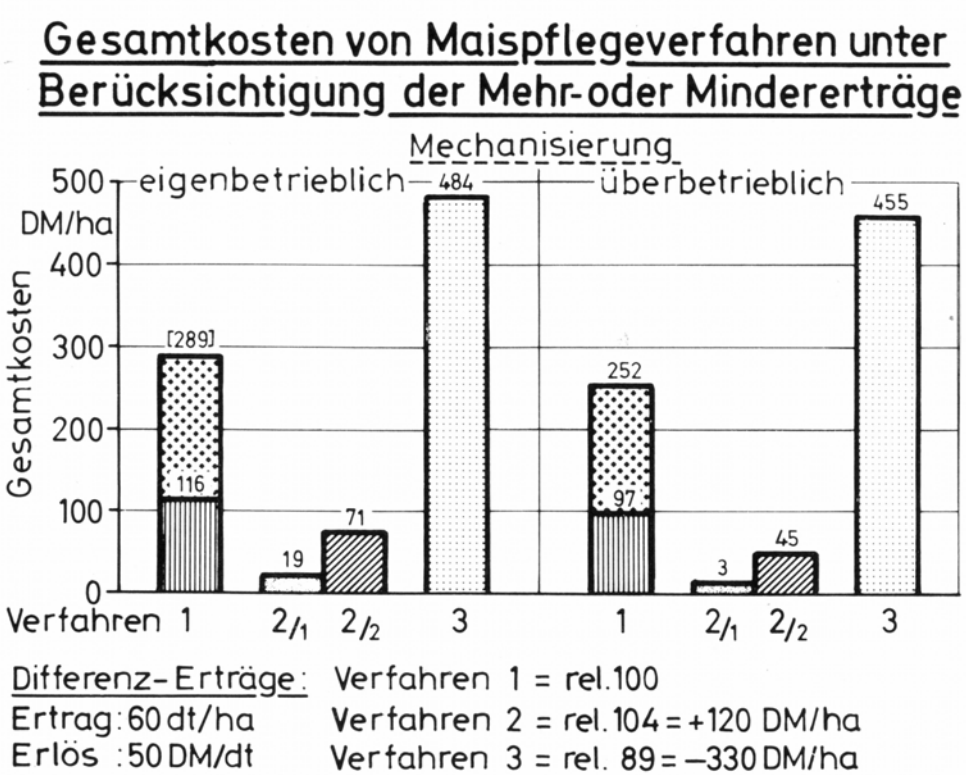


Abb. 8

trockenem Körnermais sind die 4 % Mehrertrag beim Verfahren 2) gleichbedeutend mit einem Mehrerlös von 120.-- DM/ha, beim Verfahren 3) der Ertrag von relativ 89 % gleichbedeutend mit einem Mindererlös von 330.-- DM/ha.
Unter Berücksichtigung dieses Mehr- bzw. Mindererlöses zeigt sich eine völlig geänderte Kostensituation (Abb. 8): das kombinierte Verfahren 2) (Bandspritzung und mechanische Unkrautbekämpfung) schneidet eindeutig am günstigsten ab, währenddessen die alleinige mechanische Unkrautbekämpfung (Verfahren 3) nunmehr die höchsten Kosten verursacht.
Eine monetäre Quantifizierung der bodenpflegenden Wirkung von mechanischen Pflegemaßnahmen ist an dieser Stelle nicht möglich, hierzu fehlen vorerst gesicherte Angaben. Selbst in Anbetracht dessen, daß der ackerbauliche Nutzeffekt einer mechanischen Unkrautbekämpfung mit etwa 50 - 60 DM/ha angesetzt werden kann (PAULIK) resultiert daraus nur eine vergleichsweise unbedeutende Verringerung der Kosten bei ausschließlich mechanischen Pflegemaßnahmen.

Zusammenfassung

Versucht man, aus diesen Zusammenhängen ein Resümee zu ziehen, so lassen sich folgende wichtige Punkte festhalten:

- ausreichende Arbeitsbreiten und hohe Fahrgeschwindigkeiten gewährleisten eine hohe Flächenleistung und damit eine hohe Schlagkraft bei den mechanischen Pflegemaßnahmen
- vorteilhaft für die Anwendung mechanischer Pflegegeräte ist, daß neben der Unkrautbekämpfung auch eine intensive Bodenpflege betrieben wird
- bei **schwacher** Verunkrautung bieten ausschließlich chemische oder ausschließlich mechanische Pflegemaßnahmen die Gewähr für eine befriedigende Unkrautbekämpfung und geringe Kosten
- bei **stärkerer** Verunkrautung sind dagegen rein mechanische Pflegemaßnahmen nicht mehr in der Lage, eine ordnungsgemäße Unkrautbekämpfung, insbesondere auch in den Pflanzenreihen, zu gewährleisten. Unter derartigen Voraussetzungen empfiehlt sich eine Kombination von Bandspritzung mit chemischen Wirkstoffen (in den Maisreihen) und zusätzlichen mechanischen Pflegemaßnahmen (im Bereich zwischen den Pflanzenreihen). Dadurch lassen sich nicht nur eine sichere Unkrautbekämpfung und gezielte Bodenpflege, sondern auch bei Berücksichtigung des erzielten Mehrertrages die geringsten Gesamtkosten erzielen.

Moderne Fütterungstechnik bei Maissilage

von Dr. Heinrich Pirkelmann, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan

Maissilage wird in zunehmendem Maße in der Fütterung von Milch- und Mastvieh eingesetzt. Sie bietet durch die immer gegebene Häckselstruktur beste Voraussetzungen zur Mechanisierung, so daß im Grunde alle, für die Grundfuttervorlage bekannten stationären und mobilen Techniken einzusetzen sind. Dieses Referat kann aber nicht eine allgemeine Darstellung aller möglichen Verfahren zum Ziel haben, sondern muß sich zwangsläufig auf wenige, aktuelle Probleme beschränken. Schwerpunktmäßig sollen daher einige neuzeitliche, aber auch bewährte ältere Techniken zur Entnahme und Fütterung der Maissilage herausgegriffen werden, wobei folgende Zielsetzungen und Beurteilungskriterien im Vordergrund stehen:

- eine hohe Leistungsfähigkeit zur Einsparung von Arbeitszeit bei der Bewältigung der großen Silagemengen
- die Vermeidung von Futterverlusten durch die meist unterschätzten Nachgärungen in aufgelockerten Siloanschnittflächen, aber auch durch unsaubere Aufnahme im Silo oder Verstreuen der Silage auf dem Transport
- ein geringer Energieaufwand zur Verminderung der Verfahrenskosten
- die Auswirkung der Fütterungstechnik auf Struktur und Verwertung der Maissilage
- die Anforderungen an die Zuteilgenauigkeit
- und schließlich eine vergleichende Darstellung der Verfahrensleistungen und Verfahrenskosten.

Entnahme der Maissilage

Zur Entnahme von Maissilage aus Hochsilos stellen die Fräsen, überwiegend in Form der Obenentnahmefräsen, die zweckmäßigste Mechanisierung dar, da sie immer eine glatte Anschnittfläche bewirken und durch den kontinuierlichen Austrag jede stationäre und mobile Folgemechanisierung zur Futtervorlage zulassen. Zu

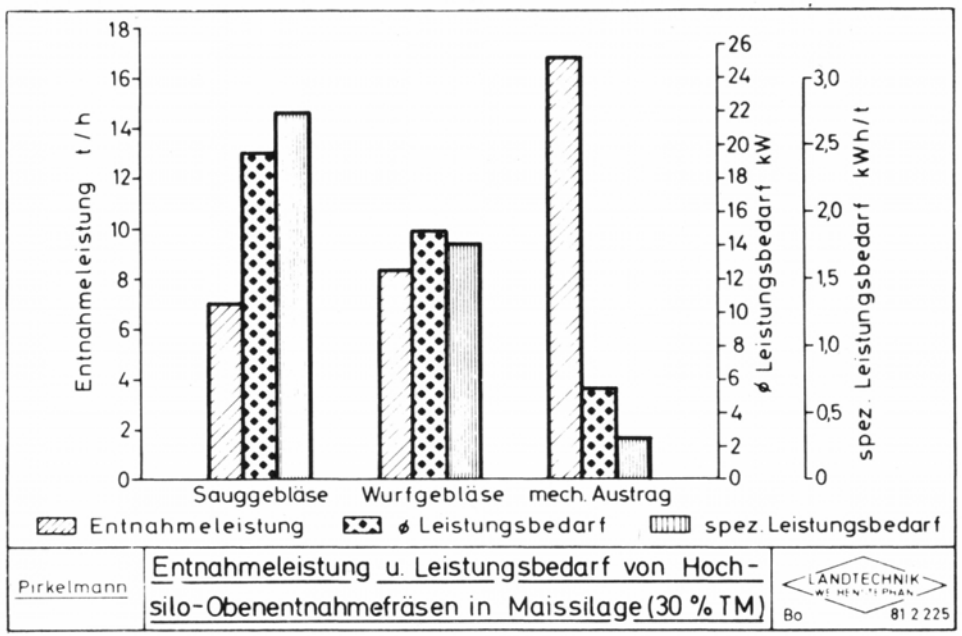


Abb. 1

den bisher ausschließlich verwendeten Wurf- und Sauggebläsen kommt als neue Entwicklung die Möglichkeit des mechanischen Austrags über ein Förderband. Voraussetzung dazu ist die Verwendung der mehrteiligen Schubstange zum Abfräsen, da bisher nur mit diesem Fräsorgan ein ausreichendes Hochfördern der losgefrästen Silage und die Übergabe auf das höher gelegene Band möglich ist. Der Einsatz bedingt Silos mit Auswurfluken, deren Abstand ein Drittel des Silodurchmessers nicht übersteigen sollte. Die Entnahmeleistungen mit dem Förderband liegen mit bis zu 18 t/h doppelt so hoch wie bei den Saug- und Wurfgebläsen (Abb. 1). Dennoch kann durch den kraftsparenden mechanischen Austrag der Leistungsbedarf, der bei allen Fräsen mehr von den Förder- als von den Fräsorganen bestimmt wird, gegenüber den Gebläsen und hier vor allem dem energieaufwendigen Sauggebläse erheblich reduziert werden. Daraus ergibt sich für die Fräse mit Förderband pro t Maissilage ein äußerst günstiger Arbeitsbedarf

von 0.3 kWh, der bei den Wurfgebläsen etwa 1.8 und bei den Sauggebläsen 2.8 kWh beträgt.
Die Entnahme der Maissilage aus Flachsilos wird bislang von Front- und Radladern beherrscht, die aber bei unsachgemäßem Einsatz ganzjähriger Silagefütterung und vorallem bei einem ungünstigen Verhältnis von Siloanschnittfläche zum Viehbestand mit einem hohen Risiko zur verlustreichen Nachgärung belastet sind.
Langfristig sind daher auch die Flachsiloentnahmegeräte mit Schneid- oder Fräsaggregaten anzustreben.
Bei den Blockschneidegeräten, die je nach Fassungsvermögen 5 - 8 t/h entnehmen und zum Stall transportieren können, verdienen das Sägemesser und die umlaufende Schneidkette wegen der glatteren und nicht angelockerten Anschnittfläche in Maissilage den Vorzug vor dem hydraulisch betriebenen Schneidspaten. Auf unebenen Wegen zwischen Silo und Stall oder auch bei Paketen aus schlecht gewalzten Silos können Bröckelverluste entstehen. Bei der möglichen Vorratsentnahme hat die Vermeidung der Nacherwärmung der auf dem Futtertisch abgesetzten Blöcke eindeutig Priorität vor arbeitswirtschaftlichen Einsparungen.
Zur Befüllung von Futterwagen bringen Flachsilofräsen mit 20 - 30 t/h sehr hohe Entnahmeleistungen. Als E-Motor getriebene Fräsen mit Förderband stehen selbstfahrende Einheiten zur Verfügung, die gegenüber den Anbaufräsen keinen Schlepper mehr binden und auch mit geringeren Rüst- und Nebenzeiten belastet sind.
Immer häufiger werden jedoch die Fräsen direkt mit Futterwagen kombiniert, um in einem Arbeitsgang die Entnahme, den Transport und die Zuteilung in die Krippe mechanisieren zu können. Wie bei allen Futterverteilwagen ist eine genaue Dosierung nur für jeweils eine Futterart möglich. Die Verfahrensleistungen der 3-4m^3 großen Anhängewagen beträgt für den gesamten Arbeitsablauf 5 - 6 t/h.
Fräsleistungen und der Energiebedarf werden auch bei den Flachsilofräsen entscheidend vom verwendeten Förderorgan bestimmt (Abb. 2). Bei einer Entnahmemenge von 26 t/h liegt der Leistungsbedarf des Wurfgebläses mit 24 kW deutlich über dem der Fräse mit Förderband und etwas geringerer Auswurfmenge. Er ist trotz

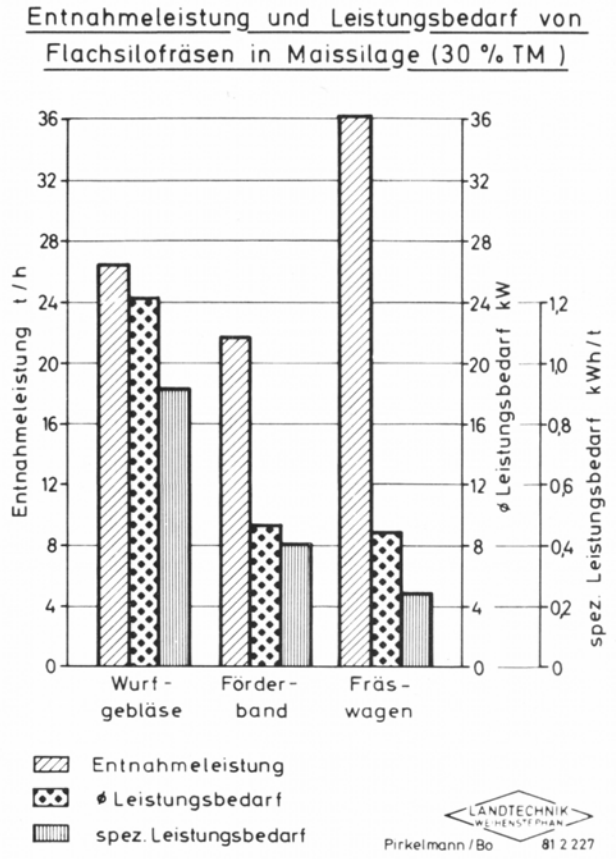


Abb. 2

höchster Entnahmeleistung am günstigsten bei dem Fräswagen, da die Fräswerkzeuge die abgelöste Silage direkt in den Wagen werfen und somit auf ein spezielles Förderorgan verzichtet werden kann. Entsprechend verhält sich der spez. Leistungsbedarf pro t Entnahmegut.
Auch Futtermischwagen werden neuerdings mit hydraulisch betriebenen Fräsen kombiniert. Die sogenannten Fräsmischwagen fördern alle abgefrästen Futterkomponenten mit den gleichzeitig laufenden Mischwerkzeugen ins Wageninnere. Bei der umlaufenden Kratzerkette erfolgt der Einzug über die volle Wagenbreite.

Mischschnecken oder Rührwellen werden nach hinten in eine trichterförmige Annahmemulde verlängert oder mit einer Quereinzugsschnecke versehen. Mit diesen Fräsenkombinationen können alle ebenerdig gelagerten und für Futtermischungen geeigneten Komponenten aufgenommen werden, wenn auch die derzeit verwendeten Fräsaggregate im Halmfutter nur einen unbefriedigenden Einsatz zulassen. In jedem Fall wird durch die kontinuierliche Befüllung der Mischvorgang erleichtert.
Die Entnahmeleistungen der Fräsmischwagen in Maissilage entsprechen denen der Flachsilofräsen. Der Leistungsbedarf für das Fräsen wird von den gleichzeitig laufenden Mischwerkzeugen überlagert. Er steigt daher mit zunehmender Füllmenge in Abhängigkeit vom verwendeten Mischsystem an.

2. Nachzerkleinerung der Maissilage

Für die Verdauung der Maissilage durch das Rind kann die Struktur von Einfluß sein. Dabei ist wichtig, daß einerseits das Korn angeschlagen ist, andererseits der Zerkleinerungsgrad der Gesamtsilage den Ansprüchen des Wiederkäuers noch gerecht wird. In diesem Zusammenhang interessiert der Nachzerkleinerungseffekt der Fräsen, der am stärksten bei den geringen Durchsätzen der Hochsiloobenentnahmefräsen mit Gebläse zu erwarten ist.
Nach einer jüngst durchgeführten Untersuchung in Praxisbetrieben wurde bestätigt, daß die Strukturänderung weitgehend vom TM-Gehalt der Silage abhängt. Bei dem durchwegs sehr kurz gehäckselten Mais (50 - 60 %>6 mm) war gegenüber der Handentnahme lediglich bei TM-Gehalten von 24 - 25 % TM durch die Silofräsen mit ca. 20 % - Punkten eine stärkere Erhöhung der Siebfraktion 6 mm festzustellen (Abb. 3). In Silagen ab 28 % TM ergab sich dagegen mit 3 - 5 % Punkten nur noch eine geringfügige Veränderung. Die übrigen Siebfraktionen sind in dieser Betrachtung von untergeordneter Bedeutung.
Demnach haben die mitunter gegebenen Empfehlungen, Silomais für die Hochsiloeinlagerung länger zu häckseln, nur bei sehr feuchten Materialien eine Berechtigung. In den angestrebten Silagen mit 30 % und mehr TM bewirken die Fräsen keine gesicherte Nachzerkleinerung, so daß mit einer größeren Schnittlänge auch ein erhöhter Ganzkornanteil in Kauf genommen werden muß.

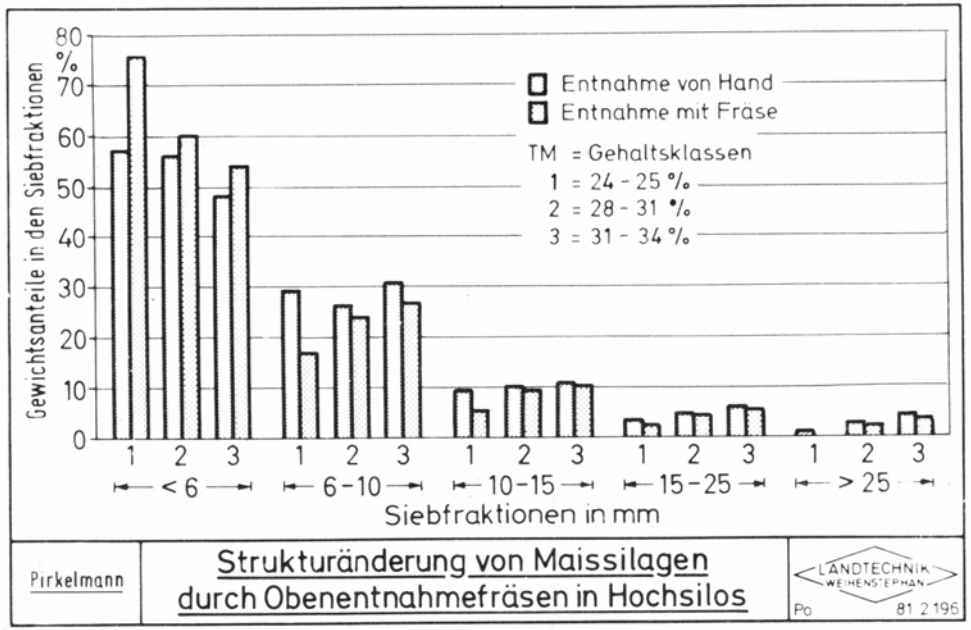


Abb. 3

Eine gesicherte Aufbereitung der ganzen Maiskörner, ohne die Faserstruktur der Halmteile zu zerstören, ist dagegen durch eine neu verfügbare Maisquetsche, die an der Austragsöffnung eines Futtermischwagens angebracht werden kann, zu erreichen. Die profilierten, konisch ineinander greifenden Walzen können auf verschiedene Abstände eingestellt und durch Federdruck vorgespannt werden. Der beste Quetscheffekt ist mit einem Walzenabstand von 1.5 bis 2 mm gegeben. Bei möglichen Durchsätzen von 10 - 40 t/h steigt die erforderliche Antriebsleistung von 0.6 auf 15.6 kW an. Daraus ergibt sich ein sehr günstiger spez. Arbeitsbedarf von 0.05 bis 0.38 kWh/t.
Es stellt sich nun die Frage, ob bei der heute gegebenen guten Arbeitsqualität der Maishäcksler eine zusätzliche Aufbereitung der Silage vor der Fütterung notwendig ist. Tatsache ist, daß trotz

TM-Gehalt der Maissilage %	Anteil ganzer Körner im Kot %
25	0
25-30	10
30-35	20
über 35	30

Abb. 4

kurzer theoretischer Schnittlänge und dem Einsatz von Reibböden mit zunehmenden TM-Gehalten des Silomaises eine ausreichende Zerkleinerung des Maiskorns erschwert wird. Ganze Körner können aber vom Wiederkäuer nur teilweise verwertet werden. Mit dem Kot wieder ausgeschiedene Körner oder auch Kornbruchstücke mit erhaltenem Mehlkörper sind voll als Verlust anzusetzen. Während Körner in Silagen unter 25 % TM noch voll verwertbar sind, steigt nach Honig die Verlustrate mit zunehmendem Reifegrad stetig an (Abb. 4). Sie beträgt im Bereich von 25 - 30 % etwa 10 %, 20 % bei TM-Gehalten von 25 - 35 % und 30 % und mehr bei noch trockeneren Silagen.

In welchem Umfang derartige Verluste in der Praxis auftreten, sollte eine stichprobenartige Strukturanalyse der Maissilage in 14 Bullenmastbetrieben im Raum Freising ergeben. Demnach wurden in den durchwegs sehr trockenen Silagen mit TM-Gehalten von 29 - 39 % Ganzkornanteile von 2.2 bis 13.6 % in der TM der Gesamtsilage festgestellt. Dies entspricht wegen der höheren Nährstoffkonzentration des Korns einem Energiewert von 3 - 19 % der Silage. Unter Berücksichtigung des genannten Verwertungsindexes ergeben sich daraus tatsächliche Energieverluste von 1.0 -3.7 % (Abb. 5). Dies mag sehr wenig erscheinen. Wird aber dieser Verlust auf den jährlichen Nährstoffbedarf eines Mastbullen umgerechnet und durch Getreide mit einem Preis von 50 DM/dt

Jährlicher Energieverlust und Getreideersatz pro Tier			Jährliche Verluste in DM bei Bestandsgrößen von . . . Tieren		
Verlustrate %	STE	kg Getreide	100	200	400
1	2	3	4	5	6
1	12 410	18,25	912	1 825	3 650
1,8	22 338	32,85	1 642	3 285	6 570
2,8	34 348	51,10	2 555	5 110	10 220
3,7	45 917	67,53	3 376	6 752	13 505

Abb. 5

ersetzt, so ergeben sich für einen Bestand von 100 Bullen doch Einbußen im Bereich von 900 - 3400 DM, in größeren Beständen natürlich ein entsprechend Vielfaches.

Diese Zahlen zeigen, daß bei erhöhten Ganzkornanteilen in der Maissilage der Nachzerkleinerung bei der Fütterung durchaus Bedeutung zukommen kann. Zunächst ist aber sicherlich der Aufbereitung des Korns bei der Ernte durch den Häcksler Priorität einzuräumen.

Vorlage der Maissilage

Für die Vorlage der Maissilage stellt sich die Frage nach der erforderlichen Zuteilgenauigkeit bzw. nach der Zweckmäßigkeit der Vorlage als Einzelfutter oder in Futtermischungen. Dabei sind 2 Eigenschaften der Maissilage besonders zu berücksichtigen:

- Maissilage ist ein sehr gern gefressenes Futter und wird aus anderen Grundfutterarten selektiert. Nach Untersuchungen von Lehmer wurde bei einer auf Vorrat vorgelegten Mais : Grassila-

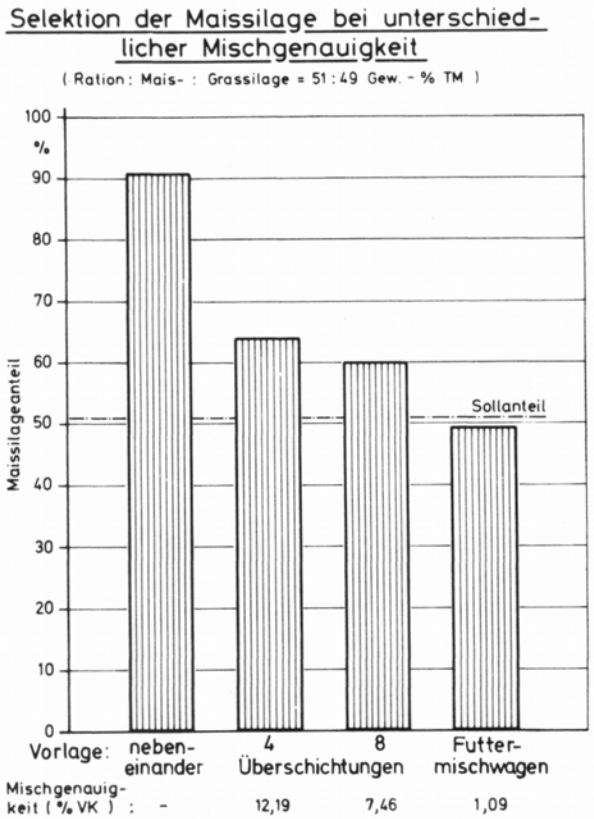


Abb. 6

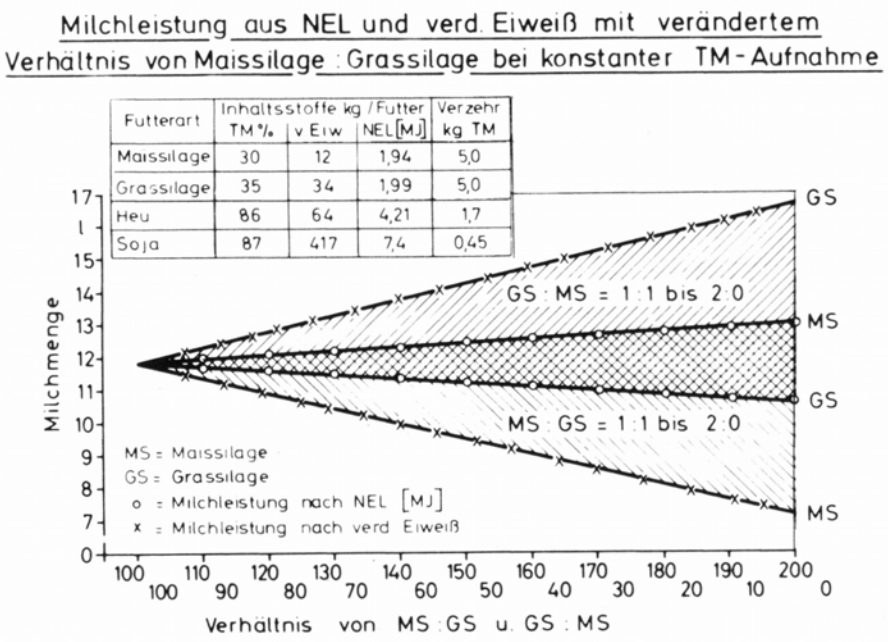


Abb. 7

geration mit Anteilen von 51 : 49 Gewicht %, bezogen auf die TM, bei paraleller Vorlage beider Komponenten nahezu ausschließlich Maissilage aufgenommen (Abb. 6). Selbst bei einer 4- bzw. 8-maligen, wechselweisen Überschichtung der Futtermittel, die eine schlechte Mischung simulieren sollte, ist die Maissilageaufnahme noch um 15 bzw. 10 % Punkte höher, d.h. daß bei einem Sollwert von 51 % in der Ration 20 - 30 % mehr Maissilage gefressen wurde als in der Ration vorgesehen war. Gleichzeitig wurde entsprechend Grassilage verdrängt. Nur in der exakten Mischung konnte der Sollwert eingehalten werden.

■ Ein zweites wichtiges Merkmal der Maissilage ist das weite, nicht ausgeglichene Eiweiß : Stärke-Verhältnis, das immer eine Ergänzung durch andere Grundfuttermittel oder Kraftfutter erfordert. Wenn sich nun durch eine, dem Landwirt im Ausmaß nicht bekannte Selektion die Maisverzehrsmenge ändert, wird das Gleichgewicht der Gesamtration gestört. So bedeutet in einer zunächst ausgeglichenen Milchviehration aus Mais, Grassilage, Heu und Soja eine Erhöhung des Maissilageverzehrs um 20 - 30 % zu Lasten der Grassilage - die übrigen Futtermittel und die TM-Aufnahme sollen konstant bleiben - eine durch den geringen Proteingehalt der Maissilage verursachte Unterversorgung an verdaulichem Eiweiß und damit bereits einen Rückgang der Milchleistung um 1 l pro Tier und Tag (Abb. 7). Eine Zunahme des Grassilageverzehrs bewirkt dagegen einen nicht verwertbaren Eiweißüberschuß und ein leistungsbegrenzendes

Energiedefizit. Nach diesen Überlegungen sollten bei der Maissilagezuteilung Abweichungen von ± 10 % nicht überschritten werden, um nicht einen Rückgang in der tierischen Leistung oder unnütze Mehrbelastungen in den Futterkosten in Kauf nehmen zu müssen.

Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die praktische Fütterung? Wird Maissilage wie in der Bullenmast als alleiniges Grundfutter bis zur Sättigung eingesetzt, so ist bei einem Tier : Freßplatz-Verhältnis von 1 : 1 wegen der KF-Fütterung und einer 2 x täglichen Fütterung jede Form der Einzelfuttervorlage möglich. Die Vermischung der Maissilage mit Kraftfutter oder anderen rationierten Zusatzkomponenten bringt den Vorteil, daß die gesamte Ration mit einem Futtermischwagen in einem Arbeitsgang vorgelegt, die einmal tägliche Vorlage als Vorratsfütterung vorgenommen, Freßplätze eingespart und dadurch die raum- und baukostensparenden Tiefbuchten verwirklicht werden können.
In den vielseitigen Rationen für Milchvieh muß die Maissilage rationiert zugeteilt werden. Im Anbindestall und im Laufstall mit Einzelfreßplätzen und absperrbaren Freßgittern ist dazu jede mobile und stationäre Fütterungstechnik zur Einzelfuttervorlage einzusetzen. Zu beachten ist dabei, daß alle Futterarten zu jeder Futterzeit vorgelegt werden sollen, so daß jeweils mehrere Arbeitsgänge entstehen.
In Laufställen ohne Fangfreßgitter, bei eingeschränkten Freßplätzen oder bei Vorratsfütterung kann dagegen nur durch nicht selektierbare Futtermischungen aus Mischwagen eine gleichmäßige Versorgung mit allen Futterkomponenten gewährleistet werden. Zusätzlich ergeben sich daraus arbeitswirtschaftliche Vorteile, da alle Futterarten in dieses Mechanisierungssystem einbezogen werden können.
Zur Herstellung von Futtermischungen, die als Hauptbestandteil Maissilage beinhalten, sind alle derzeit verfügbaren Mischwagenbauarten wie die umlaufende Kratzerkette, die stehenden Mischwellen, die Mischschnecke und die Rührwelle geeignet. Die Kratzerkette und die stehende Mischwelle zeichnen sich in leicht mischbare Güter wie Maissilage, Kraftfutter und kurzgehäckselter Grassilage durch einen geringen Leistungsbedarf aus (Abb. 8). Sie

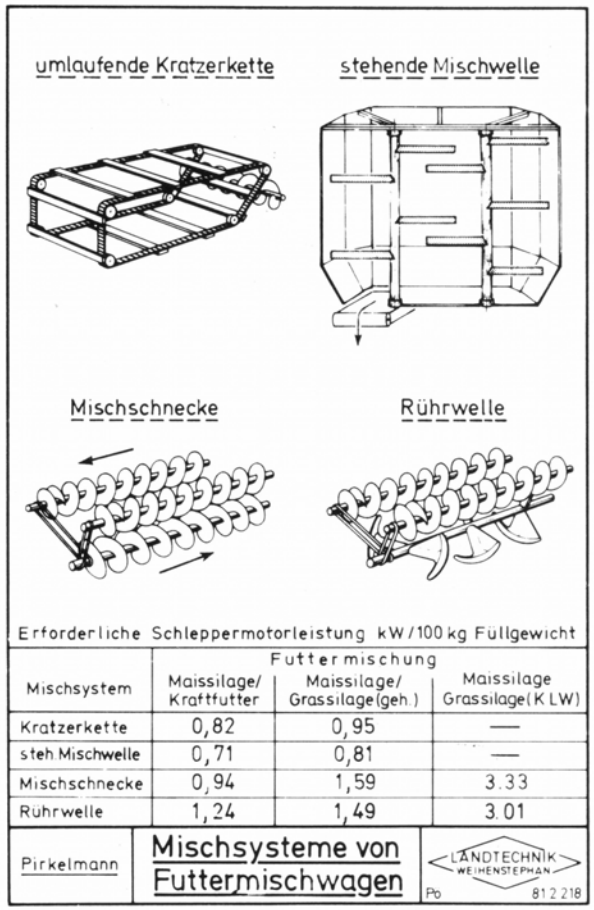


Abb. 8

bringen aber in längeren Materialien wie dem Kurzschnittladewagengut keine ausreichende Funktionssicherheit mehr. Die Mischschnecke und die Rührwelle erfordern dagegen höhere Antriebsleistungen, kommen aber mit einer kürzeren Mischzeit aus. Sie verarbeiten in Verbindung mit Maissilage auch noch Kurzschnittladewagengut, das aber einen hohen Kraftbedarf bedingt und damit auch zu einer starken Beanspruchung der Wagen führt.

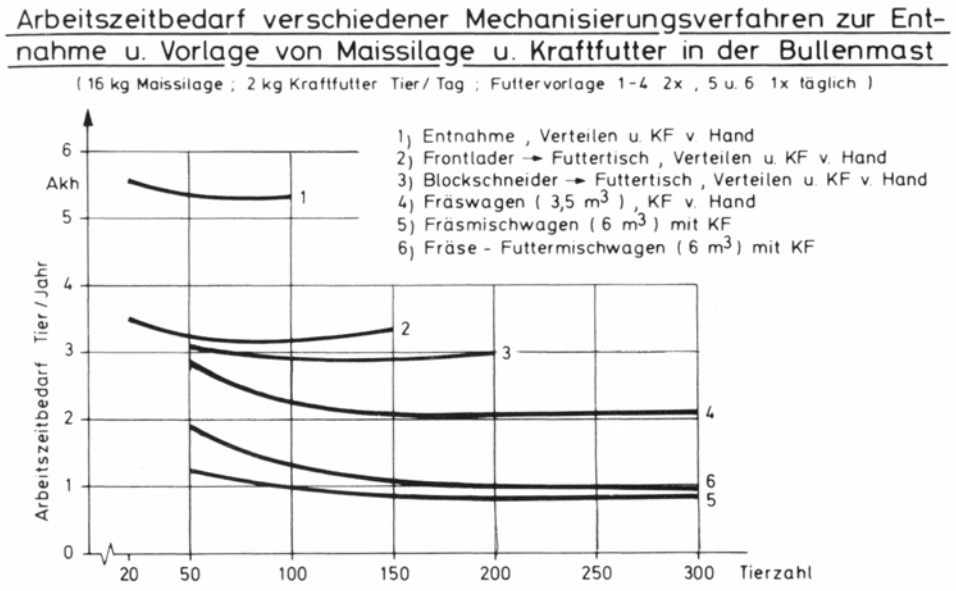


Abb. 9

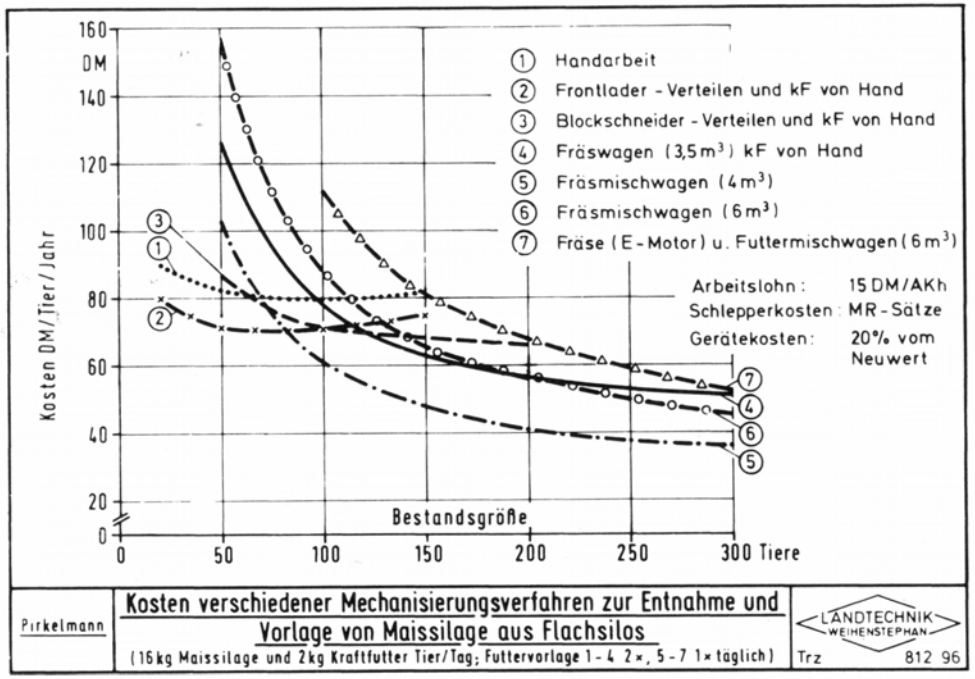


Abb. 10

Verfahrensleistungen und -kosten

Die möglichen Verfahrensleistungen ausgewählter Fütterungstechniken und die anfallenden Verfahrenskosten sollen in einer abschließenden Gegenüberstellung Hinweise für die Einsatzwürdigkeit in den unterschiedlichen Bestandsgrößen bringen. Dabei wird wegen der größeren Bedeutung für die Maissilage nur die Entnahme aus Flachsilos berücksichtigt.

Für eine, in der Bullenmast übliche Ration aus Maissilage und Kraftfutter erfordern bei täglich 2maliger Fütterung der Frontlader und der Blockschneider mit ca. 3 AKh/T. u. J. annähernd den gleichen Arbeitszeitbedarf (Abb. 9). Die Verteilung in die Krippe und die Kraftfuttervorlage erfolgt dabei von Hand. Durch den Fräswagen kann ab einer Bestandsgröße von etwa 100 Tieren ca. 1 AKh pro Tier und Jahr durch die zusätzliche Mechanisierung der Silageverteilung eingespart werden. Durch die gleichzeitige Mechanisierung der Kraftfuttervorlage und die mögliche, täglich einmalige Fütterung erfordern die Futtermischwagen den geringsten Arbeitszeitbedarf. Der Fräsmischwagen liegt dabei über alle Bestandsgrößen wegen der geringeren Rüst- und Nebenzeiten etwas günstiger als die Befüllung mit einer separaten Flachsilofräse.

Werden für die Errechnung der Verfahrenskosten ein Stundenlohn von DM 15,--, Gerätekosten in Höhe von 20 % des Neuwertes und Maschinenringsätze für die Antriebsschlepper unterstellt, so ist von den teilmechanisierten Verfahren der Frontlader in den kleineren Beständen etwas günstiger als das Blockschneidegerät ohne Berücksichtigung der Arbeitsqualität und etwaiger Verluste (Abb. 10). Die kostengünstigste Lösung ab 100 Mastbullen stellt ein preiswerter Fräsmischwagen mit umlaufender Kratzerkette und 4 m³ Fassungsvermögen dar. Dagegen verursachen ein Fräswagen wegen des höheren Arbeitsaufwandes und ein etwa 6 m³ großer Fräsmischwagen mit größerem Kapitaleinsatz annähernd gleiche Kosten. Aufgrund des höheren Investitionsbedarfs bedin-

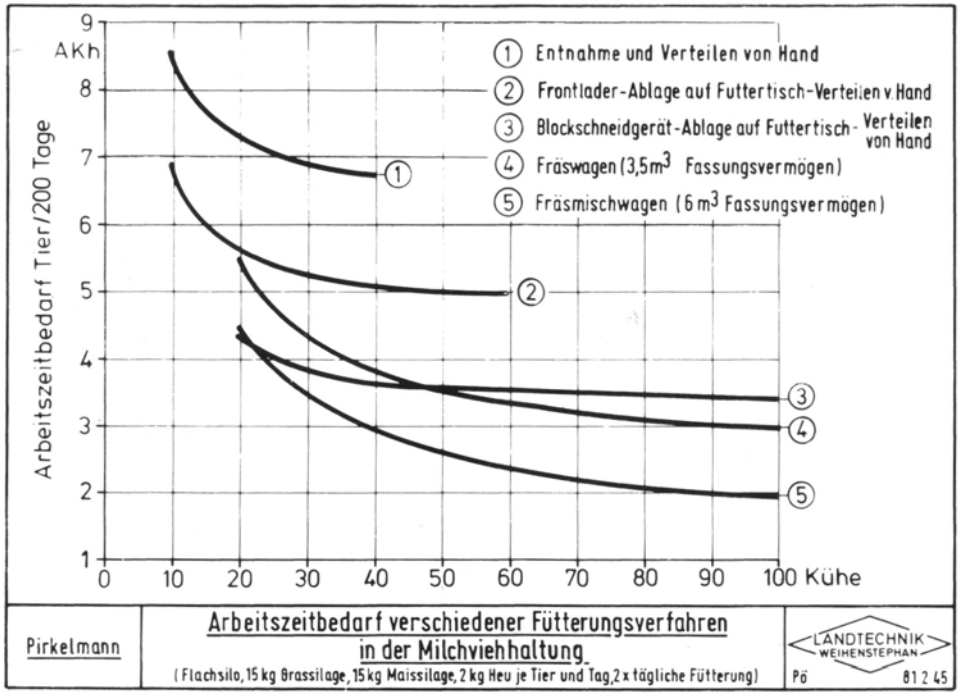


Abb. 11

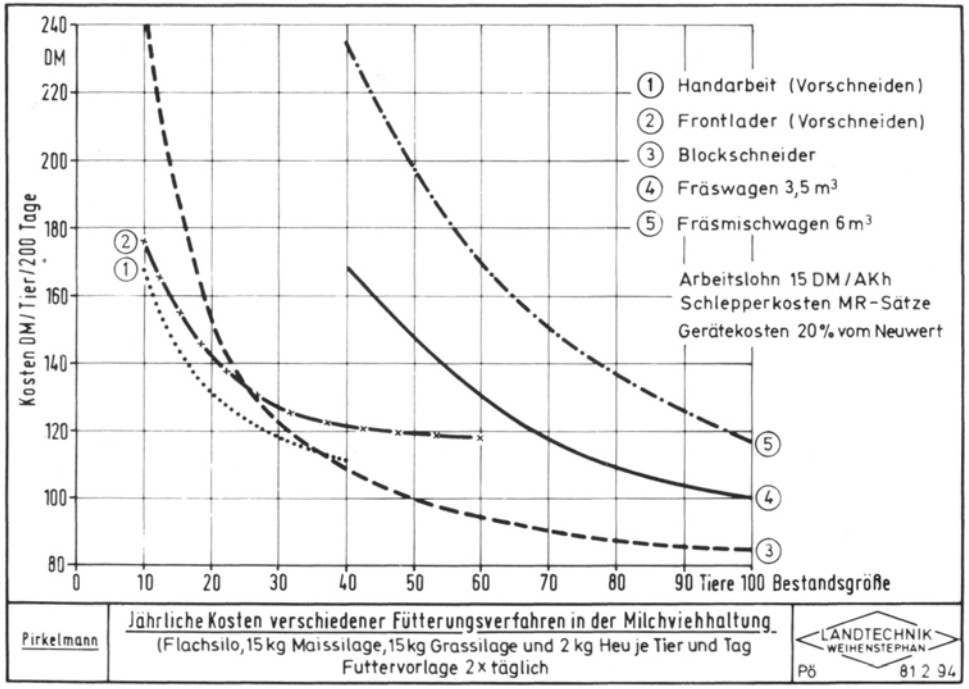


Abb. 12

gen der Mischwagen und die separate Flachsilofräse die relativ höchsten Kosten der ausgewählten Verfahren. Insgesamt ist damit wegen der hohen Verfahrensleistungen ab etwa 100 Mastbullen eine wirtschaftliche Vollmechanisierung der Fütterung über die erreichte Arbeitszeiteinsparung möglich.

Für eine vielseitige, in der Milchviehfütterung eingesetzte Ration aus Maissilage, Grassilage und Heu erfordert der Blockschneider in der Mechanisierung der Silagefütterung einen wesentlich geringeren Arbeitszeitbedarf als der Frontlader (Abb. 11). Demgegenüber kann auch der Fräswagen wegen der geringeren Leistungen keine arbeitswirtschaftliche Verbesserung bringen. Ab 30 - 40 Kühen ist dagegen durch die Vollmechanisierung aller Futterkomponenten nochmals eine Arbeitszeiteinsparung durch den Fräsmischwagen möglich.

In den dazugehörenden Verfahrenskosten ist ab 20 - 30 Kühen der Blockschneider über alle Bestandsgrößen das kostengünstigste Verfahren (Abb. 12). Die Vollmechanisierung über einen Fräswagen ist hier bereits mit wesentlich größeren Kosten belastet, die durch einen Fräsmischwagen noch weiter gesteigert werden. Im Gegensatz zur Bullenhaltung sind damit in der Milchviehhaltung die Kosten für höher mechanisierte Verfahren nicht mehr allein durch die Arbeitszeiteinsparung auszugleichen. Eine wirtschaftliche Rechtfertigung ist nur dann gegeben, wenn dadurch Bau- oder Futterkosten einzusparen oder höhere Tierleistungen zu bewirken sind.

Diese Zusammenhänge werden in Zukunft bei der Bewertung von Fütterungsverfahren stärker berücksichtigt werden müssen. Auf einem bereits hohen Mechanisierungsniveau sind zusätzliche Investitionen für die Technik nicht mehr allein durch die geringfügige Arbeitszeiteinsparung, sondern nur in Verbindung mit Leistungssteigerungen oder Einsparungen in den Produktionsmitteln finanziell tragbar.