

Landtechnik von morgen

Folge

13

Eine Zusammenstellung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern auf den Informationstagungen auf Gut Schlüterhof gehalten wurden.

1. Entwicklungstendenzen der Landtechnik von morgen; von Dipl.-Ing. Dr. agr. h. c. Anton Schlüter, Seite 2.
2. Einführung zur Schlütertagung durch Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Institutes für Landtechnik und Vorstand der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan, Seite 3.
3. Technische Entwicklung bei leistungsstarken Schleppern; von Prof. Dr. Ing. Walter Söhne, Direktor des Institutes für Landmaschinen der Technischen Universität München, Seite 4.
4. Wirkungen moderner Bodenbearbeitungsgeräte auf das Bodengefüge; von Dipl.-Ing. agr. Harry Knittel, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Landtechnik, Weihenstephan, Seite 13.
5. Aspekte des modernen Ackerbaues; von Dipl. Ldw. Dr. Gotthard Golisch, Geschäftsführer des Beratungsrings Ackerbau Südhannover, Weetzen, Seite 18.
6. Technik der Maiskolben-Silage; von Reg. Baudirektor Dr. Ing. Klaus Grimm, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, Seite 22.
7. Die Fütterung von Maiskolbensilage an Schweine; von Frau Akadem. Oberrätin Dr. Dora Roth-Meier, Institut für Tierernährung, Freising-Weihenstephan, Seite 33.



Herausgegeben von der

MOTORENFABRIK ANTON SCHLÜTER MÜNCHEN · WERK FREISING

Entwicklungstendenzen der Landtechnik von morgen

von Dipl. Ing. Dr. agr. h. c. Anton Schlüter

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

wer heute mit offenen Augen durchs Leben geht, der sieht und erkennt die Notwendigkeit zu Veränderungen, die er sich bisher nicht einmal träumen ließ. Die ganze Welt um uns und wir selbst geraten immer mehr in einen Umbruch der bisherigen Lebens- und Arbeitsgewohnheiten, der nicht nur den politischen, sondern auch den gesellschaftlichen und sogar den arbeitstechnischen Bereich unseres Lebens erfaßt hat.

Triebfeder dieses Umstrukturierungsprozesses aller bisherigen Begriffe ist allein der Mensch, und zwar nicht nur die anderen, sondern auch wir selbst. Der weltweite Wunsch zur ständigen Steigerung des Lebensstandards und zur laufenden Verbesserung der Lebensqualität, ganz egal, was der einzelne darunter versteht, führt zwangsläufig auch zur Forderung nach Angleichung der Lebenserwartungen zwischen den einzelnen Gruppen der Gesellschaft. Das wiederum ist aber nur möglich, wenn es gelingt, auch die Produktivitätswerte, die die einzelnen Gesellschaftsgruppen dazu erbringen müssen, einander anzugleichen.

Ob nun der wirklich gewaltige und manche Arbeitsbereiche umwälzende Fortschritt der Technik daran schuld ist, daß wir im Vertrauen darauf, daß die technische Entwicklung alles machbar machen kann, unsere Wünsche und Erwartungen an das Leben steigern wollen, oder ob wir andere Impulse dafür haben.

Tatsache ist auf jeden Fall, daß in Zukunft der größte Teil dieser Wünsche nach einem besseren und angenehmeren Leben nur noch von einer entsprechenden Entwicklung der Technik erfüllt werden kann.

Im Gegensatz zu früher ist heute jeder Wirtschaftszweig, in dem Menschen äquivalent zu anderen leben und existieren wollen, gezwungen, den dazu notwendigen Umbruch der Arbeitsmethoden und die dafür vorausgehend notwendige Umstrukturierung der Arbeitsgrundlagen so schnell wie möglich und laufend zu vollziehen. Auch die Landwirtschaft kann und will sich heute dieser für eine Integrierung in die moderne Industriegesellschaft notwendigen Angleichung ihrer Produktivitätswerte nicht mehr entziehen. Sie kann sich nicht davon ausschließen, weil jedes gesunde Volk eine gesunde Landwirtschaft braucht, und sie will sich auch nicht davon ausschließen, weil die Landwirte von morgen mit Recht die gleichen Ansprüche an das Leben stellen und die gleichen Lebenserwartungen erfüllt sehen wollen, wie ihre Mitmenschen in anderen Berufen und Wirtschaftszweigen.

Wenn Landwirtschaft auch weiterhin die schöne Lebensform bleiben soll, die sie für viele Menschen und Familien früherer Zeiten war, dann nur, wenn sich die Landwirte der heutigen und der zukünftigen Generationen dazu entschließen

können, sich der Managementmethoden und der Top-Technik industrieller Fertigungen voll und ganz zu bedienen. Auch bei jedem in der Landwirtschaft tätigen Menschen muß die Erkenntnis wach werden, daß die Erwartungen von heute und die Forderungen von morgen an das Leben nicht mehr mit den Strukturen und den Arbeitsmethoden von gestern erfüllt werden können.

Auch die in der Landwirtschaft produktiv eingesetzten Arbeitskräfte müssen mit den Mitteln der Technik in die Lage versetzt werden, Stundenwerte zu schaffen, die das eigene stündliche Einkommen um ein Vielfaches überschreiten. Es war immer schon die höchste und vornehmste Aufgabe der Industrie, in erster Linie die zur Verbesserung und Verschönerung des menschlichen Lebens notwendige Technik zu entwickeln. Die Landmaschinenindustrie tut dies seit geraumer Zeit – mit sichtbar wachsendem Erfolg.

Mit Hilfe der modernen Landtechnik kann heute bereits von **einer** Arbeitskraft ein Produktivitätswert erzielt werden, der noch vor einigen Jahren, selbst für eine voll arbeitende Bauernfamilie, unerreichbar schien, und trotzdem geht die Entwicklung in der modernen Landtechnik mit steigender Intensität weiter. Allein die Steigerung der Arbeitskosten, die sich in den nächsten 7 Jahren bis 1980 in der Fortschreibung der bisherigen Entwicklung mindestens verdoppeln wird, erfordert zum Ausgleich eine äquivalent rapide Produktivitätserhöhung auf allen Gebieten der landwirtschaftlichen Arbeitstechnik.

Die außerdem in immer stärkerem Maße gewünschten Arbeitserleichterungen zur Verbesserung der Lebensqualität und die für Investitionen notwendige Verbesserung der Betriebsergebnisse können ebenfalls nur mit Hilfe neuer Entwicklungen und Verbesserungen der Landmaschinen- und Schleppertechnik erreicht werden.

Wenn man für die nächsten 7 Jahre bis 1980 die vorausschaubare Belastung: die obengenannte Verdoppelung der Arbeitskosten, die Verbesserung des Betriebseinkommens für Investitionen und gleichzeitig die gewünschten Arbeitserleichterungen für den Menschen zugrundelegt, kann man auch die in diesem überschaubaren Zeitraum zur Verbesserung von Produktivität und Rentabilität notwendigen technischen Entwicklungen bei Landmaschinen und Schleppern unschwer erkennen.

Es wird dazu notwendig werden, daß **eine** Arbeitskraft je nach Betriebsgröße zwischen 25 ha und 150 ha Nutzfläche im Jahr allein bewirtschaften kann. Dazu müssen wir unserer Landwirtschaft Schlepper in einem Leistungsbereich von 50 PS bis 250 PS zur Verfügung stellen können.

Die praktischen Erfahrungen auf den nordamerikanischen Farmer-Betrieben, denen diese Leistungspalette heute schon angeboten wird, zeigen, daß diese Entwicklung realistisch und deshalb zu erwarten ist. Nur ein auf die Dauer gleichwertiger Ersatz der bodenwendenden Pflugarbeit könnte diese Schlepperleistungspalette begrenzen.

Innerhalb dieses Leistungsbereichs wird sich auch bei Schleppern der allgemeine Trend der Fahrzeugtechnik zur kompakteren Bauweise durchsetzen, weil diese Bauart dem Wunsch nach leichter Bedienung und Beherrschung der Kräfte und

nach größerer Wendigkeit bei der Arbeit entgegenkommt und meistens auch preisgünstiger hergestellt werden kann.

Außerdem wird es auch zu interessanten Angeboten verschiedener Schleppersysteme kommen, die vor allem bei Arbeitsvorgängen mit geringerem Leistungsbedarf eine Vielzahl von Kombinationen ermöglichen.

Grundsätzlich aber ist zu erwarten, daß sich wie überall in Zukunft so auch bei der Feldbewirtschaftung diejenige Arbeitstechnik durchsetzen wird, die den Menschen am wenigsten belastet.

Parallel zu dieser Schlepperentwicklung muß erreicht werden, daß für alle Arbeitsverfahren von der Ernte bis zur Saat Landmaschinen und Geräte auf den Markt kommen, mit denen in wesentlich kürzerer Zeit wie bisher mehr Früchte geerntet, mehr Fläche bewirtschaftet und trotzdem eine die Fruchtbarkeit steigernde Bodenbearbeitung geleistet werden kann.

Das führt einerseits zu größeren und vielseitigeren Gerätekombinationen, mit denen man zur ausreichenden und gründlichen Bearbeitung des Bodens und zur Einbringung der Saat in den Boden nur noch zweimal über die Felder zu fahren braucht und diese gleichen Arbeitsfolgen im Notfall, wie zum Teil heute schon, auch in einer Fahrt erledigen kann, und andererseits zu einem immer stärkeren Einsatz selbstfahrender Erntemaschinen.

Die gewünschten und immer dringlicher geforderten Arbeitserleichterungen werden nur mit einer wirklich durchgreifenden Verbesserung des Komforts bei Schleppern und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen erfüllt werden können. Der Traktorist, dessen Lebensstandard sich zukünftig in nichts mehr von den Lebensgewohnheiten eines hochqualifizierten, technischen Spezialisten unterscheidet, wird auch auf dem Schlepper und auf der selbstfahrenden Erntemaschine einen humanen Arbeitsplatz verlangen, der ihm nach 8-stündiger Arbeitszeit noch soviel Kraft und Frische bewahrt hat, daß er auch für seine Freizeitbeschäftigung fit ist.

Für diese Entwicklungstendenzen, die in der Schlepper- und Landmaschinenfertigung im überschaubaren Zeitraum der nächsten Jahre zu erwarten sind, wird die gesamte Technik der Elektronik, der Elektrohydraulik, der Pneumatik und der Automatik eingesetzt werden müssen, damit für die landwirtschaftliche Praxis die notwendigen Produktivitätssteigerungen machbar und möglich werden.

Die Landtechnik hat sich heute zu einem der modernsten und progressivsten Forschungsbereiche entwickelt. Die landwirtschaftliche Praxis hat es gefordert, und eine vorbildliche Team-Arbeit zwischen landtechnischer Wissenschaft und Industrie hat diese erfolgreiche Entwicklung ermöglicht. Die Maschinen und Geräte, die Ihnen heute von 75 führenden Firmen der Landmaschinenindustrie im praktischen Einsatz vorgestellt werden, zeigen Ihnen am besten, daß die von mir erwarteten Entwicklungstendenzen bereits begonnen haben.

Einführung zur Schlüter-Tagung am 9. Oktober 1973

von Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Institutes für Landtechnik und Vorstand der Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan

Sehr geehrter Herr Dr. Schlüter, verehrte Damen, meine Herren!

Die große Teilnehmerzahl zur Schlüter-Informationstagung beweist wiederum das nachhaltig große Interesse der Landwirte, der Industrie, der Beratung und der Wissenschaft an einer derartigen Veranstaltung, die aktuelle landtechnische Probleme behandelt und im Sinne von Max Eyth durch praktische Vorführungen ergänzt. Uns allen bleibt es nach wie vor ein Rätsel, wie Sie, sehr geehrter Herr Dr. Schlüter, die vorbildliche Vorbereitung und Organisation einer Tagung in solchem Ausmaß auf sich nehmen können, und wie Sie, sehr verehrte Frau Schlüter, für das leibliche Wohl von weit über 1000 Personen so hervorragend sorgen. Als Sprecher aller Besucher möchte ich gleich zu Anfang dieser Tagung einen ganz herzlichen Dank an Sie und Ihre Mitarbeiter zum Ausdruck bringen. Sie haben es in erstaunlicher Art und Weise verstanden, im Bereich der Landtechnik eine echte Verbindung von Industrie, Landwirtschaft und Wissenschaft zu schaffen auf einer Basis, die in Westdeutschland einmalig ist.

Die Schlüter-Tagungen umfassen immer 3 große Komplexe der Landtechnik:

1. Den Schlepper als Mittelpunkt der Motorisierung
2. Die Bodenbearbeitung mit Aussaat und Düngung
3. Die Erntetechnik für den Maisanbau, speziell für Silomais.

Nicht behandelt wird der gesamte Bereich der Technik in der Tierhaltung. Um diese Lücke auszufüllen, findet anschließend an die Informationstagung ab morgen eine gesonderte Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan statt, auf der über wichtige Arbeiten vorwiegend aus dem Gebiet der Technisierung in der Tierhaltung berichtet wird. Somit besteht für Landtechniker und besonders Interessierte die Gelegenheit, mit der Schlüter-Informationstagung den Besuch der Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan zu verbinden. Dadurch – so hoffen wir – ergibt sich forthin eine gute Ergänzung zur Schlüter-Informationstagung.

Am heutigen Tag werden nun wiederum sehr aktuelle landtechnische Probleme zur Diskussion gestellt. In den Mittelpunkt rückt zunächst der Schlepper als Ausgangspunkt jeglicher Mechanisierung. Wie im Vorjahr bereits ausführlich dargelegt, verdient die notwendige Steigerung der Schlepperleistung größte Beachtung. In diesem Zusammenhang treten aber mannigfaltige Probleme der Schleppertechnik auf, die Herr Prof. Söhne im heutigen Hauptreferat ausführlich behandeln wird. Jedoch ist nicht nur die technisch einwandfreie Funktion aller Baugruppen des Schleppers vom Motor bis zur Bereifung von maßgebender Wichtigkeit; mehr und mehr müssen auch die Ansprüche des Schlepperfahrers Berücksichtigung finden. Denn in dem Ausmaß, in dem die zweckmäßige Arbeitsplatzgestaltung in allen Bereichen der Industrie vorrangige Bedeutung gewinnt, um Leistungsgrad und Arbeitsfreudigkeit zu steigern, ist die Landwirtschaft gezwungen, ebenfalls diese Bedingungen zu erfüllen. Daher kommt der Gestaltung der Fahrerkabine auf dem

Schlepper wachsendes Interesse zu, um schädliche Schwingungen, Lärm, Staub, Hitze und Kälte weitgehend fern zu halten. Inwieweit der technische Fortschritt auch diesen Bereich erfaßt hat, wird Prof. Dr. Söhne in seinem Referat mit berücksichtigten.

Bei den Bodenbearbeitungsgeräten hat sich in letzter Zeit außer dem Übergang zu sehr großen und breiten Geräten sowie zu Gerätekombinationen ein Wandel dahingehend vollzogen, indem zur Ausschöpfung der vollen Schlepperleistung zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte im Vormarsch begriffen sind. Inwieweit es gelingt, den gleichen oder sogar einen besseren Bearbeitungseffekt mit diesen angetriebenen Arbeitswerkzeugen zu erzielen gegenüber herkömmlichen gezogenen Geräten, wird letztlich nur durch den späteren Ertrag zu beantworten sein. Jedoch können uns Messungen des Bodengefüges bereits wichtige Hinweise geben über die Arbeitsqualität der zapfwellengetriebenen Werkzeuge. Aus einer Fülle von Einzelmessungen im Rahmen eines Forschungsprogrammes wird hierüber in konzentrierter Form Herr Dipl.-Ing. agr. Knittel berichten und erste Aussagen machen.

Jedoch muß letztlich die Technik der Bodenbearbeitung eingebettet sein in die steigenden Anforderungen und neuen Erkenntnisse des Acker- und Pflanzenbaues. Von hier müssen vielfältige Impulse ausgehen und immer wieder kritische Beurteilungen neuer Techniken unter praktischen Betriebsbedingungen erfolgen. So erwarten wir von den Ausführungen von Herrn Dr. Golisch aufgrund seiner umfangreichen Erfahrungen wichtige Hinweise über den zweckmäßigen Einsatz moderner Geräte im Ackerbau.

Aus dem Bereich der Futterernte soll dann abschließend ein spezielles Verfahren behandelt werden, und zwar die Gewinnung von Maiskolben-Silage. Bereits vor einigen Jahren wurde dieses Thema kurz angesprochen, in der Zwischenzeit konnten jedoch weitere Entwicklungen einsetzen und neue Erkenntnisse gewonnen werden, so daß sich heute ein abgerundetes Bild über die technischen Verfahrenslösungen für die Maiskolbensilage ergibt. Grundsätzlich sind hierbei nach wie vor zwei Wege möglich: der Einsatz des Pflück-Mähdreschers mit Spezialeinrichtungen oder die Verwendung von Pflück-Feldhäckslern. Beide Verfahrenslösungen werden bei der Vorführung in verschiedenster technischer Ausrüstung gezeigt. Über den neuesten Stand der Technik auf diesem Gebiet und die landtechnischen Konsequenzen beim Einsatz wird Herr Baudirektor Dr. Grimm berichten. Jedoch muß die entscheidende Antwort auf die Frage der Zweckmäßigkeit solcher neuen Techniken primär von Seiten der Verwertungsmöglichkeiten durch den Tiermagen erfolgen, also bei der Maiskolbensilage durch die Fütterung im Schweinestall. Aufgrund neuerer Ergebnisse einiger Fütterungsversuche wird uns daher Frau Dr. Roth-Meier vor den Ausführungen von Herrn Dr. Grimm wichtige Anhaltspunkte über die Verfütterung dieses Erntematerials geben können. Inwieweit jedoch die Maiskolbensilageverfahren betriebswirtschaftlich Vorteile bringen und im Einzelbetrieb zweckmäßige Anwendung finden können, muß heute unbeantwortet und einer exakten ökonomischen Kalkulation vorbehalten bleiben.

Insgesamt hoffen wir sehr, wiederum thematisch aktuelle Themen anzusprechen und vor allem auch Anlaß zu ernsthaften Diskussionen zu bieten. So wünsche ich der diesjährigen Informationstagung einen guten Erfolg und Ihnen allen neben fachlicher Bereicherung angenehme Stunden im Familienkreis der Landtechniker.

Technische Entwicklung bei leistungsstarken Schleppern

von Prof. Dr.-Ing. Walter Söhne, Direktor des Instituts für Landmaschinen der Technischen Universität München

Die technische Entwicklung einschließlich der Leistungsentwicklung der Schlepper wird vorangetrieben von den Wünschen der Landwirte nach höherer Flächenleistung, Schlagkraft, Komfort und mehr Funktionen, dem Streben der Ingenieure nach höherer Perfektion, und sie wird begrenzt durch die damit steigenden Kosten. Wenn man eine Prognose einer technischen Entwicklung, wie die der Ackerschlepper erstellen will, muß man den Stand und die bisherige Entwicklung der Technik, aber auch die bisherige und zukünftige ökonomische Entwicklung der Landwirtschaft betrachten.

Aus zahlreichen betriebswirtschaftlichen Überlegungen geht hervor, daß die Landwirtschaft im Streben nach höherer Produktivität in den kommenden Jahren weiter steigende Schlepperleistungen braucht, daß sich aber obere Grenzen abzeichnen. Die Landwirtschaft der BR Deutschland ist marktwirtschaftlich orientiert und es ist zu hoffen, daß 300 000–400 000 Vollerwerbs- und 400 000–500 000 Nebenerwerbsbetriebe erhalten bleiben. Die Vollerwerbsbetriebe als Hauptkunden der Schlepperindustrie werden überwiegend Ackerflächen zwischen 20 und 60 ha haben. Diese reichgegliederte Landwirtschaft, zu der eine ähnlich gegliederte westeuropäische und überseeische Landwirtschaft für den Export kommt, unterhält eine umfangreiche Ackerschlepperproduktion. Bild 1 zeigt das Typenangebot auf der DLG-Ausstellung 1972, geordnet nach der Motorleistung sowie gekennzeichnet für Schlepper mit Hinterradantrieb, Allradantrieb und wahlweise Hinterrad- oder Allradantrieb. Aus dem Bild ist zu erkennen, daß die Ackerschlepperhersteller in einer breiten Fächerung den Bereich von 20–100 kW (27–136 PS) abdecken. Die Zahl der Typen wird zwischen 75–185 kW (100–250 PS) noch etwas zunehmen, unter 25 kW (34 PS) abnehmen und sich im mittleren Bereich etwas verdünnen. Das Gesamtbild entspricht aber den Forderungen auch in naher Zukunft.

Die deutschen Schlepperhersteller verwenden für ihre Schlepperreihen durchweg ein oder zwei Zylindertypen, die sie in Baukastenbauweise zu zwei bis acht Zylindermotoren zusammensetzen. Zum Teil verwenden sie die Motoren anderer Hersteller und schließlich rüstet die Zahnradfabrik Friedrichshafen bzw. Passau einen großen Teil der deutschen Traktoren mit einheitlichen Getrieben aus. Dieses zudem internationale Typenangebot ist die Folge eines langjährigen Trends, nach welchem innerhalb von 10 Jahren die mittlere Leistung der Neubauschlepper in der Bundesrepublik von 26 PS (1960) auf 50 PS (1972) gestiegen ist, Bild 2. Für die Zukunft wird zunächst noch mit einem weiteren Anstieg, dann aber mit einem Abflachen zu rechnen sein [1]. Die mittlere Leistung sagt nichts über die Anteile der einzelnen Leistungsklassen aus. Bild 3 zeigt diese Anteile an der Produktion für die Bundesrepublik in den Jahren 1962, 1971, mit einer Schätzung für 1980 und den USA 1965/66 und 1972. Während bei uns die Leistungsklassen zwischen 34–70 PS ein Maximum aufweisen, wird in einigen Jahren mit 2 Maxima um

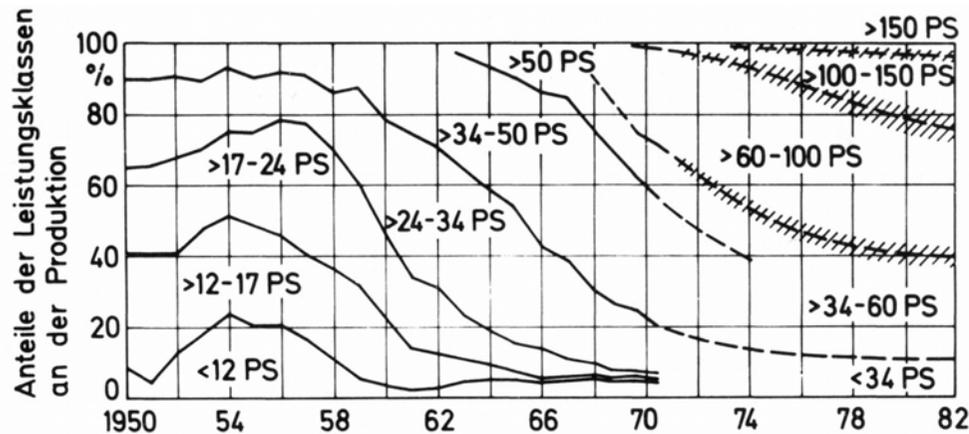


Bild 4: Prozentuale Aufteilung der Ackerschlepperproduktion in der BR Deutschland nach Leistungsklassen in der Zeit von 1950 mit einer Prognose bis 1982

Die Schlepper großer Leistung kommen in erster Linie für die Bodenbearbeitung, Schwertransporte sowie für den Zapfwellenantrieb von Bodenfräsen, Feldhäckslern und gezogenen Vollerntemaschinen bei Vollerwerbsbetrieben und Lohnunternehmen in Betracht. Der Grund für den Anstieg der Leistung ist nicht nur der Wunsch nach höherer Produktivität, sondern auch

1. der Wunsch nach höherer Reserveleistung
2. nach Schonung der Maschinen zur Vermeidung von Reparaturen und
3. der Wunsch, schwere Anbaugeräte verwenden zu können.

Diesen Gründen für die Verwendung immer höherer Leistungsklassen treten mit steigender Leistung, wie schon Wenner bemerkt hat, immer wichtigere Argumente entgegen [2]:

In erster Linie sind es die zu geringen Betriebsgrößen und damit Feldgrößen und Schlaglängen, die einen hohen Effekt sehr leistungsstarker Schleppereinheiten verhindern; aber auch arbeitstechnische Gesichtspunkte, wie die übergroßen Bereifungen und der Mangel an sehr leistungsbedürftigen Zapfwellengeräten, stellen eine Begrenzung dar. Und schließlich sind besonders ausschlaggebend wirtschaftliche Zusammenhänge, wenn die Schlepperkosten bei sinkenden Einsatzstunden pro Jahr stark ansteigen. Damit bleiben Schlepper sehr hoher Leistung den großen Betrieben vorbehalten. Es ist daher noch etwas ungewiß, ob der Anteil von Schleppern > 75 kW (≈ 100 PS) bei unserer anders gearteten Betriebsgrößenstruktur ähnlich stark zunehmen wird, wie es schon jetzt in den USA der Fall ist.

Obere Grenze der Schlepperleistung

Während unsere Gesprächspartner aus der USA und CSSR und die Literatur aus der UdSSR ein immer weiteres Ansteigen der maximalen Schlepperleistungen

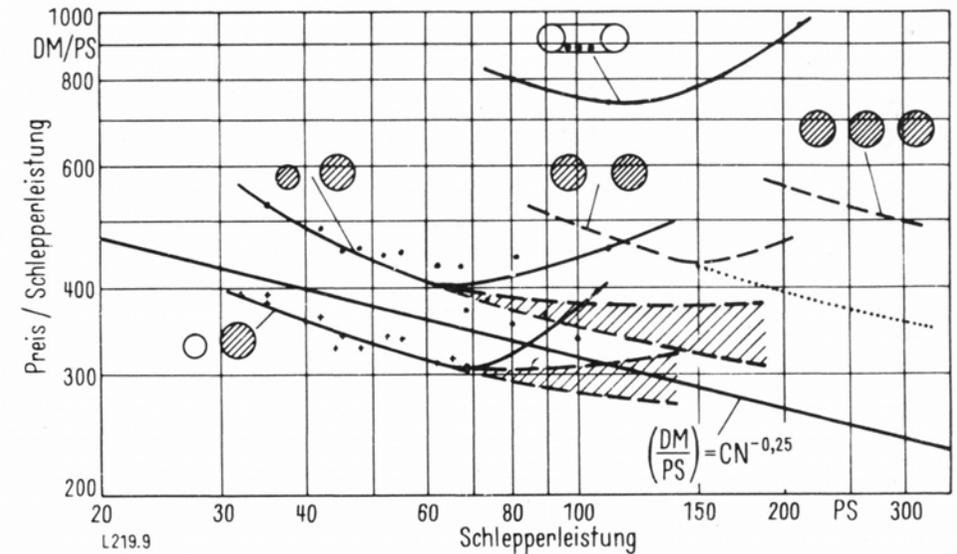


Bild 5: Auf die Motorleistung bezogene Kosten von Schleppern verschiedener Konzeption in Abhängigkeit von der Motorleistung (1970)

prognostiziert, man spricht von 300, 400 ja 600 PS, ist dies bei uns aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wenig wahrscheinlich. In Bild 5 sind die auf die Motorleistung bezogenen Preise DM/PS einer großen Anzahl von Hinterrad- und Allrad Schleppern in Abhängigkeit von der Schlepperleistung angegeben.

Als Folge geringer Stückzahlen steigt bei Schleppern über 80 PS der Preis pro PS wieder an. Dabei spielt auch eine Rolle, daß Schlepper hoher Leistung in der Regel Getriebe mit höherer Gangzahl, teilweise kraftschlüssiger Schaltung, höherem Fahrkomfort, Kabinen und größeren Aufwand für automatische Tiefenregelung haben.

Nach einem Modellgesetz steigt das Gewicht eines Körpers, z. B. eines Traktors, mit der 3. Potenz der Länge, die Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden mit dem Quadrat. Mit zunehmendem Gewicht werden deshalb die Reifen überproportional größer. Man muß daher einen immer größeren Anteil des Gewichts auf die Vorderachse verlagern, wie es bei konventionellen Schleppern mit Vorderradantrieb auch der Fall ist.

Dies führt aber schließlich zu einer Gruppe von Traktoren mit gleichgroßen Front- und Hinterrädern, die entweder Allrad- oder Knicklenkung haben. Diese neue Konzeption hat aber – ähnlich wie beim Übergang vom Hinterrad- zum Allradantrieb konventioneller Schlepper – einen Sprung der auf die Leistung bezogenen Kosten zur Folge, der hier zunächst nur geschätzt ist, da die Baumaschinenpreise dieses Typs nicht als Maßstab genommen werden können.

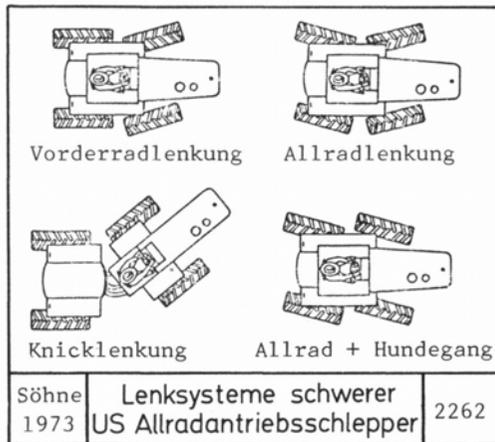


Bild 6:
Lenksysteme schwerer Schlepper mit
Allradantrieb

Auch bei diesem Typ erreicht man schließlich eine obere Grenze, nach der die Motorleistung und das Gewicht bei niedrigem Reifeninnendruck nicht mehr von vier Reifen übertragen werden können. Hier hilft nur der Übergang zum Dreiachs-Schlepper, der bei rd. 11 Tonnen Gewicht und 300 PS erforderlich würde. Für Erdbaumaschinen gelten jedoch andere Überlegungen.

Die Landwirte werden aber schwerlich bereit sein, diesen zusätzlichen Kostensprung zu tragen. Ein zweiter Grund sind die gewaltigen Ausmaße der für einen 300-PS-Schlepper erforderlichen Geräte, die auf Feldwegen und Bundesstraßen nicht mehr zu handhaben sind. Daher ist kaum damit zu rechnen, daß die größten Traktoren in Mitteleuropa die Grenze von 300 PS überschreiten. In trockenen Gebieten der USA und der UdSSR mögen andere Grenzen erreicht werden.

Schlepperbauarten

Die Bauarten schwerer Schlepper unterscheiden sich also vor allem durch ihre Lenksysteme. Bild 6 zeigt Schlepper mit Hinterrad-, Allrad-, Knicklenkung sowie den gleichsinnigen Lenkeinschlag.

1. Standardschlepper, konventionelle hinterradangetriebene Schlepper in Blockbauweise.
2. Geräteträger, welche nur noch für spezielle Pflegearbeiten eingesetzt werden (2 % des Schlepperbestandes). Der Anbau der Zwischenachspflegegeräte dieses Schleppers wurde erleichtert.
3. Allradantriebsschlepper mit kleineren Vorderrädern. Diese aus dem hinterradangetriebenen Standardschlepper abgeleiteten Schlepper werden bis zu hohen Leistungen mit Vorderachslasten bis 47 % des Gesamtgewichts gebaut. Bild 7. Der Allradantrieb kann über eine Lamellenkupplung unter Last zu- oder abgeschaltet werden oder wie bei John Deere hydrostatisch erfolgen.
4. Allradantriebsschlepper mit gleichgroßen Rädern und Vorderradlenkung. Die großen Vorderräder begrenzen den Lenkeinschlag der Achsschenkellenkung. Ihr Anteil ist gering.

5. Allradantriebsschlepper mit gleichgroßen Rädern und Knicklenkung. Diese Schlepperform, aus Baumaschinen hervorgegangen, hat in Westeuropa noch nicht den erhofften Einsatz gefunden. Die Knicklenkung ermöglicht einen kleinen Wendekreis. Bei langen angebauten Geräten und bei Hangfahrten ergeben sich Schwierigkeiten. Jedoch hat sich diese Bauweise bei kleinen Schleppern für Obst- und Weinbau durchgesetzt, bei denen die Anbaugeräte kurz sind und die volle Motorleistung mit relativ kleinen gleich großen Rädern auf den Boden gebracht werden muß.

6. Allradantriebsschlepper mit gleich großen Rädern und Allradlenkung.

7. Frontsitzschlepper mit Allradantrieb (UNIMOG).

8. Schlepper mit Mittelkabine und Pritsche (z. B. Intracsystem).

Anteil der Schlepper mit Allradantrieb

Über allradangetriebene Schlepper habe ich auf der Schlütertagung 1966 gesprochen. Zwischen rund 50–140 PS ist erwartungsgemäß ein Übergang vom Hinterrad zum Allradantrieb eingetreten. Dabei haben nur 15 % der 50 PS Schlepper, 45 % der 80 PS Schlepper, aber 98 % der Schlepper zwischen 110 und 120 PS Allradantrieb, und zwar überwiegend konventionelle Schlepper mit kleineren angetriebenen Vorderrädern.

In den USA erfolgt der Übergang zum Allradantrieb erst bei einer wesentlich höheren PS-Klasse. Ja, man rüstet Hinterradschlepper mit großen Zwillingsreifen und Zusatzlasten aus, um auf diese weniger aufwendige Weise auch sehr hohe Leistungen auf den Boden zu übertragen. Dabei erreichen diese Schlepper Gesamtbreiten von 3,5 m, was bei uns schon die StVZO verbietet.

Allradantriebsschlepper können ihre Motorleistung mit kleinerem Gewicht auf den Boden übertragen als hinterradangetriebene Schlepper. Die Bemühungen um eine Reduzierung des auf die Leistung bezogenen Gewichts lohnen sich eher bei Allradschleppern höherer Leistung und können zu einem bezogenen Gewicht von 30 kp/PS bei Schleppern über 100 PS führen.

Technische Entwicklung der Schlepper Elemente

Schleppermotoren

Der heutige Schleppermotor, wasser- oder luftgekühlt mit Viertakt-Dieselvefahren, hat Direkt-Einspritzung mit einem günstigen Verbrauch von 160–180 gr/PS_h. Ausgehend von meist nur einer oder zwei Zylindergrößen, sind die Motoren nach dem Baukastenprinzip mit (2–) 3–8 Zylindern konstruiert.

Bild 8 zeigt die Verteilung der Zylinderzahl über der Motorleistung. Hier deutet sich, wie wir bei den Schlüterschen Kompaktschleppern sehen, eine Erhöhung der Zylinderleistung an. Die Zylinderleistung der Schlepper älterer Konzeption betrug 10–15 PS mit Bohrung/Hubverhältnissen 95/105 bis 100/120. Die maximalen Drehzahlen lagen in der Regel bei 1800 bis 2200, in Einzelfällen bei 2500 U/min. Mit sechs Zylindern dieser Größe ist eine maximale Leistung von 90 PS zu erzielen. Als man in das Leistungsgebiet über 100 PS aufsteigen und außerdem Schlepper mittlerer Leistung mit 3–4 Zylindermotoren entwickeln wollte, war es notwendig, die Zylinderleistung auf 20 PS, wie bei dem Schlüter-Kompakt-Schlepper, anzu-



Bild 7: Schlüter-Super 1800 TVL

heben. Ohne Aufladung ist dann bei einem 6-Zylindermotor eine Leistung von 120 PS, mit Aufladung von 145 PS und bei einem 8-Zylindermotor eine Leistung von 160 PS, mit Aufladung von 200 PS zu erzielen.

Zur Leistungssteigerung wurden in Amerika schon länger und bei uns nur zögernd Turbolader verwendet, welche die Leistung um 20–25 % steigern. Eine zweite Möglichkeit sind Zwischenkühler, durch welche eine weitere Leistungssteigerung um 15–20 % möglich ist. Hierbei wird die vorverdichtete, warme Ansaugluft zwischengekühlt. Die Verwendung von Turboladern bedingt aber eine generelle Verstärkung der Lager und eine Berücksichtigung der erhöhten Wärmebelastung, d. h. ein Schleppermotor, der mit Turbolader aufgeladen werden soll, muß von vornherein für diese erhöhten Beanspruchungen konstruiert sein.

Einspritzverfahren

Ausgehend von dem MAN-M-Verfahren und anderen ähnlichen Verfahren, ist man bei der Entwicklung der Dieselmotoren von Vorkammern verschiedener Art zur Direkt-Einspritzung nach unterschiedlichen Systemen übergegangen. Dies führte generell zu einer erheblichen Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs. Interessanterweise wird gelegentlich vorgeschlagen, zu einem Vorkammerverfahren zurückzukehren, um dadurch den Lärm zu reduzieren. Dies wäre im gewissen Sinne ein technischer Rückschritt und es ist anzustreben, eher durch Systeme mit verzögerter Verbrennung sowie durch Mehrloch- statt Einloch-Düsen den harten Dieselschlag abzubauen. Im ganzen ist also zu beobachten, daß die klassischen Methoden zur Leistungserhöhung, nämlich Vergrößerung der Drehzahl und der Verdichtung mit Rücksicht auf Lärmemissionen, nicht weiter gesteigert

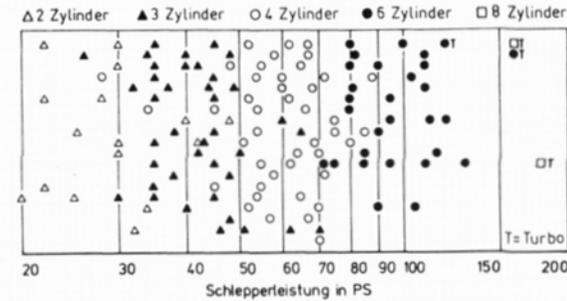


Bild 8: Verteilung der Motorzylinderzahl und ihre Leistungsgrenzen (1970)

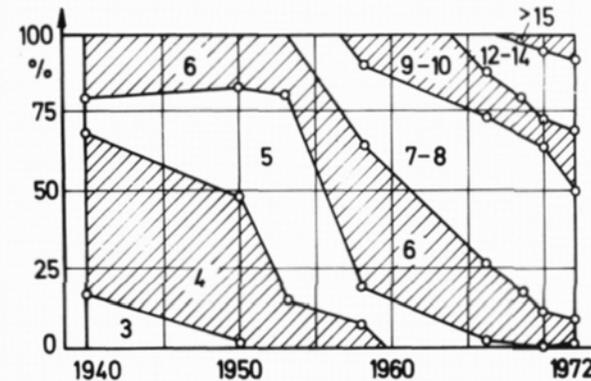


Bild 9: Entwicklung der Gangzahlen von Schleppergetrieben in der Zeit von 1940 bis 1972

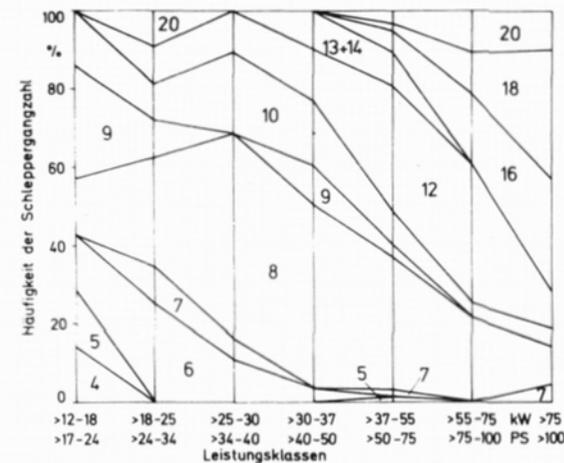


Bild 10: Anteil der Zahl der Schleppergänge in Abhängigkeit von der Motorleistung

werden. Das kann zu einer Auseinanderentwicklung zwischen Lkw- und Schleppermotoren führen. Auch hier kann die Energiekrise andere Prioritäten setzen.

Ackerschleppergetriebe

Die Schleppergetriebe haben eine bemerkenswerte Entwicklung hinter sich, die gekennzeichnet ist durch den Übergang vom nichtsynchronisierten 4–6-Ganggetriebe zum synchronisierten Gruppengetriebe mit 12–20 Gängen. Durch hochwertige Werkstoffe, teilweise Schrägverzahnung, höhere Bearbeitungsgüte konnte die Übertragungsleistung bei gleichen Zahnradimensionen auf ein Vielfaches gesteigert werden.

Bild 9 zeigt einen Rückblick auf die Zunahme der Getriebegänge seit 1940. Bild 10 gibt die derzeitige Verteilung der Gangzahl in Abhängigkeit von der Motorleistung wieder. Daraus ist ersichtlich, daß mit höherer Motor- und Schlepperleistung auch die z. T. wahlweise angebotene Gangzahl ansteigt. Wenn man keine Spezialausführungen, etwa Kriechgänge braucht, erscheinen 12–16 Gänge ausreichend. 8-Ganggetriebe werden möglicherweise allmählich ebenso verschwinden, wie die 4- und 6-Ganggetriebe.

Das folgende Bild 11 zeigt drei Beispiele von Geschwindigkeitsstufen und Gangzahlen verschiedener Schlepper-Gruppengetriebe. Bei dem oberen Getriebe mit 4 x 4 Gängen sind jeweils der erste und zweite und der zweite und dritte Gang

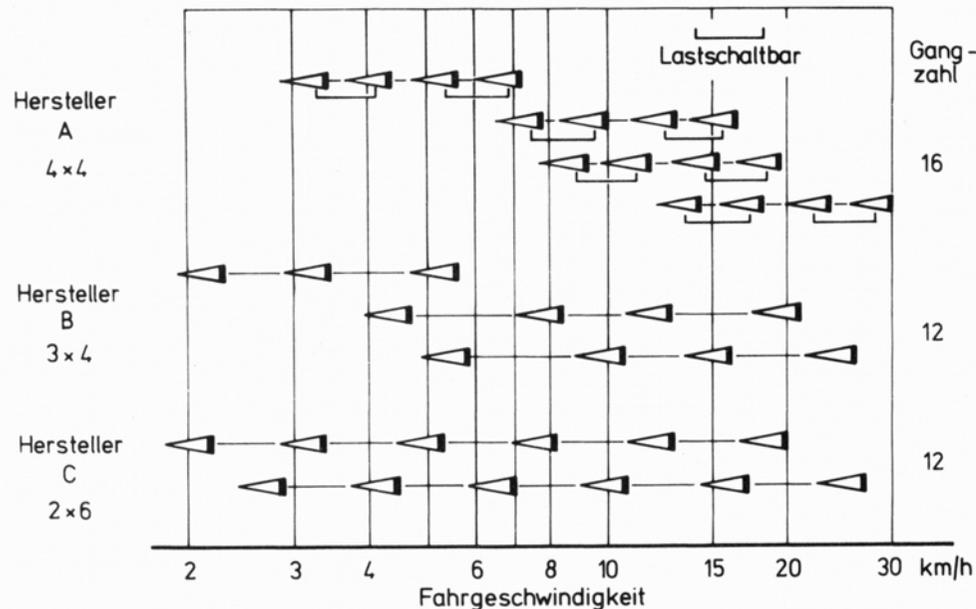


Bild 11: Geschwindigkeitsstufen und Gangzahl von 3 Schleppergruppengetrieben

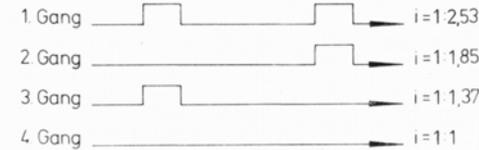
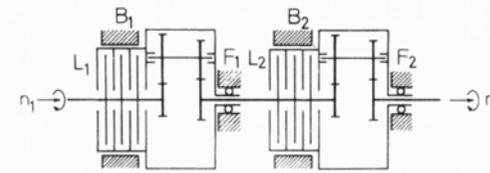


Bild 12: Beispiel eines Lastschalt-Vierganggetriebes Hydra-Shift von David Brown
L₁, L₂ Lamellenkupplungen
B₁, B₂ Bandbremsen
F₁, F₂ Freiläufe
alle mit hydraulischer Betätigung

in jeder Gruppe lastschaltbar. Die Gänge sind besonders dicht in einem Geschwindigkeitsbereich von 7–20 km, was nicht ganz unseren europäischen Arbeitsgeschwindigkeiten entspricht. Das zweite Gruppengetriebe hat 3 x 4 Gänge und schließlich das dritte 2 x 6 synchronisierte Gänge.

Um einen Gangwechsel auf dem Acker unter Last zu erleichtern, wurde schon 1954 von IHC eine zusätzliche Lastschaltstufe „Torque Amplifier“ auf den Markt gebracht. Inzwischen bieten amerikanische und europäische Hersteller mit relativ gutem Verkaufserfolg Getriebe mit zwei unter Last schaltbaren Stufen an, bei denen die Gänge um rund 30% ihrer Geschwindigkeit unternetzt sind und das Drehmoment entsprechend erhöht wird. Darüber hinaus haben sie Getriebe mit mehr als zwei Lastschaltstufen und schließlich Getriebe mit ausschließlich Lastschaltstufen wie das berühmte, wenn auch geschäftlich nicht besonders erfolgreiche „Selectospeed“ von Ford und das „power shift“ von John Deere. Ein weiteres Beispiel ist das Hydra-Shift-Getriebe von David Brown, Bild 12. Es besteht aus zwei Planetensätzen ohne Außenkranz, welche vier verschiedene Geschwindigkeiten ermöglichen und ist mit einem Gruppenschaltgetriebe mit drei Vorwärtsstufen und einer Rückwärtsstufe verbunden. Der Ganghebel betätigt ein Hydraulikventil, dessen Zuleitungen die Betätigungszylinder der Lamellenkupplungen und Bandbremsen an den beiden Planetensätzen mit Drucköl versorgen.

Auf diese Weise können in jeder der vier Stufen des Gruppengetriebes 4 Gänge unter Last geschaltet werden, wodurch 12 Vorwärts- und 4 Rückwärtsgänge zur Verfügung stehen.

Obwohl diese Lastschaltstufen eine Erleichterung der Bedienung mit sich bringen, konnten sie sich aus Preisgründen bei deutschen Ackerschleppern nicht durchsetzen. Hier begnügt man sich in der gehobenen Stufe mit einem 12-Gang-ZF-Getriebe mit zweistufigem vollsynchronisiertem Gruppenwahlgetriebe mit synchronisiertem Rücklauf für bequemes Reversieren und einem bis auf den ersten und zweiten Gang synchronisierten 6-Gang-Schaltgetriebe. Es befriedigt hohe An-

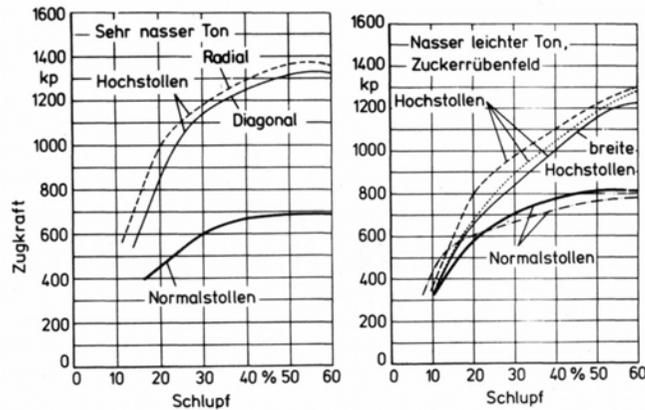


Bild 13:
Triebkraft von Hofka-Hochstollenreifen in Radial- und Diagonalbauweise im Vergleich zu Normalstollenreifen nach Terpstra [4]

sprüche bezüglich Gangzahl und Schaltkomfort und läßt Allradantrieb und Zapfwelle unter Last schalten.

Also nicht technische Probleme, sondern die Kosten begrenzen den Einsatz. Lastschaltbare Getriebe soll man jedoch immer dort verwenden, wo es einfach möglich ist, z. B. bei der Zapfwelle, beim Vorderradantrieb, beim Mähbalken etc. und bei der Differentialsperre.

Die Stufengetriebe haben einen so hohen Stand erreicht, daß weder von der Werkstoffseite noch von der Fertigung her mit großen Verbesserungen zu rechnen ist. Es sei denn, daß man viel teurere Verfahren anwendet, wie Schleifen vor Härten, optimaler Schrägungswinkel, Kugelstrahlen des Zahngrundes, Ausschneiden des Zahngrundes mit Protuberanz-Werkzeug, um Riefen zu vermeiden usw.

In Zukunft dürften bei Schleppern hoher Leistung wohl die 12–16 Ganggetriebe mit 2–4 Teillaststufen und Synchronisation der übrigen dominieren, solange nicht die Hydrostatik zum Durchbruch kommt.

Stufenlose Getriebe: hydrodynamische und hydrostatische Wandler

Während hydrodynamische Wandler sich bei Ackerschleppern im Gegensatz zu Baumaschinen nicht bewährt haben, werden hydrodynamische Kupplungen sowohl von Fendt wie von Schlüter in Schlepper eingebaut. Ihre Vorteile sind, sanftes Anfahren mit Abschwächung der Drehmomentspitzen bei praktischer Verschleiß- und Wartungsfreiheit.

Seit 20 Jahren bemüht man sich um stufenlose hydrostatische Getriebe bei Ackerschleppern. Sie bestehen bekanntlich aus Ölpumpe und Ölmotor meist in Schrägzylinder- oder Schrägscheiben-Kompakt-Bauart, wobei die Übersetzung durch Verstellen des Hubvolumens je einer Einheit oder besser beider Einheiten besteht. Obwohl die Hydrostatik in der allgemeinen Technik und auch in der Landtechnik, z. B. bei Fahrgetrieben für Mähdrescher eine große Bedeutung gewonnen hat und obwohl deutsche und englische Firmen sich gründlich mit dem Einsatz der Hydro-

statik in Schleppergetrieben beschäftigt haben – ich erinnere an die Pionierarbeit der Fa. Eicher – konnten sie sich bis jetzt in Deutschland nicht durchsetzen. Auch in den Vereinigten Staaten, wo die Fa. International Harvester seit längerer Zeit Schlepper mit hydrostatischem Getriebe anbietet, haben sie nur einen recht kleinen Verkaufsanteil. Entscheidender Grund für den geringen Erfolg waren die Mehrkosten, die bei IHC rund 20 % der Schlepperkosten betragen. Ferner erreicht der Wirkungsgrad nur in einem mittleren Drehzahlbereich ein Maximum von etwa 80 %. Er fällt sehr stark zu niedriger, aber auch beträchtlich zu höherer Drehzahl hin ab. Für Transportarbeiten wird der Schlepper besonders bei hoher Drehzahl eingesetzt, so daß man hier einen Leistungsverlust durch schlechten Wirkungsgrad ungern in Kauf nimmt.

Anders ist die Situation bei Mähdreschern, die keine eigentliche Zugleistung vollbringen, sondern sich nur selber fortbewegen. Hier kommen die Vorteile der stufenlosen Regelung der Geschwindigkeit voll zur Wirkung.

Trotz des geringen Erfolgs bei Traktoren glaube ich nicht, daß die endgültige Entscheidung zu Ungunsten eines hydrostatisch stufenlosen Getriebes bereits gefallen ist. Es könnte an Bedeutung gewinnen, wenn nicht nur die Pflugtiefen-, sondern auch die Motorleistung der Schlepper geregelt werden soll, um sie immer mit einer bestimmten optimalen Höchstleistung, beispielsweise 85 % der maximalen Leistung beim Pflügen, einzusetzen.

Lenkung

Was die Lenkung zukünftiger Ackerschlepper betrifft, so wären für die Geschwindigkeiten unter 30 km/h rein hydrostatische Lenkungen ausreichend, während Spindel-Hydrolenkungen für Fahrzeuge über 30 km/h und auch für Ackerschlepper eines gehobenen Niveaus in Frage kommen. Der Mehrpreis beträgt für die Spindel-Hydrolenkung mit 1400 DM gegenüber hydrostatischer Lenkung rund 550 DM.

Reifen

Schlepper hoher Leistung erfordern Reifen der Dimensionen 18,4/15-38 bis 23,1/18-34, die zunächst in Deutschland nicht zur Verfügung standen und von den USA, später auch von Michelin geliefert wurden. Über Reifen habe ich früher gesprochen [3]. Ergänzend sollen hier nur die guten Erfolge von Reifen mit extrem hohen Stollen auf nassen Marsch- und holländischen Polderböden, Bild 13, erwähnt werden. Dort konnte die Triebkraft mit diesen Spezialreifen nahezu verdoppelt werden, während sie für trockene feste Böden keine Vorteile bringen [4]. Ferner soll hier wiederholt werden: Die Reifen sind es, die mit steigender Leistung zunächst zum Allradantrieb mit gleichgroßen Rädern führen und dann die Schleppergröße nach oben überhaupt begrenzen.

Schlepperhydraulik

Die Hubkraft der Kraftheber und die Hydraulikleistung wurde permanent gesteigert. Sie muß bei uns dem höheren Gewicht der Anbau- und Aufsatteldrehpflüge (anstelle der leichteren Beetpflüge in den USA) entsprechen. Ein vierschariger Anbaudrehpflug wiegt z. B. rund 220 % und ein Aufsatteldrehpflug rund 300 % eines vierscharigen Anbaubetpfluges.

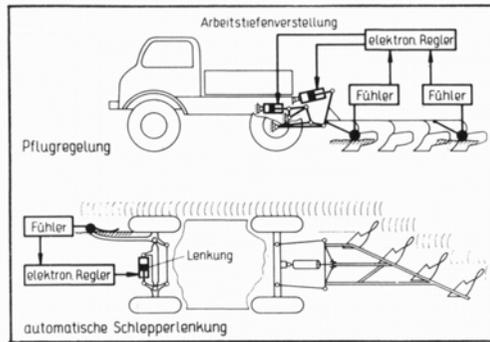


Bild 14:
Pflugregelung und automatische
Schlepperlenkung nach Hesse u. Möller

Automatisierung

Bei der Weiterentwicklung des Schleppers, wie auch bei den übrigen landwirtschaftlichen Maschinen, wird eine Automatisierung bestimmter Regelvorgänge besonders mit Rücksicht auf die Arbeitsqualität und die Verbesserung der Arbeitsbedingungen notwendig sein. Je höher die Leistung eines Schleppers oder einer Arbeitsmaschine, wie eines Mähdreschers, wird, um so höher wird die psychische Belastung des Fahrers, der diese Maschine optimal bedienen soll. Hiervon kann er durch teilweise Automatisierung mit Hilfe der Hydraulik und Elektrohydraulik entlastet werden. Ein Beispiel ist die Entlastung von der Lenkung des Fahrzeugs, die permanente Aufmerksamkeit erfordert. Im Institut für landtechnische Grundlagenforschung in Völkrode wurde ein Schlepper mit einer automatischen Lenkung ausgerüstet. Als Leitlinie hier wurde die Pflugfurche benutzt, die mit einem einfachen Tastbügel abgetastet wurde. Bild 14 zeigt eine Pflugregelung mit zwei Fühlern vorn und hinten am Pflug sowie eine automatische Schlepperlenkung entlang einer Furchenwand nach Hesse und Möller. Eine Möglichkeit für die automatische Lenkung z. B. beim Mähdrescher kann einmal das Abtasten der stehenden Getreidewand durch einen breiten Schnittkantenfühler sein. Die zweite Möglichkeit ist, bei jedem Arbeitsgang eine Rille in den Boden zu ziehen und diese durch einen Fühler abzutasten.

Elektrische Geber zur Signalisierung der Funktion der Arbeitsgeräte können die Überschreitung der zugelassenen Hangneigung, Entlastung der Vorderachse, Menge der Bunkerladung, die richtige bzw. schlechte Funktion von Arbeitselementen, wie die Aussaatorgane der Drillmaschinen, übermäßigen Kornverlust im Stroh beim Mähdrescher anzeigen.

Die Tiefenregelung in verschiedenen Systemen der Kraft-, Lage- und Mischregelung hat sich weltweit durchgesetzt. Die Tastregelung, die nicht mehr gebaut wird, wäre an und für sich ideal, da sie die wirkliche Furchentiefe als Regelgröße benutzt. Ihr Nachteil ist die Notwendigkeit, ein Tastrad mitlaufen zu lassen. Wenn man sowohl konstante Tiefe wie konstante Motorleistung haben will, müßte man für die Tiefe die Tastregelung und für die Motorleistung die Geschwindigkeitsregelung über ein stufenloses Getriebe verwenden. Die Geschwindigkeitsregelung in Ab-

hängigkeit von der Belastung führt zu einer Steigerung der Leistung, weil die Traktoren immer mit einem bestimmten optimalen Ausnutzungsgrad belastet werden. Auch bei selbstfahrenden Arbeitsmaschinen kann eine Geschwindigkeitsregelung in der Weise erfolgen, daß die Maschine in dem Bereich des optimalen Durchsatzes bei gerade noch zulässigen Verlusten arbeitet.

Ferngesteuerte Maschinen und Traktoren sollen hier nicht betrachtet werden, da sie in naher Zukunft noch keine Rolle spielen werden. Einer der bemerkenswerten Erfolge der letzten Jahre ist die Erhöhung der Schlepperumsturzrisiko durch Sicherheitsrahmen bzw. durch Kabinen. Unglücklicherweise wird es aber noch Jahre dauern, bis die nicht mit Sicherheitsbügel ausgerüsteten Traktoren vom Acker verschwinden, denn die mittlere Lebensdauer eines Traktors liegt in der Größenordnung 19 ± 7 Jahre, wenn auch die „aktive“ Einsatzzeit wesentlich geringer ist.

Schlepperschwingungen

Die klassische Schlepperkonzeption (Blockbauweise) ist unter Umständen im Hinblick auf die Anforderungen des Menschen revisionsbedürftig. Beim Schlepper sind es mechanische und akustische Schwingungen. Die Schwingungsmessungen am Schlepperaufbau zeigen, daß der ungefederte Reifen im Bereich von 2,5 bis 4 Herz die Fahrbahnunebenheiten vergrößert und das ist gerade der Bereich, in dem der Mensch durch die Eigenfrequenz des sitzenden, schwingenden Oberkörpers und des an Bändern aufgehängten Magens besonders empfindlich ist. Hier ist eine Reduzierung der Eigenfrequenz des Schlepper-Hinterreifens in den Bereich unter 2 Herz und eine Reduzierung des Vergrößerungsfaktors anzustreben. Ein erster Schritt zu größerem Fahrkomfort, waren Schleppersitze mit einem Federweg bis 100 mm und weicherer Federkennlinie im mittleren Anstiegsbereich, dadurch geringere Eigenfrequenz. Der zweite Schritt war die Schlepperkabine mit großer Frontscheibe, Schiebetüren sowie großem Fahrerraum.

Eine drastische Reduzierung der Sitzschwingungen können aktive Federungssysteme bringen. Darunter ist eine geregelte Nachführung des Sitzes zu verstehen. Bild 15 zeigt eine Prinzip-Skizze des hydraulisch geregelten Sitzes nach Göhlich und Köpper. Hierbei werden die Störgrößen, also die Schwingungen des Fahrzeugchassis und der Rückkopplungs-Eingang in das hydraulische Ventil so eingegeben,

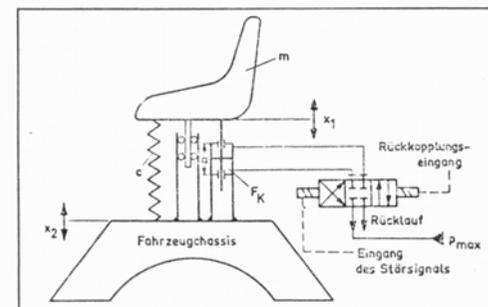


Bild 15:
Prinzip-Skizze eines hydraulisch
geregelten Sitzes nach Göhlich und
Köpper

daß der Sitz nahezu immer in gleichmäßiger Höhe gehalten wird. Das gleiche System kann man auch für eine Kabine verwenden, um gleichzeitig mit den Vertikal-schwingungen auch Wank- und Nickschwankungen fernzuhalten. Eine solche aktive Regelung hat jedoch nur dann Erfolgsaussichten, wenn es gelingt, die hydraulischen Elemente noch preisgünstiger herzustellen; die elektrischen, also z. B. Geber und Integratoren, werden wahrscheinlich sowieso billiger.

Schlepperlärm

Besondere Anstrengungen müssen auf dem Gebiet der Lärmverminderung sowohl in der Kabine wie auch der Schallemission nach außen gemacht werden, da die Benutzer und auch der Gesetzgeber auf Grund des Arbeitsschutzgesetzes höhere Anforderungen stellen werden. Die jetzige Lärmemission von 90–95 dB(A) bei 75 % der Nennzahl führt im Laufe eines Arbeitstages zu einer allerdings über Nacht wieder verschwindenden Vertäubung. Im Laufe der Jahre kann sich aber eine

Typ	kW	n	Zyl	Kühlung	Gesamtgeräusch
O	44	2200	3	Wasser	89 dB(A)
C	49	2300	4	Luft	91 --
D200	41	4200	4	Wasser	71 --

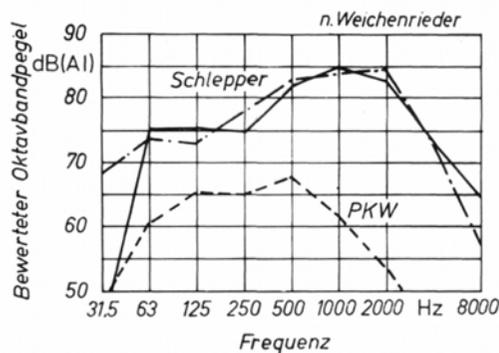


Bild 16: Geräuschpegel von 2 Ackerschleppern luft- und wassergekühlt sowie eines Pkw mit Dieselmotor

permanente, frühzeitige Schwerhörigkeit einstellen. Bild 16 zeigt den Geräuschpegel von Schlepper und PKW klassifiziert nach der Tonfrequenz am Fahrerohr, wobei jeweils das Spektrum eines Oktavbandes in Dezibel (dB) gemessen und auf das Hör-Empfinden des Menschen dB(A) reduziert wird. Das Gesamtgeräusch beträgt bei dem luft- und wassergekühlten Schlepper 91 bzw. 89 dB(A), während der Mercedes-Diesel nur ein Gesamtgeräusch von 71 dB(A) erreicht. Diese Werte wurden bei 75 % der maximalen Drehzahl im Stand ohne Belastung am Fahrerohr gemessen. Die Messungen von Weichenrieder [5] zeigen deutlich, daß weniger die Zugkraft, als vielmehr die Motordrehzahl entscheidend für die Geräuschentwicklung eines Schleppers ist. Mit zunehmender Drehzahl von 1000 auf 2000 steigt das Gesamtgeräusch von 78 auf 92 dB(A), d. h. um 1,4 dB(A) bei jeder Drehzahl-erhöhung um 100 U/min oder bei Zunahme der Zugkraft um jeweils einviertel der maximalen Zugkraft ebenfalls um ein dB(A).

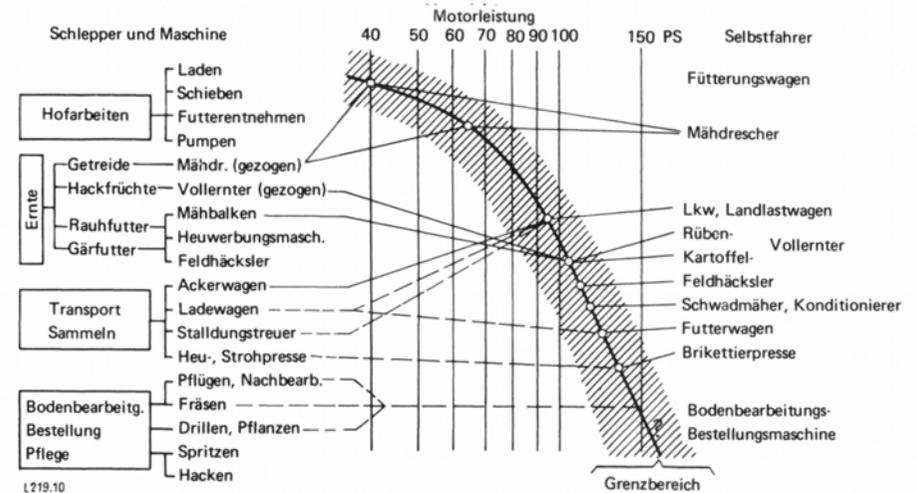


Bild 17: Gegenüberstellung der Kombination Schlepper + Landmaschine mit der selbst-fahrenden Landmaschine für verschiedene landwirtschaftliche Arbeiten und Übergangs-Grenzbereich in Abhängigkeit von der Schlepperleistung.

In der Zukunft kommt es darauf an, die Isolation gegen Lärm und Hitze weiter zu verbessern. Eine spürbare Minderung des Schleppergeräusches kann nur durch eine völlig abgekapselte Kabine erzielt werden, die gummiisoliert gelagert sein muß. Dabei muß Sorge getragen werden, daß die Öffnungen für Bedienelemente entweder dichter verschlossen werden oder ganz wegfallen. Das kann durch Verwendung elektro-hydraulischer Bediensysteme für Lenkung, Bedienung und Steuerung vom Motor und Antriebs-elementen geschehen. Hierdurch kann gleichzeitig wirkungsvoll die Belastung durch Staub und Hitze vermindert werden, wenn die Luft durch groß bemessene Filter eingeführt wird.

Neue Traktorsysteme: Das Intrac-System

Das Intrac-System von KHD hat die klassische Schlepperblockbauweise aufgegeben und ist gekennzeichnet durch:

1. einen gummiisoliert aufgehängten Unterflurmotor mit Getriebe mit hydrostatischer Kraftübertragung
2. gleichwertige Front- und Heckanbau-räume für Geräte mit Schnellkupplern, Zapfwellen und Hydraulikanschlüssen
3. eine Plattform zum Aufbau von Behältern für flüssiges und körniges Gut, eine von Gummielementen gehaltene geräumige Kabine mit Lüftung und Heizung. Dazu gehört eine „Full-line“ in das System integrierter Landmaschinen.

Damit sind Voraussetzungen gegeben, das Geräuschniveau schnelllaufender Dieselmotoren großer Leistung erheblich zu senken, die Geschwindigkeit automatisch stufenlos optimal zu regeln und später evtl. das Traktorchassis zu federn.

Andererseits muß dieses System mit den hochentwickelten, preisgünstigeren konventionellen Schleppern konkurrieren. Auch wenn dies den augenblicklichen Erfolg beeinträchtigt, dürfte die weiterzuentwickelnde neue Konzeption auf die Dauer einen Marktanteil gewinnen.

Tellweiser Ersatz von Schlepper mit Landmaschine durch die „Selbstfahrer“

Der Universalschlepper von 1960, der in Verbindung mit gezogenen oder von der Zapfwelle angetriebenen Landmaschinen sämtliche in der Landwirtschaft vorkommenden Feldarbeiten übernahm, hat eine ernsthafte Konkurrenz durch die selbstfahrende Landmaschine bekommen. In der Darstellung von Bild 17 wird versucht, den Bereich von Schlepper und Maschine in Abhängigkeit von der Motorleistung von dem des Selbstfahrers zu trennen. Das Bild zeigt auf der linken Seite fünf Gruppen von Schlepperarbeiten, mit Angaben über die vom Schlepper gezogenen oder angetriebenen Erntemaschinen.

Der Übergang zum Selbstfahrer ist gerechtfertigt, wenn

1. die Kosten für Motor und Fahrtrieb wesentlich kleiner sind als die der eigentlichen Landmaschine selbst. Dieser Kostenanteil sinkt mit steigender Leistung und Feldkapazität der Maschine und ist um so kleiner, je komplexer die Maschine ist, wie z. B. der Mähdrescher,

2. wenn die Maschine möglichst mit ihrer maximalen Saison-Kapazität ausgenutzt wird, wie beim Großbetrieb und beim Lohnunternehmer, d. h. die Mehrkosten durch Produktivitätssteigerung ausgeglichen werden.

Als erste Maschine wurde der gezogene Mähdrescher durch den Selbstfahrer-Mähdrescher nahezu verdrängt. Im Gegensatz dazu sind die Vollerntemaschinen für Hackfrüchte vorläufig noch zu 98 % gezogene Maschinen. Hier lohnt der Selbstfahrer erst bei mehrreihigen Maschinen mit einer Motorleistung um 100 PS. Auch selbstfahrende Schwadmäher und Konditionierer sowie Feldhäcksler werden wohl erst im Bereich zwischen 100 und 150 PS aktuell.

Ein Teil der Transporte wird in Zukunft durch Lkw und Landlastwagen, die den Ackerwagen, Ladewagen und Stalldungstreuer ersetzen können, übernommen. Die Brikettierpresse erfordert so große Leistungen, daß hierfür von vornherein nur der Selbstfahrer oder stationäre Pressen in Frage kommen.

Nach wie vor bleiben aber die Bodenbearbeitung und Pflegearbeiten die Domäne des Schleppers. Auf Grund der Betriebsstruktur und der sich daraus ergebenden Leistungsgrenzen, bleibt in einer überschaubaren Zukunft der Schlepper die wichtigste Energiequelle für die meisten Feldarbeiten. Der Einsatz von Flugzeugen für Düngung und Schädlingsbekämpfung wird steigen. Manche Autoren geben auch dem Luftkissenfahrzeug gewisse Chancen.

Schrifttum

- [1] Söhne, W.: Versuch einer Prognose der Leistung und Produktion von Acker-schleppern sowie ihrer konstruktiven Weiterentwicklung
Grundlagen der Landtechnik, Bd. 22 (1972) Nr. 6, S. 161–165
- [2] Wenner, H.-L.: Chancen und Grenzen leistungsstarker Schlepper
Landtechnik von morgen, Folge 12 (1973)
- [3] Söhne, W.: Wechselbeziehungen zwischen Schlepperleistung, Reifenabmes-sungen und Ackerboden
Landtechnik von morgen, Folge 8
- [4] Terpstra, J.: Performance characteristic of deep lug tires. Proceedings of Inter-national Conference „Perspectives of Agricultural tractor development“, War-schau, Sept. 1973
- [5] Weichenrieder, A.: Über die Untersuchung zur Belastung des Schlepperfahrers durch Lärm
Diplomarbeit am Inst. für Landmaschinen, TU München und MPI, Bad Kreuz-nach 1973. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 23 (1973) Nr. 5, S. 121–128

Wirkungen moderner Bodenbearbeitungsgeräte auf das Bodengefüge

von Dipl.-Ing. agr. Harry Knittel, Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Das Ziel der Bodenbearbeitung ist es, ein optimales Saatbett herzustellen. Als bestes Gerät für diese Aufgabe hat sich in der Vergangenheit die Gerätekombi-nation von Egge und Kombikrümler erwiesen. Als Alternative zu den konventio-nellen Geräten bieten sich aufgrund arbeitswirtschaftlicher Forderungen und tech-nischer Entwicklungen – vor allem aufgrund zunehmender Schlepperstärke – Bodenbearbeitungsgeräte an, die in einem Arbeitsgang ein fertiges Saatbett her-stellen können. So gehören seit einigen Jahren die Rüttel- und Kreiselegge, aber auch die Fräse als Sekundärbearbeitungsgerät und der Feingrubber neben anderen zu den aktuellen Geräten der Saatbettbereitung.

Mit der Einführung dieser neuen Geräte, die durch Variation der Vorfahrt, der Zapfwellendrehzahl oder der Getriebeumschaltung verschieden starke Zerkleinerungseffekte erzielen können, stellt sich die alte Frage nach der „optimalen Krümel-größe“; denn Größe und Form der zerkleinerten Aggregate bestimmen durch die räumliche Aneinanderlagerung das Bodengefüge. Die Hohlräume zwischen den Aggregaten bilden ein Porensystem, das teils mit Wasser und teils mit Luft gefüllt ist. Da dieses Gefüge den Luft- und Wasserhaushalt kontrolliert, ist das Ausgangs-stadium der zerkleinerten Ackerkrume für die Keimung, das Wurzelwachstum und die gesamte Pflanzenentwicklung von primärer Bedeutung.

Wenn man die bodenphysikalischen Eigenschaften eines „optimalen Saatbettes“ definieren soll, müssen diese Eigenschaften den Luft- und Wasserhaushalt, aber

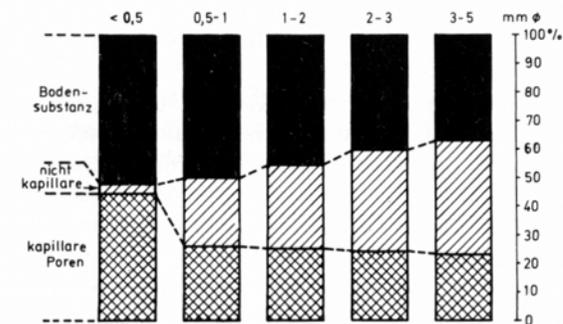
auch die Temperaturverhältnisse berücksichtigen. Da die Temperatur durch das Verhältnis von Bodensubstanz, Luft- und Wassergehalt bestimmt ist, möchte ich in diesem Referat nur auf die Kriterien eingehen, die den Luft- und Wasserhaushalt beeinflussen. Dies sind im Bodengefüge die luftführenden Grobporen, die wasserführenden kapillaren Poren und die Porenkontinuität, die als Durchlässigkeit gemessen wird. Eine vierte Eigenschaft, die man bei der Beurteilung des Saatbettes beachten sollte, ist die Gleichmäßigkeit der Ackerkrume, die für einen gleichmäßigen Aufgang und gleichmäßige Entwicklung eines Bestandes notwendig ist.

1. Aggregatgröße und Bodengefüge in Modellversuchen

Bereits vor etwa 50 Jahren hat man daher versucht, die Beziehung zwischen Aggregatgröße und Bodengefüge herzustellen. Dojarenko (1926) hat in Modellversuchen einen Boden in verschiedene Aggregatgrößen abgeseibt und die getrennten Aggregate in Töpfen mit Weizen bebaut. Bei dem Aggregatdurchmesser von 1–2 und 2–3 mm erhielt er den höchsten Ertrag. Neuere Versuche von Grable und Siemer (1968), Kain und Agrawal (1970) bestätigen, daß bei diesem Aggregatdurchmesser die günstigsten Luft- und Wasserverhältnisse für ein optimales Pflanzenwachstum herrschen. So steigt mit der Aggregatgröße der Luftgehalt, während der Wassergehalt zurückgeht, d. h. im Porensystem werden die wasserführenden Poren zugunsten der luftführenden Poren vermindert. Daraus resultiert eine bessere Luftdurchlässigkeit des Bodens und Sauerstoffversorgung der Pflanzenwurzeln (Bild 1).

In weiterführenden Versuchen zeigte Dojarenko, daß bei Aggregatmischungen der zunehmende Anteil von Aggregaten < 0,25 mm Durchmesser die luftführenden Poren vermindert. An diesen künstlich hergestellten Bodenverhältnissen sollte nur die grundsätzliche Tendenz demonstriert werden. Es sollte gezeigt werden, daß nicht die Größe von 1–2 mm die optimale Krümelgröße darstellt, sondern daß bei dem Durchmesser von 1–2 mm die Porenverhältnisse von 30 % nichtkapillare und

Porenverteilung bei steigendem Aggregatdurchmesser
(nach Dojarenko, 1926)



Luft-permeabilität	12,2	95,4	93,8	90,0	100,0	% der max. Perm.
O ₂ - Gehalt	5,4	18,6	19,3	19,4	21,0	% O ₂ - Gehalt

Bild 1: Mit dem Aggregatdurchmesser erhöht sich der Anteil nicht-kapillarer, luftführender Poren ($\phi > 10 \mu$).

Aggregatgrößenverteilung bei unterschiedl. Saatbettvorbereitung
(Verschiedene Sekundärgeräte nach dem Scharpflug)

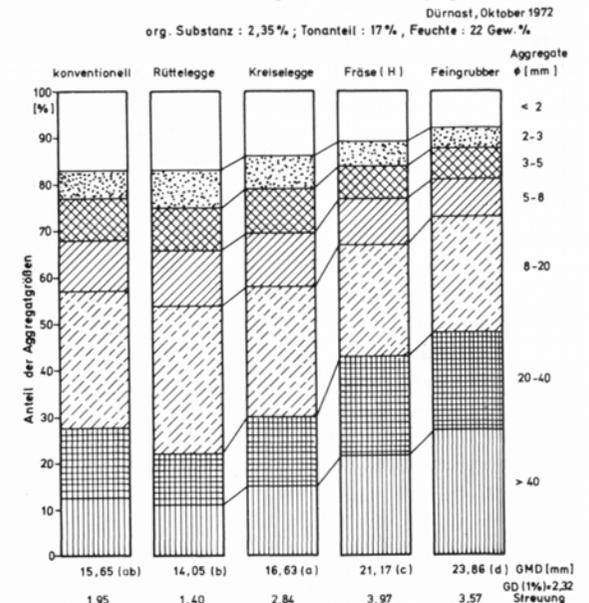


Bild 2: Rüttel- und Kreiselege haben nahezu den gleichen Zerkleinerungseffekt wie die konventionelle Geräte-Kombination, Feingrubber und Fräse stellen ein gröberes Saatbett her.

25 % kapillare Poren ein optimales Pflanzenwachstum hervorrufen. Andere bodenphysikalische Untersuchungen auf dem Acker haben ergeben, daß für eine ausreichende O₂-Versorgung der Wurzeln der Anteil der nichtkapillaren Grobporen über 8 % liegen sollte, (Bayer, 1949; Miller und Mazurak, 1958; Boguslawski und Lenz, 1960; Czeratzky, 1972).

In unseren gemäßigt feuchten Klimagebieten ist auf einem Großteil der Anbaufläche die O₂-Versorgung, nicht die Wasserversorgung der Ackerkrume zu verbessern. Nachdem für die Luftverhältnisse im Boden ein Anhaltspunkt gegeben ist, stellt sich die Frage, wie dieser Zustand erreicht werden kann. Das wiederum führt zu einer Prüfung der Bodenbearbeitungsgeräte, auf den Zerkleinerungseffekt der Werkzeuge und auf die Rückwirkung auf das Bodengefüge.

2. Aggregatgröße und Bodengefüge in Feldversuchen

An drei Standorten wurden daher mit den zapfwellengetriebenen Eggen, Fräsen, dem Feingrubber in einem Arbeitsgang das Saatbett hergerichtet und zugleich ausgesät. Zum Vergleich wurde nach der konventionellen Art in mehreren Arbeitsgängen eine Parzelle bearbeitet und bestellt. Die Böden kann man als Aueboden (tL), Löß-Parabraunerde (tL) und Pseudogley-Parabraunerde (tL) ansprechen. Der Zerkleinerungseffekt der Geräte wird durch Absieben einer bestimmten Bodenmenge und die Auswirkungen auf das Bodengefüge mit Hilfe der Stechzylinder gemessen.

2.1 Zerkleinerungseffekt verschiedener Geräte

Zunächst soll der Zerkleinerungseffekt aufgezeigt werden. In Bild 2 sind die Aggregatgrößen prozentual angegeben. Unterschiede zwischen den Geräten treten hauptsächlich in der größten und feinsten Fraktion auf. So nimmt der Anteil der Aggregate > 40 mm von der Rüttelegge über die konventionelle Gerätekombination, Kreiselegge, Fräse und Feingrubber ständig zu, während der Anteil der Aggregate < 2 und 2–3 mm abnimmt. Die mittleren Fraktionen sind dagegen bei allen Geräten gleich. Faßt man alle Aggregatfraktionen in einem mittleren Durchmesser (GMD nach van Bavel, 1949) zusammen, dann ergibt sich für den Zerkleinerungseffekt folgende Abstufung in Tabelle 1:

Tabelle 1

Mittlerer Durchmesser (GMD) und Streuung(s) verschiedener Geräte (Pseudogley-PB)

	GMD (mm)	Streuung(s)
Rüttelegge	14,05 (a)	1,40
konventionelle Gerätekombination	15,65 (ab)	1,95
Kreiselegge	16,63 (b)	2,84
Fräse (H)	21,17 (c)	3,97
Feingrubber	23,86 (d)	3,57
GD (1 %) =	2,32	

Absiebergergebnisse auf den anderen Standorten (Aueboden und Löß-Parabraunerde) ergeben die gleiche Gruppierung.

Rüttelegge und Kreiselegge unterscheiden sich vom konventionellen Verfahren kaum, während der Feingrubber in einem Arbeitsgang und die Fräse (H) ein größeres Saatbett herstellen.

Ein Kriterium für die Gleichmäßigkeit des Saatbettes – eine Voraussetzung für gleichmäßigen Aufgang eines Bestandes – ist die Streuung des Mittleren Durchmessers. Bei den gegebenen Verhältnissen der Pseudogley-Parabraunerde zeigt sich, daß die Streuung mit zunehmender Aggregatgröße ansteigt, d. h. die Homogenität der Ackerkrume nimmt ab, und somit ist ein gleichmäßiger Aufgang nicht mehr gesichert (Tab. 1).

2.2 Das Bodengefüge nach unterschiedlicher Oberflächenbearbeitung

In Modellversuchen zeigte sich, daß die Aggregatgröße einen starken Einfluß auf die Porenverteilung ausübt, in Feldversuchen können Unterschiede zwischen den Bearbeitungsgeräten nicht so klar auftreten, da die Witterungseinflüsse und Einflüsse endogener Bodeneigenschaften – wie z. B. die Aggregatstabilität – stärker zur Wirkung kommen als der Zerkleinerungseffekt. Dennoch besteht eine gesicherte

Beziehung zwischen dem Mittleren Durchmesser und dem Grobporenanteil ($r = 0,66^{xx}$). So erhöht sich in dem untersuchten Bereich der Grobporenanteil mit zunehmender Aggregatgröße.

Bei einem direkten Gerätevergleich läßt sich eines am deutlichsten feststellen: Der Anteil der Grobporen, der ja nach Bodentyp bis zum Ende der Vegetationsperiode unter 15 % sinken kann, wird durch das Pflügen und die Saatbettbereitung um 10 % erhöht, während die kapillaren Poren etwa um 5 % vermindert werden. Die Geräte selbst haben in etwa die gleichen Effekte auf das Bodengefüge (Bild 3). Während bei der Porenverteilung nur geringfügige Unterschiede auftreten, fällt die konventionelle Gerätekombination durch eine verminderte Durchlässigkeit auf, die Rüttelegge durch eine erhöhte.

Bei der konventionellen Bearbeitung kommt die verdichtende Wirkung des Schleperrades und der nachlaufenden Wälzlegge zum Ausdruck, die durch das mehrmalige Befahren des Ackers bis zur Aussaat verursacht wird. Die höhere Durchlässigkeit bei der Rüttelegge kann auf einen stärkeren Entmischungsvorgang der Aggregate zurückgeführt werden. Denn durch die rüttelnde Bewegung der Zinkenbalken fallen besonders die kleinen Aggregate nach unten, so daß diese beim Aufbau des Bodengefüges in der Zone der Saatgutablage nicht beteiligt sind.

Wenn die einzelnen Geräte trotz unterschiedlicher Zerkleinerung den gleichen Effekt auf das Bodengefüge ausüben, die Gleichmäßigkeit der Zerkleinerung aber Unterschiede aufzeigt, dann müßten die Geräte den Vorzug erhalten, die ein homogeneres Saatbett erzeugen. Da aber bei der Geräte koppung – Zerkleinerungswerkzeuge und Sämaschine – die Saatgutablage durch entsprechende Säverfahren auf die verschiedenen Zerkleinerungsgrade abgestimmt wurden, können die Geräte der Minimalbestelltechnik als gleichwertig betrachtet werden.

Im allgemeinen liegt das Porenvolumen bei allen Geräten zu Beginn der Vegetationsperiode zwischen 51 und 54 %. Davon entfallen auf die Grobporen etwa 30 %, auf die kapillaren Poren etwa 25 %. Bei dieser Porenverteilung in den oberen 10 cm der Ackerschicht kann mit einer optimalen O₂-Versorgung der Wurzeln gerechnet werden. Die Wasserversorgung dagegen ist bei einem Anteil der kapillaren Poren, der unter 20 % liegt, in trockenen Jahren oder bei flachgründigen Böden nicht ausreichend.

So fällt der Aueboden durch seine geringe Wasserhaltefähigkeit (Poren < 10 µ) und hohe Durchlässigkeit auf. Bei einem tiefgründigen Boden – wie es die Parabraunerde ist – oder bei einem staunassen Pseudogley mag sich dies für die Wasserversorgung nicht als Nachteil erweisen. Bei dem flachgründigen Aueboden gerät bei diesen Porenverhältnissen die Wasserversorgung in ein Minimum, da das in den Untergrund abgeflossene Wasser für die Pflanzen verloren ist. Auf diesem Boden würde ein fester Bodenschluß nach unten, wie er durch den Einsatz eines Packers oder durch mehrmaliges Befahren mit konventionellen Gerätekombinationen erzeugt werden kann, nur vorteilhaft sein.

3. Entwicklung des Bodengefüges bei Verzicht auf den Pflug

Wenn die Lockerungsintensität in der gepflügten Ackerkrume so groß ist, daß daran

der Bodenschluß leidet – d. h. der Anschluß der Oberfläche an die kapillare Wasserführung fehlt –, dann könnte man auf die Lockerung unterer Bodenschichten durch den Pflug verzichten. Denn die Anforderung an ein feines und homogenes Saatbett kann die Fräse allein ohne vorausgegangenes Pflügen erfüllen. Die Fräse zerkleinert ungepflügten Boden mit dem gleichen Effekt wie gepflügten, so daß bei einer Arbeitstiefe von 6 cm nach oben eine lockere, gut durchlässige Schicht aufgebaut wird, nach unten aber der Bodenschluß erhalten bleibt. Voraussetzung für den Verzicht auf eine Pflugfurche ist die Durchwurzelbarkeit und Durchlässigkeit. Da beide von den Grobporen ($> 10 \mu$) beeinflußt werden, ist dieser Anteil in unteren Schichten von besonderer Bedeutung.

Nach dreijährigem Unterlassen des Pflügens hat sich unter der gefrästen Oberfläche ein dichteres Bodengefüge entwickelt, das sich in einer Zunahme des Bodenwiderstandes spiegelt. Der Bodenwiderstand stellt die Kraft dar, die notwendig ist, einen Kegel in den Boden zu drücken (Bild 4). An der Oberfläche ist der Bodenwiderstand ohne Unterschied, in der Tiefe zwischen 10–25 cm hat er sich gegenüber der jährlichen Pflugfurche etwa verdoppelt und in der Pflugsohle und darunter ist der Bodenwiderstand zwischen den beiden Parzellen wiederum gleich. Für bodenphysikalische Untersuchungen sind 3 Zonen interessant:

1. Der Übergang zwischen gefräster und unbearbeiteter Schicht.
2. Die seit einigen Jahren ungepflügte Schicht in der Tiefe von etwa 15 cm.
3. Die Pflugsohle.

An zwei Standorten – auf dem Aueboden und der Pseudogley-PB – wurde der Verzicht auf das Pflügen untersucht. Man könnte erwarten, daß sich unter der Fräse ähnlich wie unter dem Pflug eine verdichtete Zone bildet. Tatsächlich hat sich durch das Fräsen im Herbst der Anteil der Grobporen und die Durchlässigkeit unter dem gefrästen Oberboden vermindert, im Frühjahr dagegen ist diese Verdichtung nicht mehr festzustellen.

Im Gegensatz zu dieser Fräsohle bleibt die Pflugsohle, die sich in einer Reihe von Jahren aufgebaut hat, auch noch nach drei Jahren ohne Pflügeinsatz erhalten. Die Durchlässigkeit wird zwar geringfügig erhöht, aber die angrenzende Bodenschicht unterhalb der Pflugsohle zeigt eine größere Durchlässigkeit, so daß die stauende Wirkung der Pflugsohle ebenso erhalten bleibt, wie die hemmende Wirkung auf das Wurzelwachstum.

Versuche auf einer Parabraunerde in Göttingen (Ehlers, 1973), in denen bereits seit 1965 auf das Pflügen verzichtet wird, zeigten im gesamten Bodenprofil eine Zunahme der Durchlässigkeit, die vor allem durch eine Anreicherung von Regenwurmgehängen hervorgerufen wurde. Es wäre demnach möglich, daß auch an unseren Standorten nach einer längeren Versuchsdauer die stauende Wirkung der Pflugsohle durch biologische Aktivität abgebaut wird, zumal die Stabilität solcher Wurmgehänge sehr groß ist.

Interessanter ist die Entwicklung des Bodengefüges in der Tiefe von 10–20 cm. Hier muß man zunächst zwischen den beiden Bodentypen unterscheiden. Auf dem Aueboden liegt der Anteil der Grobporen mit 16 % nur etwa um 4 % niedriger als

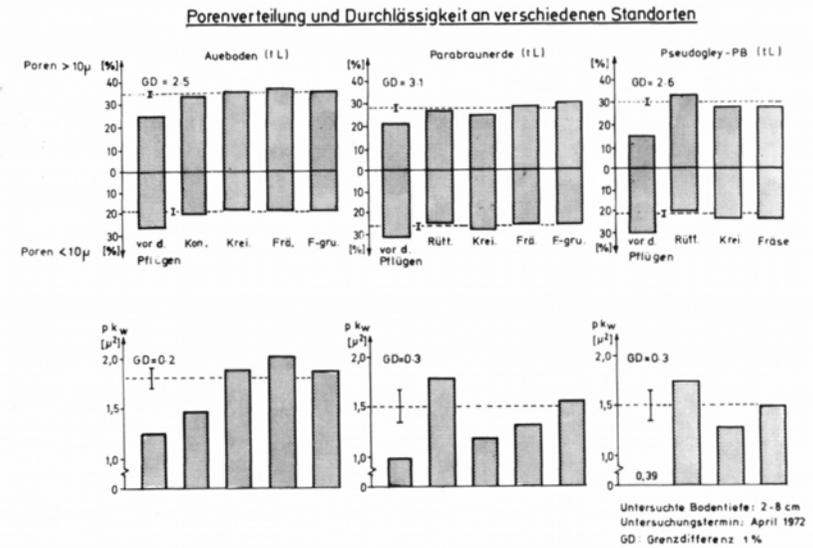


Bild 3: Die Geräte der Minimalbestelltechnik erzeugen für den Luft- und Wasserhaushalt in etwa gleiche Porenverhältnisse wie das konventionelle Verfahren.

auf der jährlich gepflügten Parzelle, bei der Pseudogley-Parabraunerde liegt der Anteil mit 10 % bereits nach einem Jahr Pflugverzicht um 6 % unter dem der Pflugparzelle (Bild 5). Bei letzterem Boden ist der Schwellenwert von 10 % Grobporen bereits erreicht, so daß man mit einer mangelnden O₂-Versorgung der unteren Bodenschichten und einer wasserstauenden Wirkung rechnen kann. Diese Verdichtung äußert sich dann auch in einem höheren Wassergehalt der obersten Bodenschicht. Auf der gefrästen Parzelle der Pseudogley-Parabraunerde ist der Wassergehalt zu jedem Untersuchungszeitpunkt höher als auf der gepflügten Parzelle. Demgegenüber zeigt der Aueboden keinen Unterschied zwischen gefräster und gepflügter Parzelle. In trockenen Jahren, in denen die Pflanzen zeitweise an Wassermangel leiden, dürfte der größere wasserhaltende Porenanteil auf den Fräspartellen den gepflügten Parzellen überlegen sein.

Welche Schlußfolgerungen kann man aus den gefundenen Ergebnissen ziehen?

1. In dem untersuchten Zerkleinerungsbereich der Geräte steigt mit der Aggregatgröße der Anteil der Grobporen. Zugleich geht mit der gröberen Zerkleinerung die Gleichmäßigkeit des Saatbettes zurück (Tab. 1).
2. Da die Bodenzerkleinerung der verschiedenen Sekundärbearbeitungsgeräte nach der Pflugfurche trotz unterschiedlicher Effekte nur eine geringe differenzierende Wirkung auf den Wasser- und Lufthaushalt in der obersten Bodenschicht hat (Bild 3), können die Geräte der Minimalbestelltechnik als gleichwertig betrachtet werden.

3. Wenn das Saatbett wie in der Vergangenheit mit einer Gerätekombination in mehreren Arbeitsgängen hergestellt wird, dann vermindert sich zwar die Durchlässigkeit auf Grund der Verdichtung durch die Schlepperräder und die nachlaufende Wälzgege, aber zugleich wird der Bodenschluß erhöht. Dies wirkt sich in trockenen Jahren und/oder auf flachgründigen Böden vorteilhaft aus. In nassen Jahren und/oder auf staunassen Böden ist es ein Nachteil.

4. Bei Verzicht auf die Pflugfurche wird vor allem das Bodengefüge in der Schicht von 15–20 cm verdichtet (Bild 4). Je nach Bodentyp und Witterung ist diese Verdichtung mehr oder minder schädlich.

Literaturverzeichnis:

- [1] van Bavel, C. H. M., Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **14**, S. 20– (1950)
- [2] Baver, L. D., Practical values from physical analysis of soils
Soil Sci. **68**, S. 1–14 (1949)
- [3] v. Boguslawski, E., Lenz, K. O., Die Ertragsbildung in Abhängigkeit von Porenvolumen und Bodenwiderstand
Z. Acker- und Pflanzenbau **110**, S. 379–392 (1960)

Bodenwiderstand nach unterschiedl. Bearbeitung

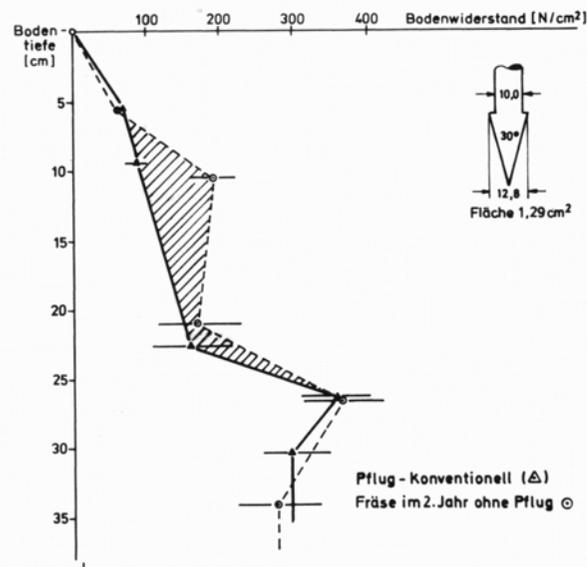


Bild 4: Durch Verzicht auf das Pflügen steigt der Bodenwiderstand in der Tiefe von 5–20 cm gegenüber der jährlichen Pflugfurche.

Porenverteilung nach dem Pflugverzicht

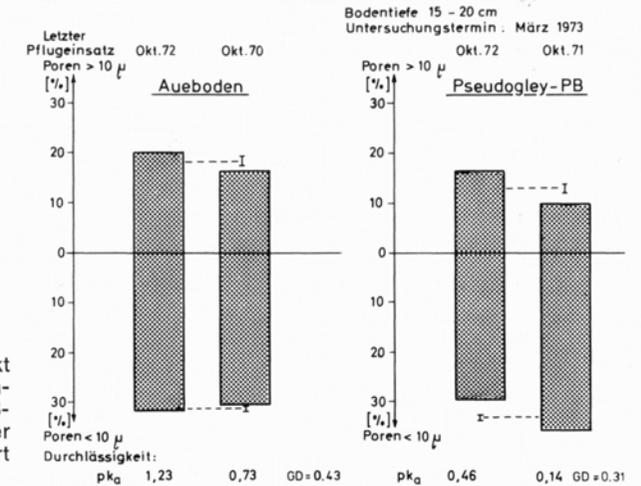


Bild 5: In dem Aueboden wirkt sich ein Pflugverzicht nicht nachteilig aus, in der Pseudogley-PB-Erde sinkt der Anteil luftführender Poren bis auf den Schwellenwert von 8 ‰.

- [4] Czeratzki, W., Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand
Landbauforsch. Völknerode **22/1**, S. 29–36 (1972)
- [5] Dojarenko, (1926) Zit. bei Krause
Russische Forschungen auf dem Gebiete der Bodenstruktur
Landwirtschaftl. Jahrbücher **73**, S. 603–690 (1931)
- [6] Ehlers, W., Water infiltration in tilled and untilled loess soil
6. Intern. Conference on Soil Till. (1973) Wageningen
- [7] Grable, A. R., Siemer, E. G., Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **32**, S. 180–186 (1968)
- [8] Kain, N. K., Agrawal, J. P., Effect of clod size in the seedbed on development and yield of sugarcane
Soil Sci. Amer. Proc. **34**, S. 795–797 (1970)
- [9] Miller, S. A., Mazurak, A. P., Relationships of particle and pore sizes to the growth of sunflowers
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **22**, S. 275–278 (1958)

Aspekte des modernen Ackerbaues

von Dipl. Ldw. Dr. Gotthard Golisch, Geschäftsführer des Beratungsrings
Ackerbau Südhannover, Weetzen

Dieses Thema – auf der Schlüter-Tagung 1973 vorgetragen – muß sich mit der Produktionstechnik unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Vernunft mit einem Blick in die Zukunft befassen. In 27 Jahren schreiben wir das Jahr 2000. Auch für den Ackerbauer ist es nicht möglich, diesen relativ kurzen Zeitraum zu überschauen. Doch sollte man 10 Jahre im Trend überblicken können.

Wenn man sich für die nächsten 10 Jahre eine Prognose erlaubt, so braucht man sich für 1983 nichts völlig Neues einfallen zu lassen. Man kann es leichter haben. Wer offenen Auges heute durch die Bundesrepublik und die EG-Länder geht, wird in vielen landwirtschaftlichen Betrieben einen Acker- und Pflanzenbau finden, wie er in 10 Jahren generell aussehen kann.

A. Fruchtfolge

Ganze Lehrbücher sind in den letzten Jahrzehnten über Fruchtfolgen und deren Wirkungen vollgeschrieben worden. Studenten sind damit bis zum Überdruß gefüttert worden. Professor Klapp berichtet, daß ein Diplomand, nach Fruchtfolgen und deren Wirkungen gefragt, ihm antwortete: „Fruchtfolgewirkungen gibt es nur im Gehirn der Professoren.“ Das ist zweifelsohne untertrieben. Fruchtfolgewirkungen gibt es tatsächlich. Am eindrucksvollsten wohl zu studieren bei Prof. Gliemeroth, Universität Hohenheim, Versuchsgut „Ihinger Hof“. Hier ist zum Beispiel dem Weizen im Sommer anzusehen, ob 3 Jahre zuvor Hafer oder Gerste die Vorfrucht gewesen sind. Beeindruckend auch die Aussage von Professor Gliemeroth, daß man letztlich nicht immer genau weiß, woran das liegt. Beeindruckend für jeden Ackerbauer muß es aber auch sein, wenn er in Dänemark, England, Frankreich, aber auch in Niedersachsen Flächen bzw. landwirtschaftliche Betriebe kennenlernt, wo mit Erfolg gegen Fruchtfolgegesetze verstoßen wird.

So sind in Dänemark großflächig auf leichten bis mittleren Böden bis zu 80 % Sommergerste im Anbauverhältnis zu finden. Im 4- bis 8jährigen Turnus wechselt die Gerste mit Raps oder einer Futterpflanze.

In England sind zwischen Ipswich, Oxford und Winchester gute Ackerbaubetriebe zu finden, die bis zu 80 % Weizen in der Fruchtfolge haben. Auf dem staatlichen Versuchsbetrieb Drayton bei Stratford on Avon war bei gutem Ertrag Weizen das 13. Mal nach sich selbst bestellt. In Frankreich findet man Rüben-Weizen-Flachs-Weizen, Rüben-Weizen-Weizen-Mais-Weizen, und letztlich Raps-Weizen im wiederholten Turnus. Das alles nicht generell aber doch in ausgeprägten guten Betrieben. Im Weser/Ems-Gebiet gibt es Eschböden, auf denen seit Jahrzehnten schon der Roggen mit 60–80 % im Anbauverhältnis vertreten ist. Und letztlich in Südhannover – und hier kann der Referent etwas mehr mitreden – finden wir Betriebe mit der Fruchtfolge Rüben bzw. Raps-Weizen-Weizen oder Rüben bzw. Raps-Weizen-Weizen-Wintergerste. Darüber hinaus wiederholt Flächen, wo Weizen 3 bis 4mal nacheinander gebaut wird. Im Beginn zeichnet sich auch ein verstärkter Winter-

gerstenbau ab; dort, wo Wintergerste im mehrjährigen Mittel im Ertrag über dem Weizen liegt.

Wie unterschiedlich stark Weizen angebaut wird, soll nachstehend veranschaulicht werden:

Weizen im Anbauverhältnis 1972

Bereich Landwirtschaftskammer Hannover	19 %
Südhannover	25 %
Beratungsring Ackerbau Südhannover e. V.	50 %
Betrieb 34 im Beratungsring	74 %

Es kann hier nicht für jeden „Fruchtfolgefehler“ der Erfolgsnachweis gebracht werden. Man darf aber getrost davon ausgehen, daß es ernstzunehmende Landwirte im In- und Ausland sind, die sich unter dem Zwang der Markt- und Arbeitswirtschaft und dem Streben nach Gewinnmaximierung zur Fruchtfolgevereinfachung entschlossen haben. Vom örtlichen Kleinkrieg, der daraufhin mit der Beratung und Wissenschaft ausbricht, soll hier nicht gesprochen werden. Ein produktionstechnischer Erfolgsnachweis aus dem Beratungsring Ackerbau Südhannover e. V. soll nachstehend aufgeführt werden:

Weizenertrag und Weizen im Anbauverhältnis in stark Weizen anbauenden Betrieben

Betrieb	Größe ha	AZ	1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973
			% Weizen				dz/ha Weizen			
Thormann	60	58	85	(ϕ v. 68/69/70)			58	(ϕ v. 68/69/70)		
I	100	64	64	74	74	74	55	56	53	60
II	160	78	77	60	64	70	56	57	54	54
III	60	100	40	59	58	58	57	59	52	57
Beratungsring		72	–	46	50	50	50	51,3	47,9	51,5
LwKammer Hannover			16	17	19	19	45,7	48	42	45

Ebenso wie Thormann haben die Landwirte der vorstehenden Betriebe wiederholt die Beobachtung gemacht, daß Weizen für Weizen die beste Vorfrucht sein kann. Das läßt sich aber nicht verallgemeinern. In der Regel bringt Weizen nach Weizen einen Ertragsabfall, der aber weit von dem entfernt ist, was uns aus früheren Versuchen bekannt ist. 1972 brachte eine statistische Verrechnung von 135 Weizenschlägen folgendes Ergebnis:

Weizenerträge 1972 – Vorfrucht

	n	dz/ha	relativ
Zuckerrüben	70	51,5	100
Weizen	65	47,8	93
Weizen m. Benomyl	45	49,3	96
Weizen o. Benomyl	20	44,9	87

1973 wurden 330 Weizenschläge statistisch verrechnet. Bei einer Fungizidbehandlung lag Weizen nach Weizen mit Weizen nach Rüben im Ertrag gleich. Wurde der relativ gesund stehende Rübenweizen mit Fungiziden behandelt, betrug die Differenz zu Weizen nach Weizen + 6 %.

Mit diesen Ergebnissen werden die in Versuchen nachgewiesenen Fruchtfolgewirkungen nicht etwa der Unwahrheit überführt, es wird nur aufgezeigt, daß es im modernen Ackerbau Mittel und Wege gibt, Fruchtfolgewirkungen zu eliminieren. Vorstehende Ergebnisse und andere sprechen sich in der Praxis herum. Hinzu kommt für alle der Zwang des Marktes und der Arbeitswirtschaft und die immer bessere fachliche Überschaubarkeit der Probleme. Nachdem der Einzelbetrieb Pionierarbeit geleistet hat und vielleicht auch einmal etwas über das Ziel hinaus gegangen ist, werden wir in den nächsten 10 Jahren erleben, daß die breite Praxis in der Fruchtfolge dem Pionierbetrieb folgen wird. Nicht im gleichen Ausmaß, wohl aber im Trend.

B. Organische Düngung

Ganz zweifelsohne haftet der organischen Düngung etwas Altmodisches an. Aber ist das schon der Beweis, daß wir sie nicht mehr brauchen? Die organische Düngung steht heute im Schatten der Mineraldüngung. Von ihr gibt es jährlich eine Vielzahl imposanter Versuchsergebnisse. Von der organischen Düngung nicht. Es erscheint bei dem hohen Stickstoffdüngungsniveau auch nahezu unmöglich, kurzfristig mit der organischen Düngung respektable Mehrerträge zu bekommen. Wenn man sich dennoch ernsthaft Gedanken zur organischen Düngung macht, dann sollte das geschehen auf Standorten, die noch längerfristig ackerbaulich genutzt werden sollen, und auf all den Böden, die ertraglich zum „besseren Nachbarschlag“ nicht ganz zufriedenstellend sind.

Bei der Bejahung der organischen Düngung sollte man sich aber über folgendes im klaren sein:

1) Es gibt im Ackerbau so gut wie keine Chance, den Humusgehalt unserer Böden kurzfristig zu erhöhen. Wer das unbedingt auf seinem Boden will, muß Grünlandwirt werden. Andererseits ist es aber sicher, daß bei ständig unterlassener organischer Düngung der Humusgehalt der Ackerböden – wenn auch sehr langsam – sinkt. Man muß sich mehr oder weniger mit dem Humusgehalt im Boden, den die meisten Landwirte von ihrem Standort weder qualitativ noch quantitativ kennen, abfinden.

2) Da wir den Humusgehalt der Ackerböden so wenig beeinflussen können, sollte man sich gedanklich weniger mit Humus aber umso mehr mit der aktuellen organischen Düngung beschäftigen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß

a) organische Düngung nicht mehr – wie früher – Nährstoffzufuhr für die Pflanze, sondern
b) Futterzufuhr für das Ackerleben bedeutet.

Letzteres setzt allerdings etwas biologisches Verständnis für die Vorgänge im Boden voraus.

Wenn man mit der organischen Düngung Futterstoffe dem Ackerleben zuführt, muß man sich Gedanken um die Quantität und Qualität des Futters machen. Bezüglich Quantität dürfte man sich darauf einigen können, daß im guten Ackerbau ca. 40 dz/ha organische Trockenmasse im Jahr zersetzt – besser verfüttert – wird. Diese Menge gilt es zu ersetzen. Berücksichtigen wir Viehhaltung, viehschwache oder viehlose Betriebe, Wurzel- und Ernterückstände, alle Arten Stroh, Rübenblatt und eine zeitweilige Gründüngung, dann ist sehr leicht der Nachweis zu bringen, daß wir von der Quantität her gesehen den Anforderungen gerecht werden können.

Von der Qualität kann man das nicht so ohne weiteres sagen. Hier denkt man mit Recht zuerst an das C:N-Verhältnis des organischen Düngers. Das ist aber nicht ausreichend. Zur Frage der Qualität der organischen Düngung gehören auch die Zerkleinerung, die Verteilung, der zeitliche Anfall und die richtige Einarbeitung in den Boden. Unter Berücksichtigung all dieser Fakten soll etwas zur Grün- und Strohdüngung gesagt werden.

Die Gründüngung ist heute der einzige organische Dünger, der bewußt im Ackerbau produziert wird. Erinnern wir uns, daß früher so etwas auch einmal beim Stallmist der Fall gewesen ist. Der Betriebswirt berechnete zuerst den Stallmistbedarf für den Betrieb und dann den Geldbedarf für den Landwirt. Die Gründüngung kostet uns Geld. Je nach Bestellung und Gründüngungsart einen Betrag zwischen 80,- und 180,- DM/ha. Für diesen Aufwand kann man folgende Vorteile erreichen:

- 1) Produktion von 20 bis 50 dz/ha organische Trockenmasse;
- 2) 7 bis 12 Wochen Bodenbedeckung und damit Bodenschutz im Spätsommer und Herbst;
- 3) bestmögliche Verteilung der organischen Substanz über die Wurzelmasse im Boden;
- 4) Unterbrechung einseitiger Fruchtfolgen.

Dies alles erreicht man sicher nur vollständig, wenn man die Gründüngung richtig – nach Thormann hauptfruchtmäßig – bestellt. Dazu gehört in Stichworten: Bearbeitung des Bodens auf Krumentiefe, Saatbettbereitung, Einsatz von Packer oder Walze, richtige Artenwahl, Stickstoffdüngung, Zerkleinerung der Gründüngung und letztlich flaches Einarbeiten.

Wir finden den stärksten Gründüngungsanbau im EG-Raum in Deutschland; in England findet man keinen und in Frankreich einen schwachen Beginn. In Deutschland ist die Gründüngung vor allem in Norddeutschland anzutreffen. Die Gründüngung hat vom Boden (Tonboden), vom Klima (Trockenheit – kurze Vegetationszeit) und vom Anbauverhältnis her gesehen ihre Grenzen. Dennoch kann man wohl sagen, daß diese Grenzen öfters unter- als überschritten werden. Zweifels-

ohne ist die Frage nach dem Wieviel auch abhängig von der Intensität der Viehhaltung und des Ackerbaues. Dies sei nachstehend zur Ernte 1972 aufgezeigt.

Zwischenfruchtanbau zur Ernte 1972

Bundesrepublik	ca. 10 % Zwischenfrüchte
Bereich Landwirtschaftskammer Hannover	21 % Zwischenfrüchte
Beratungsring Ackerbau Südhannover e. V. (viehlos)	50 % Gründüngung
Betrieb 34 (viehlos), Beratungsring	74 % Gründüngung

Welche Mehrerträge bringt eine Gründüngung? Hier ist die Antwort schwierig. Es sollen hier nicht Versuchsergebnisse der verschiedensten Institute aufgezählt werden. Würde man das tun, müßte man Mindererträge bis 10 % und Mehrerträge bis 15 % erklären. Es sollen zwei Ergebnisse einer statistischen Verrechnung von Anbau und Ertragsdaten des Beratungsringes Ackerbau Südhannover e. V. vorgestellt werden. Beide zur Ernte 1972:

Einfluß der Gründüngung auf den Zuckerrübenenertrag

	n	dz/ha	relativ
mit Gründüngung	92	443	100
ohne Gründüngung	33	420	96
davon			
Kruziferen	41	443	100
Leguminosen	51	443	100

Zu Zuckerrüben ist ein bescheidener Mehrertrag erreicht worden, der unter der Berücksichtigung einer Nachwirkung der Gründüngung die Maßnahme als wirtschaftlich erscheinen läßt.

Einfluß der Gründüngung einschließlich Rübenblatt auf den Weizenertrag

	n	dz/ha	relativ
ohne Gründüngung	51	51,0	100
mit Gründüngung	115	49,2	97
AZ 40- 59 ohne Gründüngung	16	49,4	100
mit Gründüngung	21	49,3	100
AZ 60- 79 ohne Gründüngung	23	50,7	100
mit Gründüngung	52	48,6	96
AZ 80-100 ohne Gründüngung	12	53,4	100
mit Gründüngung	42	49,8	93

Hier ist durch Gründüngung zu Weizen ein Minderertrag eingetreten. Dennoch kann man dieses so negative Ergebnis für die Gründüngung auch positiv auslegen. Der Minderertrag ist umso größer, je besser die Böden sind. Wenn man mit der Gründüngung ein Mehr an Bodenfruchtbarkeit (= mehr Stickstoff) produziert – und das muß hier der Fall gewesen sein – dann muß man in der Stickstoffdüngung zurückgehen. Es läßt sich daraus vielleicht die Erkenntnis ziehen: Gründüngung ja, Stickstoff aber gezielter und ggf. weniger.

Bei der Verrechnung von 330 Weizenschlägen zur Ernte 1973 wurden bei verhaltener Stickstoffdüngung bei Böden mit Ackerzahlen bis 70 Mehrerträge durch Gründüngung von 12 % erzielt. Bei Böden über 70 Bodenpunkten war kein Ertragsanstieg zu verzeichnen. Hier könnte wiederum noch zuviel Stickstoff gedüngt worden sein.

Einige Worte zur Strohdüngung. Liest man in alten ackerbaulichen Lehrbüchern die Kapitel über Stallmistdüngung, so wird man immer wieder auf den Hinweis stoßen, daß strohiger, unverrotteter Stallmist Mindererträge bringen kann. Unter dieser Erkenntnis dachte keiner an die Strohdüngung. Stroh wurde ja auch in allen Betrieben gebraucht. Darüber hinaus hatte Stroh einen interessanten Marktwert. Heute ist das anders. Stroh ist für viele Landwirte ein Abfallprodukt geworden. Da es organischer Natur ist, ist der Gedanke, es als Dünger zu verwenden, naheliegend. Dennoch – so scheint es – wird z. Z. mehr Stroh verbrannt als in den Boden eingearbeitet.

Warum? Es muß hier Bezug genommen werden auf die bereits aufgeführten allgemeinen Ausführungen zur organischen Düngung betr. Mehrerträgen. Für Stroh trifft dies insbesondere zu. Hier kann nicht verschwiegen werden, daß Strohdüngung schon allzu oft Mindererträge gebracht hat. Die Ursachen dafür mögen auch in Strohmatten liegen, die in oder auf dem Boden zu finden sind. Das muß nicht sein, ist aber oft der Fall. Sicherlich, man kann diesen Mangel der Strohdüngung und andere beseitigen: gutes Häckseln, flaches Einarbeiten, Walzen, Stickstoffausgleich usw. Aber gerade die Landwirte, die den Ackerbau sehr ernst nehmen, auch Aufwand nicht scheuen, haben sich auf eine intensive tiefe Bodenbearbeitung im Sommer und die Gründüngung spezialisiert. Hier kann die Strohdüngung stören und vielleicht nicht notwendig sein.

Dennoch: Wir müssen nach Wegen suchen, die Strohdüngung aufzuwerten und das Strohverbrennen auf das notwendige Maß zu beschränken.

Strohdüngung aufwerten heißt: das Stroh besser häckseln und auf dem Feld besser verteilen. Danach oberflächlich in den Boden einmulchen. Dies aber nicht unter Verzicht auf eine tiefere Bodenbearbeitung im Sommer. Das Gerät, das diese Arbeit z. Z. am besten verwirklicht, ist der schwere Grubber.

Strohverbrennen auf das notwendige Maß beschränken heißt: Stoppeln von Lagergetreide verbrennen, da sie sich nie vollständig häckseln lassen. Darüber hinaus Stroh dort verbrennen, wo Böden nach einer Strohdüngung nicht den nötigen Schluß bekommen. Dies wird auf trockenen Standorten und stärker humosen Böden der Fall sein. Wintergetreide dürfte am meisten unter einem mangelnden Bodenschluß und damit unter der Strohdüngung leiden. Das nachstehend aufgeführte Ergebnis einer statistischen Verrechnung von Anbau und Ertragsdaten betr. Strohdüngung zur Wintergerste soll diese Aussage erhärten:

Einfluß der Strohdüngung auf den Ertrag von Wintergerste 1973

	n	dz/ha	relativ
ohne Stroh	64	53,6	100
mit Stroh	19	50,9	95

Man wird gut daran tun, sich in den nächsten zehn Jahren noch einmal intensiv mit dem Fragenkomplex „organische Düngung“ zu beschäftigen. Das scheint heute, wo viele Betriebe ohne Viehhaltung zur organischen Düngung nicht gezwungen werden, nötiger denn je. Stroh kann verkauft oder verbrannt werden. Rübenblatt wäre ebenfalls zu verkaufen. Und letztlich kann eine Gründüngung unterlassen werden. Vielleicht gibt man aufgrund von neuen Versuchen dafür in 10 Jahren „grünes Licht“. Heute möchte ich es noch nicht geben.

C. Bodenbearbeitung

In die Bodenbearbeitung und die Bestellarbeit sind in den letzten Jahren eine Vielzahl neuer Begriffe eingeführt worden, die m. E. oft mehr zur Verwirrung als zur Klärung der Probleme im Ackerbau beigetragen haben. Hier soll nur zwischen Grundbodenbearbeitung und Bestellarbeit unterschieden werden, wobei sich die nachstehenden Ausführungen vorwiegend mit der Grundbodenbearbeitung befassen.

Hier darf davon ausgegangen werden, daß man noch so etwas wie Bodenfruchtbarkeit braucht und darunter im Funktionellen das Transformations- bzw. Umsetzungsvermögen eines Bodens versteht. Im Substantiellen wäre unter Bodenfruchtbarkeit Bodengare, Tiefgründigkeit und nicht zuletzt lebendverbaute Krümelstruktur (nach Görbing - Sekera) zu verstehen.

Extreme in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit sind auch dem Praktiker im Bild und in der Auswirkung geläufig. Schwierig wird es aber in den Feinheiten und damit in der Beantwortung der Frage, wieviel Bodenfruchtbarkeit braucht man nun tatsächlich. Sicher hilft hier nur die Beobachtung der Pflanze, der Wurzel und die Beurteilung des Bodens mit dem Spaten weiter.

Die Grundbodenbearbeitung soll den Boden lockern, organischen Dünger einarbeiten, Mineraldünger einmischen, Aufwuchs beseitigen („reinen Tisch“ machen), den Prozeß der Garebildung einleiten und somit letztlich für die folgende Frucht die besten Wachstumsbedingungen schaffen.

Wann muß man damit anfangen? Meines Erachtens so früh wie möglich, und das bedeutet unmittelbar nach Aberntung der Vorfrucht. Hier ergibt sich nun aber eine gewisse Problematik.

Sieht man sich sehr kritisch auf den verschiedenen Böden nach der Ernte den Garezustand der Krume an, dann wird man in vielen Einzelfällen feststellen, daß die Bodengare und somit die Wachstumsbedingungen für die Folgefrucht auf dem Feld noch gut sind. Grundbodenbearbeitung ist nicht notwendig. Man könnte direkt zur Bestellarbeit übergehen. Spatenrollegge, Fräse, Drillmaschine, Sämaschine oder Scheibendillmaschine wären einzusetzen.

Wenn dies in großem Umfange nicht geschieht, dann sind drei Gründe aufzuzählen:

- 1) Der Landwirt erkennt mangels Spatendiagnose (Beratung) diesen Vorteil nicht.
- 2) Dem Landwirt fehlt die Technik, aus welchen Gründen auch immer.
- 3) Der Zeitpunkt Ernte und Neubestellung liegt nicht zusammen.

In den weit überwiegenden Fällen – und das ist festzuhalten – werden wir aber nach der Getreide- oder Hackfruchternte einen Garezustand im Boden feststellen, der den Wachstumsansprüchen der Folgefrucht nicht mehr genügt. Viele Fakten können dafür verantwortlich gemacht werden: Bearbeitung des Bodens im Vorjahr, Witterung im Herbst, Winter und Frühjahr, Erntewetter und letztlich die Intensität des Fahrverkehrs.

Hier ist Grundbodenbearbeitung zum Gareaufbau notwendig. Und es sollte kein Zweifel daran bestehen, daß Gare auf volle Krumentiefe bei guter Verbindung von Krume und Unterboden aufgebaut werden muß. Hierbei ist leicht zu erkennen, daß unter Berücksichtigung einer trockenen Bodenbearbeitung der Sommer und der Frühherbst der beste Zeitpunkt für diese Arbeit sind. Das schließt nicht aus, daß man die Grundbodenbearbeitung auch zu einem späteren Zeitpunkt – nach der Rüben- oder Maisernte – durchführen muß, auch wenn man sich dabei von bester Bodenbearbeitung oft entfernt.

Die Grundbodenbearbeitung wird heute vorwiegend nach einem starren Schema durchgeführt: schälen, nachbearbeiten und im Herbst, Winter oder Frühjahr pflügen. Dieses Verfahren ist vom Gareaufbau her gesehen nicht das Optimale. Es wird in einer flachen Bodenschicht – 6 bis 12 cm – durch Lockerung, Einmischung von organischer Düngung und Mineraldüngern und evtl. Gründüngung im Spätsommer bis Herbst Gare aufgebaut. Diese Schicht wird aber im Herbst, Winter oder Frühjahr beim Pflügen vergraben und ungarer Boden, der größere Teil der Krume, darauf gelegt. Verschlümmungen sind die Folge. Ganz abgesehen davon, daß hierbei Pflugsohlen im Sommer mangels tiefer Bearbeitung nicht beseitigt und neue Pflugsohlen im Herbst, Winter und Frühjahr bei nassem Boden geschaffen werden können.

Natürlich hat dieses Verfahren auch Vorteile. Nicht ohne Grund wird es ja so weit verbreitet durchgeführt. Zu nennen sind Arbeitsverteilung, flache Einarbeitung der organischen Dünger im Sommer, bessere Bekämpfung von Ausfallgetreide und letztlich der „reine Tisch“ durch die späte Pflugfurche.

Die Alternative zu dem vorstehenden Verfahren ist die Sommerfurche. Es wird sofort nach der Ernte tief gepflügt, ggf. mit Tieflockerung. Der Gareprozeß im Bereich der Krume wird eingeleitet und evtl. durch eine Gründüngung dem Boden oberflächenschutz gegeben. Im Herbst, Winter oder Frühjahr wird mit einer Flachbearbeitung der Gründüngungs- und Unkrautwuchs beseitigt. Der Vorteil dieses Vorgehens liegt eindeutig im verstärkten Gareaufbau.

Beide Verfahren sind in den letzten Jahren heftig diskutiert worden. Man sollte in ihnen produktionstechnische Möglichkeiten sehen, die man von Fall zu Fall einsetzt. So sollte man zur Gründüngung immer tief pflügen und bei betonter Bekämpfung von Ausfallgetreide flach arbeiten.

In beiden Bearbeitungsverfahren steht der Pflug im Mittelpunkt. Wird das so bleiben? Meines Erachtens aus folgenden Gründen nicht:

1) Macht man sich gedanklich einmal von einem bestimmten Bodenbearbeitungsgerät frei, so ist unter Berücksichtigung ackerbaulicher Logik von einem Gerät zur Grundbodenbearbeitung zu fordern:

- a) Bearbeitung des Bodens auf volle Krumentiefe;
- b) oberflächennahes Einmulchen von organischem Dünger;
- c) oberflächennahes Placieren von Ausfallgetreide und
- d) Bekämpfung von Wurzelunkräutern.

Dies alles bei guter Bodenmischung und Vermeidung von Störschichten zwischen Krume und Unterboden. Ein Gerät, das dieser Forderung annähernd gerecht wird, ist heute der Schwergrubber.

2) Fährt man zwecks ackerbaulicher Information durch deutsche und europäische Länder, dann kann man bereits sehen, welche Konkurrenz der Pflug und Schälplflug bekommen hat: den Schwergrubber in Deutschland, den Chisselplough in England und Frankreich. Hierbei darf nicht unerwähnt bleiben, daß es im deutschen Sprachgebiet der Landwirt Dieter Horsch, Neubauhof, gewesen ist, der als erster konsequent den Pflug durch den Grubber ersetzt hat. Als Schälersatz ist der Grubber (Sturbock) im Rheinland schon länger bekannt. Aber aus welchen Gründen immer – die Landesgrenze wurde mit diesem Gedanken nicht überschritten. Im Beratungsring Ackerbau Südhannover e. V. wurden auf Tonböden 1970/20 ha versuchsweise nur gegrubbert. 1973 waren es ca. 1000 ha (8 % der Ackerfläche), und dazu kommen noch ca. 2000 ha, wo anstelle des Schälplfluges der Grubber eingesetzt wurde.

Was ist von dieser Entwicklung zu halten; die anteilmäßig immer noch weit weniger als 1 % der Ackerfläche im Bundesgebiet erfaßt hat:

1) Überall dort, wo der Pflug oder die Nachbearbeitung der Pflugarbeit schwierig ist, sollte einmal der Schwergrubber eingesetzt werden. Schwierig ist die Pflugarbeit auf Tonböden, flachgründigen Böden, Hangflächen und ungünstig geformten Feldstücken.

2) Überall dort, wo man Ackerbau sehr ernst nimmt, sollte man unter Berücksichtigung tiefer Bodenbearbeitung im Sommer und flacher Einarbeitung von organischer Substanz einschließlich Ausfallgetreide ebenfalls einmal zum Grubber greifen.

3) Darüber hinaus muß man ernsthaft fragen, ob nicht der Grubber im Sommer der beste Schälplflug ist.

Das alles heißt nicht, daß man ab sofort immer auf den Pflug verzichten kann. Das vermag zur Zeit keiner zu beurteilen. Es kann nur heißen, daß der Schwergrubber von Fall zu Fall den Pflug sinnvoll ergänzen bis ersetzen kann.

Die Vorteile der Grubberarbeit liegen in der Kostenersparnis, die gegenüber Pflugarbeit 20–40 % betragen kann. Hinzu kommt die Einfachheit der Arbeit mit der Möglichkeit des Einsatzes von Aushilfskräften. Weiter sind die bessere Bekämpfung von Wurzelunkräutern und die bessere Einmischung von organischen Düngern (auch speziell Stroh) in den Boden zu erwähnen. Beobachtet wird auch die Zunahme an Bodengare.

Nachteile der Grubberarbeit gibt es eigentlich nicht; wohl einige Probleme. Aufgrund der Arbeitsbreite von 2,10 m und darüber braucht man beim Einsatz als Pflugsatz PS-starke Schlepper. 80 PS sind wohl die unterste Grenze. An das Pflügen bei nassem Boden haben wir uns in den Jahren gewöhnt. Einen nassen

Boden kann man aber nicht grubbern. Hier heißt es warten, und das kostet Nerven. Ein Zuviel an organischer Masse (z. B. Stoppeln von Lagergetreide und eine große Gründüngung) kann der Grubber nicht verarbeiten. Der Pflug wird damit fertig, wenn auch mit Matratzenbildung im Boden. Generell verläßt man schon mit der Sommerfurche und darauffolgender flacher Bearbeitung etwas den gewohnten „reinen Tisch“ im Ackerbau. Mit dem Grubbereinsatz geschieht das noch mehr. Das bringt mehr Bodengare, kann aber die nachfolgende Bestellarbeit leicht erschweren.

Der Grubber ist ein Gerät für die Grundbodenbearbeitung des Bodens bei möglichen Tiefen von 10–30 cm. Ebenso wie der Pflug ist eine Nachbearbeitung – wenn auch im geringeren Maße – erforderlich. Feingrubber, Spatenrollegge, Kreiselegge oder die Fräse sind je nach Schwere des Bodens einzusetzen. In der Praxis hat es sich bewährt, im Sommer in zwei Arbeitsgängen erst flach, dann tief – auf Krumentiefe zu grubbern. Danach wird der Grubber bis zur Bestellung je nach Intensität der Verunkrautung eingesetzt. Gepflügt wird seit Jahrhunderten – bei ständigen Verbesserungen. So wird man auch beim Grubbern mit konstruktiven Verbesserungen in Zukunft rechnen können.

Der moderne Ackerbau bekommt seine Impulse von den verschiedensten Seiten. Es kann aber nicht übersehen werden, daß die größten Veränderungen gerade auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung auf den PS-starken Schlepper zurückzuführen sind.

Technik der Maiskolben-Silage

von Reg.-Baudirektor Dr. Ing. Klaus Grimm, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan

Meine sehr verehrten Damen und Herren, sehr geehrter Herr Dr. Schlüter!

Ihnen verbindlichsten Dank, daß das Thema „Technik für die Maiskolbensilage“ in der Vortragsfolge nach drei Jahren erneut aufgenommen wurde. Vor drei Jahren wurde hier ein neues Verfahren der Maiskolbenernte von den Firmen Mengele, Pöttinger und Bautz/Claas vorgestellt. Daß damals viele Fragen offen bleiben mußten, wurde auch in der Diskussion bestätigt. Der Einsatz von wenig Maschinenkapital zur Herstellung von geschroteten Maiskolben einerseits und verheißungsvolle Fütterungsbeobachtungsergebnisse auf praktischen Betrieben andererseits, löste intensive Entwicklungs- und Forschungsarbeit aus. Wohl das zunächst wichtigste Ergebnis, wie der Tierernährer das Erntegut im Hinblick auf die Verwertung und Verdauung im Schweinemagen beurteilt, mußte abgewartet werden, um weitere technische Entwicklungen einzuleiten.

Nachdem uns die soeben von Frau Dr. Roth-Maier vorgetragene Ergebnisse im Frühjahr 1972 vorlagen, wurde die Entwicklungsarbeit verstärkt, auch im Hinblick auf hohe Schlagkraft des Maiskolbenhäckselverfahrens. Die überaus schwierige Erntekampagne 1972 bestätigte den Wunsch der Praktiker, neben dem Pflückdrusch ergänzende Verfahren anzubieten (Bild 1).

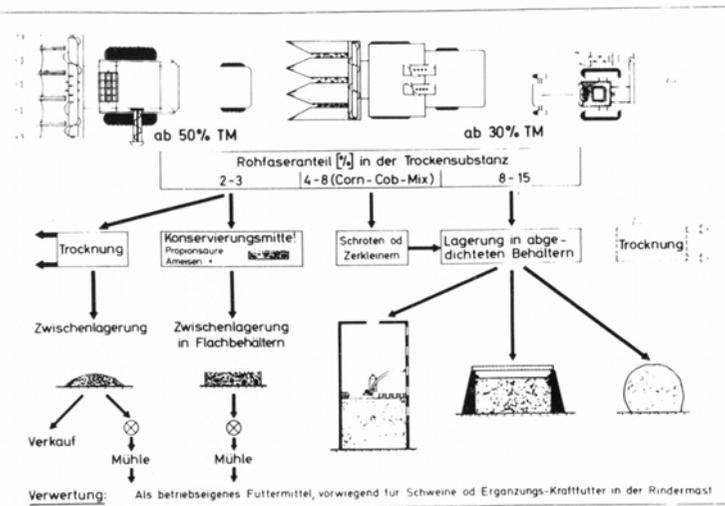


Bild 1: Arbeitsverfahren bei der Körnermaisernte.

Zu den klassischen Verfahren der Körnermaisernte sind seit wenigen Jahren zwei ergänzende Verfahren entwickelt worden, über deren Stand der Technik ich heute aus der Sicht des Landtechnikers berichten darf. Eine Bestandaufnahme erscheint mir anhand dieser Darstellung, die die drei Verfahren stark vereinfacht wiedergibt, geboten. Links die Körnermaisernte mit einem Rohfasergehalt von 2–3 %, Mitte Corn-cob-mix, mit einem Rohfasergehalt von 4–7 % steuerbar und rechts Pflückhäckselerte mit einem Rohfasergehalt von 7–15 %.

Als Kriterium steht das Erntegut mit unterschiedlichem Rohfasergehalt im Vordergrund.

Zur Körnermaisernte:

Der Pflückdrescher hat heute in der Körnermaisernte einen überragenden Anteil erreicht. Es werden derzeit ca. 90 % der Konsummaisbauflächen mit dem Mähdrescher, der für die Aberntung von Mais mit einem Pflückvorsatz ausgerüstet wird, abgeerntet. Im Grunde genommen gibt es drei Variationen bei diesem Verfahren: Das älteste Verfahren, auf dieses ich bei dieser Darstellung verzichtet habe, gleicht dem Mähdrusch, bei welchem ähnlich wie beim Getreide die ganze Pflanze verarbeitet wird. Die nicht zu unterschätzenden Schüttlerverluste und der enorme Energieaufwand für den Strohschläger, sowie andererseits speziell entwickelte Maispflüge führten zum neuen Prinzip, dem Pflückdrusch, wie aus der Darstellung links zu erkennen ist. Hier wurde der Mähdrescher mit einem Pflückvorsatz ausgerüstet, der gekennzeichnet ist durch Reißwalzen und Pflückschienen. Bei dieser Bauart werden nur die Kolben und teilweise die oberen Pflanzenteile durch die Maschine geleitet. Ein wirtschaftlicher Einsatz dieser Verfahren mit hoher Flächen-

leistung – ein Pflückvorsatz kostet pro Reihe ca. 6000,– DM und mehr – erfordert eine entsprechende Erntekapazität. Um einen einigermaßen reibungslosen Einsatz der Maschine zu gewährleisten, sollte der Mais einen Reifegrad von mindestens 50 % Trockenmasse erreichen. Erst ab 60 % Trockenmasse sind gute Flächenleistungen ohne nennenswerte Schüttlerverluste zu erzielen. Neben diesem Pflückdrescher machte insbesondere im letzten Herbst der Spezialpflückdrescher, der gekennzeichnet ist durch einen Pflückvorsatz älterer Bauart mit Pflückwalzen und zwei Stifentrommeln, ähnlich dem Rebblenderprinzip, von sich reden. Es handelt sich hier aber um eine Spezialmaschine, die nur für die Maisernte geeignet ist und bei dem relativ hohen Kapitalbedarf von 70 000,– DM mindestens pro Jahr 200–250 ha Mais abernten sollte.

Für die weitere Verarbeitung des gedroschenen Mais ab 50 % Trockenmasse und mehr können u. a. derzeit drei Wege beschrrieben werden, die auf dieser Darstellung Mitte bis links zu erkennen sind. Für eine beachtliche Anzahl von Betrieben stellt der Mais eine Verkaufsfrucht dar. Daß der Verkauf gleich vom Feld weg nach der Reinigung und Trocknung bzw. nach einer Zwischenlagerung möglich ist, wird nach wie vor als Vorteil anerkannt und mit Recht herausgestellt.

Obwohl die Trocknung von Feuchtmals – hier meine ich Warmlufttrocknung – einige Probleme mit sich bringt, wird dieses Verfahren der Haltbarmachung auch für die spätere Verwendung an Nutztiere vorwiegend angewandt.

Ein weiterer Weg der Konservierung von Feuchtmals bietet sich heute durch Zusatz von Propion- oder Ameisensäure an. Eine kostengünstigere Zwischenlagerung in vorhandene Flachbehälter kommt diesem Verfahren entgegen. Es läßt jedoch, wie das dritte und vierte Verfahren, nur noch eine Verfütterung des Feuchtmals nach seiner Zerkleinerung an Schweine zu.

Bessere gärtechnische Voraussetzung bei der Lagerung von Feuchtmals in abgedichteten Behältern bringt eine vorangegangene Zerkleinerung. Nur die technische Entnahme macht Schwierigkeiten wenn der Feuchtegehalt über 40 % liegt. Bei entsprechend hoher Bergeleistung des Mähdreschers treten bei der Einlagerung schon Arbeitsspitzen ein, die sich insbesondere im hohen Kraftbedarf bemerkbar machen. Mit diesen Ausführungen will ich es mit der Körnermais- bzw. Feuchtmaisernte bewenden lassen und mich den neueren Verfahren der Maiskolbenernte zuwenden:

1. Pflückdruschverfahren, auch Corn-cob-mix genannt und
2. Pflückhäckselverfahren.

Das Pflückdruschverfahren nimmt gegenüber der Körnermaisernte ständig an Bedeutung zu, weil die mitgeerntete Spindel nicht nur noch verdauliche Nährstoffe enthält, sondern den Rohfaseranteil in der Futtermischung auf nahezu 8 % erhöht. Die beim Druschvorgang in der Kolbenspitze verbleibenden, nicht ausgereiften Körner werden über die Spindelbergung dem Erntegut wieder zugeführt. Technisch läßt sich dieses Problem durch geringfügige Abänderung im Pflückdrescher lösen:

1. Vergrößerung der Siebquerschnitte im Korb
2. langsamere Drehzahl der Trommel



Bild 2:
Pflückdrescher
im Einsatz.



Bild 3:
Recutter
und Gebläse

3. Abdeckung der Freiräume zwischen den Dreschleisten
4. sowie Auswechseln der Siebe im Schüttlerteil.

Dieses so gewonnene gedroschene Maiskolbenpflückgut, bekannt unter dem Namen Corn-cob-mix läßt sich ohne Nachzerkleinerung in gasdichten Behältern mit Untenentnahmetechnik einlagern und später nach Zerkleinerung in Fütterungsanlagen für Schweine verteilen. Neben diesem, seit wenigen Jahren bekannten Verfahren wird heute der Einsatz des Feldhäckslers mit Zusatzaggregaten aus vielerlei Gründen für den Praktiker durchaus interessant. Ich möchte in dieser Abhandlung davon ausgehen, daß beide Verfahren bis zur Silierung ein möglichst homogenes Gut anbieten. Dies kann beim Pflückdrescher durch einen nachfolgenden Recutter erfolgen, der Pflückhäcksler liefert bereits am Feld ein futtertrogfertiges Gut. Wenn dies auch noch nicht in allen Fällen erreicht wird, so sind doch gegenüber dem Vorjahr bereits beachtliche Fortschritte festzustellen. In der Lagerung sind die drei bekannten Verfahren, Hochsilo, Fahrsilo und Foliensilo als Gärfutterbehälter, wenn man die gärbioologischen Voraussetzungen peinlichst erfüllt, durchaus geeignet (Bild 2).

Doch zunächst zur Praxis:

Um eine hohe Wirtschaftlichkeit für solche ausgerüsteten Maschinen zu erzielen, ist es sinnvoll, durch die Kombination von Sorten mit gestaffeltem Reifezeitpunkt die Erntezeitspanne zu verlängern. Andererseits muß berücksichtigt werden, daß der Mais mit einer durchschnittlichen Kornfeuchte von 40 % und darüber geerntet nicht längere Zeit zwischengelagert werden kann, sondern kontinuierlich aufbereitet werden muß, in unserem Fall also dem Gärprozeß zugeführt werden (Bild 3).

Um diesen Gärprozeß sicher einzuleiten, halte ich es trotz der erhöhten Kosten des Recutters für richtig, vor der Einlagerung das Corn-cob-mix-Gut so zu zerkleinern, daß es später bei der Entnahme für die Verfütterungseinrichtung ohne Nachbearbeitung eingesetzt werden kann. Zu diesem Zweck werden die Silobefüllgebläse

mit einem Vorschneider ausgerüstet, bei dem das Corn-cob-mix-Gut durch eine Messertrommel zerkleinert und von letzterer durch ein Sieb hindurchgedrängt wird. Entsprechend dem gewünschten Zerkleinerungsgrad sind der geforderten Stundenleistung gegenüber die nötigen PS-Leistungen bereitzustellen. Dieser Nachschneider muß auch dem Erntegut aus dem Spezialmähdrescher vor der Einlagerung vorgeschaltet werden (Bild 4).

Daß dieser Spezialpflückdrescher im letzten Herbst gewisse Vorteile gegenüber dem Mähdrescher mit einem Pflückvorsatz ausgerüstet, hat, kann man nicht verleugnen. Wie bereits eingangs erwähnt, müssen neben der geforderten großen Erntekapazität von 200–250 ha pro Jahr andere Nachteile in Kauf genommen werden. Bei einem nicht gleichmäßigen Bestand der Maiskolben, kleine und große, geht der kleinere, bzw. der Zweitkolben in der Regel verloren. Abgebrochene Fahrenteile machen im Rebbelvorgang Schwierigkeiten, führen zur Verstopfung. Andererseits wird als Hauptvorteil für die Maschine die Erweiterung seiner Einsatzmöglichkeit bis 35 % Trockenmasse – für ein Krisenjahr besonders interessant – anerkannt. Um einigermaßen brauchbare Flächenleistungen zu erzielen, wurde laufend aus dem Bunker das feuchte Gut entleert, um hier keine Störungen zu bekommen (Bild 5).

Die enttäuschende Maisernte des Jahres 72 hat viele Maisbauer vor die Aufgabe gestellt, zu feuchten Mais zu ernten und konservieren zu müssen. Mit diesem neuen Verfahren, welches wir hier bereits vor drei Jahren vorstellen konnten, erhält der Praktiker eine Absicherung für seine Ernte auch unter schwierigsten Verhältnissen. Ich meine damit, daß dem Landwirt hier eine Alternativlösung an die Hand gegeben wird, die ihm einmal den Maisanbau in nicht prädestinierten Klimlagen ermöglicht und für Krisenjahre eine Absicherung seiner Maisernte bietet ohne Verluste, wie sie 1972 bei anderen Verfahren eingetreten sind. Dabei ist zweifellos neu, daß der komplette Kolben einschließlich Spindel und Lieschen mit dem Pflückhäcksler in



Bild 4:
Rivierre-Casalis
im Einsatz



Bild 5:
Maiskolbenschrothäcksler
der Fa. Mengele



Bild 6:
Gehl-Häcksler

einem Arbeitsgang sich so ernten läßt, daß das Gut ohne weitere Nachbehandlung auch für die Schweinehaltung interessant wurde. Neben diesem hier gezeigten Prototyp eines Maiskolbenpflückhäckslers haben wir auch US-Maschinen eingesetzt, die gekennzeichnet sind durch einen Pflückvorsatz, eine Messertrommel mit Siebkorb, sowie ein separates Gebläse. Der Zerkleinerungsgrad ist besser, jedoch lassen sich keine Lieschblätter mehr abtrennen, wenn dieser Vorgang von der Praxis gewünscht wird (Bild 6).

Entscheidend ist m. E. der weitaus höhere PS-Bedarf, sowie die Kosten für den erhöhten Bauaufwand. Bei gleicher Flächenleistung müssen gegenüber der deutschen Entwicklung 30–50 PS mehr, also 120–150 PS bereitgestellt werden (Bild 7). Erstmals ist es uns mit dieser gemeinsamen Entwicklung gelungen, einen selbstfahrenden zweireihigen Feldhäcksler mit hohem Transportvolumen der Zugmaschine zu konzipieren. Viele von Ihnen konnten im letzten Herbst bereits diese Kombination auf der hiesigen Tagung sehen. Im Verfahrensablauf ist diese Kombination mit dem Mähdrescher völlig vergleichbar. Bitte stören Sie sich nicht an einem hier bestimmten Häcksler oder an dem fahrbaren Untersatz. Dieser, mein Vorschlag, ist auch in anderer Kombination möglich. Entscheidend ist das relativ hohe Transportvolumen von 2,3 t und wenn man will, läßt sich dieses auf 3 t ohne weiteres erhöhen. Das ist aber etwa die Erntemenge von $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{5}$ ha oder anders ausgedrückt, eine Feldlänge von 500–600 m kann zwei Mal abgefahren werden.

Insgesamt sehen Sie heute 8 verschiedene Variationen von Pflückhäckslern, auf sie alle im einzelnen einzugehen, fehlt mir die Zeit (Bild 8).



Bild 7:
Unimog mit
Pöttinger-Häcksler

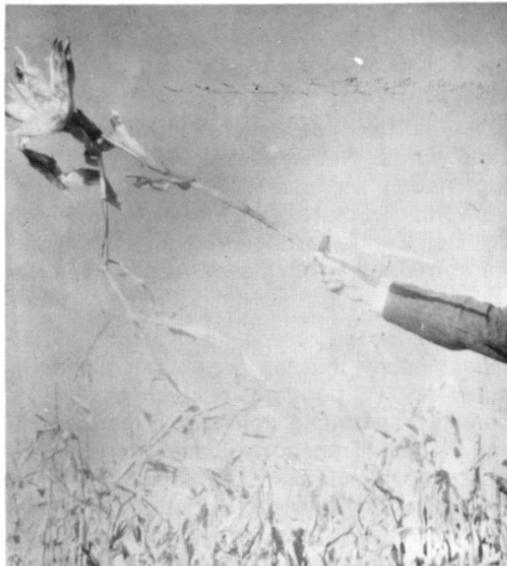


Bild 8:
Maispflanze

Nach Abhandlung der möglichen Mechanisierungsverfahren komme ich zur Maispflanze zurück. An diesem Bilde wird doch wohl für jeden Zuschauer deutlich, daß sich der Schweinehalter zunächst nur für die Körner an diesem Kolben interessiert zeigt. Für den Maschinenbauer stellt sich die Frage, wie kann man neben dem bekannten Verfahren mit dem Häcksler nur die Kolben ernten und so

zerkleinern, daß er möglichst in einem Arbeitsgang fütterungsgerecht wird. Beim Einsatz der Maispflückhäcksler ist uns klar geworden, daß insbesondere bei höherer Fahrgeschwindigkeit manch Stengel oberhalb des Kolbenansatzes mit durch den Häcksler wandert und dadurch den Rohfaseranteil wesentlich erhöht. Auch die am Kolben verbleibenden Lieschblätter erhöhen nicht nur den Rohfaseranteil, sondern stören im weiteren Ablauf über Silierung und Fütterung hinaus gewisse Entmistungssysteme.

Auch aufgrund zahlreicher Analysen und Beobachtungen im praktischen Betrieb halten wir es heute für richtig, daß die Lieschblätter nach Möglichkeit so zerkleinert werden, daß sie zumindest der Technisierung der nachfolgenden Arbeitsvorgänge nicht im Wege stehen. Dies kann man, wie Sie nachher auf dem Vorführfelde sehen, durchaus erzielen (Bild 9).

Um das Verfahren insbesondere für den bäuerlichen Betrieb zu vereinfachen, stellen wir Ihnen heute hier den Vorschlag zur Senkung des Rohfaseranteiles und Zer-

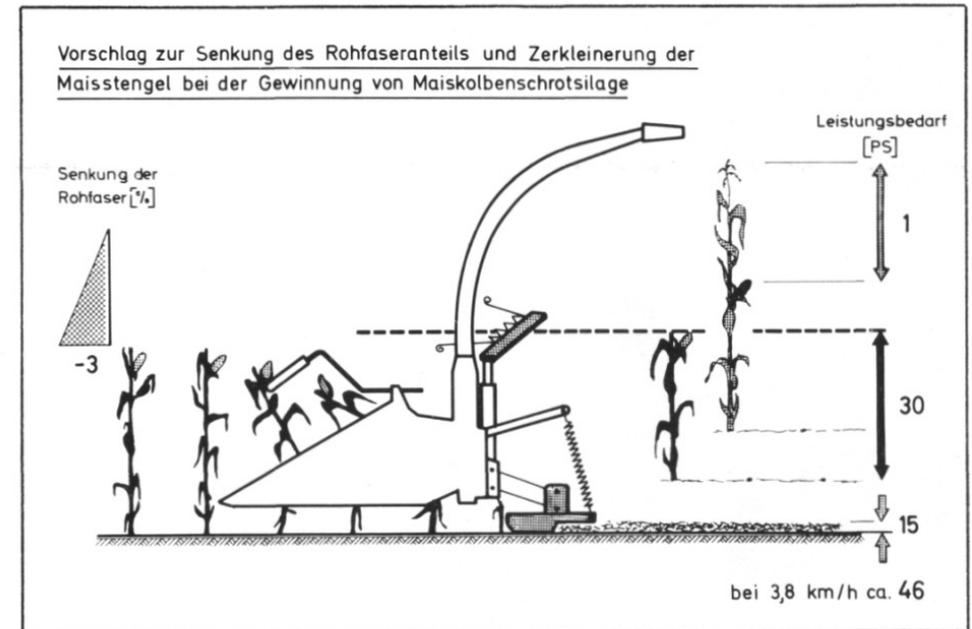


Bild 9:

kleinerung der Maisstengel bei der Gewinnung von Maiskolbenschrotsilage vor. Wir beabsichtigen mit einem Schneidwerk die oberen Stengelteile der danebenstehenden Reihe abzutrennen, damit in jedem Fall durch diesen Stengelteil kein höherer Rohfaseranteil eingebracht werden kann. Weiter stehen wir auf dem Stand-



Bild 10a: Hochsilos

punkt, daß der Maisstengel bei den einreihigen Geräten in einem Arbeitsgang so zerkleinert werden muß, daß jeder Pflug ohne nennenswerte Störung einsetzbar wird. Diese konstruktiven Vorschläge haben wir in den letzten Wochen bei der Aberntung von 10 ha Mais erproben können; bei dieser Gelegenheit haben Praktiker gerade den zweiten Weg der gleichzeitigen Strohzerkleinerung sehr begrüßt, da bei einreihigen Geräten die Reihe so zusammengefahren wird, daß normale Strohschläger im zweiten Arbeitsgang kaum die Arbeit genügend erledigen können (Bild 10a).



Bild 10b: Pöttinger-Spezialhäcksler

Erst vor wenigen Tagen haben wir – mit auf Anregung von Ihnen, Herr Professor Dr. Rintelen – den hier dargestellten Versuch unternommen, die leichten Bestandteile – wie Lieschblätter, gehäckselte Pflanzenbestandteile – beim Befüllvorgang von Hochsilos abzutrennen. Analysen liegen bis jetzt noch nicht vor. Mit Vorbehalt auf das jeweilige Erntejahr scheinen wir hier eine erfolversprechende Lösung anzusteuern. Erfahrungen über Siebleistungen sind uns von der angewandten Me-

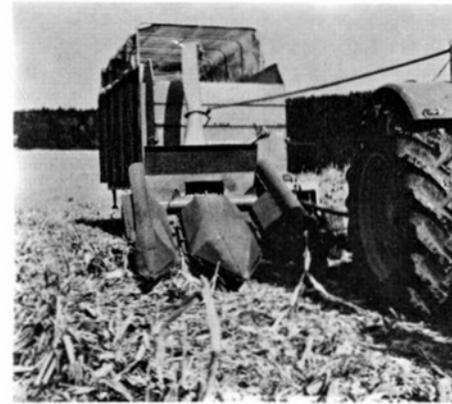


Bild 10c: Mengele 2-reihig

thode, nach der Entnahme die Lieschblätter zu trennen, bekannt. Diese Liesch-trennung ist bereits bei einem Fabrikat in der Erntemaschine an dem Pflückhäcksler erfolgreich erfüllt, wie ich mich am letzten Wochenende selbst überzeugen konnte (Bild 10b).

Diese Lieschtrennung kann aber auch bereits auf dem Felde erfolgen, wie auf diesem Bilde erkennbar. Das Erntegut, der Kolben, wird zunächst gebrochen und dann dem Häckselaggregat zugeführt. Die beim Bruchvorgang sich absprengenden Lieschblätter und gelegentliche Pflanzenteile werden über ein Sieb mittels einer Rechkette aus dem eigentlichen Erntestrom getrennt. Der Rohfaseranteil bei dieser Maschine liegt um 8 %, der Zerkleinerungsgrad des Erntegutes ist sehr fein und wird sich sowohl für den Siliervorgang als auch für die Verfütterung der Maiskolbensilage positiv auswirken (Bild 10c).

Die von der Praxis geforderte höhere Flächenleistung wird jetzt auch mit zwei-reihigen Trommelmaschinen erzielt, nachdem für diese Grundmaschinen neue Schneidwerkzeuge in Verbindung mit Schroteinrichtungen entwickelt wurden, d. h., daß ein nachträglicher Einbau in bereits laufende Maschinen möglich wird. Auf dreireihige Geräte wird man sich bald einstellen können (Bild 11).

Hochsilo	Abdeckung	Abram-verluste	Entnahme		
 nach 10-12l verdichten! $\bar{f} = 0,75$	Sandsack  Folie	keine	gut	sehr gut	nein
 $\bar{f} = 0,85$	mobile Abdeckung Sandsack  Folie 1cm Sandschicht	gering ≈ 3%	gut	möglich	nein
 $\bar{f} = 0,95$	—	mittel ≈ 5%	be-friedigend	nein	nein

Bild 11: Vorschlag für die Lagerung von Maiskolbenschrotsilage

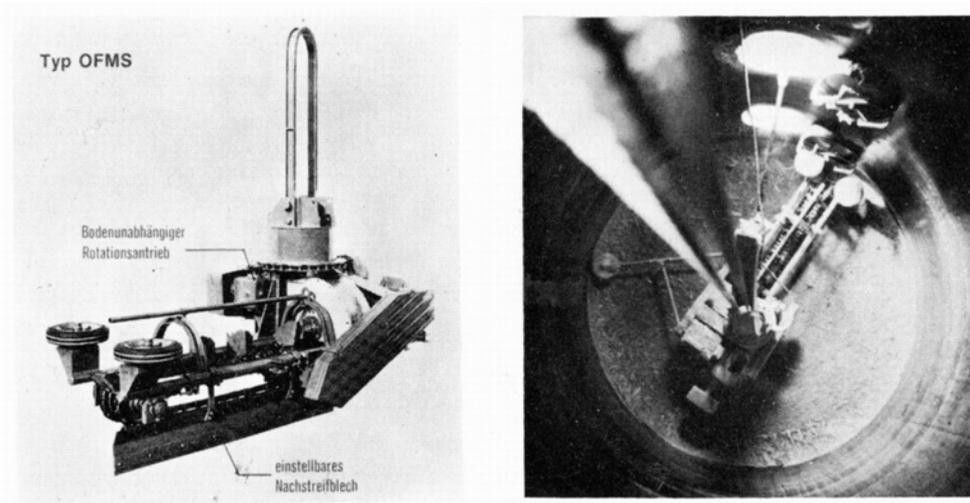


Bild 12: Obenfräse

Das von den drei geschilderten Verfahren erzielte Erntegut von Maiskolbenschrot – und hier beziehe ich den Recutter als Nachschneider auf dem Hof mit ein, – läßt sich nach unseren Verfahren gleich gut in den hier dargestellten Behälterformen einlagern. Neben der erforderlichen Verdichtung des Futters, einer festen Abdeckung bei freistehenden Hoch- oder Fahrsilos, ist eine zusätzliche Folienabdeckung auf dem Futterstock angebracht, so können Abraumverluste fast vermieden werden. Eine mechanische Entnahme ist bei Weihenstephaner Hochsilos sehr gut möglich und sofort zu empfehlen. So sauber und gleichmäßig kann man von Hand nicht Schicht für Schicht abtragen. Eine Greiferentnahme fällt aus, es treten sofort Gärverluste durch Tiefenlockerung auf. Die Entnahme aus Flachsilos, wenn sie mechanisch erfolgt, macht keine Schwierigkeiten, auch von der Verlustseite her nicht, wenn das Fahrsilo im Sommer abgedeckt – und hier möchte ich betonen – zusätzlich mit einem festen Dach bleibt. Anders sieht es bei dem Foliensilo aus. Dieser sollte nur in den kalten Wintermonaten als Zwischenlagerung dienen (Bild 12).

Wir wissen, daß der Schweinemäster im Grunde genommen verwöhnt ist bei der mechanischen Futtervorlage. Darum empfehlen wir ihm, falls er die Maiskolben-

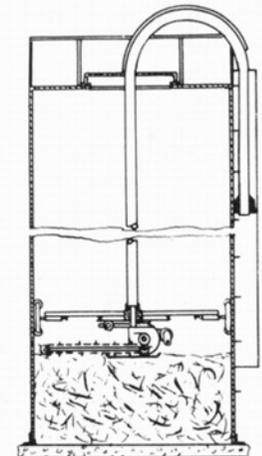
schrotsilage nach unseren Vorschlägen anwenden will, sofort die hier in diesem System gezeigte Obenfräse einzusetzen. Wenn man der Obenfräse gewisse Schwächen bezüglich der Entnahme bei Grassilage oder auch nasser, nicht kurz gehäckselter Silomaissilage nachsagt, kann man das nicht von der Maiskolbenschrotsilage sagen. Hier liegt ein optimales Arbeitsfeld für eine Obenfräse vor, insbesondere dann, wenn sie so konstruiert wird, daß sie die Oberfläche beim Abräumen nicht weiter auflockert (Bild 13).



Bild 13: Obenfräse

An diesem Dia möchte ich denjenigen Praktikern eine Möglichkeit eröffnen, ihre alten Behälter, die z. T. gar keine Luken besitzen, für die Einlagerung von Maiskolbensilage zu verwenden. Die hier gezeigte Obenfräse benötigt keine Luken, wie die Aufnahme zeigt, sie ist hier in einer Siloanlage aus dem Jahre 24 eingesetzt und hat mit Erfolg auch Maiskolbenschrotsilage mit einem Trockenmassegehalt von nur 38 % entnommen. Die Weiterführung der entnommenen Maiskolbensilage in einem flexiblen Rohr oder Schlauch ist generell anzustreben (Bild 14).

Siloobenfräse mit Futterauswurf durch die Befüllöffnung.



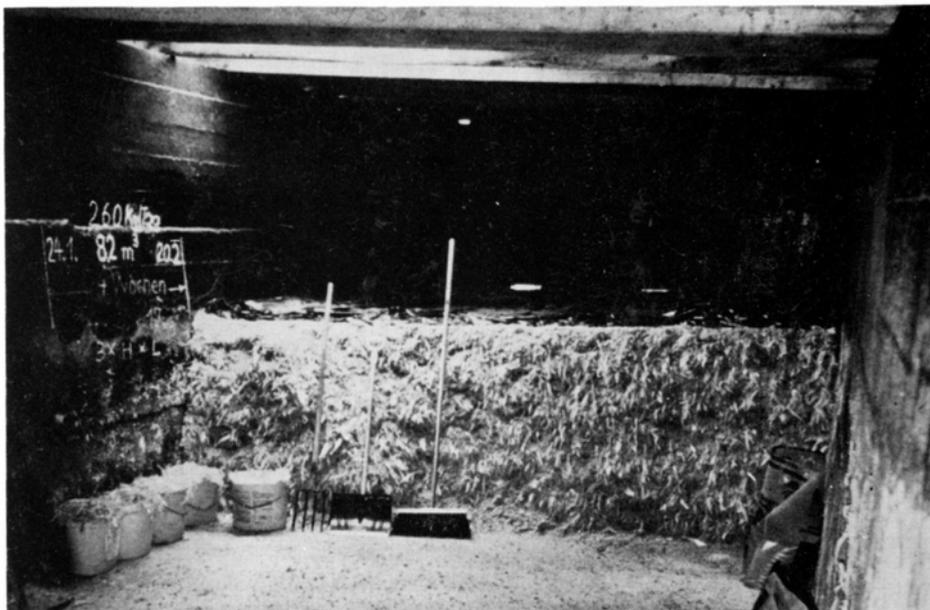


Bild 14:
Fahrsilo

1971 hatte der Landwirt noch nicht genügend Erfahrung bei der Siliertechnik von Maiskolbenschrotsilage. Er benötigte über ein Wochenende gut 2½ Tage zur Ernte und Einlagerung von 65 t Maiskolbenschrot. Eine bräunliche Verfärbung des Futters stellte sich zwischen den einzelnen Tagesfüllungen daraufhin ein. Im Februar 1973 besuchte ich den Betrieb erneut. Er hatte diesen Behälter im letzten Jahr an einem Tag gefüllt. Maschinenbesatz: 1 Pflückhäcksler, 2 Stallungstreuer, im durchgehenden Betrieb von morgens bis abends wurden 2½ ha geborgen und eingelagert. Die zügige Beschickung hat sich gelohnt. Keine bräunliche Farbe, sondern goldgelb schaut das Futter aus. Der Futterstock wird zusätzlich mit einer Folie und einer dünnen Sandschicht abgedeckt. Durch die abnehmbare, feste Bedachung fällt Licht ein. Der Landwirt entnahm seinerzeit für seine 30 Zuchtsauen täglich ca. 260 kg Maiskolbenschrotsilage. Bei einer Silobreite von 4 m und einer Futterstockhöhe von 1,50 m sind es etwa 7 cm pro Tag. Das Futter wird im Plastikeimer gefaßt, als Handwerkzeuge dienen Schaufel, Stichforke und Besen. Eine erstaunliche Sauberkeit in dieser Futterzentrale führt sicherlich mit zum Zuchterfolg (Bild 15).

Vier Beobachtungen scheinen mir hier von Interesse:

1. Meiner in der Faschingszeit kostümierten Tochter, macht es nichts aus, den Schweinestall zu betreten. Geruchsbelästigung muß wohl erträglicher sein.
2. Bis zur nächsten Fütterung sollten etwa 6–10 % Futterrückstände, – wie auf dem Bild erkennbar, – im Trog vorhanden sein. Dies ist sehr wichtig, wenn Maiskolbenschrotsilage als alleiniges Saftfutter bereitgestellt wird.
3. Trocken vorgelegt, eignen sich Fütterungswagen, die in der Rinderfütterung bekannt sind.
4. Bei dieser dänischen Aufstellung ist in jedem Fall die Wasserbereitstellung im Mistgang vorzusehen (Bild 16).

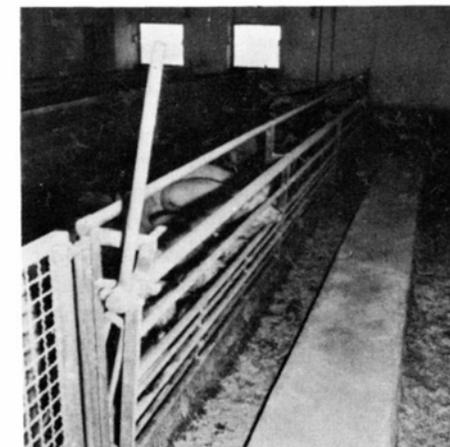


Bild 15: Futtervorlage im Schweinestall

Für das Pflückdruschverfahren hat insbesondere Professor Riemann Vorschläge erarbeitet, die von zahlreichen Praktikern mit Erfolg realisiert wurden. Dieser Weg ist nach Gewinnung von Corn-cob-mix gekennzeichnet durch einen möglichst gasdichten Behälter (Bild 17).

Die Nachfütterung, d. h. die Verteilung von Futtermitteln in flüssiger Form nimmt ständig an Bedeutung zu. Bei dem Corn-cob-mix-Verfahren wird der tägliche Futterbedarf mit einer Untenfräse entnommen, geschrotet und in der Mixgrube mit Er-

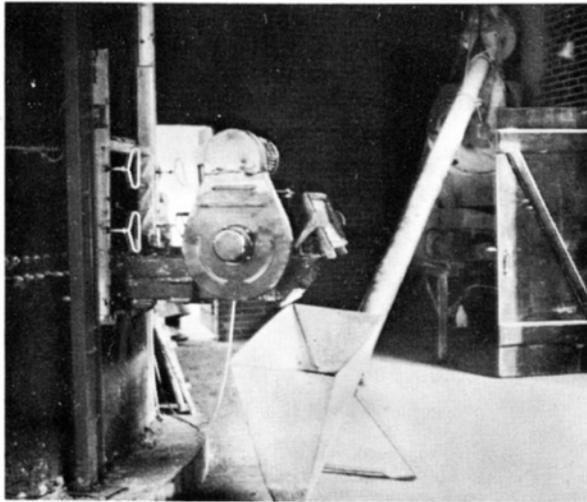


Bild 16: Corn-cob-mix Harvestore

gänzungsfutter und Wasser verflüssigt. Der Energiebedarf liegt für Untenfräse, Schrotmühle und Mixer, die gleichzeitig laufen müssen, je nach Anlagengröße zwischen 20 und 30 kW. Dieses Verfahren läßt sich auch in herkömmlichen Hochsilos anwenden, wenn das Corn-cob-mix-Gut vor der Einlagerung zerkleinert wird. Somit bestehen hier keine grundsätzlichen Unterschiede. Wichtig erscheint mir die restlose Zerkleinerung noch vorhandener Lieschblätter beim Pflückhäckselgut, wenn diese Futterverteilanlagen angewendet werden sollen.

Aufgrund der Auswertungen von Frau Dr. Roth-Maier konnten wir unsere praktischen Fütterungsversuche mit in diese Futterwertabelle einarbeiten. Es handelt sich um Richtwerte für den täglichen Bedarf an Maiskolbenschrotsilage bei 300 g Eiweiß pro Tier und Tag in Abhängigkeit der Trockenmasse und eines Rohfaseranteiles von 10–11 %. Unterstellt sind die mittleren Zunahmen von 570–630 g pro Tier und Tag. Die erforderlichen Mengen von Maiskolbenschrotsilage lassen sich in Abhängigkeit vom Schweinelebensgewicht und dem Trockenmassegehalt an dieser grafischen Darstellung ermitteln (Bild 18).

Beispiel I: Neben der erforderlichen Eiweißmenge wird nur Maiskolbenschrotsilage verfüttert, also 100 %. Bei einem Lebensgewicht von 65 kg und einem Trockenmassegehalt von 50 % erhalten die Tiere 3,5 kg MKS. Für ein Jahr wie 72, in welchem das Erntegut mit einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt unter 45 % geborgen werden mußte, schlagen wir **Beispiel II** vor: also 50 % MKS in der Futterration. Bei einem Lebensgewicht von 60 kg sind 2 kg MKS – möglichst vormittags – und 1,1 kg Getreide + 300 g Eiweiß nachmittags vorzulegen. Sie können



Bild 17: Mixgrube

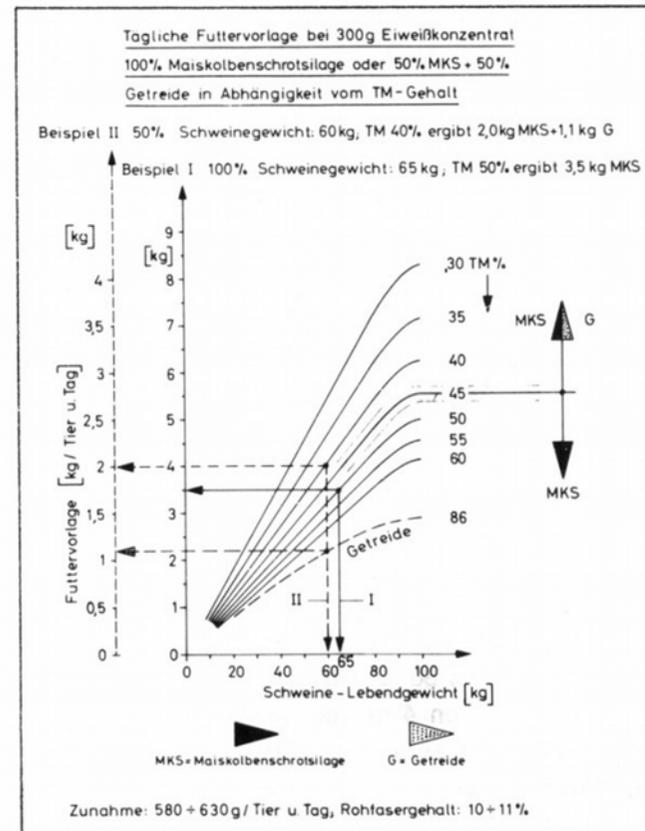


Bild 18:

Futterart (Ernte 1972)	TM [%] i.d. Trockensub.	Rohf[%]	Tierzahl	Klassifizierung [%]				Aufstallung
				I	II	III	IV	
Feuchtmassschrot	53,1	3,0	21	15	45	30	10	Tiefstall
Maiskolbensschrot	48,0	11,3	40	27,5	55	17,5	—	
	40,0	13,0	55	24	55	21	—	dänische Aufstallung
Getreide	86,0	5,0	207	58	33	9	—	
1/2 Getreide + 1/2 Maiskolben- schrot	38,0	13,5	129	60	31	9	—	

Bild 19:
Fleischbewertung von
verschiedenen Mastgruppen
(Totvermarktung).

auch mischen, wie es bei Flüssigfütterungsanlagen gehandhabt wird (Bild 19).

Neben einer guten Futtermittelverwertung der MKS in der Schweinemast hat die Aussage über die Fleischqualität besondere Bedeutung. Ergebnisse aus den ersten Versuchsreihen sind auf dieser Darstellung zusammengetragen. Ich bin mir klar darüber, daß es sich nicht um Vergleichsversuche, sondern nur um Reinergebnisse handelt. In den ersten beiden Versuchsreihen wurde im Tiefstall Feuchtmassschrot und Maiskolbensschrot vergleichsweise verfüttert. Der höhere Rohfaseranteil und der längere Fütterungsabschnitt von 10–14 Tagen bewirken vermutlich eine fettärmere Fleischqualität und damit eine bessere Fleischbewertung, also höherer Erlös. In einer dritten Versuchsreihe auf einem anderen Betrieb — hier dänische Aufstallung — lag selbst bei einem niedrigeren Trockenmassegehalt von nur 40 % und einem hohen Rohfaseranteil von 13 % eine etwa gleich gute Fleischbewertung vor. In einem dritten Versuchsbetrieb konnte der sonst übliche Einsatz des Pflückdreschers im Herbst 72 nicht erfolgen. Der Landwirt entschloß sich zum Einsatz eines Maiskolbenpflückhäckslers, um seine 9 ha Mais ernten zu können. Aufgrund des sehr niedrigen Trockenmassegehaltes und des hohen Rohfaseranteiles entschlossen wir uns, abends Getreide nach Rationalisten und morgens Maiskolbensschrot bis zur vollen Sättigung zu verfüttern. Die Kombinationsfütterung bewirkte sogar eine leichte Verbesserung der Fleischqualität zur sonst üblichen Getreidemast.

Bevor ich auf die Richtwerte eingehe, die für die Praktiker zur Abwägung der Verfahren als Entscheidungshilfen dienen sollen, möchte ich Sie mit einer vielleicht interessanten Variante bekannt machen (Bild 20). Körnermais ist Verkaufsware!

Wie sieht es hier mit Maiskolbensschrot aus? Diese Frage interessiert viele Maisanbauer, insbesondere im norddeutschen Raum, die keine Veredlung betreiben wollen, aber auf die hohen Erträge und die mit der Maispflanze verbundenen anderen Vorteile nicht verzichten wollen.

Auf Anregung zweier Praktiker haben wir im Frühsommer 1973 MKS aus der Ernte 1972 als Silage in zwei Versuchsreihen mit 34 % Trockenmasse und 44 % Trocken-

masse getrocknet. Die vorliegenden Testergebnisse haben uns veranlaßt in den kommenden Wochen Frischware — also vom Feld weg — sowie auch später silierte Ware, die am gleichen Tage geerntet wird, zu trocknen, um die vielen offenen Fragen um diese Problemkreise mit beantworten zu können (Bild 21).

Meine sehr verehrten Damen, meine Herren! Zunächst bitte ich um Verständnis für diese vielen Zahlen auf einem Dia. Sie werden veröffentlicht und lassen sich dann später besser diskutieren. Aber Sie erwarten jetzt und hier eine Aussage von mir. Ich habe als Arbeitsverfahren Maiskolbensschrot unterstellt. D. h., es liegt vor der Einlagerung als Fertigfutter vor und bei seiner Verteilung im Schweinestall wird es nur noch mit der erforderlichen Eiweißmenge ergänzt. D. h., während die Pflückhäcklersysteme alle eine ausreichende Zerkleinerung in einem Arbeitsgang erzielen, mußte ich dem Pflückdruschverfahren Corn-cob-mix einen Recutter bei den Hofmaschinen vorschalten.

Den Ernteverfahren

1. einreihige Pflückhäckler, es gibt drei Variationen
2. zweireihige Pflückhäckler, es gibt drei Variationen
3. Pflückdrescher mit zwei Variationen

habe ich folgende Richtwerte gegenübergestellt:

1. Möglicher Einsatzbeginn, gekennzeichnet durch den Trockenmassegehalt der Maispflanze.
2. Die Flächenleistung, 75 cm Reihenabstand und eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit
3. die sich daraus ergebende Ernteleistung
4. die erforderliche Transportkapazität



Bild 20: Trocknungsverfahren

5. der Arbeitskräftebedarf pro ha und

6. der Energiebedarf für die verfahrensbedingten Hofmaschinen, wobei wir zwischen Förderband, Gebläse, Dosiertisch und dem Recutter zu unterscheiden haben. Die Pflückhäcksler sind wesentlich unempfindlicher gegenüber dem Trockenmassegehalt und der oft im Herbst vorherrschenden feuchten Witterung als die Pflückdrescher. Die Pflückhäcksler können zweifellos schneller als 3,8 km/h fahren, dann jedoch klettert der Rohfaseranteil über das gewünschte Maß hinaus.

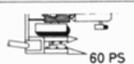
Ernteverfahren Maschine	Minimum TM-Gehalt [%]	Flächenleistung (Richtwerte) [ha/h]	Ernte- leistung [t/h]	erforderl. Wagen 4t Ldg.	AK Feld + Hof	AK/h Transp + Hof	PS-Bedarf 1 Hofmasch. (Erntev., Gebläse, Dosiertisch)	
 60 PS	ab 35	0,24	3,8	3,5	↔↔↔↔	1	8,5	F 5 od. G 30
 100PS mit Recutter 140PS		0,46	3,8	5,9	↔↔↔↔	1	4,4	F 5 od. G 50
 84 PS	ab 35	0,38	4,1	Überkippen 4,9	keine	1	2,7	D + F 15 D + G 40
 120 PS		0,49						
 105 PS	ab 60	0,65	3,0	6,5	↔↔↔↔	1	3,1	Recutter 110+ 150

Bild 21: Arbeitsverfahren: Maiskolbenschrotsilage mit dem Pflückhäcksler (10–11 % Rf) und dem Pflückdrescher (Corn-cob-mix 4–7 % Rf) für Fertigfutter + Eiweiß.

Mit dem einreihigen Pflückhäcksler kann man eine Fläche von 0,24 ha pro Stunde mit einer Arbeitskraft ernten, wobei die zweite Arbeitskraft, die den Transport und das Abladen zu übernehmen hat, nicht einmal zu 50 % ausgelastet ist. Diese Diskrepanz hat uns auch ermuntert, zweireihige Maschinen zu konzipieren.

Bei zweireihigen gezogenen Maschinen schrumpft der Arbeitskräftebedarf auf 4,4 pro ha zusammen.

Ein echter Vollernter stellt die Kombination vom zweireihigen Pflückhäcksler in Frontbauweise mit einem Tragschlepper dar. Er ist vergleichbar mit dem Pflückdrescher, da er ebenfalls das geerntete Gut für eine gewisse Zeit sammelt und später am Felde oder gar auf dem Hofe überkippen kann. Letzteres ist besonders von Interesse, wenn keine weitere Arbeitskraft zur Verfügung steht. Im Einmannverfahren können annähernd 1 Tagwerk/h geerntet werden, wenn auf dem Hofe ein Dosiertisch für eine gleichmäßige Beschickung eines Förderbandes oder Gebläses bereit steht. Diese Konzeption ist auch für Silomais und gegebenenfalls für die Versorgung von Trocknungsanlagen mit Grüngut von Interesse.

Der Spezialpflückdrescher leistet bereits bei einem Trockenmassegehalt von über 35 % gut 1/2 ha/h. Es sind jedoch zwei Arbeitskräfte notwendig zum Abtransport, da unter diesen Bedingungen Überspur gefahren werden muß.

Beim vierreihigen Pflückdrescher habe ich zwei Werte angegeben. Um 50 % Trockenmasse muß mit verminderter Fahrgeschwindigkeit gefahren werden, die

1972 z. B. noch weit unter 2 km/h lag, eine entsprechend höhere Arbeitskraftstunde pro ha ist neben anderen Nachteilen die Folge. Können wir mit Ernteverhältnissen über 60 % Trockenmasse rechnen – und das ist zweifellos in der Mehrzahl der Jahre richtig, – dann steht dieses Verfahren sicherlich den vorgenannten Verfahren gleichwertig und besser gegenüber, wenn man als Vergleich die erforderlichen Arbeitskraftstunden pro ha heranzieht (Bild 22).

Zum Abschluß meines Referates soll Ihnen diese Darstellung als weitere Entscheidungshilfe dienen. Die Angaben können nur Richtwerte darstellen und nehmen auch keine Vollständigkeit für sich in Anspruch, denn die technische Entwicklung bleibt ja nicht stehen.

Den Erntemaschinen sind Kriterien, wie Einsatzbereich = Trockenmassegehalt, Verluste in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt und Maschinenpreise gegenübergestellt.

Bei den Anbaupflückhäckslern unterscheiden wir drei Typen:

1.1. Grundgerät auch für Silomais und Anwelkgut, daher nur die Kosten für Pflückvorsatz und Schroteinrichtungen, 4000,- DM + 1000,- DM für Siebtisch.

1.2. Pflückschroter normal, Rohfaseranteil zwischen 10–11 %, 7000,- DM + 1000,- DM für Siebtisch.

1.3. Spezialschroter, Rohfaseranteil ab 7 %, 12 000,- DM.

2. Zweireihige Pflückhäcksler, hier gibt es derzeit noch keine Spezialmaschinen, daher nur der Pflückvorsatz und die Schroteinrichtung + Siebtisch mit 12 000,- DM.

3. Zweireihige Pflückhäcksler in Kombination mit einem Bunkerschlepper, wobei man sich auch die Heckenordnung mit einem Hochbunker am Schlepper vorstellen kann, sind 5000,- DM für den Bunker und 12 000,- DM für Pflückvorsatz, Schroteinrichtungen und Siebtisch anzusetzen.

Erntemaschinen	Minimum TM-Gehalt [%]	Verluste in Ab- hängigkeit von der TM [%]	Maschinenpreise [DM]	Richtwerte	Σ	
	ab 45	30 50 65	—	4000	1000	5000
		—	7000	—	1000	8000
		—	12000	—	—	12000
	ab 35	—	—	11000	1000	12000
		—	—	5000	1000	17000
	ab 50	—	—	11000	—	—
		—	70000	—	10000	80000
	ab 50	—	—	30000	10000	40000

Bild 22: Arbeitsverfahren: Maiskolbenschrotsilage mit dem Pflückhäcksler (10–11 % Rf) und dem Pflückdrescher (Corn-cob-mix 4–7 % Rf) für Fertigfutter + Eiweiß.

4. Spezialpflückdrescher, der bei unseren Verhältnissen nur für die Maisernte eingesetzt werden kann, muß der gesamte Anschaffungspreis von 70 000,— DM + Recutter mit 10 000,— DM = 80 000,— DM bereitgestellt werden.

5. Der normale Pflückdrescher verteuert sich mit vierreihigem Pflückvorsatz und Umbausatz + Recutter um 40 000,— DM.

Über die Verluste zu sprechen ist nicht opportun. Ich habe Verluste – und die gibt es immer – entsprechend dem Reifestadium, also hier dem Trockenmassegehalt, aufgetragen. Bei den Pflückhäckslern haben wir eigentlich nur Verluste bei dem Pflückvorsatz zu erwarten, und diese sind nach meiner Beobachtung nahezu konstant und sehr gering, wenn die Einstellung der Pflückschienen dem Bestand entsprechend exakt eingestellt sind.

Beim Spezialpflückdrescher, wie bereits besprochen, liegen sie unter unseren Erntebedingungen relativ hoch. Liegt eine gleichmäßige Kolbenausbildung vor, erniedrigen sich die Verluste dann um ca. $\frac{1}{3}$. Sie liegen dann etwa gleich hoch wie die des Pflückdreschers, dessen Einsatzbereich jedoch wiederum kleiner ist. Beide Maschinen haben Schüttlerverluste, die witterungsbedingt sind und im Zusammenhang mit den Pflückverlusten in Krisenjahren bis zu 50 % (hier wurden auch Ernteverluste – wie die auf dem Boden liegende Kolben – mit berücksichtigt) des Ertrages ausmachen können, ich verweise hier auf die Literatur des letzten Jahres.

Den Inhalt dieses Referates glaube ich in vier mir wesentlich erscheinenden Punkten zusammenfassen zu können:

1. Maiskolbenschrot, ob über das Pflückdrusch- oder Pflückhäckselverfahren einstilliert, wird zunehmend für die Verfütterung in der Schweineproduktion interessant.
2. Das Drusch- oder Häckselverfahren unterscheidet sich im wesentlichen von der Grundmaschine her. Während der Pflückdrescher Vorteile in der großen Flächenleistung und in der Einhaltung eines bestimmten Rohfaseranteiles für sich buchen kann, liegen die Vorteile beim Pflückhäckslern im geringeren Kapitalbedarf, größeren funktionssicheren Einsatzbereich bezüglich des Reifegrades der Pflanze und geringste Verluste besonders bei schwierigen Ernteverhältnissen.
3. Beide Verfahren können die nachfolgenden Arbeitsgeräte für Transport der Befüll- und Entnahmetechnik für alle Gärfutterbehälter ohne Abänderung verwenden.
4. Letztere Feststellung scheint mir für die bäuerlich betriebenen Veredlungsbetriebe von besonderer Bedeutung.

Ihnen, meine Damen und Herren, gilt mein besonderer Dank für Ihre Aufmerksamkeit und eingeschlossen alle diejenigen, die zu diesem Ergebnis beigetragen haben, welches eine echte Zusammenarbeit zwischen Praxis, Industrie und Wissenschaft darstellt.

Die Fütterung von Maiskolbenschrotsilage an Schweine

von Frau AOR Dr. Dora Roth-Maier, Institut für Tierernährung der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan

Die Erzeugung von Maiskolbenschrotsilage wird in letzter Zeit in zunehmendem Maße diskutiert. Da dieses Produkt nur über den Tiermagen verwertet werden kann und damit veredelt werden muß, ist es eine vorrangige Aufgabe zu klären, wie die Maiskolbenschrotsilage in der Fütterung eingesetzt werden kann. Maiskolbenschrot besteht aus Körnern, Spindeln und je nach der Wahl des Ernteverfahrens aus Lieschblättern. Dieses Gemisch, das einen beträchtlichen Wassergehalt von etwa 45 % aufweist, muß haltbar gemacht werden, was bei der Erzeugung der Maiskolbenschrotsilage durch den Siliervorgang erfolgt. Bislang wurden Maiskolbenschrotsilagen in der Rinderfütterung erfolgreich eingesetzt. Wie sich die anfallenden Futtermittel für die Schweinemast eignen, sollte deshalb geprüft werden. Für die Verwendung der Maiskolbenschrotsilage in der Schweinemast stand nämlich die Frage im Raum, ob dieses Futter überhaupt genügend Energie liefert, daß es mit Erfolg verfüttert werden kann. Dazu reicht es nicht, wenn die Futtermittel nur chemisch analysiert werden und man die einzelnen Rohnährstoffgehalte, wie z. B. den Rohprotein- und Rohfasergehalt erhält, sondern es müssen Verdauungsversuche zur näheren Charakterisierung und Eignung der Futtermittel für ein Tier durchgeführt werden. Denn nur sie zeigen, wie das Tier ein Futter verwertet. So werden mit diesen Verdauungsversuchen praktisch die Maßzahlen ermittelt, die für die Schweinefütterung eigentlich entscheidend sind, und zwar die Verdaulichkeit der organischen Substanz, der Gehalt an verdaulichem Eiweiß und der Gehalt an Gesamtnährstoffen. Deshalb wurden insgesamt 15 Verdauungsversuche durchgeführt. In Mastversuchen wurde zusätzlich die Maiskolbenschrotsilage als Mastfutter getestet¹⁾. Dabei wurden zwei unterschiedliche Maiskolbenschrotsilagen verwendet, da sich für die Ernte von Maiskolbenschrot in Deutschland zwei verschiedene Verfahren anbieten. Dies ist einmal der Pflückdrusch und zum zweiten das Pflückhäckselverfahren. Beim Pflückdrusch fällt ein Gemisch aus Körnern und Spindelbruchstücken an, das nochmals zerkleinert werden muß. Man bezeichnet dieses pflückgedroschene Gut meist auch als Corn-cob-mix. Das mit dem Pflückhäckslern gewonnene, d. h. das pflückgehäckselte Erntegut setzt sich aus Körnern, Spindeln, je nach Reifegrad verschieden hohen Lieschblattanteilen und gelegentlich aus mitverarbeiteten oberen Stengelanteilen zusammen. Dieses Gut ist meistens ausreichend zerkleinert, der Rohfasergehalt liegt aber bei etwa 10–15 % in der Trockensubstanz. Die verschiedenen Versuchsergebnisse aus den Verdauungs- und Mastversuchen mit unterschiedlich gewonnenen Maiskolbenschrotsilagen und die praktischen Konsequenzen daraus sollen im folgenden dargelegt werden.

1. Corn-cob-mix

Die Zusammensetzung des verwendeten Corn-cob-mix zeigt Tabelle 1. Da die Trockensubstanz-Gehalte oft sehr stark schwanken können, wurden zur objektiven

Tabelle 1: Nährstoffgehalte und Verdaulichkeiten von Corn-cob-mix (56,2 % TS)

	Organ. Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	NFE
1000 Gewichtsteile TS enthalten	981	98	46	80	757
Verdaulichkeit, % (n = 7 Tiere)	82,0 ± 0,7	81,9 ± 0,9	73,3 ± 2,1	37,5 ± 3,9	87,1 ± 0,7
1000 Gewichtsteile TS enthalten	80 verd. Rohprotein 847 GN				

¹⁾ Originalarbeit: Zur Verfütterung verschiedener Maiskolbenschrotsilagen in der Schweinemast; Dora A. ROTH-MAIER, M. KIRCHGESSNER, K. GRIMM und F. X. ROTH

Beurteilung der Futtermittel alle Gehalte auf die Trockensubstanz bezogen. Als wesentliches Kriterium sei der Rohfasergehalt von 8 % in der TS herausgestellt. Bei den Verdaulichkeiten interessiert vor allem die Verdaulichkeit der organischen Substanz, da sie als Maßstab für die Nährstoffkonzentration der Futtermittel verwendet werden kann. Anhand dieses Wertes läßt sich nach KIRCHGESSNER zu meist entscheiden, ob sich das Futtermittel für den Einsatz in der Schweinemast eignet, denn für die Schweinemast gilt, daß der Verdauungsquotient der organischen Substanz am Anfang der Mast bei 82 liegen soll, während er gegen Ende der Mast auf 78 absinken kann. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, liegt dieser Verdauungsquotient für das Corn-cob-mix bei 82. Auch das Rohprotein und die N-freien Extraktstoffe waren zu über 80 % verdaulich, während die Rohfaser nur einen Verdauungsquotienten von 38 aufwies.

In dem hierzu durchgeführten Mastversuch von 30–100 kg Lebendgewicht der Schweine wurde zum Vergleich eine Gruppe mit rationierter Getreidefütterung gehalten, d. h. es wurde eine Getreidemischung nach Rationsliste zugeteilt; Corn-cob-mix wurde ad libitum vorgelegt, wobei darauf geachtet wurde, daß der Trog nach zwei Stunden leergefressen war. Alle Tiere erhielten 300 g Eiweißkonzentrat je Tier und Tag. Für beide Gruppen ergab sich, wie Tabelle 2 zeigt, ein sehr ähnliches Ergebnis. So waren bei der Mast auf gleiches Endgewicht bei gleicher Mastdauer

Tabelle 2: Gewichtsentwicklung und Nährstoffverbrauch von Mastschweinen bei Verfütterung von Corn-cob-mix

Fütterung	Getreidemischung	Corn-cob-mix
Anfangsgewicht, kg	29,4 ± 2,7	29,0 ± 2,4
Endgewicht, kg	100,6 ± 4,7	98,4 ± 2,3
mittl. tägl. Gewichtszunahme, g	734 ± 35	718 ± 70
GN je kg Zunahme	2223	2356

die täglichen Zunahmen mit 734 und 718 g innerhalb der biologischen Variation ähnlich. Auch im Verbrauch an Gesamtnährstoffen je kg Zunahme unterschieden sich die beiden Gruppen nicht. Das entsprach einem Verbrauch an Corn-cob-mix von 305 kg über die gesamte Mastperiode. Die Schlachtkörper der beiden Gruppen dieses Versuchs wurden ähnlich bewertet.

2. Pflückgehäckselte Maiskolbenschrotsilage

Tabelle 3 zeigt die Gehalte an Rohnährstoffen und die Verdaulichkeiten der in diesen Versuchen verwendeten pflückgehäckselten Maiskolbenschrotsilage. Sie hatte immerhin in der Trockensubstanz 11 % Rohfaser. Das ließ nach der von

Tabelle 3: Nährstoffgehalte und Verdaulichkeiten pflückgehäckselter Maiskolbenschrotsilage (54,4 % TS)

	Organ. Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	NFE
1000 Gewichtsteile TS enthalten	979	103	37	111	728
Verdaulichkeit, % (n = 8 Tiere)	78,0 ± 2,3	66,4 ± 1,8	84,4 ± 2,6	57,4 ± 9,2	82,8 ± 2,2
1000 Gewichtsteile TS enthalten	68 verd. Rohprotein 807 GN				

AXELSSON gefundenen Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der organischen Substanz und dem Rohfasergehalt des Futters eine Verdaulichkeit von nur 73 % erwarten. Das würde aber bedeuten, daß sich dieses Futtermittel als alleiniges Grundfutter für die Schweinemast nicht eignen würde. Durch die Silierung war aber die Verdaulichkeit dieser pflückgehäckselten Maiskolbenschrotsilage wesentlich besser. Sie lag bei 78 %. Der Gehalt an verdaulichem Rohprotein lag demnach bei 6,8 %, der Gesamtnährstoffgehalt bei 807 GN in der TS. Das entspricht 3,7 % verdaulichem Rohprotein und 440 GN in der Frischsubstanz. Erwartungsgemäß günstig fielen auch die Mastergebnisse aus (Tabelle 4). So erreichten die Tiere in dem gleichen Zeitraum ein ähnliches Endgewicht von 98 kg, d. h. sie nahmen bei der Getreidefütterung 755 g und bei der Fütterung der pflückgehäckselten Maiskolben-

Tabelle 4: Gewichtsentwicklung und Nährstoffverbrauch von Mastschweinen bei Verfütterung pflückgehäckselter Maiskolbenschrotsilage

Fütterung	Getreidemischung	Maiskolbenschrotsilage
Anfangsgewicht, kg	31,0 ± 1,3	31,1 ± 0,9
Endgewicht, kg	98,3 ± 4,4	97,8 ± 5,8
mittl. tägl. Gewichtszunahmen, g	755 ± 43	749 ± 57
GN je kg Zunahme	2228	2308

schrotsilage 749 g täglich zu. Auch der GN-Verbrauch je kg Zunahme war mit 2228 und 2308 Gesamtnährstoffen je kg Zunahme bei beiden Fütterungsmethoden ungefähr gleich. Das entsprach einem Verbrauch an 312 kg Maiskolbenschrotsilage je Tier über die gesamte Mastperiode von 30–100 kg. Die Schlachtkörperbewertung fiel bei beiden Gruppen gleich aus.

3. Schlußfolgerungen

Was kann man aus diesen Ergebnissen ableiten? Aufgrund der hohen Energiegehalte in der Trockensubstanz von 807 und 847 Gesamtnährstoffen in den Maiskolbenschrotsilagen sind sie im Vergleich zur Gerste ein gutes Schweinemastfutter, die mit 820 GN einen ähnlichen Gesamtnährstoffgehalt in der Trockensubstanz aufweist. Allerdings müssen die Tiere genügend Zeit zur Futteraufnahme haben. Mit

der Mast kann man bei etwa 25 kg Lebendgewicht beginnen. Aufgrund der Energiegehalte der Maiskolbenschrotsilage, die in den Verdauungsversuchen bestimmt wurden, und dem Bedarf der Schweine (nach KIRCHGESSNER) ergibt sich der in Tabelle 5 dargestellte Futterplan. Bei der pflückgehäckselten Maiskolbenschrot-

Tabelle 5: Tägliche Aufnahme an Maiskolbenschrotsilage

Lebendgewicht kg	mittl. tägl. Zunahmen g	tägl. GN-Bedarf	tägl. Aufnahme an Maiskolbenschrotsilage, (bei 300 g Eiweißkonzentrat)			
			pflückgehäckselnt		Corn-cob-mix	
			F.S.	T.S.	F.S.	T.S.
30	600	1000	1,8	1,0	1,7	0,9
40	650	1200	2,3	1,2	2,1	1,2
60	750	1600	3,2	1,7	2,9	1,7
80	800	2000	4,1	2,2	3,8	2,1
100	750	2200	4,6	2,5	4,2	2,4

silage wird die Menge an Trockensubstanz je Tier und Tag von 1 kg auf 2,5 kg gesteigert, das bedeutet bei dem angegebenen Futter knapp 2–4½ kg Frischsubstanz. Beim Corn-cob-mix liegen die Mengen etwas tiefer. Es sollten hier täglich 0,9 bis 2,4 kg Trockensubstanz oder 1,7 bis gut 4 kg frisches Futter gegeben werden. Fütterungstechnisch ist noch zu beachten, daß man bei der pflückgehäckselten Maiskolbenschrotsilage mit ihrem VQ von 78 zu Beginn der Mast ein stärkeres Selektieren des Futters gestatten muß, während man gegen Ende der Mast bei ad libitum-Angebot auf nahezu vollständige Aufnahme achten sollte. Da Maiskolbenschrotsilage vorwiegend ein Energiefuttermittel darstellt, ist die Eiweißversorgung besonders zu beachten. Im Mittel fehlen bei beiden Maiskolbenschrotsilagen über die Mast 150 g verdauliches Eiweiß je Tier und Tag. Deshalb müssen mindestens 300 g Eiweißkonzentrat täglich oder entsprechende andere Mischungen mit 50–55 % Rohprotein verfüttert werden. Eine Energieergänzung ist bei qualitativ hochwertigen Maiskolbenschrotsilagen, wie sie in vorliegenden Versuchen verwendet wurden, nicht nötig. Aus der Sicht der Fütterung können damit sowohl mit dem Pflückhäckseler als auch mit dem Pflückdrescher gewonnene Maiskolbenschrotsilagen in der Schweinemast eingesetzt werden.

