

Landwirtschaftliches Unternehmer - Seminar Gut Schlüterhof

Heft 9

1986

Getreideproduktion

Veranstalter:
Firma Anton Schlüter München
Werk Freising

Beratung:
Landtechnik Weihenstephan
Institut für Landtechnik
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Landtechnischer Verein in Bayern e.V.

Dr. H. Auernhammer

Getreideproduktion

bode

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern anlässlich der Landwirtschaftlichen Unternehmer-Seminare auf Gut Schlüterhof im Februar 1986 gehalten wurden

	Seite
1. Aktuelle Reifenbauformen im Vergleich; von Prof. Dr. Hermann Seufert und Dipl. -Ing. agr. Hans-Georg Hassenpflug, Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Landwirtschaft/Landtechnik, Witzenhausen	7
2. Elektronische Regelungen für den Ackerschlepper-Kraftheber; von Dr. -Ing. Horst Hesse, Firma Robert Bosch GmbH, Stuttgart	65
3. Vielseitig anwendbare Elektroniksysteme für die Kombination Schlepper und Geräte; von Franz Kirchberger, Firma Agro Electronic GmbH, Staffelstein	93
4. Moderne Geräte und Verfahren für eine standortgerechte und wirtschaftliche Bodenbearbeitung und Feldbestellung; von Dr. Karlheinz Köller, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn	103
5. Moderne Getreide-Saattechnik; von Prof. Dr. habil Manfred Estler, Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan	144
6. Rationeller Einsatz von Getreidefungiziden; von Dr. Alfred Obst, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Abteilung Pflanzenschutz, München	160
7. Umweltschonende Pflanzenschutztechnik; von LAR Franz Zaufall, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Abteilung Pflanzenschutz, München	169
8. Kostengünstige Mineraldüngung; von Dr. Stephan Maidl, BASF-Aktiengesellschaft, Landwirtschaftliche Beratungsstelle, München	192
9. Aktuelle Dreschsysteme im Vergleich; von Prof. Dr. -Ing. Heinz-Dieter Kutzbach, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Lehrstuhl für Grundlagen der Landtechnik, Stuttgart	219
10. Aktuelle Verfahrenstechniken zur Strohbergung im Vergleich; von Prof. Dr. Ing. Winfried Busse, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion, Stuttgart	242
11. Alternativen bei sinkenden Getreidepreisen; von Ltd. LD Prof. Dr. Dietrich Bauer, Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München	273

	Seite
12. Züchterische Tendenzen und Sortenwahl bei Getreide, von Prof. Dr. Klaus-Ulrich Heyland, Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bonn	306
13. Der zukünftige Getreidemarkt; von Prof. Dr. Winfried von Urff, Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarstruktur, Freising-Weihenstephan	328

Aktuelle Reifenbauformen im Vergleich

von Prof. Dr. Hermann Seufert und Dipl. -Ing. agr. Hans-Georg Hassenpflug,
Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Landwirtschaft/Landtechnik,
Witzenhausen

Vor dem Hintergrund der landtechnischen Entwicklung zeichnet sich der aktuelle Stand der Mechanisierung in der Feldwirtschaft durch eine auf das einzelne Fahrzeug bezogene Zunahme der Gesamtmasse und gestiegene Anforderungen an die aufzubringende Zugkraft aus. Damit sind im Hinblick auf den Maschineneinsatz nicht nur größere Achslasten auf dem Boden abzustützen, sondern vor allem auch höhere Motorleistungen der Ackerschlepper in Gerätenutzleistungen umzuwandeln. Bei diesem Vorgang der Kraftübertragung und/oder Radlastabstützung auf dem Boden hat der Reifen, als Bindeglied zwischen dem Fahrzeug und der Fahrbahn "Boden", eine Schlüsselrolle wenn es darum geht, die Betriebseigenschaften der angetriebenen und der nicht angetriebenen Räder zu verbessern und die Druckbelastung des Bodens bei unterschiedlichen Bodenzuständen aber gegebenen Nutzlasten zu reduzieren.

Trotz ständiger Bemühungen, mit einer Anpassung der Dimensionen von Ackerschlepper- und Fahrzeugreifen diese Belastungen zu verringern, sind die schädigenden Auswirkungen der gestiegenen Fahrzeugnutzgewichte auch bei relativ trockener Bodenstruktur nicht mehr zu übersehen.

Da die Bereifung landwirtschaftlicher Fahrzeuge kein beliebig austauschbares Zubehör, sondern vielmehr ein Konstruktionselement der Fahrzeugtechnik ist, rückt das Betriebsmittel "Reifen" sowohl aus technischen und wirtschaftlichen als auch in besonderem Maße aus bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Gesichtspunkten in den Blickpunkt des Interesses. In diesem Zusammenhang sind zwei Fragestellungen von besonderer Bedeutung:

- Welche Beziehungen bestehen zwischen den verschiedenen Reifenkonstruktions- und Betriebsparametern einerseits und welchen Einfluß haben diese auf die Zugkraftübertragung und/oder Radlastabstützung andererseits?
- Welche Auswirkungen hat das Befahren auf den Boden, der als Pflanzenstandort vor allem günstige Voraussetzungen für das Erreichen hoher und stabiler Erträge gewährleisten soll?

Diese beiden Gesichtspunkte beinhalten die Kraft- und Bewegungsübertragung zwischen dem Reifen und dem Boden. Bei der Auswahl bzw. Bemessung von Reifen, die auf landwirtschaftlichen Nutzflächen eingesetzt werden, sind beide Kriterien von gleichberechtigter Bedeutung. In Abhängigkeit von der Art und der Aufgabe sowie des Einsatzspektrums eines Fahrzeugs sind die Anforderungen sowohl an das Fahrvermögen als auch hinsichtlich der zulässigen Einwirkung auf den Boden unterschiedlich. Voraussetzung für die Berücksichtigung dieser Tatsache bei der Reifenauswahl ist, daß die Wechselwirkungen zwischen dem Reifen und dem Boden als Fahrbahn und Pflanzenstandort hinlänglich bekannt sind.

Aus diesem Grund ist es ein Bestreben dieses Beitrags einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Reifentechnik zu vermitteln, um die Entscheidungsproblematik bei der Reifenauswahl transparenter zu machen.

Zu diesem Zweck werden zunächst alle wesentlichen konstruktiven und betriebstechnischen Reifenparameter dargestellt, um anschließend daraus resultierende, für den praktischen Einsatz wichtige Gebrauchseigenschaften zu diskutieren. Der Gesichtspunkt der Kraft- und Bewegungsübertragung zwischen dem Reifen und dem Boden sowie die bodenseitig durch das Befahren auftretende Belastung sind der Anlaß dafür, auf neuere Entwicklungen hinzuweisen und eigene Ergebnisse zum Einsatzverhalten verschiedener Ackerschlepperbereifungen vorzustellen. Praktische Einsatzer-

fahrungen mit Niederdruckbreitreifen sowie daraus abzuleitende Konsequenzen und mögliche Schlußfolgerungen bilden den Abschluß der Ausführungen.

Aufgrund bestehender Regelungen werden alle in der Landwirtschaft eingesetzten Reifen nach ihrem Verwendungszweck in folgende Gruppen eingeteilt:

1. Ackerschleppertrieberradreifen (AS)

Einsatzgebiet: Reifen für Antriebsräder an Ackerschleppern und selbstfahrenden Landmaschinen

2. Ackerschlepper-Front-Reifen (AS-Front)

Einsatzgebiet: Reifen für nicht angetriebene Lenkachsen an Ackerschleppern und selbstfahrenden Landmaschinen, die die Spur halten sollen und damit über eine gute Seitenführung verfügen müssen.

3. Implement-Reifen (I)

Einsatzgebiet: In der Gruppe der Implementreifen sind die früheren Bereifungen für Ackerwagen (AW) und Ackermaschinen (AM) zusammengefaßt.

4. Mehrzweck-Reifen (MPT = Multi Purpose Tire)

Einsatzgebiet: Reifen für schnellaufende Mehrzweckfahrzeuge auf und abseits von befestigten Straßen.

Weitgehend unabhängig von dieser, am Verwendungszweck orientierten Einteilung der Reifen nach Einsatzgebieten ist der eigentliche Reifenaufbau zu sehen.

Alle Reifenbauarten bestehen aus einem Gewebeunterbau, der sogenannten Karkasse, einer Seitenwand sowie einer als Lauffläche aufgetragenen und mit einer Profilierung versehenen Gummischutzschicht, dem Protektor.

Zwischen dem Laufflächengummi und der Karkasse befindet sich der Zwischenbau, eine Verstärkung des Unterbaus gegen die Lauffläche (siehe Abbildung 1).

Die Karkasse bildet das eigentliche Reifengerüst. Sie verfügt über eine bestimmte Anzahl gummierter Cordgewebelagen, die an zwei Stahlringen, den Drahtkernen, verankert sind. Als Material für die Gewebelagen werden vorwiegend synthetische Polyamidfasern (Nylon), Kunstseide (Rayon), Polyester, Glasfiber, Aramid und in einem gewissen Umfang auch Stahl verwendet.

Um die Karkasse im Bereich der Kontaktzone mit der Felge ausreichend zu schützen wird sie von dem Wulst, auch "Felgengummi" genannt, umschlossen. Die gespannte Schale der Karkasse ist fähig alle Kräfte, die aus dem Reifennendruck, der Radlast und der Antriebsleistung des Triebrades resultieren, unter begrenzter Eigenverformung aufzunehmen. Sie trägt damit wesentlich zu den Einseigenschaften eines Reifens bei.

In der Art der Zusammensetzung der Gewebelagen sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Konstruktionsprinzipien zu unterscheiden (siehe Abbildung 2):

1. Der Diagonalaufbau (Diagonalreifen)

Bei dieser Karkassenform liegen eine gerade Anzahl sich abwechselnd kreuzender und miteinander verbundener (vulkanisierter) Gewebelagen derart übereinander, daß sie symmetrisch zur Umfangsmittellinie oder Reifenachse einen Winkel von 35 bis 40 Grad bilden.

2. Der Radialaufbau (Radial- oder Gürtelreifen)

Bei dieser Karkassenform liegen alle Gewebelagen gleichgerichtet in einem Winkel von 90 Grad zur Umfangsmittellinie übereinander. Zusätzlich befindet sich zwischen dem Laufflächengummi und der Kar-

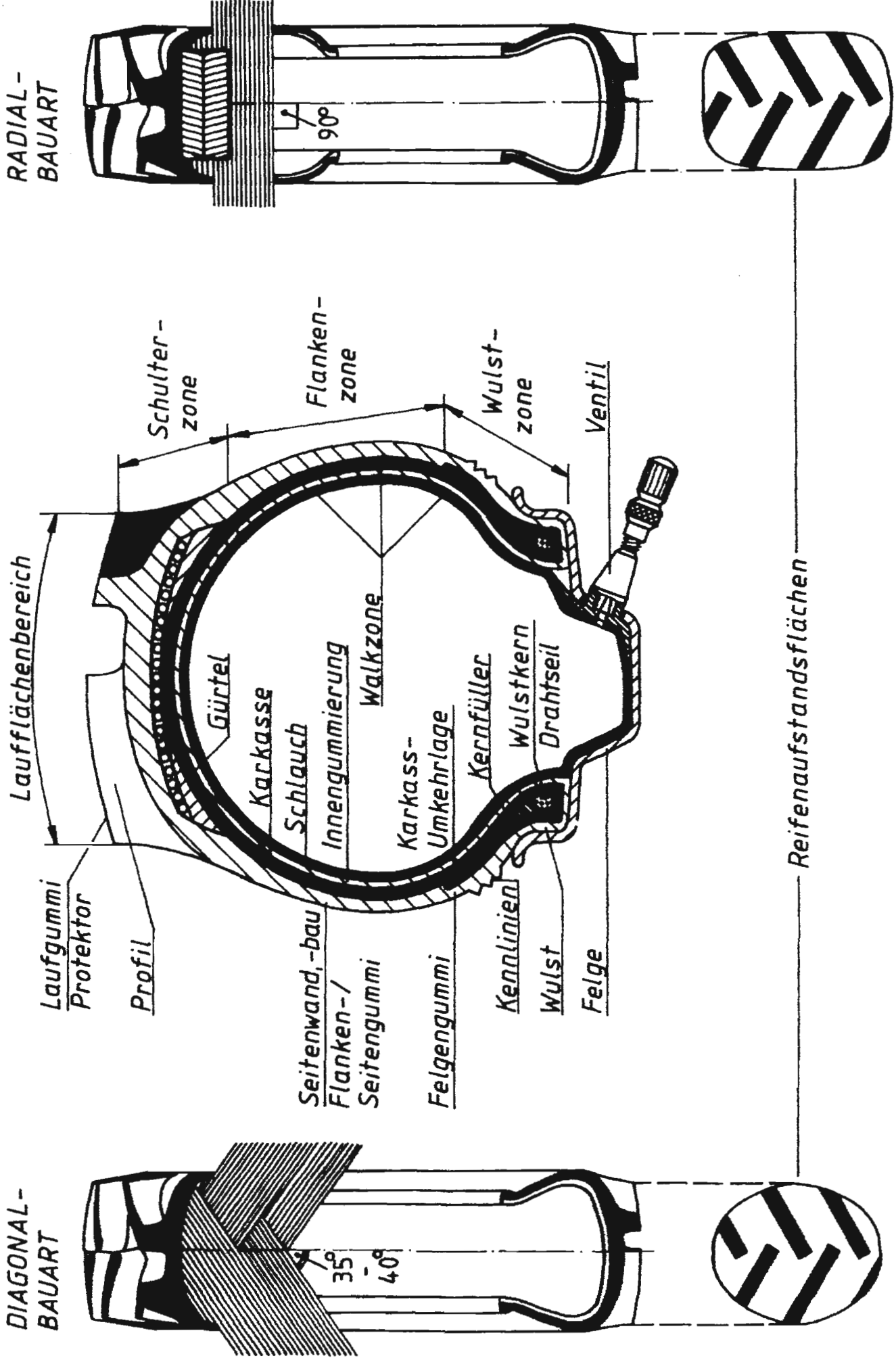


Abbildung 1: Reifenbau und Reifenbauarten

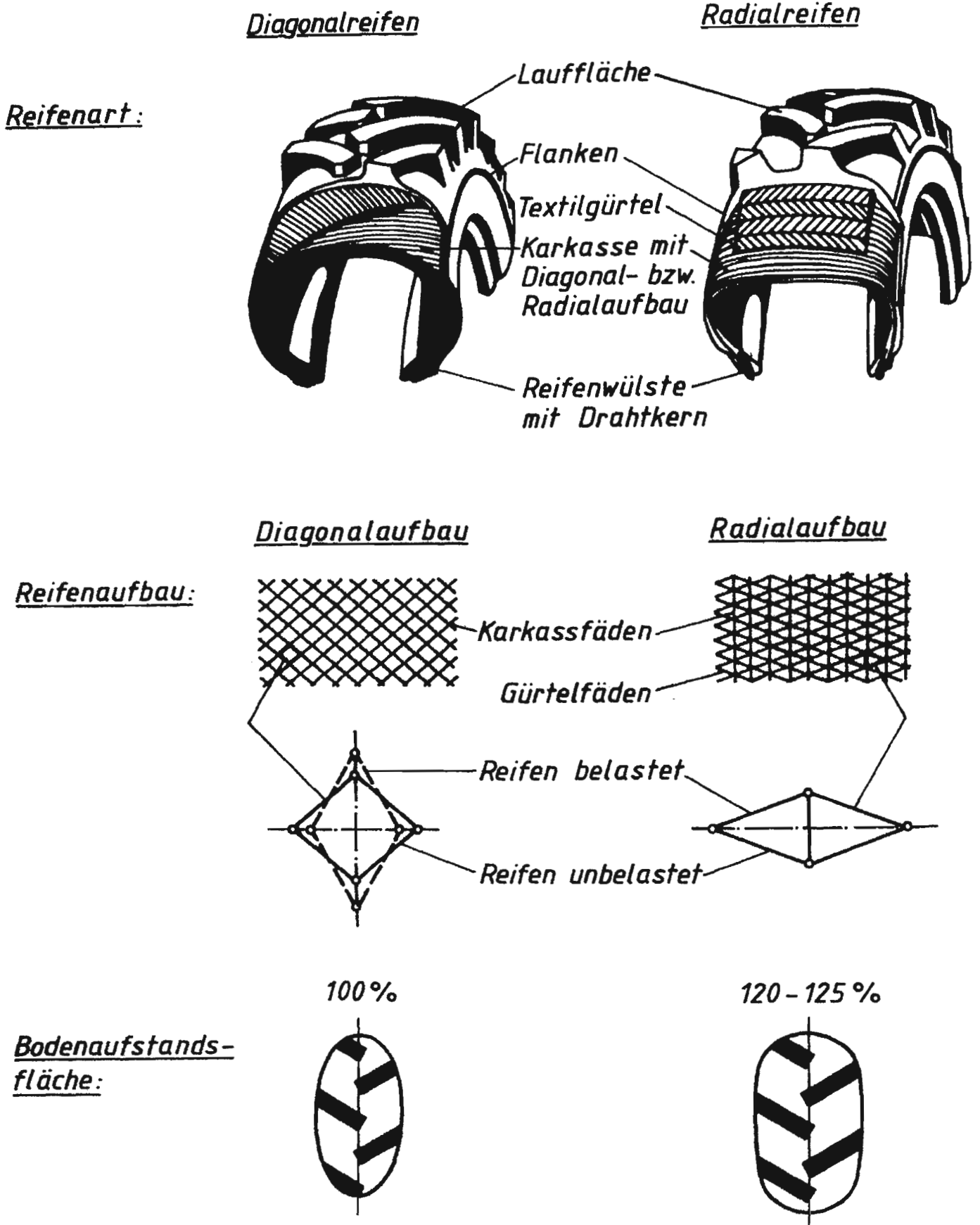


Abbildung 2: Schematische Darstellung verschiedener Reifenbauarten und deren Bodenaufstandsflächen

kasse ein aus mehreren Cordgewebelagen bestehender Gürtel, dessen Cordfäden in Umfangsrichtung in einem Winkel von ca. 10 Grad zur Reifenachse angeordnet sind. Durch das Zusammenwirken von Karkass- und Fürtelfäden wird einerseits eine Stabilisierung der Lauffläche erreicht und andererseits werden dadurch gleichzeitig die auftretenden Fahrstöße gedämpft.

Auf dem europäischen Markt werden auf der Grundlage der diagonalen und der radialen Bauart in Ergänzung zu der jeweiligen Standardausführung noch eine Vielzahl von Reifentypen für besondere Einsatzzwecke angeboten.

So erreichen Niederdruckreifen schon bei 0,6 bis 0,9 bar Reifeninnendruck die volle Tragfähigkeit und bieten damit eine größere Reifenaufstandsfläche. Bei Niederquerschnittsreifen ist dagegen das Verhältnis von der Reifenhöhe zu der Reifenbreite von eins zu eins auf 0,6 zu 1,0 verringert worden. Durch diese konstruktive Eigenart wird die Walkarbeit und damit der Rollwiderstand des Reifens deutlich verringert, was z.B. den Kraftstoffverbrauch erheblich senkt. Weitere Vorzüge dieses Reifentyps bestehen darin, daß er, infolge der extrem niedrigen Seitenwände, auch bei hohen Zugkräften nur zu einer geringen Faltenbildung neigt.

Während Ackerschleppertrieberradreifen in Normalausführung über eine durchschnittliche Stollenhöhe von etwa 40 mm verfügen, haben Hochstollenreifen üblicherweise eine Reifenstollenhöhe von bis zu 75 mm. Aufgrund dieser konstruktiven Maßnahme wird der Wirkungsgrad des Hochstollenreifens in starkem Maße von dem jeweiligen Bodenzustand beeinflusst. So sind Hochstollenreifen nicht für den ständigen Einsatz auf einer festen Fahrbahn und nur bedingt bei "normalen" Feldarbeitsbedingungen geeignet, da sie sich aufgrund des weitaus höheren Rollwiderstandes erheblich schneller abnutzen. Infolge des extrem flach gewinkelten Stollenprofils zeichnen sie sich darüber hinaus durch ein rauhes Fahren auf hartem Untergrund aus. Die Vorzüge

dieses Reifentyps bestehen darin, daß er auf nassen, schmierenden und damit kohäsiv wirkenden Böden sowie auf Moor- und Polderböden eine bessere Zugkraftübertragung aufweist.

Aus den dargestellten Konstruktionsunterschieden zwischen dem Diagonal- und dem Radialreifen resultieren auch unterschiedliche Gebrauchs- und Einsatzigenschaften.

Durch den Gürtel und die etwas weicheren Seitenflanken platten sich die Gürtelreifen stärker ab. Aufgrund der starren Lauffläche (wirkt verbreiternd) und der stärkeren Einfederung der Seitenwände (wirkt verlängernd) bringen sie mehr Laufflächenanteile und Stollen in Kontakt bzw. Eingriff mit dem Boden. Dies hat zur Folge, daß der Radialreifen im Vergleich zum Diagonalreifen gleicher Dimensionierung über eine um ca. 25 % größere Kontakt- bzw. Bodenaufstandsfläche, auch als "Latsch" bezeichnet, verfügt.

Aus diesem Sachverhalt resultieren bei günstigen Einsatzbedingungen auf dem Feld höhere Triebkraftwerte für den Radialreifen. Diese finden in Abhängigkeit von den jeweiligen Einsatzbedingungen auch ihren Ausdruck in vergleichsweise günstigeren Wirkungsgraden. Weitere positive Auswirkungen der Radialkarkasse zeigen sich darüberhinaus nicht nur in einem geringeren Kontaktflächendruck, sondern, aufgrund der starren Gürtelkonstruktion, auch in einer gleichmäßigeren Druckverteilung über die gesamte Kontaktfläche.

Im Gegensatz zum Radialreifen - durch den relativ starren Gürtel werden die Reifenstollen fester gehalten und verfügen damit über eine geringere Eigenbewegung - stehen die Reifenstollen des Diagonalreifens beim Abrollvorgang unter starker gegenseitiger Zugbeanspruchung. Aus dieser Eigenbewegung des Reifenstollens resultieren bei dem Diagonalreifen in der Regel höhere Schlupfwerte wie bei dem Radialreifen. Darüberhinaus schlucken

die elastischeren Seitenwände des Radialreifens Fahrbahn- und Feldunebenheiten besser und verfügen somit über günstigere Einfederungseigenschaften.

Weitere Vorteile zeigen sich in geringeren Spurtiefen, geringeren Rollwiderständen, einem niedrigeren Kraftstoffverbrauch und normalerweise auch in einer längeren Lebensdauer. Allerdings sind die geschmeidigeren Seitenwände nicht nur stärker verformbar, sondern damit auch verletzungsanfälliger. Bei extremen Schräghangfahrten können sich daher Probleme in bezug auf die Seitenwandstabilität und die Spurtreue ergeben.

Da die Profilstollen eines Radialreifens in die Gürtelkonstruktion festeingespannt sind, bleibt die Verzahnung mit dem Boden länger bestehen mit dem Nachteil, daß die Selbstreinigungseigenschaften des Radialreifens vor allem bei nassen Arbeitsbedingungen ungünstiger sind wie die des Diagonalreifens. Die Reifenhersteller versuchen diesen Nachteil derzeit durch kleinere Zwischenstollen und/oder größere Stollenöffnungen zu beheben. Allerdings scheint die Entwicklung in diesem Bereich noch nicht abgeschlossen.

Trotz der vielfältigen Vorteile eines Radialreifens hat der Diagonalreifen in einigen Bereichen durchaus noch seine Bedeutung. Dies gilt nicht nur für den Einsatz bei Waldarbeiten, sondern, aufgrund seines vergleichsweise günstigen Anschaffungspreises, auch für andere landwirtschaftliche Arbeitsaufgaben. Zum praktischen Einsatz ist noch anzumerken, daß beide Reifenbauarten (Diagonal- und Radialreifen) mit Schlauch (Tube Type) oder schlauchlos (Tubeless) eingesetzt werden können.

Abgesehen von der Reifenbauart und von unterschiedlichen Rezepturen (Gummimischungen) wird die Bodenhaftung (Griffigkeit) und damit die Zugkraftübertragung eines Reifens noch ganz entscheidend durch das Konstruktionsmerkmal "Profilierung" beeinflusst. Dies wird insbesondere bei Arbeiten am Hang deutlich, wo ausgeprägte Wechselbeziehungen zwischen

dem Profilbild und der Hangabdrift festzustellen sind, während derartige Schlußfolgerungen bezogen auf die Art des Reifenunterbaus nicht nachweisbar sind.

Aus diesem Grund stellt sich in der Landwirtschaft sowohl für Reifen diagonalen wie auch für Reifen radialer Bauart gleichermaßen die Forderung nach an den Einsatzzweck angepaßten Reifenprofilen. Die Erfüllung dieser Forderung erweist sich indes als schwierig, da die Ansprüche an die, in der Landwirtschaft eingesetzten Reifen vielfältiger Natur sind. Im einzelnen reichen diese von der Bodenbearbeitung mit der Übertragung höchster Zugkräfte bei niedrigsten Schlupfwerten bis hin zum verschleißarmen und damit wirtschaftlichen Einsatz bei Transportarbeiten auf der Straße. So muß die Profilgestaltung an Triebtradreifen für Ackerschlepper nicht nur eine optimale Kraftübertragung und Selbstreinigung (Feldarbeiten) sicherstellen, sondern darüberhinaus auch eine große Abriebfestigkeit und Stollenstabilität (befestigte Fahrbahn) gewährleisten.

Aus der Sicht der Profilgestaltung versucht man diesen zum Teil konträren Gesichtspunkten bezüglich der Einsatzanforderungen an das Reifenprofil in Form einer Kompromißlösung gerecht zu werden, indem man z. B. die Stollen bei einem AS-Profil in einem Winkel von 45 Grad zur Umfangslinie anordnet.

Neuere Entwicklungen gehen allerdings in die Richtung, das Profil offener zu gestalten und den Winkel auf 23 Grad zu reduzieren. Mit einem derartigen Profilbild wird in stärkerem Maße dem Gesichtspunkt der Zugkraftübertragung Rechnung getragen. Dies erfolgt allerdings zu Lasten der Stollenstabilität des Reifens. Aufgrund der konstruktiven Sonderstellung sollte das AS-Profil nur auf angetriebenen bzw. zeitweise angetriebenen Achsen Verwendung finden.

Versuche über eine Veränderung der Stollenzahl pro Reifen einen besseren Wirkungsgrad bei der Übertragung der Zugkraft zu erreichen, haben gezeigt, daß dieses konstruktive Merkmal weitgehend optimiert ist und damit eine Veränderung der Zugkraftübertragung nur unwesentlich beeinflusst. In der Praxis schwankt die Stollenzahl je Reifen in Abhängigkeit von der Reifengröße daher normalerweise zwischen 40 und 64.

Während die Stollenform der Triebräder die Zug- und Bremskraftübertragung begünstigt, verfügen Lenkräder, sofern sie nicht angetrieben sind, über kräftige Längs- und Seitenstollen, um die Seitenkräfte übertragen zu können und eine gute Spurhaltung zu ermöglichen.

Dagegen haben Implementreifen nur dann ein ausgeprägtes Profil, wenn sie Brems-, Seiten- oder Zugkräfte übertragen beziehungsweise sich in Hanglagen spurtreu verhalten sollen.

Ein weiteres wichtiges Reifenauswahlkriterium ist die Reifentragfähigkeit. Ihre Kennzeichnung erfolgt als Pflichtbestandteil der normierten Reifenmarkierung ebenso an der Reifenseitenwand, wie dort Angaben zur Reifenbreite, der Reifenbauweise und zum Felgendurchmesser anzuführen sind.

Häufig findet man darüberhinaus noch Daten zur Kennzeichnung der Reifenquerschnittshöhe, des Reifendurchmessers sowie des Querschnittsverhältnisses Reifenhöhe zu Reifenbreite. Alle Angaben erfolgen in den meßtechnischen Einheiten Zoll (= 254 mm), Millimeter, Kilogramm oder Bar.

Sowohl bei dem Diagonal- wie auch bei dem Radialreifen wird die maximale Reifentragfähigkeit und damit der maximale Reifeninnendruck durch die Karkassenfestigkeit begrenzt. Diese wird konstruktiv in Abhängigkeit von den Reifenabmessungen und dem vorgesehenen Nennluftdruck durch die Zahl der Gewebelagen in der Karkasse festgelegt. Grundsätzlich ist dabei die Reifen-

tragfähigkeit umso höher, je größer das Reifenvolumen (Reifendurchmesser, Reifenbreite) und der Reifeninnendruck ist. Eine Übersicht über die Tragfähigkeit der wichtigsten Ackerschleppertrieberradreifen sowie über deren Abmessungen wird in den nachfolgenden Tabellen gegeben. In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, daß Radial- und Diagonalreifen bei gleichen Abmessungen und gleicher Karkassenfestigkeit auch die gleiche maximale Tragfähigkeit besitzen (Vgl. Tabelle 1 und 2).

Reifenbezeichnung	Karkassenfestigkeit (PFI)											
	4		6		8		10		12		14	
	Max. Tragfähigkeit [kg] pro Reifen bei max. Reifenluftdruck [bar]											
	kg	bar	kg	bar	kg	bar	kg	bar	kg	bar	kg	bar
8,3-24	625	1,6	810	2,4								
8,3-28	670	1,6										
8,3-32	715	1,6	920	2,4								
8,3-36	755	1,6	1300	2,6								
8,3-44			1440	2,6								
9,5-24	740	1,4	940	2,1	1110	2,8						
9,5-28	790	1,4	1005	2,1								
9,5-30			1035	2,1								
9,5-32	840	1,4	1065	2,1	1280	3,5	1430	3,5				
9,5-36	880	1,4	1130	2,1					1680	4,2		
9,5-42			1225	2,1								
9,5-44					1945	3,0						
9,5-46					2040	3,0						
11,2-24	845	1,3	1045	1,8	1225	2,4						
11,2-28	900	1,3	1115	1,8	1305	2,4						
11,2-32			1175	1,8								
11,2-36			1255	1,8								
11,2-48					2200	2,7						
12,4-24	945	1,1	1200	1,7	1415	2,4	1610	2,8				
12,4-28	1005	1,1	1275	1,7	1510	2,3						
12,4-32	1070	1,1	1355	1,7								
12,4-36	1135	1,1	1440	1,7	1730	2,3						
12,4-46			1480	1,7					2190	3,3		
13,6-24			1340	1,6	1545	2,0	1800	2,5				
13,6-28			1430	1,6	1645	2,0						
13,6-36			1615	1,6	1855	2,0						
13,6-48			1880	1,6	1910	2,0						
14,9-24			1510	1,4	1780	1,8	1990	2,3				
14,9-28			1590	1,4	1820	1,8	2055	2,3				
14,9-36			1610	1,4	1880	1,8	2120	2,3				
14,9-42			1685	1,4	1940	1,8	2180	2,3				
14,9-48					2180	1,8						
15,5-36			1785	1,4	2080	1,8						
16,9-24					2040	1,7			2540	2,5		
16,9-28			1780	1,3	2105	1,7	2305	2,0				
16,9-30			1840	1,3	2175	1,7	2380	2,0	2670	2,5		
16,9-36			1900	1,3	2245	1,7	2455	2,0	2730	2,4		
16,9-44			2015	1,3	2390	1,7						
16,9-48			2130	1,3	2520	1,7	2780	2,0				
18,4-28					2670	1,7						
18,4-30			1980	1,1	2265	1,4	2645	1,8				
18,4-36			2120	1,1	2415	1,4	2815	1,8	3180	2,3	3405	2,6
18,4-44			2250	1,1	2565	1,4	2980	1,8	3375	2,3	3620	2,6
20,8-36					2715	1,4	3165	1,8				
20,8-42					3080	1,3	3475	1,6	4000	2,0		
23,1-28							4000	1,7	4480	2,1		
26,1-26					2850	1,1	3245	1,4	3610	1,7	3870	2,0
							3650	1,3				

Tabelle 1: Die größtmögliche Tragfähigkeit von Ackerschleppertrieberradreifen bei maximal zulässigem Reifenluftdruck und einer Bezugsgeschwindigkeit von 30 km/h nach DIN 7807

Querschnittsbreite		Betriebsbreite max. in mm	Felgendurchmesser in Zoll													
Zoll	in		24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	
8,3	211	228	995		1095		1195		1290					1500		
9,5	241	280	1050		1150	1200	1250		1355			1505	1550		1650	
11,2	284	307	1105		1205		1305		1410						1730	
12,4	315	340	1160		1260		1360		1465	1515				1709		
13,6	345	373	1190		1310				1515	1565						
14,9	378	408	1265	1315	1365	1415				1615						
15,5	384	426								1570						
18,9	429	483	1320	1385	1435	1485		1585		1685		1775				
18,4	467	504		1450		1550		1650		1750						
20,8	528	590								1840		1941				
23,1	587	634		1005												
28,1	714	771		1615												

Tabelle 2: Die Abmessungen von Ackerschleppertriebrennen nach DIN 7807

In einer älteren internationalen Markierungsvorschrift ist festgelegt, daß die Kennzeichnung der Karkassenfestigkeit anhand der "PR-Zahl" zu erfolgen hat. ("PR-Zahl" ist dabei die Abkürzung für "Ply-Rating-Zahl").

Diese soll die tatsächliche Anzahl der Karkassenlagen angeben. Bei Reifen neueren Herstellungsdatums muß diese Angabe allerdings nicht mehr identisch mit der tatsächlichen Gewebelagenzahl sein, da durch die Verwendung höherwertiger Gewebe die gleiche Festigkeit schon bei einer geringeren Anzahl an Gewebelagen erreicht wird. Da mit der "PR-Zahl", bislang Maßstab und äußeres Kennzeichen der Reifentragfähigkeit, die Belastungsgrenzen der Reifenneuentwicklungen nicht mehr ausreichend gekennzeichnet werden können, läuft diese Form der Markierung aus.

Neuerdings wird daher die Tragfähigkeit eines Reifens durch eine Tragfähigkeitskennzahl, dem sogenannten "Load-Index (LI)", wiedergegeben. Parallel dazu wird die Geschwindigkeitsmarkierung, auch "Speed-Index (SI)" genannt, die sogenannte Basisgeschwindigkeit der Tragfähigkeit festgelegt (Vgl. Tab. 3). Während der "Load-Index" eine Kennziffer bestehend aus drei Ziffern beinhaltet, erfolgt die Kennzeichnung nach dem "Speed-Index" bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen in der Regel durch einen Buchstaben und eine zugeordnete Zahl (Vgl. Tabelle 4). Darüberhinaus ist mit dieser neuen Tragfähigkeits-

Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg	Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg	Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg	Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg	Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg	Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg	Load index (LI) Kennzahl	Tragfähigkeit max. kg
50	190	70	335	90	600	110	1060	130	1900	150	3350	170	6000
51	195	71	345	91	615	111	1090	131	1950	151	3450	171	6150
52	200	72	355	92	630	112	1120	132	2000	152	3550	172	6300
53	206	73	365	93	650	113	1150	133	2060	153	3650	173	6500
54	212	74	375	94	670	114	1180	134	2120	154	3750	174	6700
55	218	75	387	95	690	115	1215	135	2180	155	3875	175	6900
56	224	76	400	96	710	116	1250	136	2240	156	4000		
57	230	77	412	97	730	117	1285	137	2300	157	4125		
58	236	78	425	98	750	118	1320	138	2360	158	4250		
59	243	79	437	99	775	119	1360	139	2430	159	4375		
60	250	80	450	100	800	120	1400	140	2500	160	4500		
61	257	81	462	101	825	121	1450	141	2575	161	4625		
62	265	82	475	102	850	122	1500	142	2650	162	4750		
63	272	83	487	103	875	123	1550	143	2725	163	4875		
64	280	84	500	104	900	124	1600	144	2800	164	5000		
65	290	85	515	105	925	125	1650	145	2900	165	5150		
66	300	86	530	106	950	126	1700	146	3000	166	5300		
67	307	87	545	107	975	127	1750	147	3075	167	5450		
68	315	88	560	108	1000	128	1800	148	3150	168	5600		
69	325	89	580	109	1030	129	1850	149	3250	169	5800		

Tabelle 3: Kennzahlen zur Reifentragfähigkeit (Load-Index [LI])

markierung verbunden, daß die Basisgeschwindigkeit, die bisher 30 km/h betrug, in Anpassung an die Ackerschlepperentwicklung auf nunmehr 40 km/h angehoben worden ist.

Um die Wechselwirkungen zwischen der Tragfähigkeit und den Betriebs-eigenschaften eines nicht angetriebenen bzw. angetriebenen Reifens richtig einordnen zu können, müssen nicht nur die wichtigsten Größen, die die Tragfähigkeit beeinflussen, sondern auch deren Auswirkungen auf das Ein-satzverhalten des Reifens bekannt sein. Dies gilt umso mehr, als die hö-heren Nutzgewichte der landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen, Geräte und Transportfahrzeuge einerseits sowie die höheren Motorleistungen und

Geschwindigkeits-Symbol	zugehörige Geschwindigkeit (km/h)
A 1	5
A 2	10
A 3	15
A 4	20
A 5	25
A 6	30
A 7	35
A 8	40
B	50
C	60
D	65
E	70
F	80
G	90
J	100
K	110
L	120
M	130
N	140
P	150
Q	160
R	170
S	180
T	190
U	200
H	210
V	über 210

Tabelle 4: Kennziffern zur Geschwindigkeitsmarkierung bei Reifen (Speed-Index [SI])

Ackerschleppermassen andererseits tragfähigere Reifen erfordern.

Für die notwendige Erhöhung der Tragfähigkeit gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- Betriebsparameter : Erhöhung des Reifeninnendruckes
- Konstruktionsparameter : Vergrößerung des Luftvolumens

Allerdings sind der Erhöhung der Reifentragfähigkeit über den Reifeninnendruck Grenzen gesetzt. Während sich die untere Grenze zum einen aus der Verschiebung des Reifens gegenüber seiner Felge ("Wandern auf der Felge") und zum anderen aus der maximal zulässigen Verzerrung der Seitenwand infolge von Umfangskräften ("Torsionsbeanspruchung") ableitet, wird die obere Grenze der Tragfähigkeit durch die Karkassenfestigkeit bestimmt.

Ein hoher Reifeninnendruck verbessert zwar die Tragfähigkeit, führt aber gleichzeitig zu einer stärkeren Beanspruchung des Bodens, weil die Karkasse härter und weniger flexibel und somit den bodenmechanischen Anforderungen weniger gerecht wird. Ist hingegen der Reifeninnendruck niedrig, wird der Reifen weicher. Dadurch plattet er sich stärker ab, wodurch sich bei sonst gleichbleibenden Einsatzbedingungen die Reifenaufstandsfläche vergrößert. Indem sich die entsprechende Radlast auf eine größere Fläche verteilt, wird gleichzeitig der Bodendruck verringert.

Der niedrige Bodendruck ist aber nicht nur wichtig, um die natürliche Bodenstruktur möglichst wenig zu stören. Da durch die größere Reifenaufstandsfläche die Einsinktiefe (= Spurtiefe) kleiner wird, nimmt auch der Rollwiderstand ab, so daß die mögliche Triebkraft zunimmt oder eine bestimmte Triebkraft mit weniger Schlupf realisiert werden kann.

Da auf einem festen Boden und auf Straßen der Rollwiderstand eines Rades nur noch in geringem Umfang von der Spurbildungsarbeit aber in starkem Maße von der Walkarbeit des Reifens abhängt, ist es deshalb ratsam, dort den Reifeninnendruck zu erhöhen, auch wenn es die Radlast oder die Fahrgeschwindigkeit nicht erfordern. Im Gegensatz zum Reifeninnendruck kann die Tragfähigkeit über die Reifenabmessungen relativ frei bestimmt werden. Allerdings sind allgemein die Grenzen nach oben infolge von konstruktiven Größen wie Einbaumaße, Felgen austauschbarkeit, Ge-

triebeabstimmung und letztlich die StVZO, die die zulässige Fahrzeugbreite und Höchstgeschwindigkeit vorschreibt, doch eingeschränkt.

Wichtig ist, daß sich bei einer Volumenvergrößerung die Tragfähigkeit eines Reifens über eine Reifenverbreiterung erheblich wirksamer und kostengünstiger steigern läßt, als über eine Vergrößerung des Reifendurchmessers.

So bringt beispielsweise eine Verdoppelung der Reifenbreite eine Tragfähigkeitszunahme von 164 %, während bei einer Verdoppelung des Durchmessers bzw. des Reifeninnendrucks die Tragfähigkeit lediglich um 74 bzw. 52 % steigt.

Auch die Kombination zweier Reifen mit dem gleichen Karkassenaufbau, sowie dem gleichen Reifeninnendruck führt nicht zu der gleichen Tragfähigkeit wie sie ein Breitreifen gleicher Gesamtbreite bietet.

Zwar hat ein Reifen mit einem größeren Durchmesser bei gleicher Reifenaufstandsfläche auf lockerem Boden einen geringeren Rollwiderstand als ein Reifen größerer Breite, da der "Bulldozing-Effekt" kleiner ist. Dies hat zur Folge, daß die erzielbare Triebkraft größer wird.

Indes der breitere Reifen verfügt über eine höhere Tragfähigkeitsreserve, so daß der Reifeninnendruck stärker abgesenkt werden kann. Durch diese Maßnahme vergrößert sich die Reifenaufstandsfläche. Dadurch reduziert sich die Einsinktiefe und damit auch der Rollwiderstand, so daß letztlich das Triebkraftverhalten verbessert wird.

Auch unter dem Gesichtspunkt des Kapitalbedarfs ist der Kauf eines breiteren Reifens vorzuziehen. Bezieht man nämlich den Reifenpreis auf die Tragfähigkeit, so steigt der Preis mit dem Reifendurchmesser an und

fällt dagegen mit der Reifenbreite geringfügig. Unter dem Gesichtspunkt der Tragfähigkeit ist es somit günstiger, breite Reifen zu wählen.

Bei Triebtradreifen beschränken sich die Überlegungen zur Reifenauswahl allerdings nicht auf das Merkmal Tragfähigkeit, sondern beinhalten als wesentliches Entscheidungskriterium auch die effiziente bzw. die effizientere Übertragung der Zugkraft.

Wegen der zahlreichen Verlustquellen ist die mögliche Zugkraft eines Ackerschleppers immer kleiner als die Motornennleistung. So stehen auf trockenem Boden nur etwa 60 % der Motornennleistung als Zugleistung zur Verfügung. Bei ungünstigen Arbeitsbedingungen (z.B. zu hohe Bodenfeuchte) nimmt dieser Prozentsatz sogar noch deutlich ab.

Da in der Lauffläche des angetriebenen Rades die größte Verlustquelle bei der Zugkraftübertragung zwischen dem Motor und dem Gerät liegt, ist es die vordringliche Aufgabe des Triebtradreifens einen möglichst hohen Anteil der Gewichtskraft des Ackerschleppers bei möglichst geringem Schlupf und Rollwiderstand sowie geringer Bodenbelastung in Zugkraft umzuwandeln.

Die wichtigsten Größen, die in diesem Zusammenhang zur Beschreibung der Betriebseigenschaften von Ackerschleppertriebtradreifen herangezogen werden sind der Triebkraftbeiwert, der Laufwerkwirkungsgrad und der Rad-schlupf, kurz Schlupf genannt (siehe Abbildung 3).

Der Begriff Triebkraft wird in diesem Fall zur Beschreibung einer Vor-triebskraft herangezogen. Das angetriebene Rad überträgt in der Aufstandsfläche die Radlast in Vertikalrichtung und eine Umfangskraft in Horizontalrichtung auf den Boden. Das Produkt aus Umfangskraft und Rollradius ergibt das Antriebsmoment, das an der Felge zur Verfügung steht. Diese Umfangskraft abzüglich des Rollwiderstandes, wird als Triebkraft abgegeben.

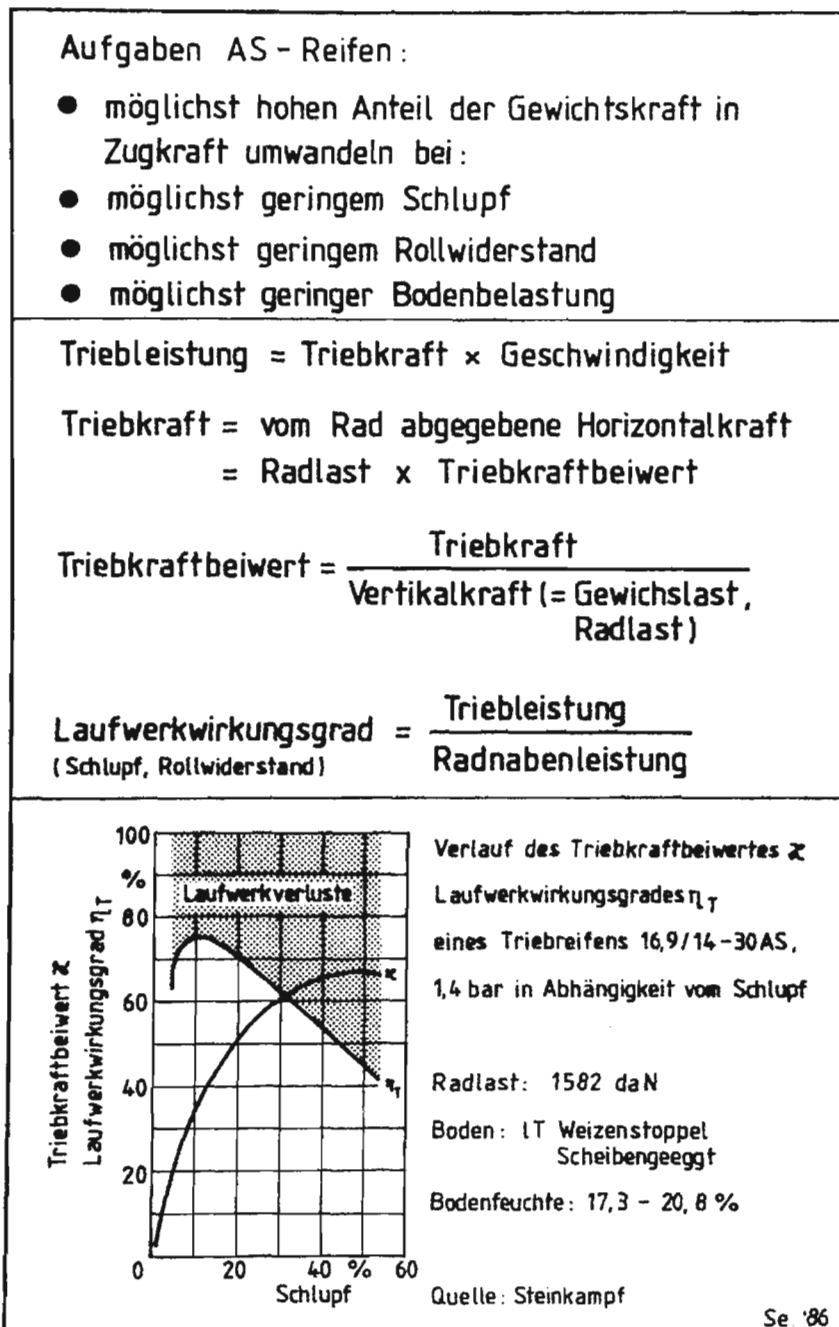


Abbildung 3

Die Triebkraft beschreibt also die nutzbare Horizontalkraft eines Trieb-
rades, während die Zugkraft die vom Ackerschlepper tatsächlich über-
tragene Horizontalkraft darstellt. Der Triebkraftbeiwert ist damit der
Quotient aus der Triebkraft, das ist die vom Triebad abgegebene Hori-
zontalkraft, und der Radlast.

Im Gegensatz dazu beschreibt der Laufwerkwirkungsgrad das Verhältnis von der Ausgangsleistung (Triebleistung) zu der Eingangsleistung (Radnabenleistung). Infolge der Laufwerksverluste durch Schlupf und Rollwiderstand ist die vom Antriebsrad abgegebene Triebleistung (Triebkraft x Fahrgeschwindigkeit) kleiner als die vom Getriebe an die Radnabe abgegebene Leistung (Raddrehmoment x Winkelgeschwindigkeit), so daß das Verhältnis von Triebleistung zu Radnabenleistung den Wirkungsgrad der Kraftübertragung kennzeichnet.

Von "Schlupf" spricht man, wenn der tatsächlich zurückgelegte Weg geringer ist, als er sich beim freien Abrollen des Radumfangs ergeben würde. Das bedeutet, daß die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit stets kleiner ist, als die, die sich aus der Triebraddrehzahl errechnet. "Schlupf" ist damit das Ergebnis eines "Wegverlustes", dessen unangenehmen Nebenerscheinungen sich in Form

- eines Abriebes der Reifenprofile bei gleichzeitiger Wärmeentwicklung
- einer Verringerung der Zugkraft
- einer ungünstigen Beeinflussung des Leistungsbedarfes und einem gesteigerten Kraftstoffverbrauch sowie
- der Entstehung von Packungen und Schmierschichten in Pflugfurchen und Radspuren, die das Pflanzenwachstum hemmen

zeigen.

Die Wechselbeziehungen zwischen dem Triebkraftbeiwert, dem Laufwerkwirkungsgrad und dem Radschlupf werden üblicherweise über dem Schlupf dargestellt. Während der Triebkraftbeiwert mit zunehmendem Schlupf zunächst relativ steil ansteigt und dann bis zu einem Maximalwert zunehmend flacher verläuft, erreicht der Laufwerkwirkungsgrad nach einem steilen Anstieg bereits bei kleinen Schlupfwerten ein Maximum und fällt dann nahezu linear ab.

Aus dem dargestellten Verlauf beider Kurven wird deutlich, daß eine gleichzeitige Optimierung der Parameter Triebkraftbeiwert und Laufwerk-wirkungsgrad nicht möglich ist. Vor dem Hintergrund praktischer Ein-satzanforderungen sind daher für die Bewertung der Betriebseigenschaften von Trieb radreifen zwei Bereiche von Bedeutung (Vgl. auch Abbildung 3):

- der Bereich maximaler Triebkraftbeiwerte und
- der Bereich maximaler Laufwerk-wirkungsgrade.

Das Ziel eines bodenschonenden Ackerschlepper- und Maschineneinsatzes ist nicht mit der Verwirklichung maximaler Triebkräfte vereinbar, weil die dabei auftretenden hohen Schlupfwerte die Bodenstruktur schädigen. Um die schlupfabhängigen Schäden aus dem Befahren gering zu halten, ist die Realisierung optimaler Laufwerk-wirkungsgrade anzustreben.

Dabei ist der richtigen Zuordnung von Ackerschlepper (Masse) und Gerät (Zugkraftbedarf) besondere Bedeutung beizumessen. Diese Abstimmung wird durch die gestiegenen Motorleistungen bei niedrigeren Leistungsge-wichten und der sich daraus ableitenden Notwendigkeit nach höheren Fahr-geschwindigkeiten erheblich erschwert.

Die Wechselbeziehungen zwischen dem Triebkraftbeiwert bzw. dem Laufwerk-wirkungsgrad einerseits und dem Schlupf andererseits werden durch eine Reihe von konstruktiven Reifenmerkmalen sowie von Bodenparame-tern beeinflußt. Zu den wichtigsten Einflußgrößen zählen:

- die Karkassenbauart
- die Reifenabmessungen (Reifenbreite, Reifendurchmesser)
- der Reifeninnendruck und
- die Bodenart sowie der Bodenzustand.

Wie bei der Tragfähigkeit treten auch im Einsatzverhalten deutliche Unter-schiede zwischen den Reifen diagonaler und radialer Karkassenbauart auf.

Zwar können Radialreifen in der Lauffläche weniger walken als Diagonalreifen, sind dafür aber konstruktionsbedingt in der Flanke weicher. Aufgrund dieser größeren Seitenwandflexibilität verfügen Radialreifen nicht nur über eine größere Reifenaufstandsfläche, sondern auch über einen geringeren Rollwiderstand bzw. Schlupf bei höheren Triebkraftbeiwerten (siehe Abbildung 4).

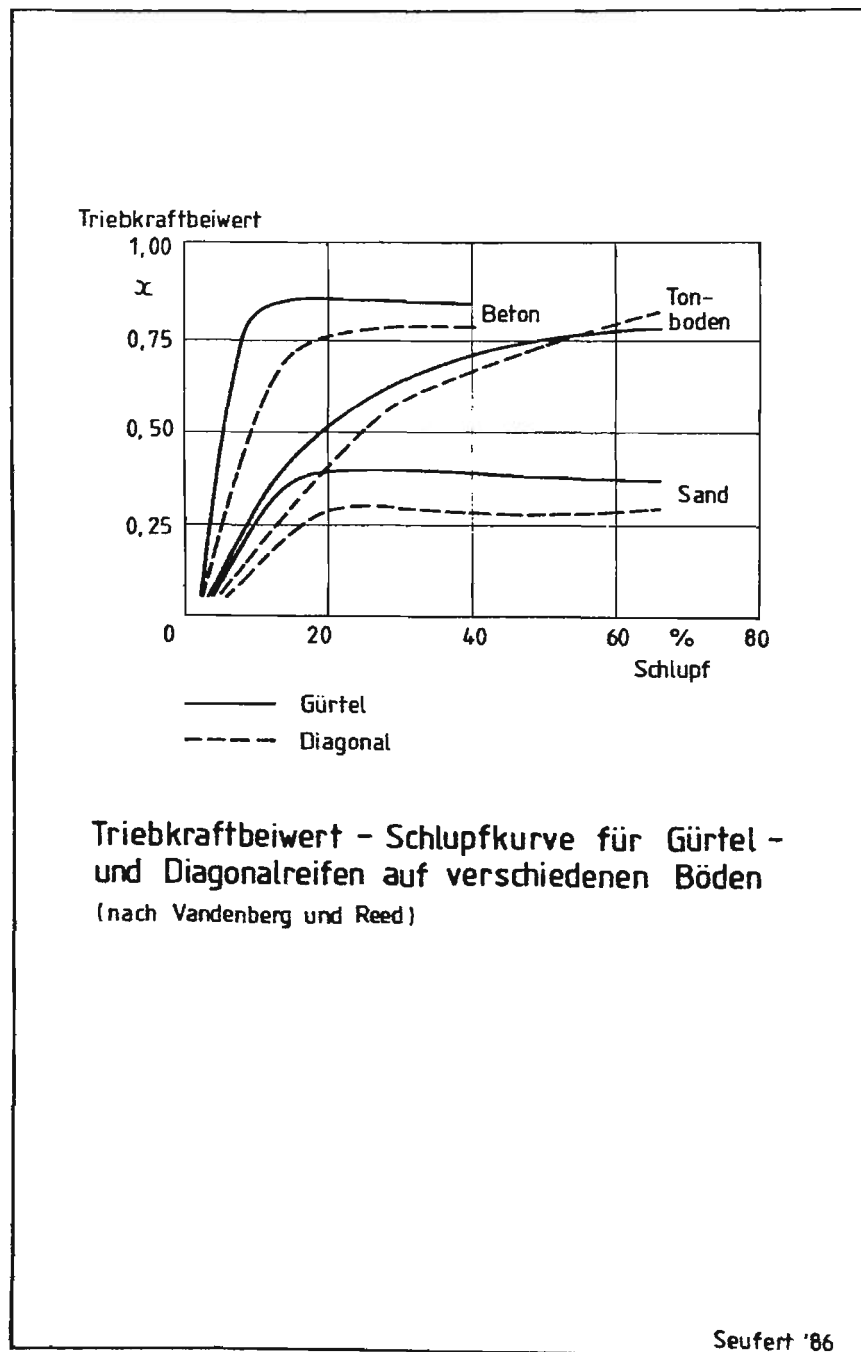


Abbildung 4

Diese Eigenschaften sind wiederum eine wichtige Voraussetzung für die Verwirklichung hoher Laufwerkwirkungsgrade. Auch die Änderung der Reifenabmessungen (Reifenbreite, Reifendurchmesser) führt bei gleichbleibenden Radlasten zu deutlichen Unterschieden im Einsatzverhalten eines Triebradreifens (siehe Abbildung 5 und 6).

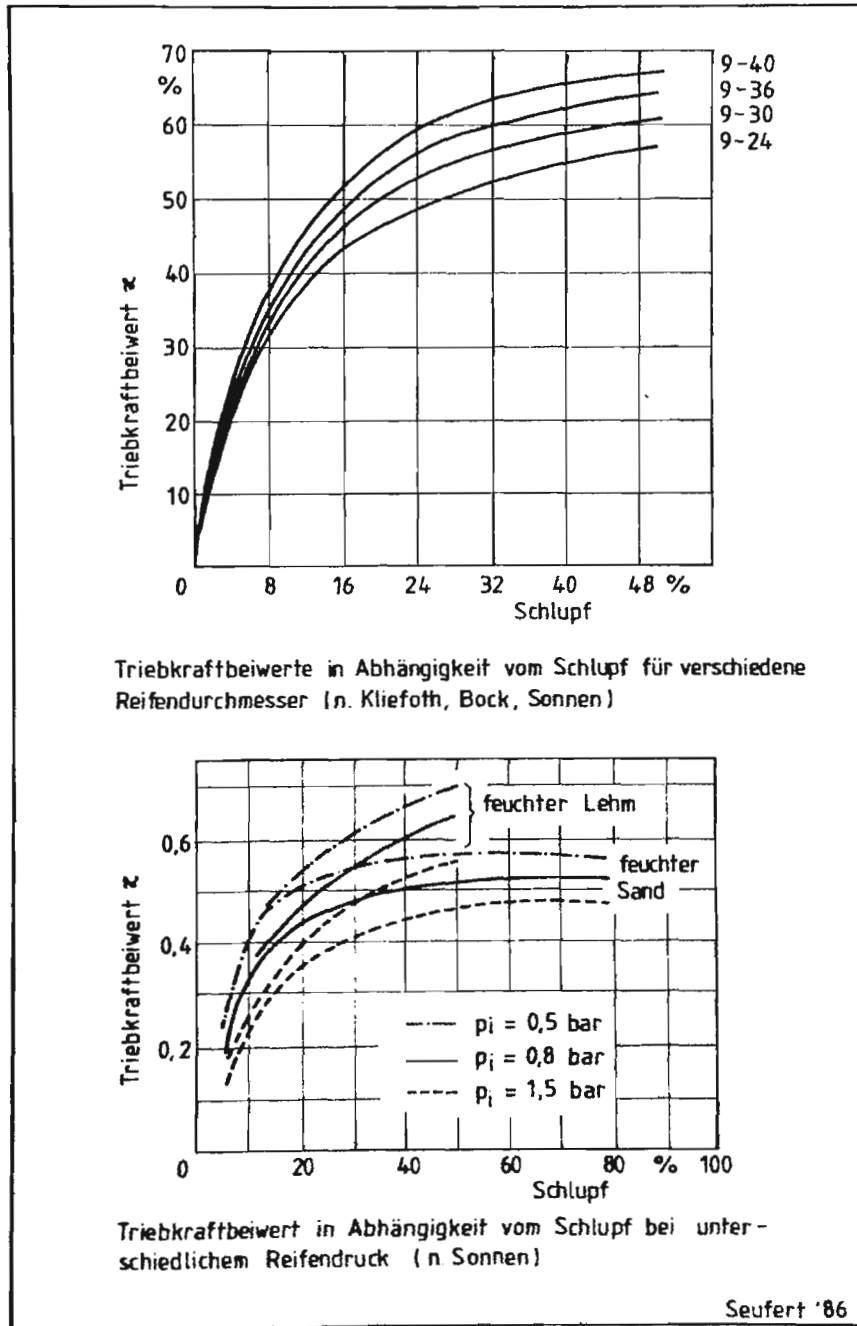


Abbildung 5

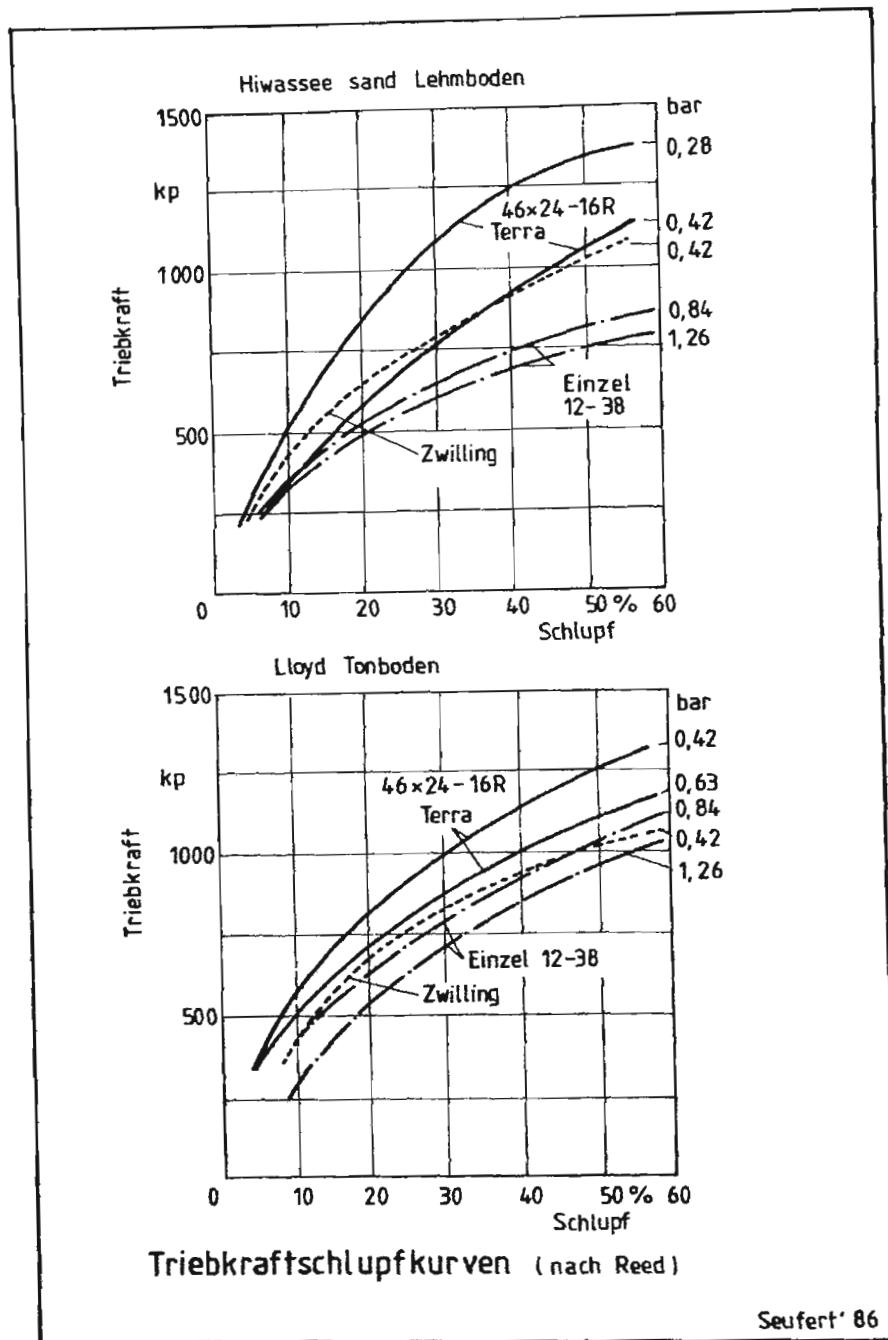


Abbildung 6

Wie bereits dargestellt, wird das Reifenvolumen und damit auch die Reifentragfähigkeit stärker von der Reifenbreite als von dem Reifendurchmesser beeinflusst. Zwar lassen sich bei einem Triebadreifen mit einem größeren Reifendurchmesser über die längere Reifenaufstandsfläche und die dadurch gegebenen besseren Verzahnungsmöglichkeiten des Reifenprofils mit dem

Boden auch günstigere Betriebseigenschaften (weniger Schlupf, bessere Wirkungsgrade etc.) erzielen, aber die Auswirkungen auf das Zugleistungsverhalten sind deutlich geringer als bei einem Triebadreifen größerer Breite (Vgl. auch Abbildung 6).

Dies resultiert daher, daß das Einsatzverhalten bei einem Triebadreifen mit einem größeren Reifendurchmesser - im Gegensatz zur größeren Reifenbreite - in stärkerem Maße über den größeren Abrollumfang, aber aufgrund der vergleichsweise geringen Zunahme an Tragfähigkeit, nur in geringem Umfang über die Absenkung des Reifeninnendruckes beeinflusst wird.

Da der Kraftschlußbeiwert aber in guter Näherung linear mit der Reifenaufstandsfläche ansteigt, diese sich wiederum proportional zur Reifentragfähigkeit verhält, wird auch das Zugleistungsverhalten stärker durch die Reifenbreite als über den Reifendurchmesser beeinflusst. Die Wirkung der größeren Reifenbreite, bei einer gleichzeitigen Reduzierung des Reifeninnendruckes, kommt dabei einem gedachten starren Rad mit einem größeren Einsatzradius gleich. Die Folge ist, daß sich die Bodenbelastung und der Energieverbrauch verringern, während sich gleichzeitig die Traktion und die Selbstreinigung verbessern (siehe Abbildung 7). In diesem Zusammenhang ist grundsätzlich festzuhalten, daß die Betriebseigenschaften eines Triebadreifens umso besser sind, je höher dessen Tragfähigkeit ausgelastet ist.

Damit übt auch die Wahl des richtigen Reifeninnendruckes einen großen Einfluß auf die Effizienz der Zugkraftübertragung aus.

Ein größerer Auslastungsgrad des Reifens, realisiert über eine Absenkung des Reifeninnendruckes, führt als Folge der stärkeren Einfederung zu einer größeren Abplattung und damit ebenfalls zu einer größeren Reifenaufstandsfläche. Daraus resultiert, daß mehr Reifenstollen Eingriff in den Boden haben, was den Schlupf deutlich verringert. Der Nutzeffekt ist, daß der

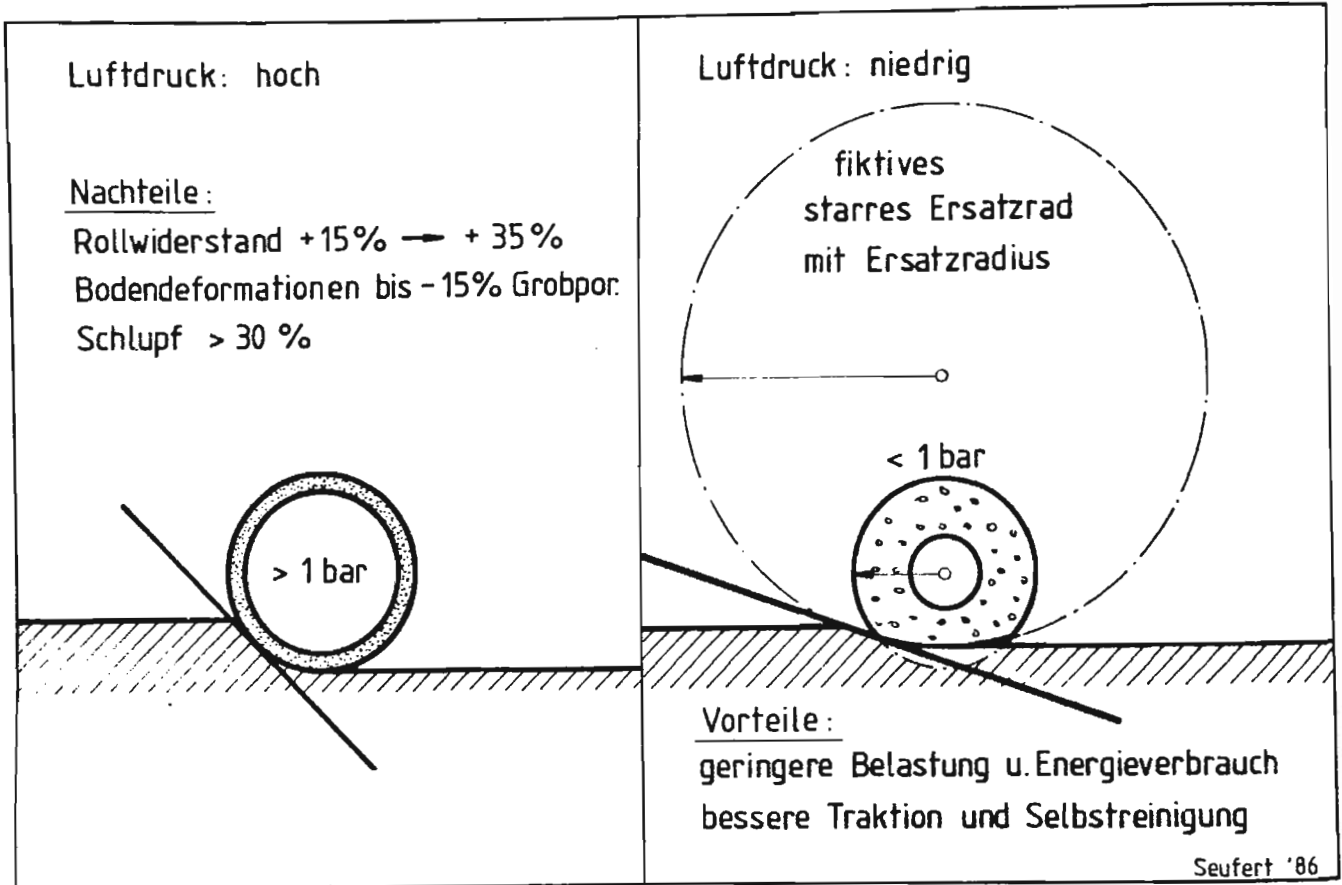


Abbildung 7

Laufwerkwirkungsgrad und auch der Triebkraftbeiwert steigen, während der Rollwiderstandsbeiwert fällt (siehe Abbildung 8).

Das Triebkraftverhalten eines Antriebsreifens wird aber nicht nur von den Konstruktions- und Betriebsparametern, sondern auch von den Fahrbahnverhältnissen beeinflusst. Damit üben auch die Bodenart und der Bodenzustand einen großen Einfluß auf das Einsatzverhalten eines Triebadreifens aus.

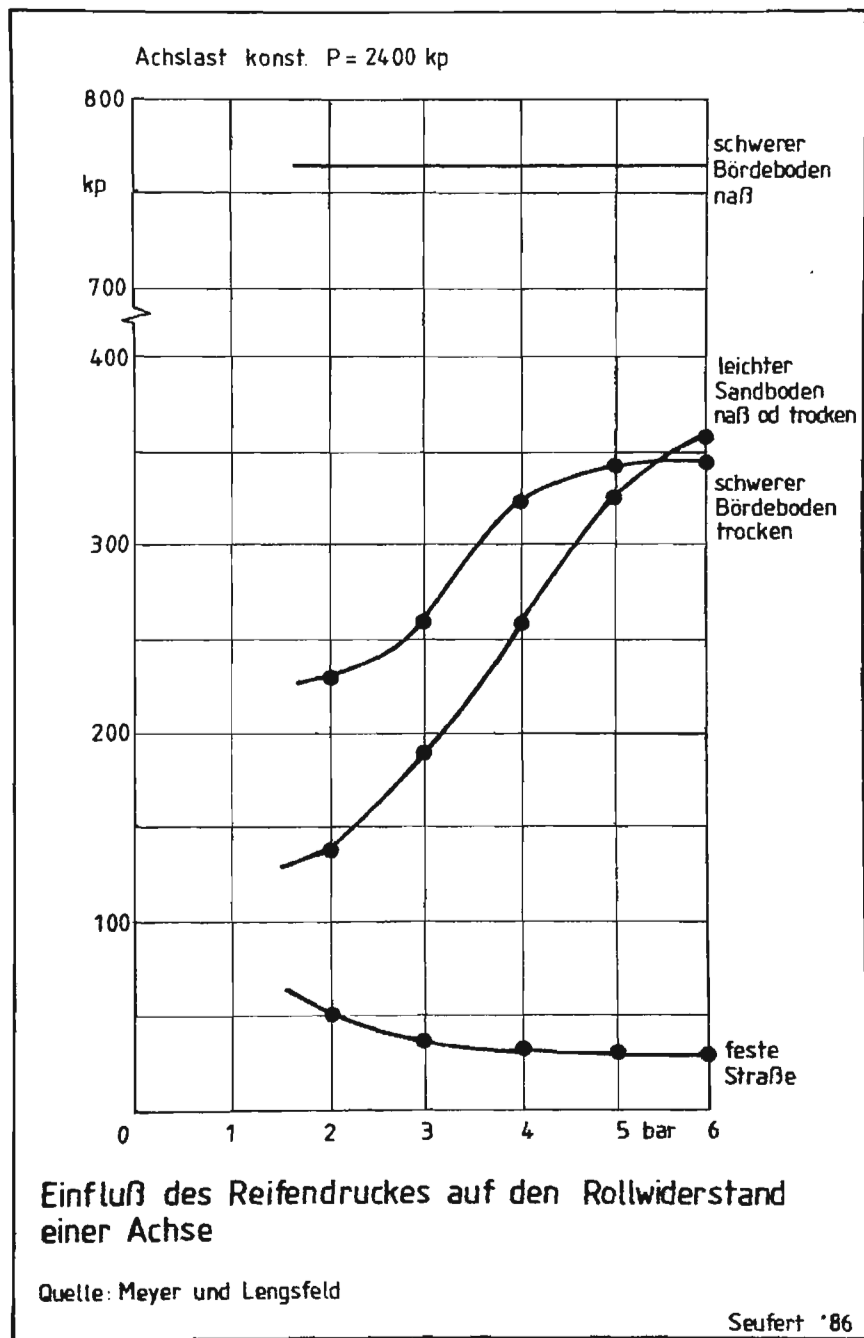


Abbildung 8

Grundsätzlich ist dabei festzuhalten, daß die übertragenen Triebkräfte umso größer sind, je schwerer ein Boden ist, d.h. je höher der Tonanteil und damit je höher die Kohäsion ist. Dagegen verschlechtern sich mit zunehmendem Feuchtegehalt wie auch mit zunehmendem Porenvolumen

des Bodens die Betriebseigenschaften der Triebradreifen. Je nasser und schmieriger ein Boden ist, desto weiter verlagert sich das Wirkungsgradmaximum und damit auch der optimale Einsatzbereich bei zahlenmäßig niedrigeren Wirkungsgraden zu höheren Schlupfwerten.

Ein lockerer Boden mit einem entsprechend großen Porenvolumen wirkt ähnlich triebkraftsenkend wie ein hoher Feuchtigkeitsgehalt des Bodens.

Derartig ungünstige Einsatzbedingungen bedeuten aber für den Acker- schlepper- und Landmaschineneinsatz, daß zur Übertragung einer bestimmten Triebkraft auf den Boden höhere Leistungsgewichte erforderlich sind.

Diese beanspruchen wiederum den Boden wesentlich stärker.

Die besondere Problematik des Befahrens von Boden besteht damit vor allem darin, daß sich die Einsatzbedingungen durch vielfältige Einflußfaktoren in einem weiten Bereich verändern können und damit sehr unterschiedliche Bedingungen für die Radlast- und/oder Triebkraftübertragung bestehen. Ein bodenschonender Ackerschlepper- und Maschineneinsatz erfordert aufgrund der stark variierenden Einsatzbedingungen ein höheres Maß an Flexibilität. Die entscheidende Voraussetzung dafür ist, die Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen dem Reifen und dem Boden als Fahrbahn.

Die Kraftübertragung von dem Reifen auf den Boden läßt sich vereinfacht als Druckbeanspruchung infolge der vertikalen Radlast und als Schubbeanspruchung beim Übertragen der Triebkraft darstellen. Im Boden treten dabei Druck- und Schubspannungen auf. Der Aufbau dieser Spannungen ist stets mit einer Verformung des Bodengefüges verbunden, die größtenteils plastisch d. h. bleibend ist und sich im Einsinken der Räder (Spurbildung) und im Schlupf der Triebräder zeigt.

Hat der Boden eine ausreichende Festigkeit gegenüber den auf ihn einwirkenden Beanspruchungen, so können Triebkräfte übertragen werden und das Fahren ist überhaupt erst möglich. Kann aufgrund einer ungenügenden Verzahnung von Reifen und Boden (z. B. infolge extremer Trockenheit oder beim Vorliegen einer Schmierschicht, wenn sich das Reifenprofil mit Boden zugesezt hat) die Schubfestigkeit nicht mobilisiert werden, so ist für das Übertragen der Triebkraft die in der Berührungsfläche zwischen dem Reifen und dem Boden übertragbare Reibkraft maßgebend. In beiden Fällen hängen die bodenseitig zu erwartenden Auswirkungen von den gleichen Faktoren ab. Dazu gehören u. a. :

- die Textur (Bodenart, Körnung und Humusgehalt)
- das Bodengefüge (Bodendichte, Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung) und
- der Bodenzustand (Aggregatstabilität und Aggregatgrößenverteilung).

Der Boden besteht aus mineralischen und organischen Substanzen sowie aus Luft und Wasser. Unter Bodengefüge bzw. Bodenstruktur versteht man die räumliche Anordnung der Festsubstanz bzw. der Poren untereinander (siehe Abbildung 9). Ein normaler Boden besteht etwa zu 50 % aus Hohlräumen, die mit Luft und Wasser gefüllt sind, den sogenannten Bodenporen. Das feste Bodenmaterial macht die restlichen 50 % des Bodens aus (siehe Abbildung 10).

Ein gutes Bodengefüge gleicht in seiner Struktur dem Aufbau eines Schwamms. Dabei ist das Porensystem unterschiedlich mit Wasser, Luft und Wurzeln gefüllt und beeinflusst somit den Pflanzenstandort und die biologische Aktivität. Das natürliche Porenvolumen in einem Boden ist der Gleichgewichtszustand eines vielfältigen Kräftespiels zwischen dem Eigengewicht und dem statischen Druck auf der einen Seite und den entgegenwirkenden reibungsbedingten Scherwiderständen auf der anderen Seite. Dabei spielt das Größen-

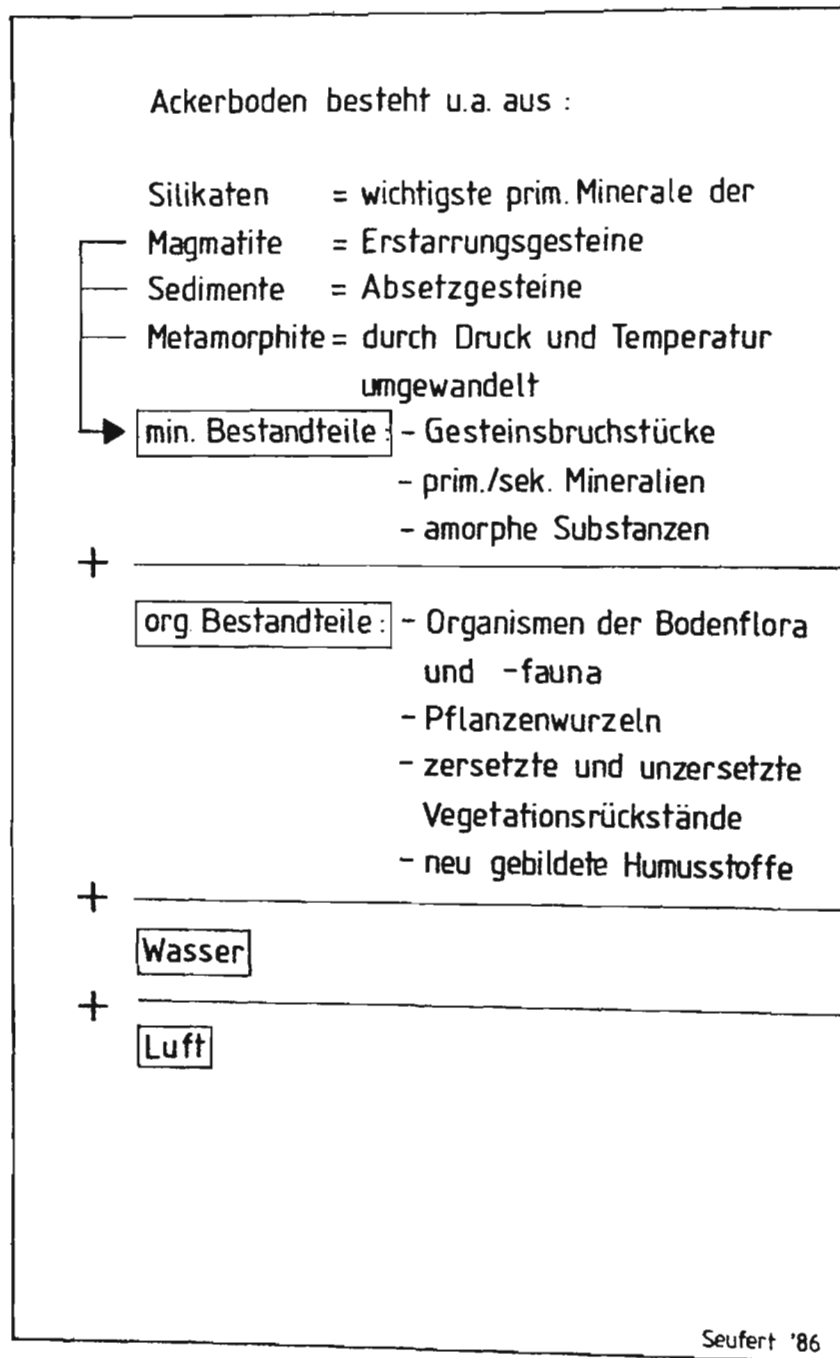
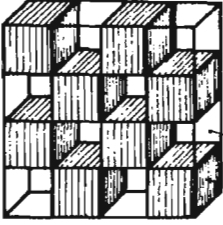


Abbildung 9

spektrum und die Form der beteiligten Bodenteilchen zusätzlich eine Rolle.

Beispiele zu Kenngrößen des Bodengefüges



Dichte min. Bodensubstanz :
2,60 - 2,75 → ϕ 2,65 g/cm³

V = 16 cm³ (V_g)

8 cm³ Hohlraum

8 cm³ Festsubstanz (mf)

Beispiel Lagerungsdichte d_B [g/cm³]

$$d_B = \frac{mf}{V_g} = \frac{8 \times 2,65}{16} = 1,329 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Beispiel Porenvolumen in % (Porosität)

$$P_v = \frac{V_p}{V_g} \cdot 100 = \frac{8}{16} \cdot 100 = 50 \%$$

Beispiel Porenziffer ε

$$\epsilon = \frac{V_p}{V_f} = \frac{8}{8} = 1$$

Schwankungsbereiche von Porenvolumen, Lagerungsdichte und Porenziffer in Mineralböden (C < ≈ 2%)

	d _B $\frac{g}{cm^3}$	P _v %	Porenziffer ε
Sandböden	1,16 - 1,7	56 - 36	1,27 - 0,56
Schluffböden	1,26 - 1,61	59 - 39	1,27 - 0,64
Lehmböden	1,20 - 1,85	55 - 30	1,22 - 0,43
Tonböden	0,88 - 1,72	70 - 35	2,33 - 0,54

Quelle: Scheffer, Schachtschabel

Seufert ' 86

Abbildung 10

Für die Mobilität von Wasser und Gasen sowie für das Bodenleben und Pflanzenwachstum ist aber nicht nur das Porenvolumen insgesamt von ausschlaggebender Bedeutung, sondern auch dessen Fraktionierung in Grob-, Mittel- und Feinporen. Die Porenart und -größenverteilung be-

einflußt den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens ganz entscheidend.

So wird in den Grobporen das Niederschlagswasser so schwach gebunden, daß es spätestens nach 3 bis 4 Tagen versickert ist. Die Grobporen führen das Wasser schnell ab und sind darüberhinaus für die Durchlüftung des Bodens verantwortlich. Man bezeichnet sie daher auch als Sicker- oder Luftporen.

Demgegenüber werden die Mittelporen auch Speicherporen genannt, weil in ihnen das Wasser genügend stark zurückgehalten, also gebunden wird, sodaß es nicht versickert. Sie enthalten überwiegend pflanzenverfügbares Haftwasser, das mit abnehmender Porengröße immer schwerer von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden kann, da es mit relativ hoher Saugspannung festgehalten wird. In den Feinporen ist das Wasser so fest gebunden, daß es für die Pflanzenwurzel nicht aufnehmbar ist. Man bezeichnet es daher auch als "Totwasser" (siehe Abbildung 11).

Die Hohlraumzusammensetzung, die sogenannte Porengrößenverteilung, schwankt von Boden zu Boden sehr stark. Sie wird im wesentlichen durch die Bodenart und das Bodengefüge bestimmt.

So verfügt ein schwerer Boden über viele Feinporen, ein leichter (sandiger) Boden dagegen über viele Grobporen. Ideal wäre ein Boden mit 50 % Porenanteil, von denen $\frac{1}{3}$ luftführend und $\frac{2}{3}$ wasserführend wären (siehe Abbildung 12). Überwinden von außen einwirkende Kräfte die Stabilität des Bodengefüges, so kommt es über sogenannte Sackungen zur Erhöhung der Lagerungsdichte und damit zu Bodenverdichtung.

Unter Boden- bzw. Lagerungsdichte versteht man dabei das Produkt aus der durchschnittlichen relativen Dichte der Festsubstanzen und dem Anteil an der Füllung eines wasserfrei gedachten Raumes (Rohdichte).

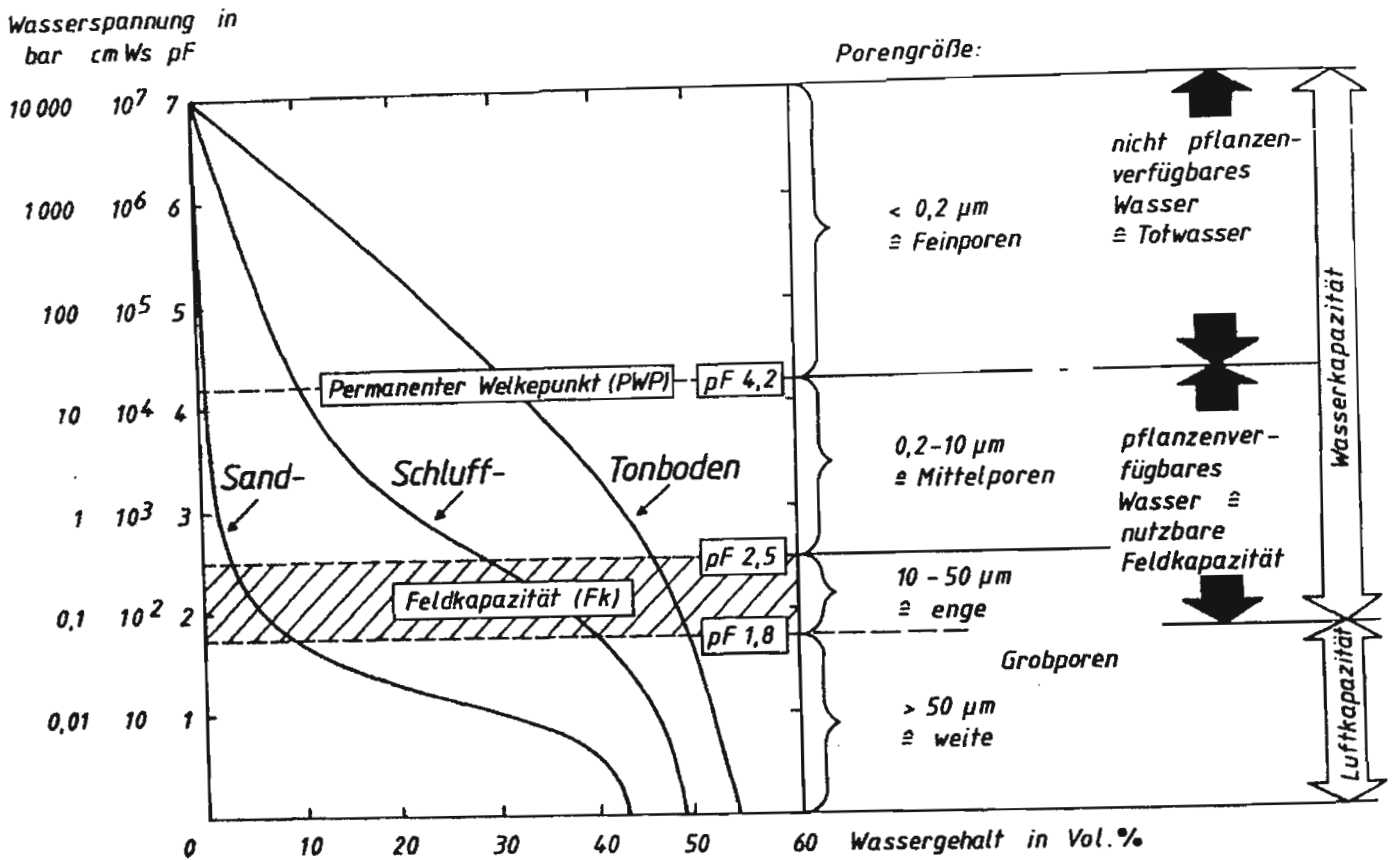


Abbildung 12: Bodenphysikalische Kenngrößen für Sand-, Schluff- und Tonböden

HASSENFLUG ' 86

Der Restanteil desselben heißt Porenvolumen und wird meist in Vol.-% angegeben. Unter Feld- bzw. Naturbedingungen ist es, wie bereits dargestellt, mit wechselnden Anteilen an Wasser und Luft gefüllt. Eine Bodenverdichtung verändert also die Lagerungsdichte und nicht das spezifische Gewicht der Bodenteilchen. Somit kann sich bei Bodenverdichtungen nur das Hohlraumvolumen (Porenvolumen) zwischen den Bodenteilchen verringern. Dies führt dazu, daß sich, solange Niederschläge versickern können, durch Bodenverdichtungen sogar die Tragfähigkeit erhöht.

Die meist über Räder und schleifende Bodenwerkzeuge verursachten Bodenbelastungen werden durch dynamische Momente und Schwingungen aus Unwuchten noch verstärkt. Derartigen mechanischen Bodenbelastungen sind die relativ instabilen Grobporen am wenigsten gewachsen. Der Vorgang der Verdichtung beschleunigt sich durch reibungsvermindernde Wasserfilme zwischen den Bodenteilchen, so daß durch ihre verstärkte Beweglichkeit der Hohlraumwiderstand zurückgeht und der Boden verdichtungsempfindlicher ist. Bei Triebrädern wird die radlastbedingte Sackungskomponente ergänzt durch eine umfangskraftabhängige horizontale Komponente als Resultierende aus Gewichts- und Umfangskraft (Schlupf).

Die Bodenbelastung steigt damit weiter an. Zapfwellenangetriebene Bodenbearbeitungsgeräte kombiniert mit dem Allradantrieb sind deshalb sehr gut in der Lage, zum Schutz des Bodengefüges beizutragen, indem sie die Umfangskräfte der Triebräder minimieren.

Der Vorgang der Verdichtung kommt dann zum Stillstand, wenn durch die zunehmende Verzahnung der Bodenteilchen sowie durch die Vergrößerung ihrer Reibungsflächen der Gesamtverband in der Lage ist, den einwirkenden Kräften (Drücken) zu widerstehen. Die groben Poren sind dann zum größten Teil zerstört.

Die negativen Auswirkungen der dargestellten Bodenverdichtungen auf das Pflanzenwachstum zeigen sich erwartungsgemäß in einer Störung des Gas- und Wasserhaushaltes im Boden und damit in einer Verschlechterung der Nährstoffdynamik insgesamt. Darüber hinaus führen Verdichtungen zur Steigerung der mechanischen Bodenfestigkeit, zur Reduzierung der durchwurzelbaren Krume, zur Verschlechterung der Erwärmbarkeit im Frühjahr sowie zur Senkung der biologischen Aktivität.

So ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß bereits Oberflächenverdichtungen den Gasaustausch stark beeinträchtigen können, auch wenn dar-

unter im Boden die Gasmobilität gewahrt bleibt. Es kann dann vorkommen, daß Gase aus anaeroben Zerstörungsvorgängen die Bilanz bestimmen und Sauerstoffmangel zunehmend den Stoffwechsel von Pflanzenwurzeln, Bodentieren und aeroben Mikroorganismen zum Erliegen bringt. Häufig stehen im Rahmen von Diskussionen um Bodenverdichtungen derartige Krümmenverdichtungen im Vordergrund, deren unmittelbare Auswirkungen leicht und schnell erkennbar sind. Ebenso leicht und schnell sind sie zu erfassen und zu beheben.

Da Wasser in Mittel- und Feinporen gespeichert wird, deren Anteil bei Verdichtungsvorgängen relativ bzw. sogar absolut zunehmen kann, müßte sich dies demnach günstig auf den Wasserhaushalt auswirken. Das trifft bei Böden mit einem großen Porenvolumen (Sand) auch zu. Bei Tonböden hingegen muß der ohnehin geringe Grobporenanteil zur Sicherung des Gasaustausches erhalten bleiben. Darüberhinaus haben Grobporen als Leitbahnen für Sickerwasser einen großen Einfluß auf das Ausmaß von Erosionen. Die eminenten Schäden durch den Verlust dieser Leitbahnen infolge von Radspurverdichtungen sind nach hohen Niederschlägen nicht zu übersehen. Ein Mangel an Grobporenvolumen kann auch zu stauender Nässe führen, wie das bei den sogenannten Pflugsohlenverdichtungen zu beobachten ist.

Die Beeinflussung des Gas- und Wasserhaushaltes im Boden betrifft verständlicherweise den Nahrungshaushalt gleichermaßen. Zunächst erscheint es positiv, daß durch einen verdichtungsgestörten Wasserhaushalt neben K^+ , Mg^{++} und Ca^{++} vor allem auch die NO_3^- -Auswaschung im Sinne der Trinkwasserqualität verringert wird. Andererseits fördern Bodenverdichtungen die Erosion und damit die Oberflächenverlagerung des schlecht wasserlöslichen Phosphors bis hin zur Gewässereutrophierung. Pflanzenbaulich gesehen ist aber die mögliche Beeinträchtigung der Stickstoffversorgung ebenso bedeutsam. Mit zunehmend anaeroben Verhältnissen wird die Ammonifikation und die Nitrifikation behindert, es kann sogar zur De-

nitrifikation mit dem Endprodukt N_2 oder NO_2 führen. Außerdem sind die symbiotischen und die nicht-symbiotischen Stickstoff-Fixierer sauerstoff-abhängig.

Diese beschriebenen Auswirkungen sind allerdings standortspezifisch und müssen nicht alle gleichzeitig zutreffen. Dabei hängt die Verdichtungsempfindlichkeit eines Bodens von der Bodenart (Körnung) und vom Wassergehalt, aber auch vom biologischen Verbau, d.h. von den Kittsubstanzen der Bodenorganismen und von der Bepflanzung (Durchwurzelung) ab. Druckempfindlich sind humusarme, tonreiche Böden. Ein bewachsener und gut durchwurzelter Boden ist viel tragfähiger als ein offener Ackerboden. Am empfindlichsten reagiert ein frischbearbeitetes Feld.

Als Verdichtungsursachen sind angetriebene Räder, aber auch gezogene Räder leicht auszumachen. Die Bodenverdichtung ergibt sich aus der Belastung über die Räder, die durch das Produkt aus Fläche mal Druck bestimmt wird. Der mögliche Druck und die Fläche werden dabei - in konstruktionsbedingten Grenzen - vom Reifeninnendruck bestimmt. Dieser theoretische Ansatz wird praktisch einmal durch die mehr oder weniger ausgeprägte Plastizität des Bodens verwischt und auf der anderen Seite durch die Streifigkeit der Reifenkarkasse (PR - Zahl), die den Bodendruck bis etwa um 0,45 bar über den Reifeninnendruck anwachsen lassen kann, verändert. Je nachdem, wie tief sich der Reifen über das Profil abstützt, variiert die reale Auflagefläche gegenüber der theoretischen Auflagefläche, wobei bei weicheren Böden der Bodendruck zur Lastmitte ansteigend zunimmt. Zu dieser Problematik liegen bereits aus den 50er Jahren grundlegende Arbeiten von SÖHNE vor. Die darin errechneten Druckspannungsverteilungen sind mit dem Begriff "Druckzwiebeln" in die Fachliteratur eingegangen. Aus den umfangreichen Schlußfolgerungen sollen kurz folgende Aussagen wiedergegeben werden:

- Mit zunehmender Last bleibt der Bodendruck gleich, die "Druckzwiebeln" reichen aber tiefen
- bei weichem, nachgebendem Boden haben die "Druckzwiebeln" eine schlanke, tiefreichende Form, bei härterem Boden verlaufen sie flacher und runder
- die Oberbodenverdichtung entsteht vornehmlich durch den Kontaktflächendruck, die Unterbodenverdichtungen resultieren dagegen aus der Gesamtlast
- trockene Böden mit 10 % Feuchtigkeit bis hin zu 20 % Feuchtigkeit sind noch weitgehend unempfindlich gegenüber Druckbelastungen
- bei höheren Feuchtigkeitsgehalten ist dagegen mit einem erheblichen Anstieg der Empfindlichkeit zu rechnen.

In der neuen Fachliteratur wird das Problem der Bodenbelastung bzw. der "Druckzwiebeln" derzeit noch konträr diskutiert. SÖHNE hat für die Verteilung und den Abbau der Druckspannung nach der Tiefe und nach der Seite folgende fundamentale Gesetzmäßigkeit aufgestellt:

"Die Druckspannung baut sich unter den Rädern der Last zur Seite hin derart ab, daß man in einer gewissen Tiefe eine glockenförmige Druckverteilung erhält. Von besonderem Einfluß auf den Abbau der Druckspannung ist die Größe der Lastfläche. Nur in geringer Tiefe ist die Flächenpressung an der Oberfläche entscheidend. In größerer Tiefe kommt es auf das Produkt aus Lastfläche und spezifischer Flächenpressung an. Einen gewissen Einfluß hat die Form der Lastfläche. Unter den elliptischen Lastflächen erfolgt der Abbau der Druckspannung im Boden etwas schneller als unter der kreisförmigen Lastfläche".

In neueren Arbeiten finden sich Aussagen, die diese Gesetzmäßigkeit in inhaltlich verkürzter Form wiedergeben und damit ein Anlaß für Fehlinterpretationen und Mißdeutungen waren. Dies sei an einigen Zitaten verdeutlicht:

- "Die Bodenverdichtungen reichen in umso tiefere Schichten, je nasser und nachgiebiger ein Boden ist. SÖHNE führt dazu aus, daß in geringerer Bodentiefe der Flächendruck in der Berührungsfläche einen entscheidenden Einfluß ausübt, während die Verdichtungen in den tieferen Bodenschichten hauptsächlich von der über das Rad abgestützten Gesamtlast verursacht werden. Durch die Verwendung breiterer Reifen oder von Zwillingsreifen können zwar die Spurtiefe und die Bodenverdichtungen in geringerer Bodentiefe vermindert werden, die Bodenverdichtungen in größerer Bodentiefe betrifft dies jedoch nur unwesentlich".
- "Terra-Reifen können den Bodendruck an der Oberfläche wesentlich mindern, jedoch kaum die Tiefe der Bodenverdichtung, weil diese vom Gesamtgewicht abhängt (vergl. auch Panzerschäden)".
- "Die technischen Maßnahmen, die den Bodendruck mindern, orientieren sich weitgehend am spezifischen Druck an der Oberfläche. Hohes Gewicht wirkt aber in die Tiefe, auch wenn breite Bereifung eine große Auflagefläche schafft.... Diese Tiefenwirkung vermag auch die breite Bereifung nicht aufzuheben".
- "Durch undifferenzierte Darstellung entsteht in der Öffentlichkeit nicht selten der Eindruck, die genannten Belastungen seien bezüglich der Gefährdung des Bodens als gleichwertig zu beurteilen. Bei der Betrachtung der einzelnen Problembereiche ergeben sich sowohl qualitativ wie auch quantitativ erhebliche Unterschiede.... Grundsätzlich ist nur anzumerken, daß breite Reifen trotz der Möglichkeit, den Kontaktflächendruck erheblich zu mindern, nicht dazu verleiten sollten, noch schwerere Traktoren einzusetzen. Der geringere Kontaktflächendruck verhindert das tiefe Einsinken der Reifen und schont hauptsächlich die Ackerkrume, die Verdichtung des Unterbodens wird dagegen nur durch die Radlast bestimmt, wobei die Wahl der Bereifung von zweitrangiger Bedeutung ist".

Sachlich korrekt ist dagegen die folgende Darstellung: "Eine Reduzierung der Radlast bei gleicher Aufstandsfläche der eingesetzten Reifen (= gleiche Reifenbauart und -größe) hätte eine erhebliche Entlastung des Bodens zur Folge. In dem aufgeführten Beispiel ist dies der Schritt von c) nach a) (siehe Abbildung 13).

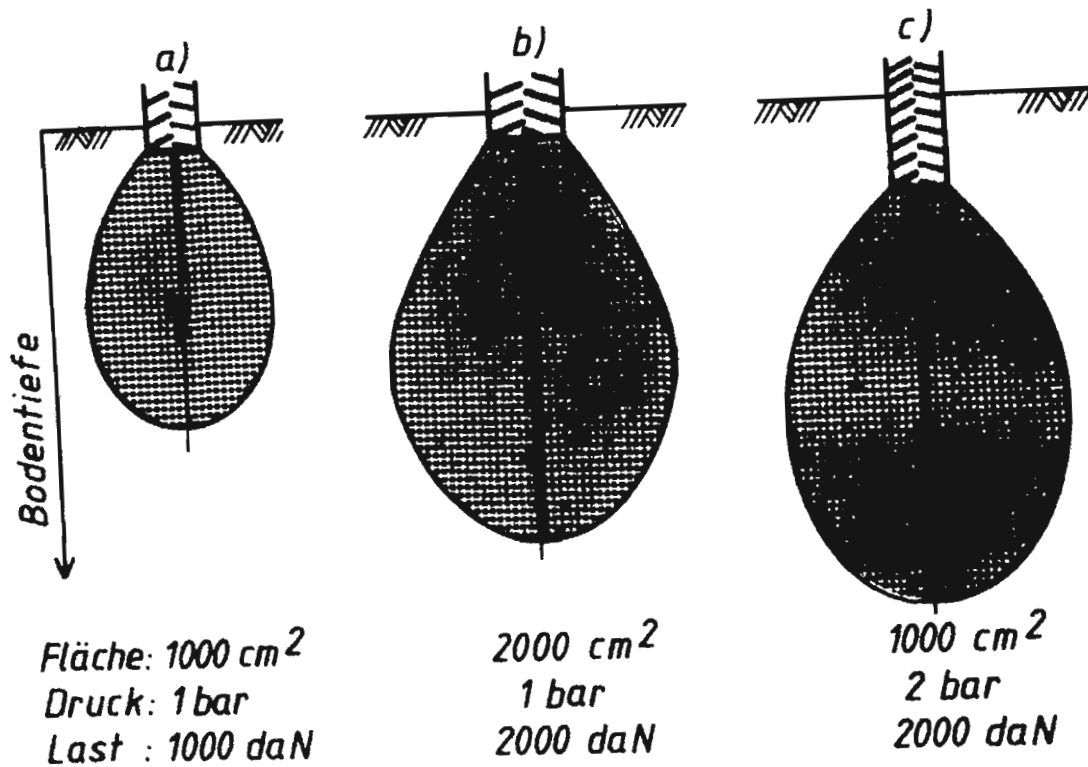


Abbildung 13: Die Tiefenwirkung des Bodendruckes in Abhängigkeit von der Radlast und dem Reifeninnendruck bei gegebenem Bodenzustand

Hier wird die Radlast von 20 000 N auf 10 000 N reduziert bei gleicher Aufstandsfläche von 0,1 m². Bei einer solchen Reduzierung der Radlast sinkt der Kontaktflächendruck auf den halben Wert. Der Druck, der bei der hohen Radlast erst in ca. 160 cm Tiefe auf 10 kPa abgebaut ist, ist bei geringerer Radlast bereits in 100 cm Tiefe abgebaut. Die Spurtiefe wird mit abnehmen der Radlast erheblich verringert, ebenso die Druckbeanspruchung in der Krume.

Zur Verminderung von Strukturschäden zählt man das Senken der Radlast zu den wirksamsten Maßnahmen. Im Hinblick auf die Annahme durch die Praxis ist diese Maßnahme jedoch als wenig erfolgversprechend anzusehen. Aus Rationalisierungsgründen wird der Landwirt auch in Zukunft hohe Lasten über die Flächen transportieren, so daß nach weiteren Wegen zu suchen ist.

Bei unvermindert hoher Auflast verspricht der Breitreifen eine Entlastung für die Fläche. Hier wird bei gleicher Radlast die Aufstandsfläche vergrößert und der Kontaktflächendruck reduziert (siehe hierzu auch Beispiel c) und b)). Bei gleicher Radlast bewirkt eine Verdopplung der Aufstandsfläche eine Halbierung des Kontaktflächendrucks. Der Reifen dringt nicht mehr so tief in die Krume ein.

Die Radlast wird bei vergrößerter Aufstandsfläche von mehr Bodenteilchen abgestützt. Dieser Effekt ist in der Krume größer als im Unterboden, was dazu führt, daß der Bodendruck vor allem in der Krume und in der Pflugsohle reduziert wird. Die Beispiele b) und c) zeigen dieses sehr deutlich: Während der schmale Reifen in etwa 40 cm Tiefe noch einen Bodendruck von 190 kPa bewirkt, beträgt der Druck bei gleicher Tiefe bei dem Breitreifen nur noch 70 kPa. Der entlastende Effekt wird mit zunehmender Tiefe immer geringer. Wird die unterschiedliche Spurtiefe der Reifen berücksichtigt, so kann gesagt werden, daß der positive Effekt des Breitreifens unterhalb von 1 m Tiefe abgebaut ist. Die Ursache ist darin zu sehen, daß die Vergrößerung der Abstützfläche beim Breitreifen mit zunehmender Tiefe relativ abnimmt - oder einfach ausgedrückt: von einer bestimmten Tiefe an wird die Radlast bei einem schmalen Reifen von ebensovielen Bodenteilchen mitgetragen wie bei einem Breitreifen". (FREDE, 1986)

Neben dem Gesamtgewicht, der Auflagefläche und dem Kontaktflächendruck sind die Belastungsdauer, die Belastungshäufigkeit und der Schlupf weitere Belastungsfaktoren.

Daß der Schlupf von Antriebsrädern die Bodenverdichtungen beträchtlich steigern kann, ist eine Tatsache, die im Problembewußtsein mancher Praktiker nicht vorliegt.

Vor Eintritt des Schlupfes sorgen sowohl der reibungsbedingte Scherwiderstand der Bodenteilchen untereinander, als auch die Reibung zwischen Rad und Boden für die Kraftübertragung und Fortbewegung des Antriebsrades.

Wird nun durch Ansteigen aufzunehmender Zugkräfte die Reibungskraft zwischen Rad und Bodenoberfläche und auch der Bodenteilchen untereinander überwunden, entsteht Schlupf zwischen Rad und Boden, ohne jedoch die Erhöhung der Umfangskraft zu bewirken, die absolute Vorwärtsbewegung des Rades verlangsamt sich bis zum Stillstand. Werden vom antreibenden Rad in diesem Zusammenhang die Bodenteilchen gegeneinander verschoben, führt dies zu erhöhter Lagerungsdichte und zur Vergrößerung der Reibungsfläche und -kräfte, wodurch vom Triebad erhöhte Umfangskräfte ausgeübt werden können. Meist treten beide Erscheinungen in Überlagerung auf und bieten theoretische Ansätze zur Zugkraftsteigerung. Das Kennzeichen der Bodenverdichtung - die Verlagerung von Bodenteilchen - ist durch Schlupf wesentlich intensiver ausgeprägt und gefährlicher anzusehen, als eine senkrechte Teilchenverschiebung bei der Abstützung vertikaler Radlasten. Schlupfbedingte Bodenverdichtung verursacht eine wesentlich stärkere Teilchenmassierung, die durch reibungsvermindernde Wasserfilme weiter gefördert wird. Die negativen Auswirkungen sind anhand verschmierter Böden und stehender Nässe in Reifenspuren im Herbst und Frühjahr immer wieder zu erkennen. Auch Pflugsohlenverdichtungen aus Radschlupf plus Schleifwirkung der Pflugkörper, auf die schon W. v. NITZSCH im Jahr 1939 hinweist und Vorschläge zu verbesserter Bodenbearbeitung unterbreitet, sind bei Dichtemessungen eine unschöne Orientierungsgröße für Krumentiefen.

Die für das Pflanzenwachstum wichtigen bodenphysikalischen Kennzeichen sind eng an das Bodengefüge gekoppelt und mit dessen Schädigung sind gleichermaßen nachteilige Einflüsse auf das Pflanzenwachstum zu erwarten. CZERATZKI hat für das Pflanzenwachstum bodenbezogen folgende optimalen Porenvolumina angegeben: Sand 40, Lehm 45, Ton 47 Vol.-%. Erhöhter Bodenwiderstand kann sowohl das Wurzelwachstum behindern, als auch die Wasser- und Nährstoffaufnahme erschweren. Hierzu bemerkt EHLERS "Wegen der großen Komplexität und Interdependenz aller im Boden ablaufenden Prozesse werden die Beziehungen zwischen der physikalischen Funktion des Bodens und dem Pflanzenwachstum und dem Ertrag allerdings bei weitem nicht voll verstanden. Hier werden in Zukunft noch wichtige Forschungsergebnisse zu erbringen sein, um die Auswirkungen moderner Methoden der Landbewirtschaftung auf das Pflanzenwachstum in Gänze kausal erfassen zu können". EHLERS empfiehlt die Einschränkung von Unterbodenverdichtungen mit Lagerungsdichten unter $1,55 \text{ g/cm}^3$. Wie auch HARRACH weist er darauf hin, daß Aussagen zu einer optimalen Lagerungsdichte nur unter Einbeziehung des Standortklimas und der jeweiligen Jahreswitterung sinnvoll sein können. Aus den bisherigen Ausführungen läßt sich leicht schließen, daß in trockenen Jahren die Lagerungsdichte ein höheres Optimum erhält als dies bei feuchten Jahren sein kann. Hinzuzufügen ist, daß leichtere Böden gegenüber Abweichungen vom Optimum toleranter reagieren als Tonböden dies können.

Bodenverdichtungen sind als Ruinen des Bodengefüges anzusehen, die für das Pflanzenwachstum keine optimalen Voraussetzungen bieten, da die wichtigsten bodenphysikalischen Kennwerte Schäden und Zerstörung anzeigen.

Die Niederdruckbreitreifen sind derzeit das bodenschonendste Bindeglied zwischen Maschine und Ackerboden, das zur Verfügung steht. Bei Kontakt und Belastung erfährt hauptsächlich der Reifen die Verformung und weniger das labile Bodengefüge.

Diese Erkenntnis liegt in einer Reihe von Ergebnissen aus USA, Großbritannien und der Schweiz seit längerer Zeit vor und wurde in eigenen Versuchen bestätigt. Die vorgestellten Ergebnisse sind auf einem Lößboden (Pseudogley-Parabraunerde, erodiert) in zwei Versuchsserien auf zwei Standorten durchgeführt worden, die im Zeitpunkt der Versuchsdurchführung durch nachfolgende Merkmale gekennzeichnet waren (siehe Tabelle 5). Dabei wurden folgende Fragestellungen untersucht:

1. Welche Wirkungen sind zu erwarten von der Veränderung der Intensität des Boden-Reifenkontaktes (Kontaktflächendruck) durch Verwendung von großvolumigen Niederdruckbreitreifen?
2. Wie wirkt sich diese Veränderung als Funktion der Tiefe aus?
3. Wie macht sich die Verteilung von Lasten auf eine größere Anzahl von Spurflächen bemerkbar?

Bei der Versuchsserie 1 wurden mit einem Allrad-Schlepper mit vier gleichen Reifen, einer Leistung von 160 PS und einem Gesamtgewicht von 7 500 kg nacheinander vier Prü fzellen von je 6 x 25 m befahren. Als Vergleichsvarianten wurden folgende Bereifungen benutzt:

- Niederdruck-Breitreifen der Größe 66 x 43.00-25 (6 PR), 0,4 bar
- Zwillingstreifen (Radial) der Größe 18,4-34 (8 PR), 0,8 bar
- Normalreifen (Radial) der Größe 18,4-34 (8 PR), 1,2 bar

Zur Zeit der Versuchsanlage hatte der im Herbst gepflügte und danach unbefahrene Boden einen Wassergehalt von 30 Vol.-% und zeigte sich hochtragfähig. Dem gegenüber wurden in der Versuchsserie 2 folgende drei Varianten miteinander verglichen:

- Traktor mit spurgleichem Vier-Rad-Fahrwerk und herkömmlicher Bereifung, vier gleiche Räder
- Traktor mit Drei-Rad-Fahrwerk und Niederdruckbreitbereifung

KENNGRÖßE	OBERBODEN (0 CM = 30 CM)	UNTERBODEN (30 CM = 60 CM)	OBERBODEN (0 CM = 30 CM)	UNTERBODEN (30 CM = 60 CM)
	V E R S U C H S S E R I E 1		V E R S U C H S S E R I E 2	
BODENTYP	PSEUDOGLEY-PARABRAUNERDE, ERODIERT		PARABRAUNERDE/BRAUNERDE, EUTROPH, ENTWICKELT IN LÖß UND ZECHSTEINDOLOMIT	
BODENART (AGB)	SANDIG-LEHMIGER SCHLUFF (SL U)		STARK LEHMIGER SCHLUFF (LU)	
- SAND %	20,4	22,9	7,2	6,4
- SCHLUFF %	64,9	56,3	72,0	70,9
- TON %	14,7	20,8	20,7	23,4
HUMUSGEHALT %	*)	*)	1,67	0,68
C/N	*)	*)	8,42	
PH-WERT	6,7	6,7	6,51	6,68
NÄHRSTOFFGEHALT				
P ₂ O ₅ (CAL) MG/100 G	30,4	8,2	19,5	6,1
K ₂ O (CAL) MG/100 G	26,5	17,5	15,0	8,0
Mg (CaCl ₂) MG/100 G	12,8	14,0	18,2	20,5
* KENNWERT WURDE NICHT ERFAßT				

TABELLE 5: BODENKENNWERTE

- Traktor wie vorher, aber doppelt befahren zur Simulation eines "multi-pass-Effektes" wie bei Standardtraktoren.

Dieses Versuchsfeld lag in der Wintergersten-Stoppel, die vor der Befahrung mit einem Grasmäher kurzgeschnitten und geräumt worden war. Der Bodenwassergehalt betrug vor Versuchsbeginn 35 Vol.-%. Die Vorfrucht war Winterweizen.

Bodenseitig wurden aus meßtechnischer Sicht die Auswirkungen durch das Befahren an Hand folgender Parameter ermittelt:

- Eindringwiderstand
- Luft- und Wassergehalt sowie
- Scherwiderstand

Ferner wurde noch die Reifenaufstandsfläche und der spezifische Kontaktflächendruck bestimmt. Im vorliegenden Fall verringerte sich bei beiden Versuchsserien der spezifische Kontaktflächendruck des Niederdruckbreitreifens gegenüber der Normalbereifung um nahezu 85 % von $1,74 \text{ kg/cm}^2$ auf $0,31 \text{ kg/cm}^2$. Auch gegenüber der Zwillingsbereifung in der Versuchsserie 1 ist noch eine deutliche Verringerung festzustellen ($0,84 \text{ kg/cm}^2$ im Vergleich zu $0,31 \text{ kg/cm}^2$).

Die ermittelten Bodenwiderstandskurven steigen in der Versuchsserie 1 für alle drei Reifenvarianten mit zunehmender Bodentiefe kontinuierlich an, wobei die Steigerung im Bereich der Pflugsohle (30 cm Bodentiefe) am größten ist. Während die Bodenwiderstandswerte von den Zwillings- und den Niederdruckbreitreifen oberhalb der Pflugsohle nur geringfügig voneinander abweichen, sind bei der Standardbereifung in diesem Bereich bereits höhere Werte zu registrieren (siehe Abbildung 14). Der Anstieg der Bodenwiderstände setzt sich bei allen Reifenbauarten im Unterboden (bis 80 cm Bodentiefe) fort. Allerdings ist in diesem Meßbereich eine

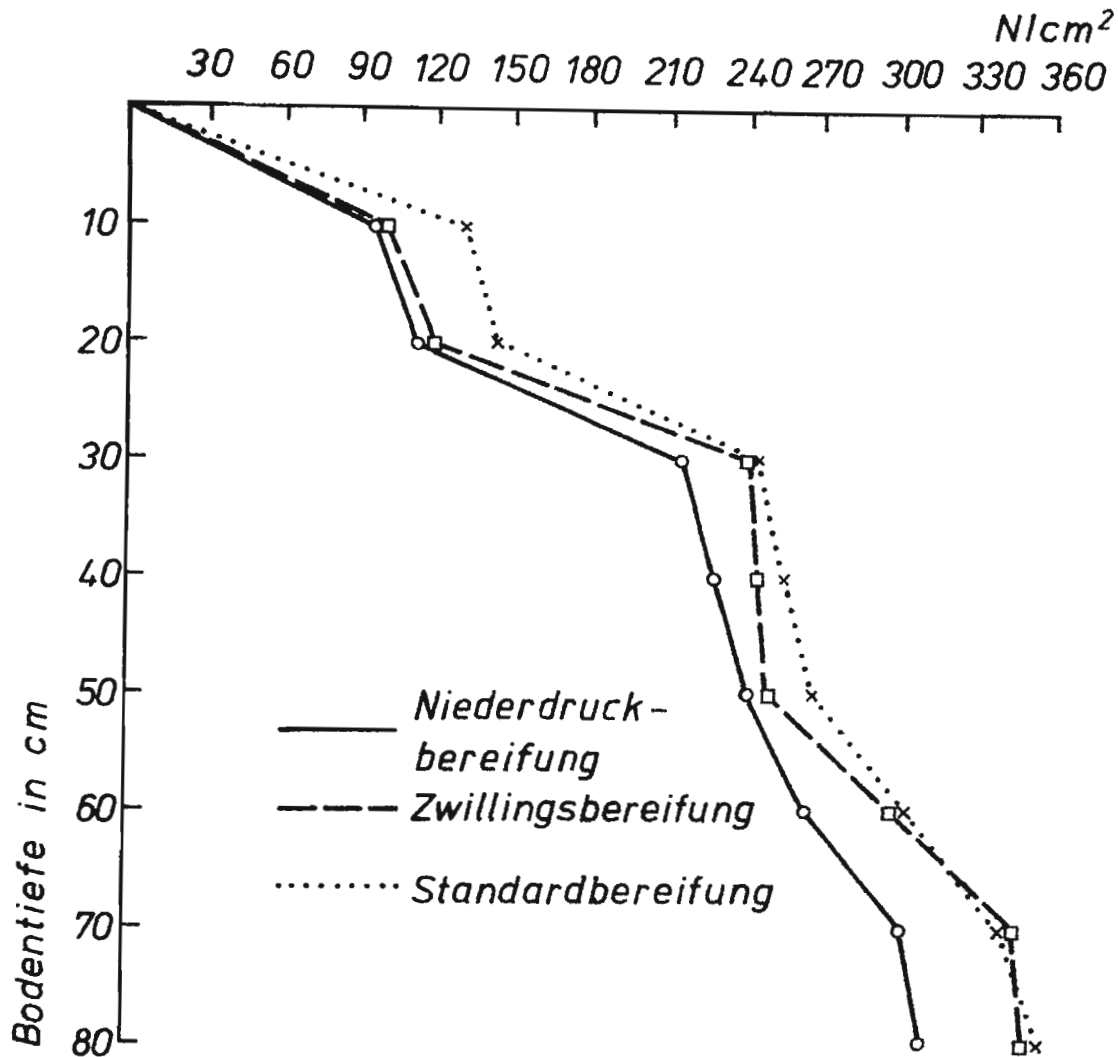


Abbildung 14: Der Eindringwiderstand in Abhängigkeit von der Bodentiefe bei verschiedenen Ackerschlepperbereifungen

weitgehende Annäherung von der Standard- und der Zwillingsbereifung festzustellen. Dagegen bleiben die Meßergebnisse der Niederdruckbreitreifen deutlich hinter diesen Eindringwiderstandswerten zurück. Auch die Ergebnisse der Versuchsserie 2 bestätigen diesen Sachverhalt.

Bedingt durch die unterschiedlich hohen Kontaktflächenbelastungen bei den untersuchten Reifenbauarten mußten sich im Versuch mit der Zunahme des

Bodenwiderstandes zwangsläufig auch Differenzen bezüglich der Porengrößenverteilung ausbilden. Nach einer Behandlung der Bodenproben mit unterschiedlichen Wasserspannungen in sogenannten "Drucksetzungsversuchen" und abschließender absoluter Trocknung ergibt sich folgendes Bild: Die Wasserverluste fallen bei den Bodenproben der Niederdruckbreitreifen für Druckwerte zwischen 0,01 bar und 1,0 bar deutlich höher aus, als bei den Bodenproben der Standard- und Zwillingsbereifung. Bei der absoluten Trocknung der Bodenproben nach 1,0 bar-Druckbehandlung dreht sich dieses Bild um, und die Wasserverluste der Proben von Standard- und Zwillingsbereifung zeigen im Vergleich zu denen der Niederdruckbreitbereifung erheblich höhere Werte. Ein gewisses Erstaunen rufen in diesem Zusammenhang allerdings die Ergebnisse der Befahrung mit Zwillingsbereifung hervor, weil sie sich nur unwesentlich von denen der Befahrung mit Normalbereifung unterscheiden (siehe Abbildung 15). Während die Erklärung der Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Standard- und der Niederdruckbreitbereifung über den unterschiedlichen spezifischen Kontaktflächendruck und der damit im jeweiligen Fall einhergehenden unterschiedlichen Reduzierung wasser- und luftführender Grob- und Mittelporen bei entsprechender Steigerung des Feinporenanteils noch einleuchtend ist, ist zu vermuten, daß sich die Reifenstruktur (Karkassensteifigkeit, Einfederung) in Verbindung mit dem Reifeninnendruck bei der Bildung einer real wirksamen Reifenaufstandsfläche doch viel stärker zugunsten des großvolumigen Niederdruckbreitreifens bemerkbar macht. Gleiche Reifenbreite, erzielt durch die Addition zweier Reifen geringerer Breite, ruft damit eben nicht die gleiche real wirksame Auflagefläche hervor.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die aufgezeigten Erscheinungen zu den Wassergehaltsveränderungen bei der Versuchsserie 1 in der Unterkrume (26 - 30 cm Bodentiefe) ebenso auftreten, wie in der Oberkrume (6 - 10 cm Bodentiefe). Damit wird gleichzeitig die oben ausgesprochene Vermutung gestützt.

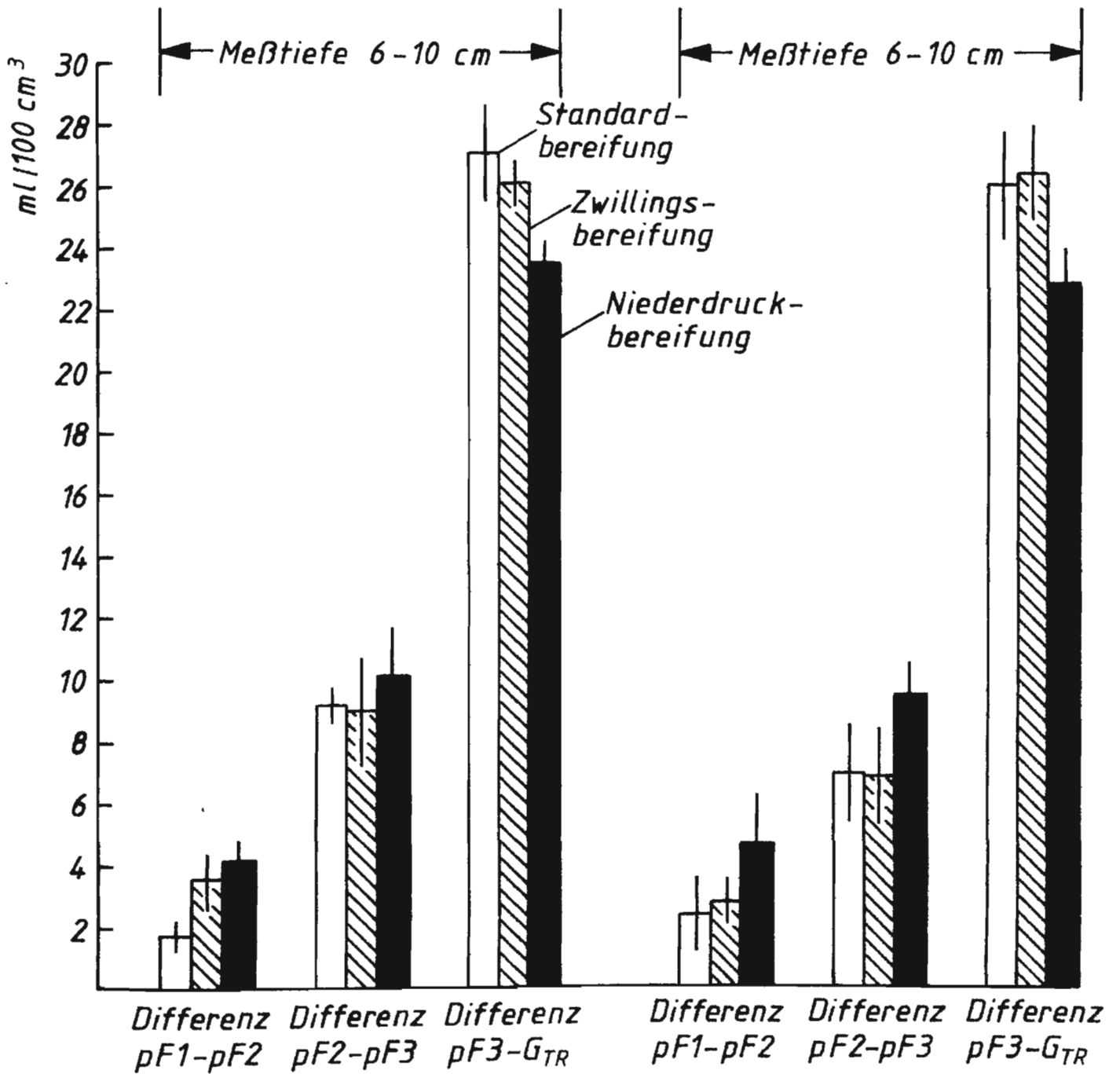


Abbildung 15: Der Wassergehalt des Bodens in Abhängigkeit von der Wasserspannung und der Bodentiefe bei verschiedenen Ackerschlepperbereifungen

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen zur Veränderung des Wassergehaltes stehen die Feststellungen zur Luftkapazität. Sowohl in der Oberkrume, wie auch in der Unterkrume hinterläßt die Befahrung mit Niederdruckbreitreifen den größten Anteil an luftführenden Poren. Die Ergebnisse der Zwillingsbereifung liegen zwischen den Werten der Standard- und der Niederdruckbreitreifen. Konkret konnten im Vergleich zur Standardbereifung bei den Niederdruckbreitreifen in der Ober- und der Unterkrume um bis $1/3$ bis $1/5$ höhere Werte bei den luftführenden Poren ermittelt werden (siehe Abbildung 16).

Bemerkenswert sind in der Versuchsvariante 2 die hohen Differenzen der Luftkapazität und des Gesamtporenvolumens zwischen den einzelnen Varianten. Diese stehen neben den praktisch fehlenden Differenzen der Wassergehaltsänderungen im Bereich der pF-Spannungen von 1,8 nach 3,0 (siehe Abbildung 17 und 18).

Das Wirkungsfeld des Kontaktflächendruckes ist demnach unter den vorliegenden Bodenverhältnissen und im Rahmen der vorgestellten technischen Alternativen fast ausschließlich das System der schnell drainenden Poren. Das bestätigt sich auch in den nur wenig abweichenden Werten für Totwasser und nutzbare Feldkapazität. Betrachtet man die Verhältnisse (Quotienten) von Luftporenvolumen und Gesamtporenvolumen zwischen Oberkrume und Unterkrume, so fällt auf, daß die der Variante 1 unter 1 liegen, während die der Variante 2 und 3 darüber liegen. Besonders deutlich wird dies im Vergleich der Luftkapazitäten.

Die Lagerungsdichten und die Wassergehalte verhalten sich invers. Die strukturschonende Wirkung der Niederdruckbreitreifen zeigt sich also besonders an der Bodenoberfläche, deren druckempfindliches Grobporensystem besser erhalten bleibt. Erhalten bleiben damit auch bedeutende Eigenschaften der Bodenoberfläche:

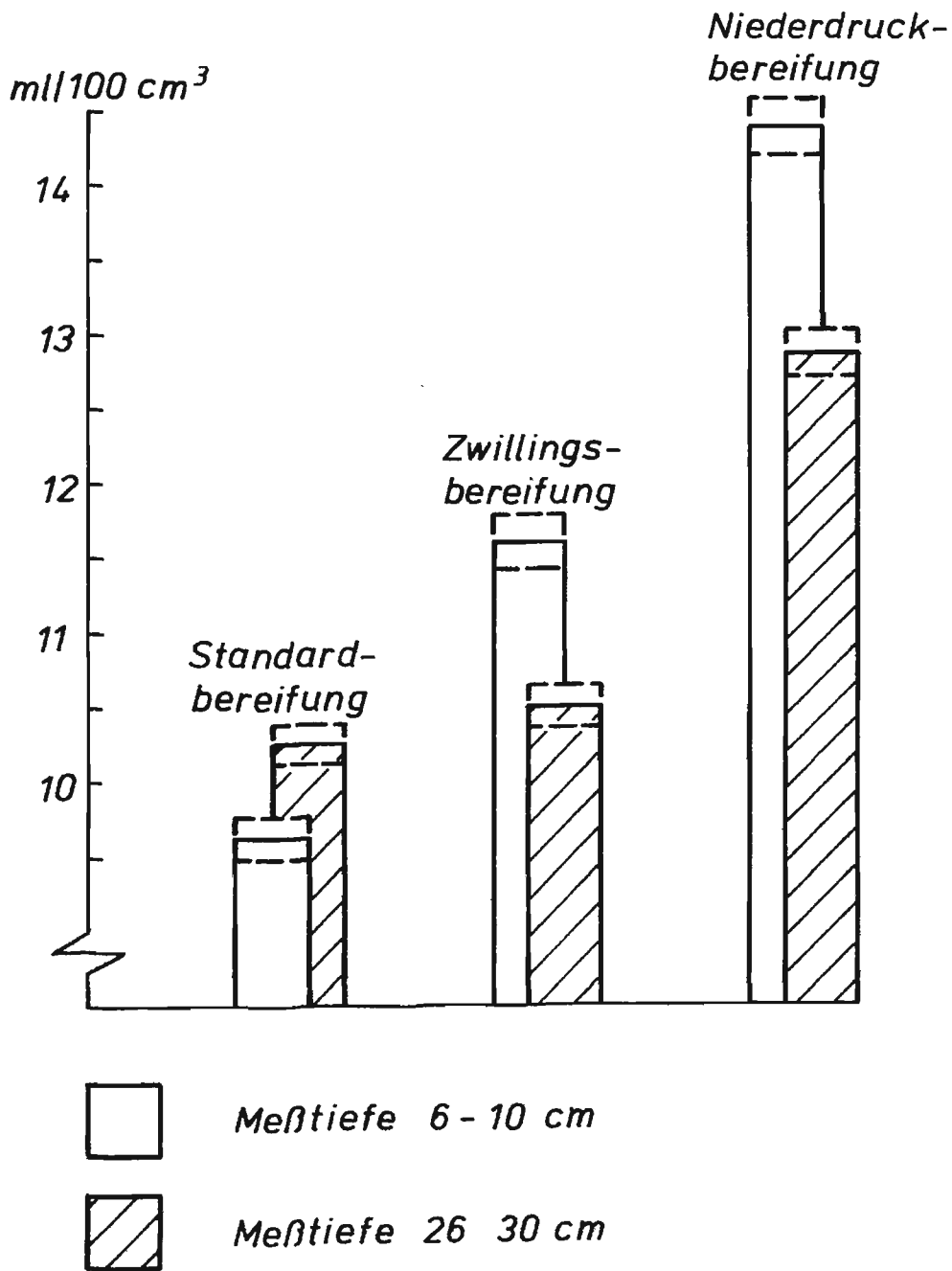


Abbildung 16: Die Luftkapazität des Bodens in Abhängigkeit von der Bodentiefe bei verschiedenen Ackerschlepperbereifungen

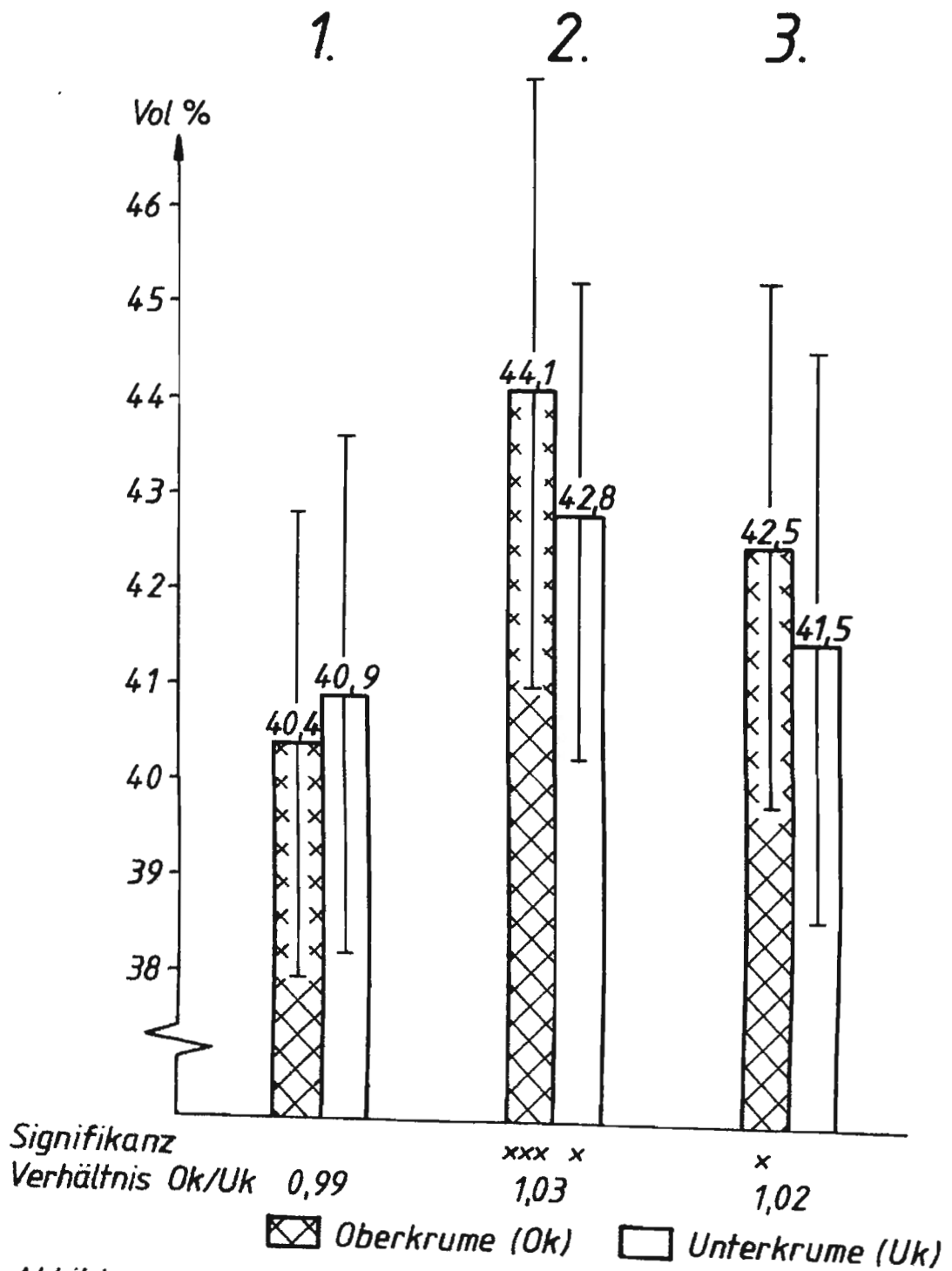


Abbildung 17: Gesamtporenvolumen eines Ackerbodens nach Überfahren mit

1. 4-Rad-Traktor, Normalbereifung
2. 3-Rad-Traktor, Niederdruckbereifung
3. 3-Rad-Traktor, Niederdruckbereifung 2 mal befahren

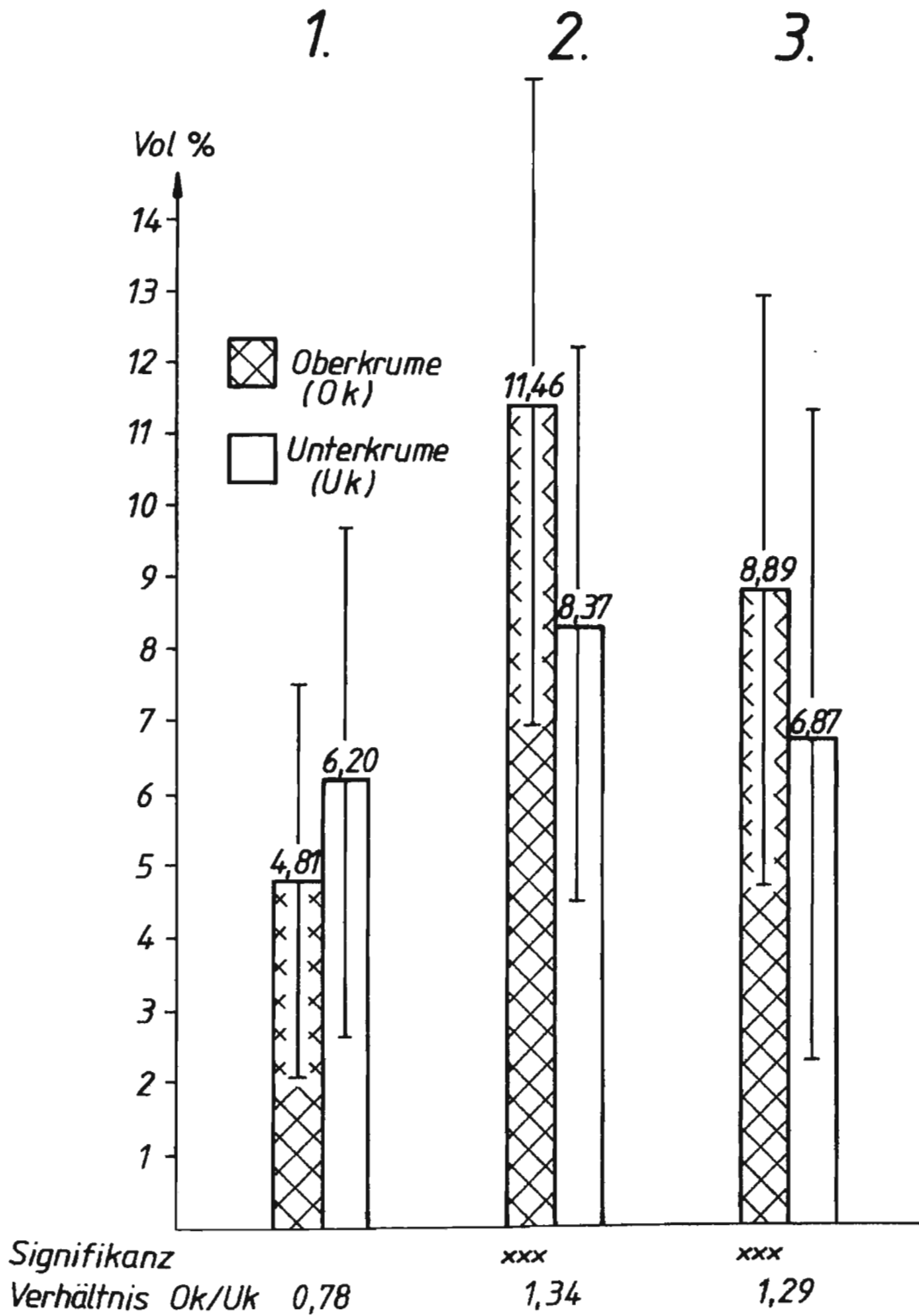


Abbildung 18: Luftkapazität eines Ackerbodens nach Überfahren mit
1. 4-Rad-Traktor, Normalbereifung
2. 3-Rad-Traktor, Niederdruckbereifung
3. 3-Rad-Traktor, Niederdruckbereifung
2 mal befahren

- geringe Hemmung der Konvektions- und Diffusionsströmungen von Gasen (O_2 , CO_2)
- gehemmte Kapillarität und Evaporation
- wenig gehemmte Wasseraufnahme (Regenverdaulichkeit).

Davon abgeleitet sind zu erwarten:

- ungestörtes Bodenleben; bodenchemische und -biochemische Prozesse auf relativ hohem Redoxniveau
- ungestörtes Wurzelwachstum (soweit davon abhängig)
- relativ geringe Neigung zur Bildung von Oberflächenwasser bei Starkregen, geringe Bildung von Fahrspurenvorflut; beides zusammen bedeutet geringe Erosionsgefahr.

Die Untersuchungen zur Scherfestigkeit unterstützen diese Aussagen. In der Versuchsserie 1 beispielsweise schneidet allerdings der Zwillingsreifen im Vergleich zur Standardbereifung bei diesem Parameter etwas günstiger ab (siehe Abbildung 19). Infolge des höheren Kontaktflächendruckes unter der Standard- und der Zwillingsbereifung wird eine höhere Bodenverdichtung hervorgerufen, die eine intensivere Oberflächenbindung zwischen den dadurch angenäherten Festkörperteilchen des Bodens (Sand-, Schluff-, Ton- und Humusteilchen) nach sich zieht. Daraus resultieren hohe mechanische Widerstände, die von den Wurzeln zu überwinden sind.

Diese Ergebnisse machen deutlich, daß die Verwendung von Niederdruckbreitreifen eine von vielen Möglichkeiten darstellen, um das Bodengefüge beim Befahren weitgehend zu schonen. Zusammenfassend seien daher folgende Empfehlungen als Orientierungshilfen zur Vermeidung von Bodenverdichtungen genannt: (siehe Abbildung 20)

- Bemühungen zur Förderung der Bodenstruktur und des Bodenlebens (Auswahl entsprechender Arbeitsverfahren und -werkzeuge)

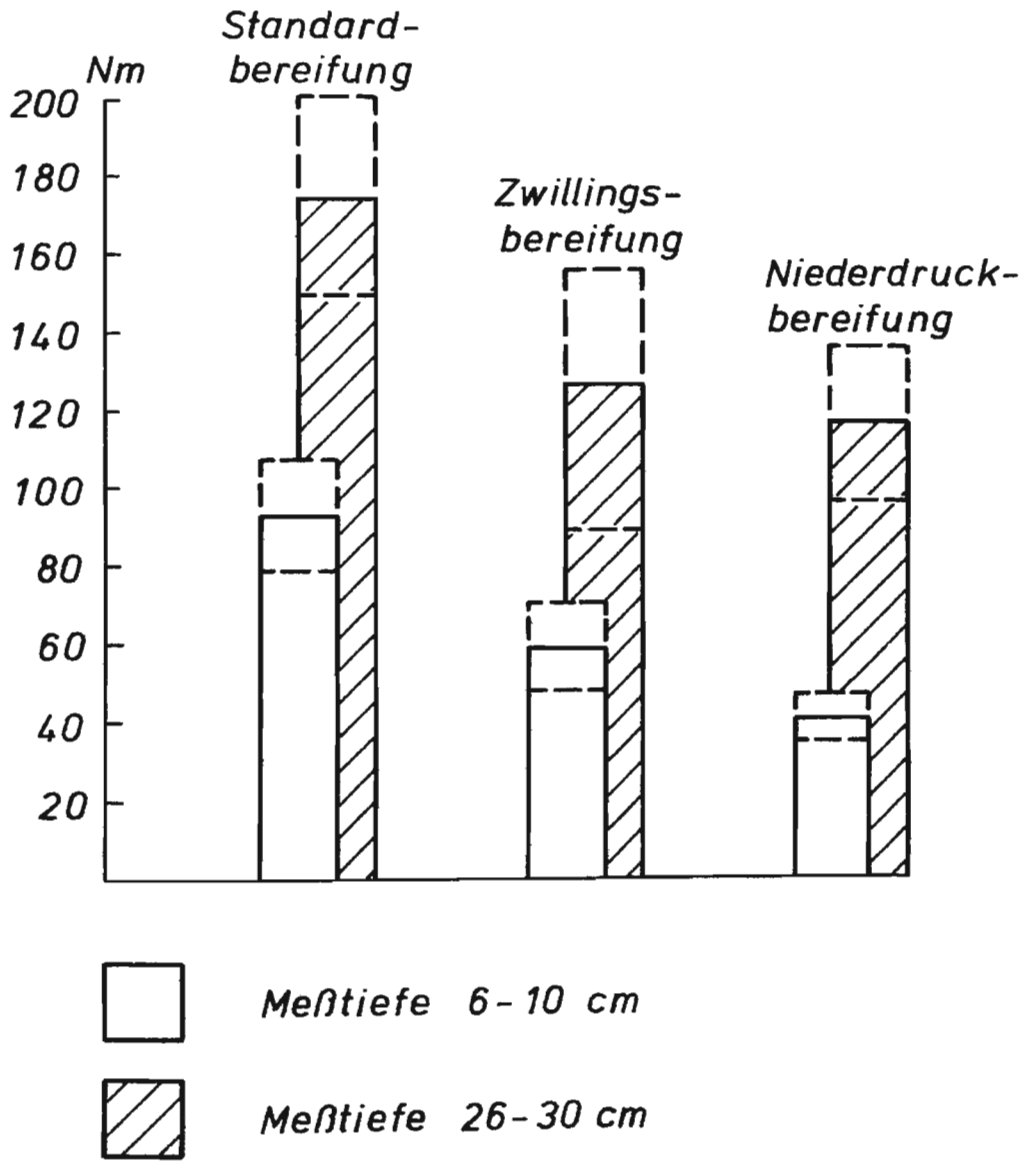


Abbildung 19: Die Scherfestigkeit des Bodens in Abhängigkeit von der Bodentiefe bei verschiedenen Ackerschlepperbereifungen

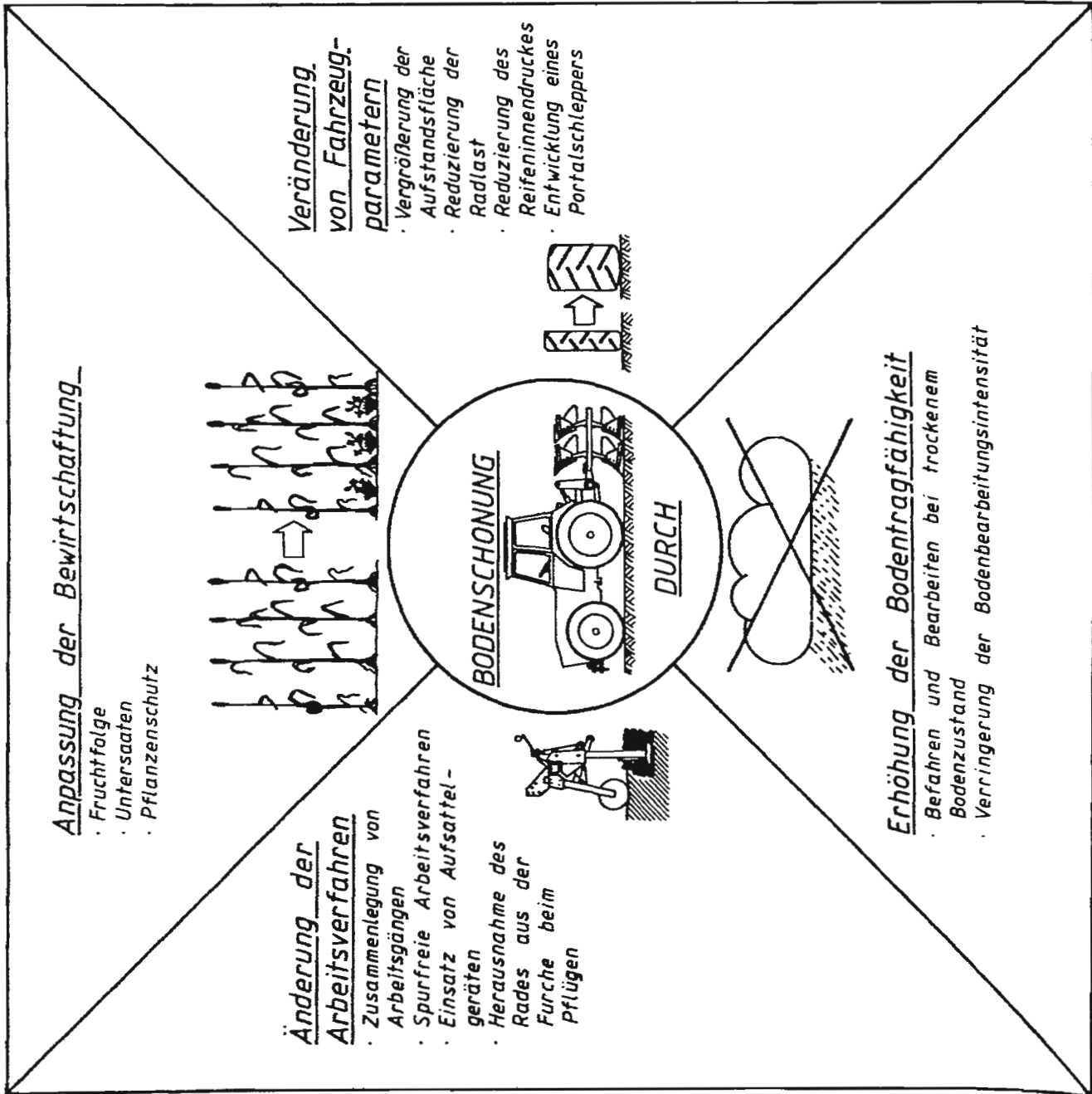


Abbildung 20: Vorschläge zum bodenschonenden Maschineneinsatz

- witterungsbezogene Abstimmung des Zeitpunktes der Bodenbearbeitung (Wahrnehmung optimaler Einsatzzeitpunkte)
- Anwendung geeigneter Verfahren zur strukturschonenden Bodenbearbeitung (wenig Überfahrten, Einsatz von Gerätekombinationen, zapfwellengetriebene Werkzeuge)
- Verwendung von Zug- und Tragsmaschinen mit hohem zulässigen Gesamtgewicht, aber geringem Leistungsgewicht als Voraussetzung für notwendige Gewichtsanpassungen und -verlagerungen (Fronthydraulik, Systemkonstruktionen)
- Anwendung von Informationseinheiten, die die Prozeßabläufe im und um den Ackerschlepper optimieren (Schlupfanzeige)
- Anwendung großvolumiger Niederdruckbreitreifen möglichst in Verbindung mit Allradantrieb.

Die Notwendigkeit der verfahrenstechnischen Anpassungen wird offensichtlich, wenn man bedenkt, daß früher ein Feld von der Bodenbearbeitung über die Saat bis zur Ernte lediglich zwei- oder dreimal überfahren wurde, während heute die flächenbedeckende Belastung durch das Befahren bei den meisten Kulturen 100 % überschritten hat. Schädlich wirken sich dabei vor allem mehrere Überfahrten am selben Ort bzw. in der selben Spur aus. Ertragsausfälle in Folge von Spurschäden sind bekannt, und im Getreideanbau verzichten wir a priori auf den Ertrag in den Fahrgassen. Aber auch bei anderen Arbeiten (z.B. Bodenbearbeitung und Saat) rollen oft mehrere Räder in der selben Spur. Der Boden wird mehrmals zusammengedrückt, bis schließlich die Grenzwerte des Porenvolumens unterschritten sind.

Das mehrmalige Überfahren in der selben Spur kommt einem Kneten des Bodens gleich. Um dieser Gefahr vorzubeugen, empfiehlt sich in jedem Fall der Einsatz von Gerätekombinationen. Dabei sollte aber das Gesamtgewicht der Fahrzeuge und die Verteilung des Gewichtes auf die Achsen und Räder beachtet werden.

Durch die Radlast wird namentlich die Verdichtung im Unterboden bestimmt. Je höher das Gewicht pro Achse oder Rad ist, umso tiefer wird der Boden verdichtet. Ein gegebenes Gewicht kann nun entweder durch breite Reifen mehr über die Fläche oder durch schmale Reifen mehr in die Tiefe abgestützt werden. Der schmale Reifen hat dabei den Nachteil, daß sich der Verdichtungshorizont damit in einen Bereich verlagert, der mit normalen Bodenbearbeitungswerkzeugen nicht mehr erreicht wird.

Auch sollte darauf geachtet werden, daß nicht unnötig Gewicht mitgeführt wird. Bei der Wahl des Ackerschleppers sollte kein Gewicht auf Reserve gekauft werden, da damit der Boden das ganze Jahr belastet wird.

Wie bereits festgestellt, kann man durch die Wahl der Reifengröße direkt den Reifeninnendruck und durch den Reifeninnendruck den Kontaktflächendruck beeinflussen. Je größer der Reifen, umso geringer kann für ein entsprechendes Tragvermögen der Reifeninnendruck sein. Je geringer aber der Reifeninnendruck ist, umso größer wird die Reifenaufstandsfläche bzw. umso kleiner wird der Kontaktflächendruck. Als obere Grenzwerte für den Reifeninnendruck werden verschiedentlich 1,0 bis 1,5 bar genannt. Um Schädigungen des Bodens und Ertragsausfälle zu vermeiden, sollte aber besser ein Reifeninnendruck von 0,3 bis 0,6 bar angestrebt werden. Daher empfiehlt es sich, wenn immer möglich, wenigstens eine Doppelbereifung mit einem für das Tragvermögen reduzierten Reifeninnendruck einzusetzen. Der Einsatz von Niederdruckbreitreifen würde - im Vergleich zur Zwillingsbereifung - die Druckbelastung noch weiter herabsetzen.

Elektronische Regelungen für den Ackerschlepper-Kraftheber

von Dr. -Ing. Horst Hesse, Firma Robert Bosch GmbH, Stuttgart

1. Einleitung

Als man im Zuge der Mechanisierung der Landarbeit die tierische Zugkraft bei der Bodenbearbeitung durch Maschinen ersetzen wollte, standen zwei grundsätzliche unterschiedliche Lösungen zur Auswahl.

- Das Dampfpflugsystem, d.h. stationäre Kraftquellen, die Geräte mit Drahtseilen hin- und herziehen.
- Mobile Kraftquellen, die Geräte hinter sich herziehen.

Die Entscheidung ist zugunsten der zweiten Lösung gefallen und zwar sicherlich aus Gründen der größeren Flexibilität und der vielseitigeren Einsatzmöglichkeiten.

Mit dieser Entscheidung hat man einige grundsätzliche Nachteile in Kauf genommen. Mobile Zugmaschinen können ihre Zugkraft auf die gezogenen Geräte nur über den Kraftschluß zwischen Triebrädern und Boden übertragen.

Die wichtigsten Nachteile, die sich dabei bezüglich Kraftübertragung und Energieausnützung bei bestimmter Masse der Zugmaschine und festliegenden Reifen- und Bodenbedingungen ergeben, sind (Bild 1):

- eine begrenzte maximale Zugkraft und
- Schlupf zwischen Triebrädern und Boden.

Es hat sehr viel Forschungs- und Entwicklungsaufwand bezüglich Auslegung der Schlepper, Getriebe, 4-Radantrieb, Achslastverteilung, Ballastierung

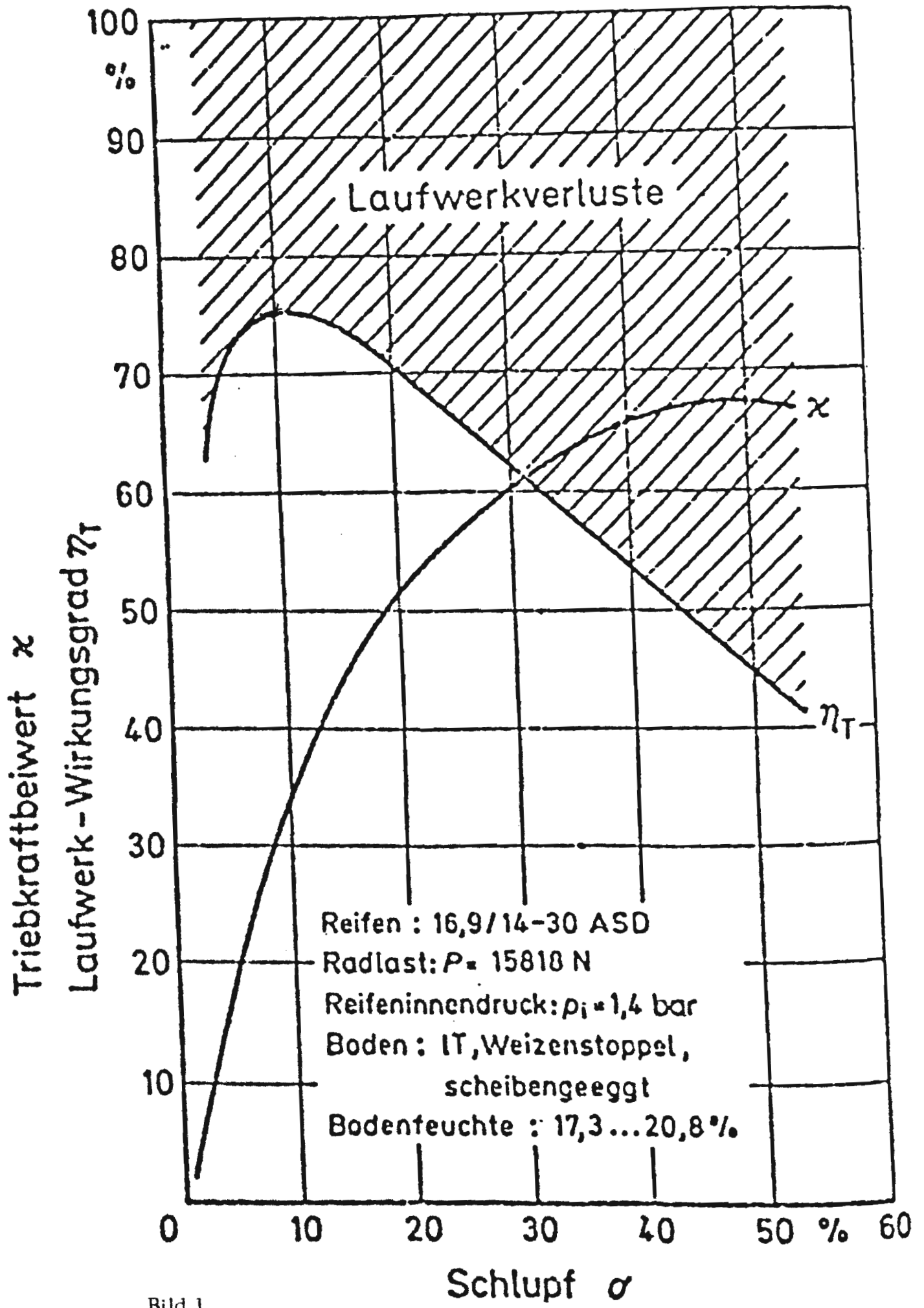


Bild 1

und Reifen erfordert, um den hohen Stand der heutigen Technik zu erreichen- Da die konstruktiven Möglichkeiten bei gegebenem Schlepperge-
wicht begrenzt sind (siehe Bild 1), hat man versucht, mit regelungstech-
nischen Mitteln, nämlich durch geregelte Kraftheber zusätzliche Ver-
besserungen zu erreichen.

2. Herkömmliche hydro-mechanische Kraftheberregelungen

Harry Ferguson hatte 1927 als erster die Idee mit Hilfe einer Zugkraft-
regelung die Zugkraft/Schlupfbedingungen an Ackerschleppern zu ver-
bessern. Seine Idee wurde 1936 zum ersten Mal an einem Ford-Schlepper
realisiert.

Die Idee Fergusons geht von folgenden Ansätzen aus:

- 1) Wenn der Schlepper ein Gerät nicht nur zieht, sondern auch trägt, wird
die Achslast erhöht. Damit wird auch die maximale Zugkraft vergrößert
oder bei gleichbleibender Zugkraft wird der Schlupf vermindert (Bild 2).
- 2) Ein vom Schlepper getragenes Bodenbearbeitungsgerät muß mit dem
Schlepper gelenkig verbunden sein, damit Nickbewegungen ausgeglichen
werden können.
- 3) Das Gerät muß wegen der geforderten konstanten Arbeitstiefe bezüglich
seiner Lage relativ zum Boden geführt, d. h. automatisch geregelt werden.

Ferguson hat für die Regelung der Lage des angebauten Gerätes die Zug-
kraft im Anbaugestänge benutzt. Sein System hat sich weltweit durchge-
setzt. Ein anderer Ansatz für die Regelung statt der Zugkraft, die Ar-
beitstiefe zu benutzen, hat sich dagegen nicht durchgesetzt (Hanomag
"Pilot").

Bild 3 zeigt den 3-Punkt-Anbau eines Pfluges am Ackerschlepper. Den Auf-
bau des Original-Ferguson-Systems zeigt Bild 4.

Boden 3: lehmiger Ton, geschält, feucht
Reifen 11,25-24, 0,8 atü

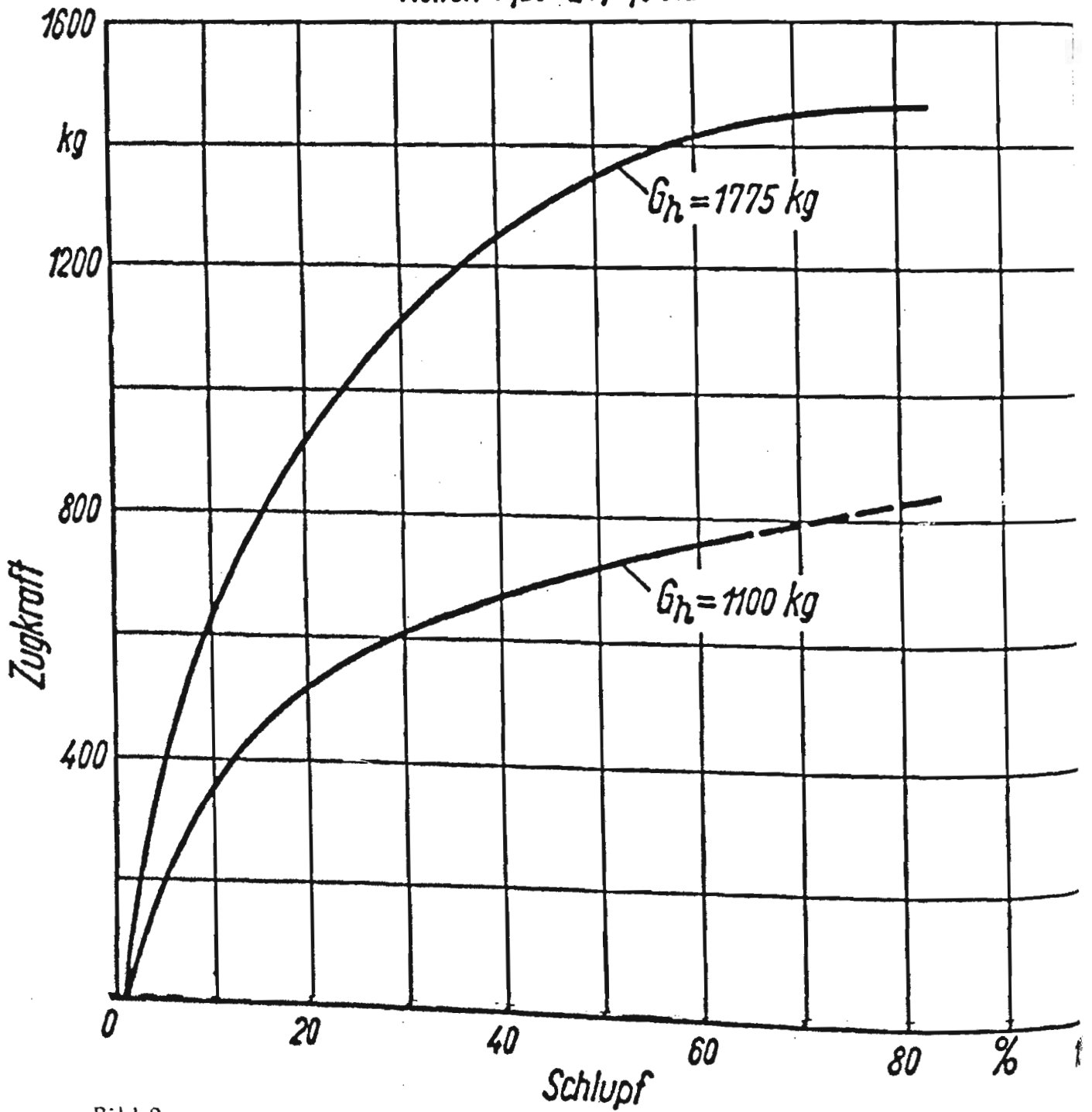


Bild 2

Ackerschlepper mit Hubwerksregelung

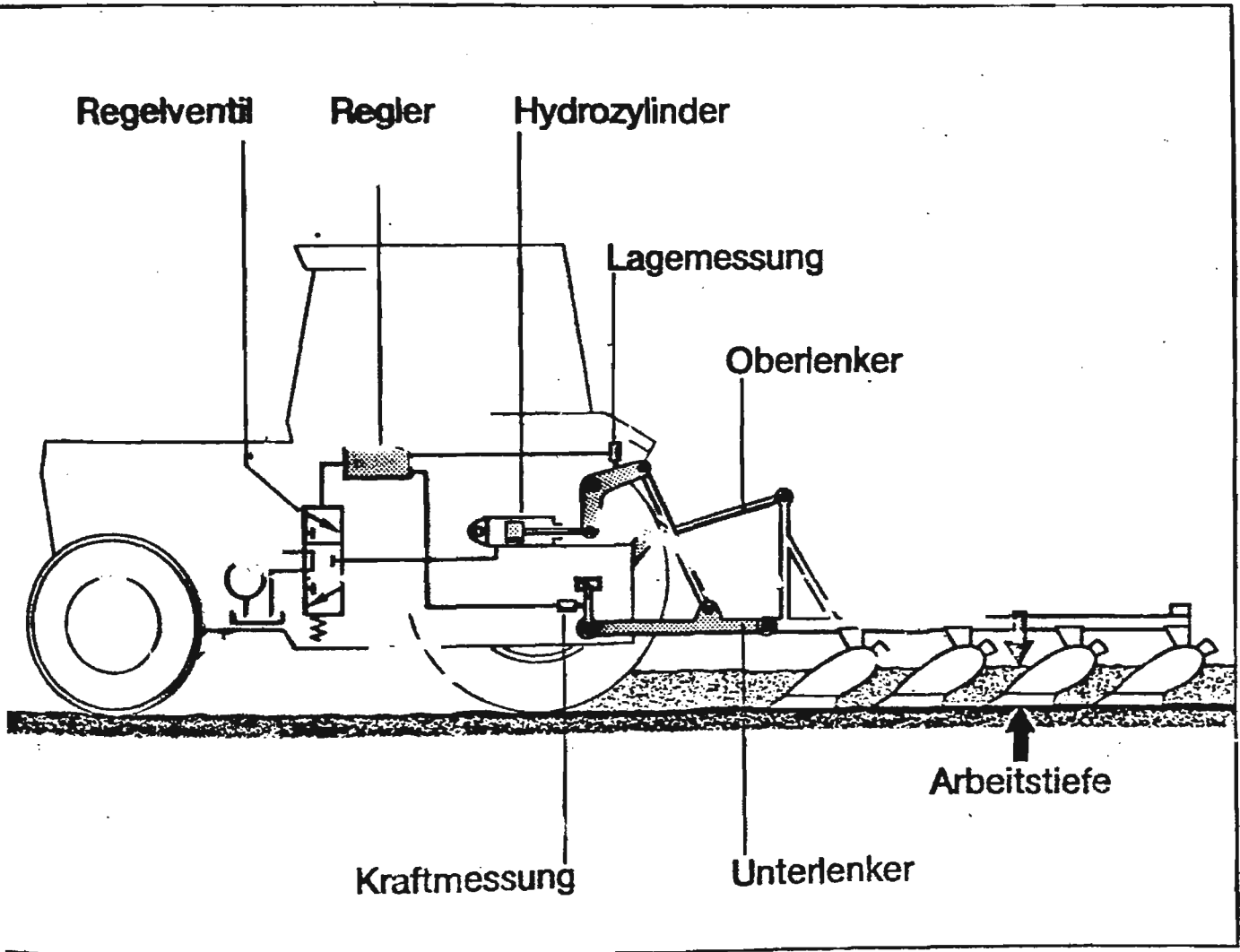


Bild 3

Ein Nachteil der Zugkraftregelung ist die schwankende Arbeitstiefe bei wechselnden Böden. Diesen Nachteil hat man durch Umschalten eines Lasteinflusses auf die Regelung, d.h. durch Mischregelung gemildert.

Die bei mechanischen Systemen auftretenden Probleme sind:

- Hysterese bei der Kraftmessung (Bild 5)
- Reibung, Lose, Verschleiß im Übertragungsgestänge
- Schwierigkeiten bei der Geräuschisolierung der Fahrerkabine
- Unterbringung und gute ergonomische Gestaltung der Sollwerthebel in der Kabine
- begrenzte Ausbaufähigkeit
- schwierige Fehlerdiagnose

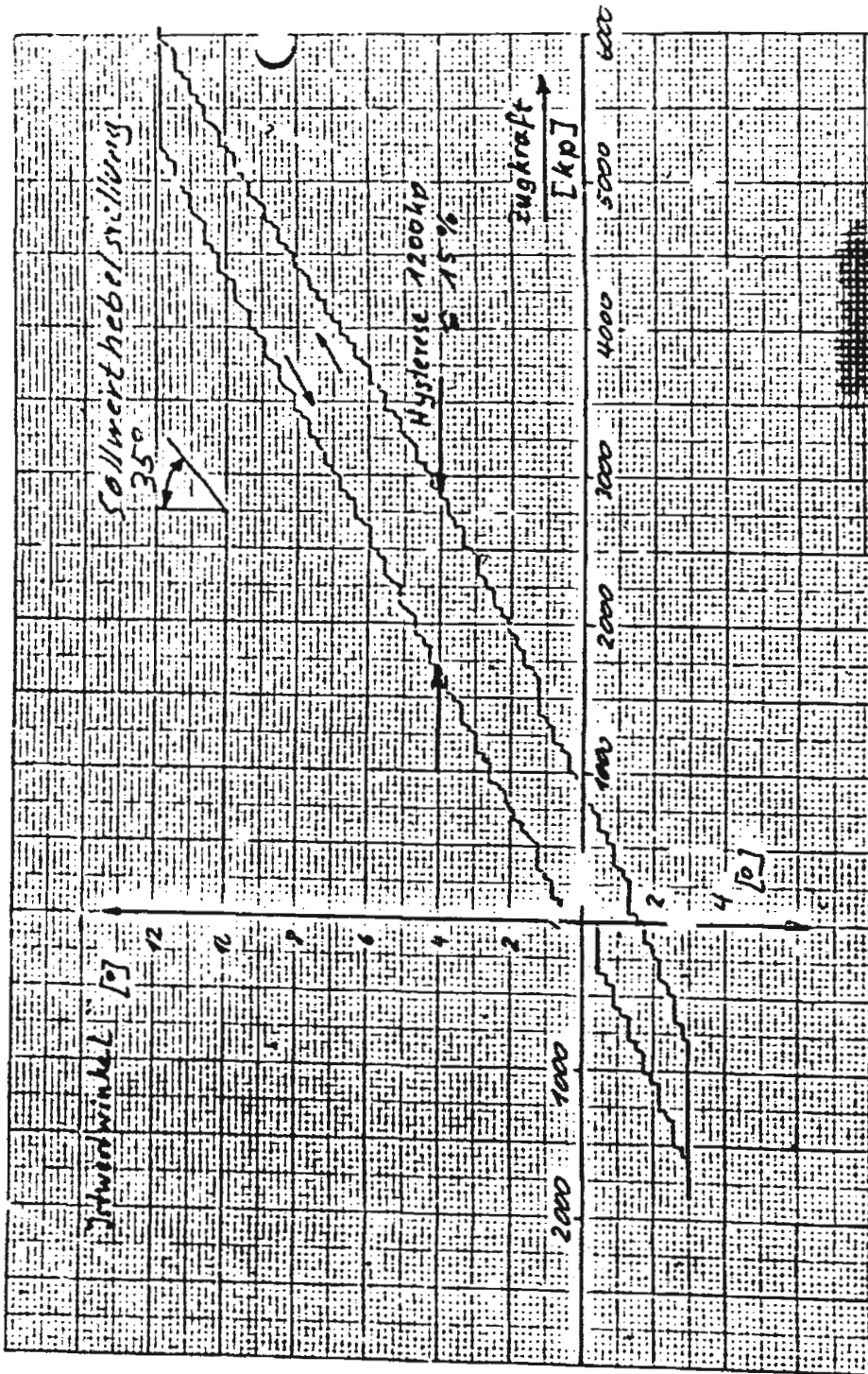
In allen Punkten sind elektronische Lösungen den herkömmlich mechanischen Lösungen überlegen.

3. Elektronisch-hydraulische Systeme

3.1 Stand der Technik

Bild 6 zeigt einen Schlepper mit einem elektronisch-hydraulischen System, dessen prinzipielle Funktion dem eines Mischregelungssystems entspricht.

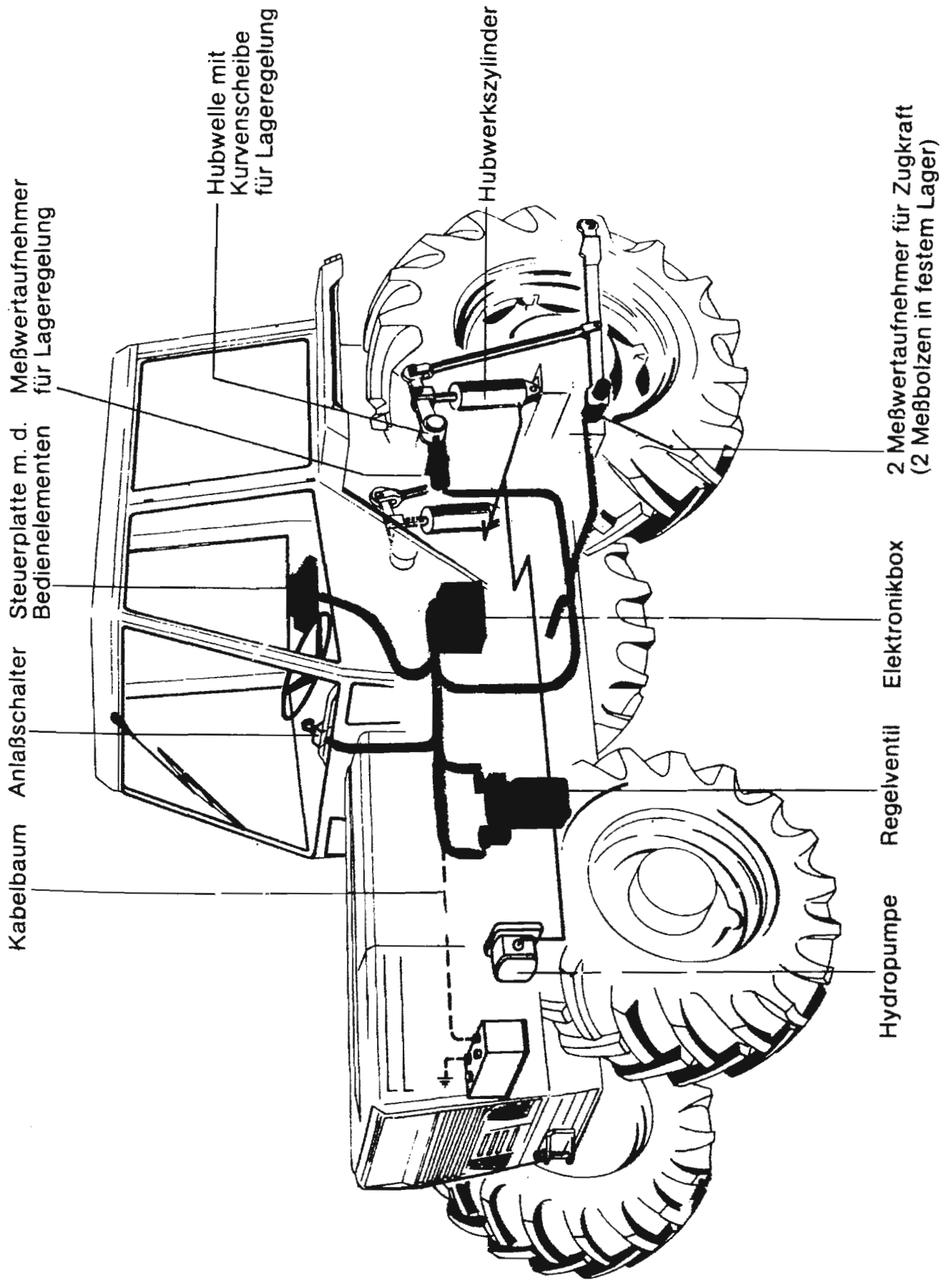
Die Kräfte der unteren Lenker werden dabei mit elektronischen "Kraftmeßbolzen" gemessen (Bild 7), die eine nahezu hysteresefreie Kraftmessung ermöglichen, d.h. die geringste Abweichung der Zugkraft wird bereits registriert. Zur Bewertung von Regelsystemen ist das wichtigste Kriterium die Regelempfindlichkeit. Je höher die Regelempfindlichkeit, umso besser kann die Schleppermotorleistung ausgenutzt werden.

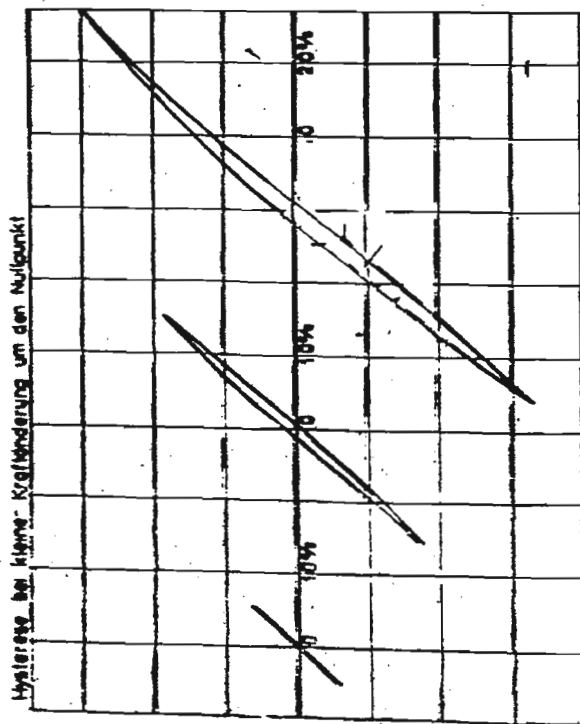
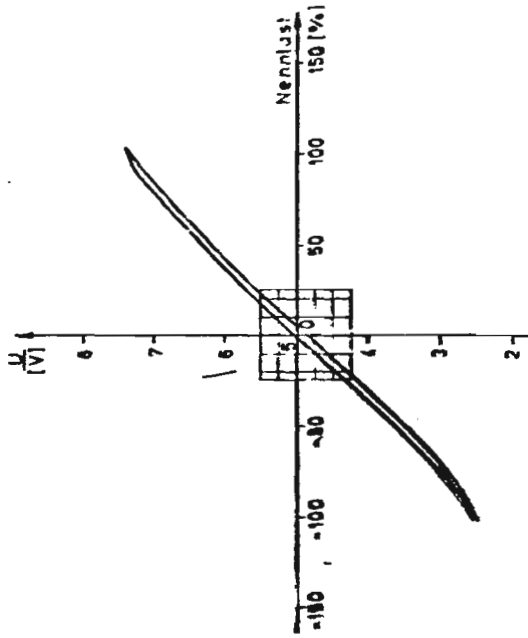
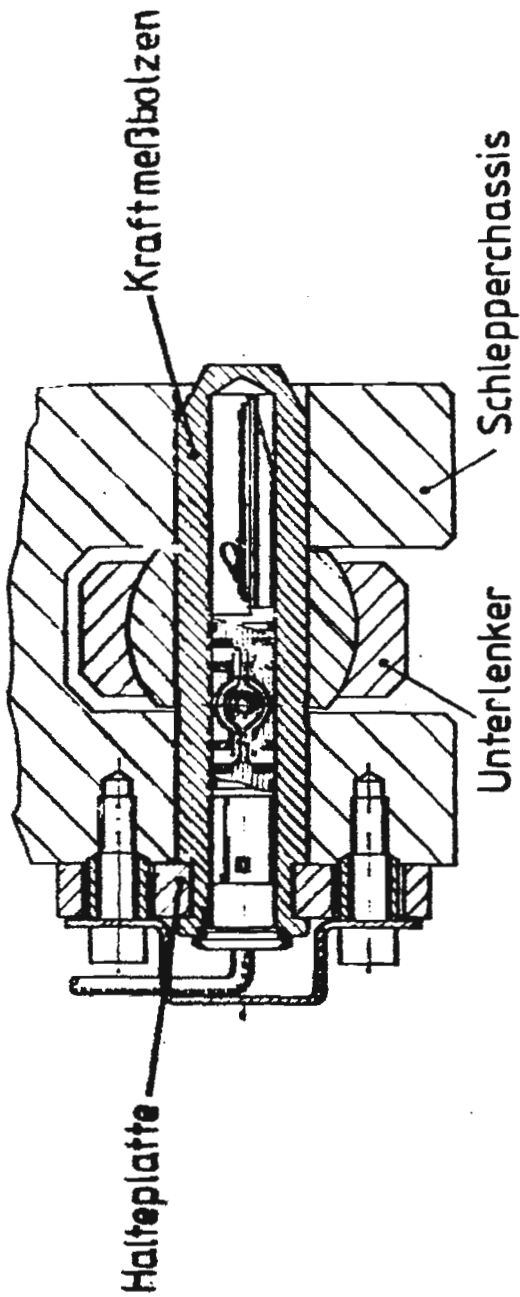


Mechanische Kraftmessenrichtung (Blattfeder) Bild 7

Elektrohydraulische Hubwerkregelung (EHR)

Bild 6





K6/EAS 3

Elektronischer Kraftmeßbolzen

BOSCH

Bild 8 zeigt die Überlegenheit der elektronischen Kraftmessung gegenüber herkömmlichen Lösungen.

Die Lage des Hubwerks wird mit einem robusten, induktiven Wegsensor gemessen.

Die Eingabe der Sollwerte und die Einstellung des Systems erfolgt an Drehknöpfen oder Hebeln, so wie von anderen elektronischen Anlagen bekannt. Damit ergibt sich ein größerer Freiheitsgrad in der Gestaltung des Bedienteils. Einige Beispiele zeigen die Bilder 9 - 11.

Das Gehirn des Systems ist ein elektronisches Steuergerät, in dem alle Informationen verarbeitet werden (Bild 12). Das elektronische Steuergerät steuert ein elektromagnetisches Ventil, das seinerseits den Hydraulikzylinder des Krafthebers betätigt. Bild 13 zeigt alle Komponenten des Systems.

Die Einführung der Elektronik bei im Prinzip gleicher Funktion führt bereits zu einer wesentlichen Verbesserung der Regelfunktion und kann die Bedienbarkeit erheblich erleichtern.

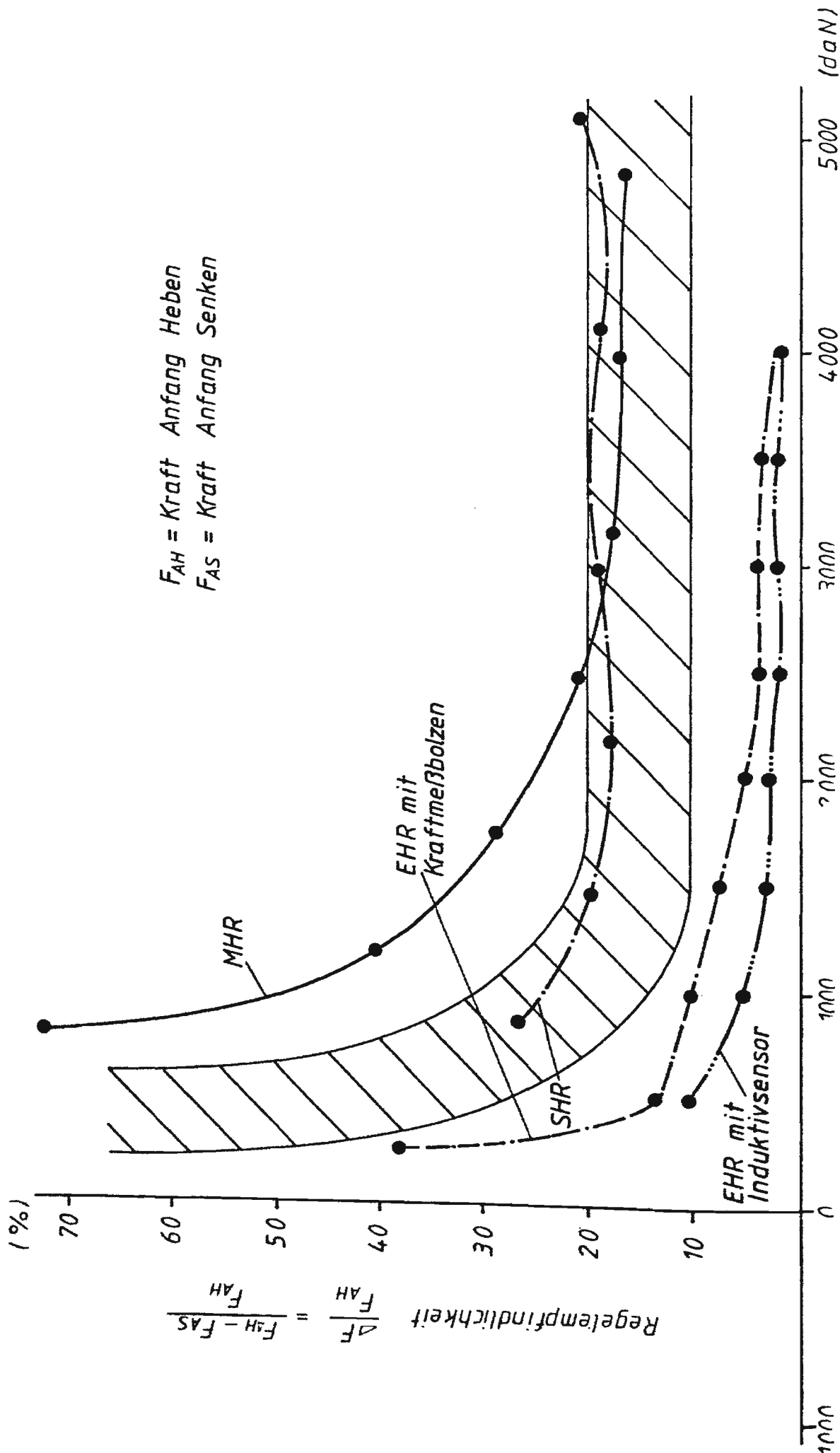
Auch die Fehleranalyse wird mit einem elektronischen Diagnosegerät vereinfacht und beschleunigt.

3.2 Ausbaumöglichkeiten elektronischer Systeme

Die Elektronik bietet fast unbegrenzte Ausbaumöglichkeiten. Die Gründe dafür sind:

- elektronisch kann man fast alle physikalischen Größen messen
- ein elektronisches Steuergerät kann beliebig viele Größen verarbeiten

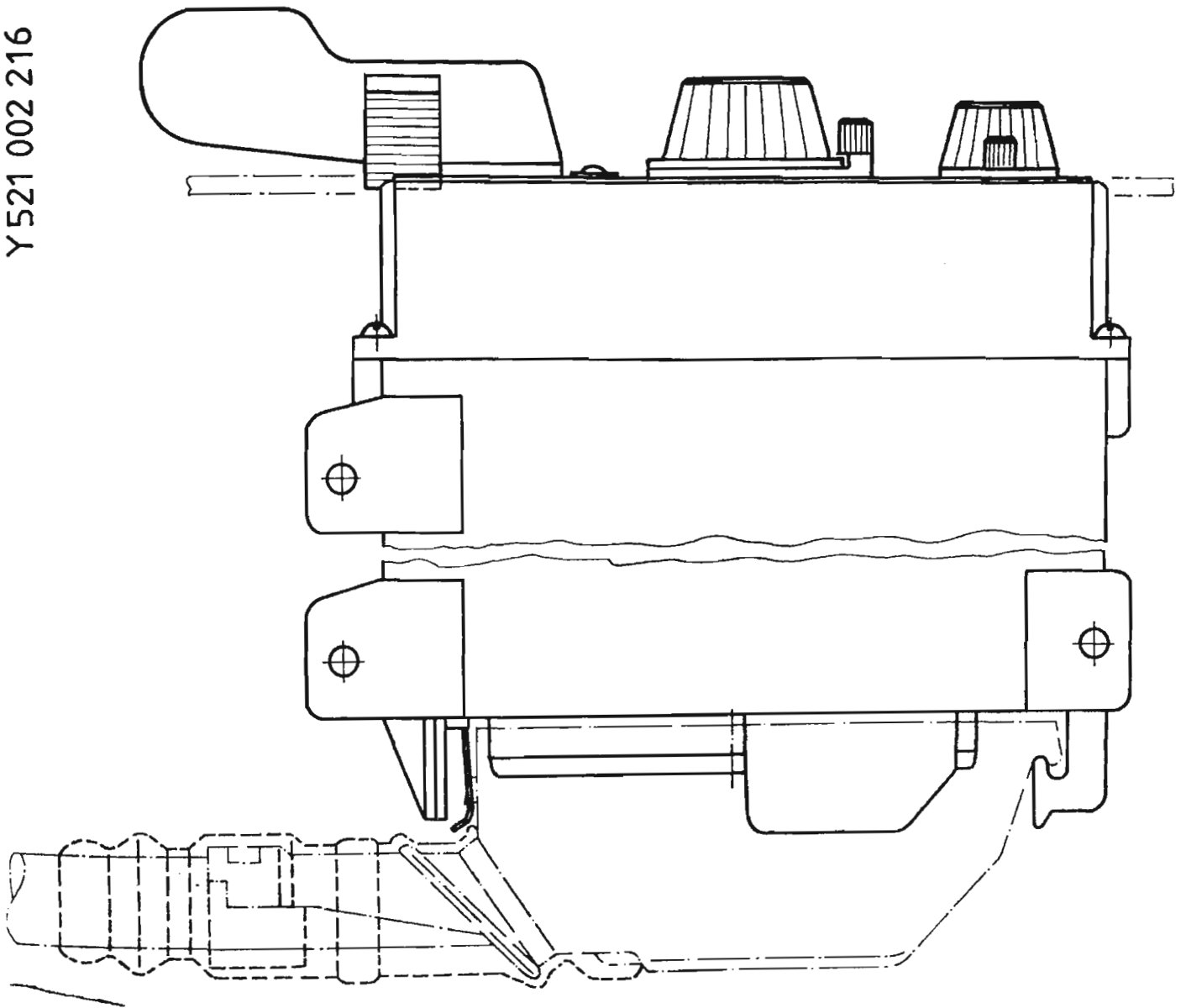
Regelempfindlichkeit von Kraftheberregelungen



EHR - Elektronik mit Bedienteil

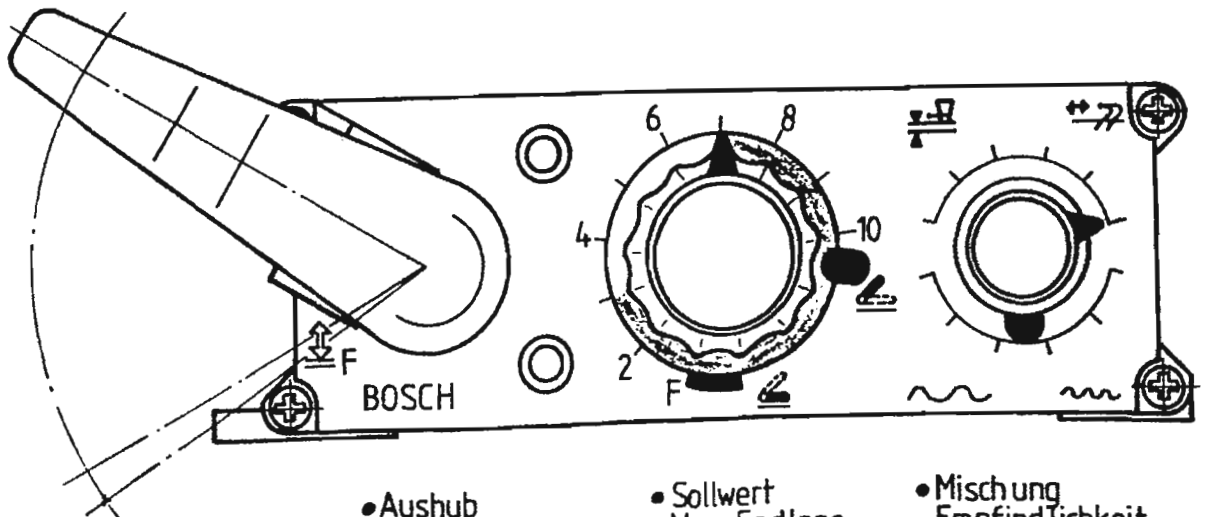
Unterlenkerkraft

Y 521 002 216



Zug

Druck



- Aushub
- Verriegelung

- Sollwert
- Max. Endlage (gerastet)

- Mischung
- Empfindlichkeit

K6/EMH
20.8.84

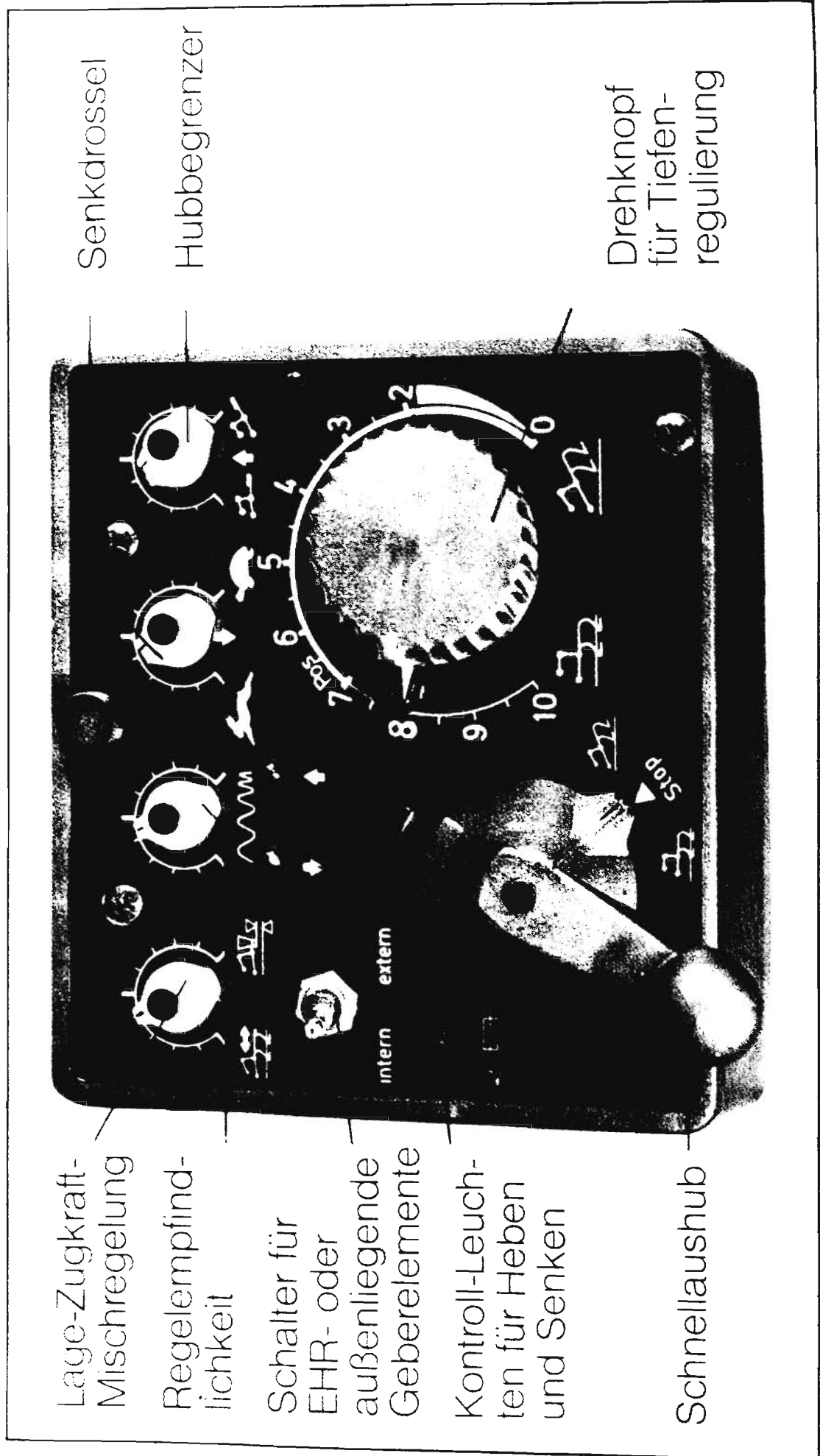
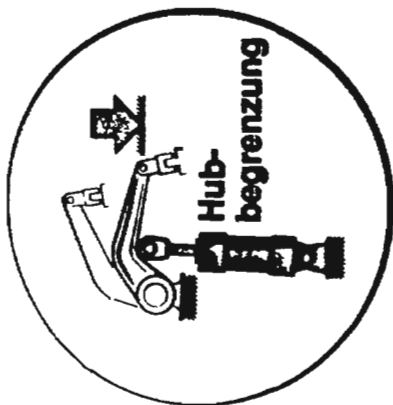
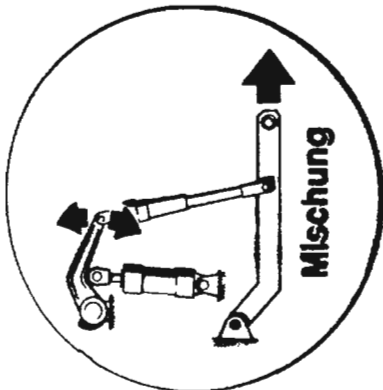
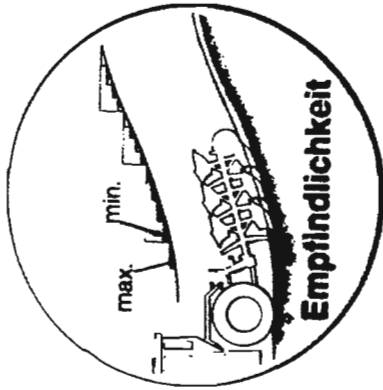
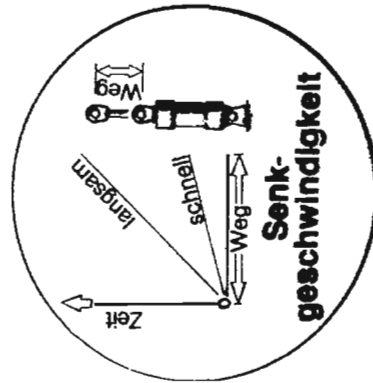
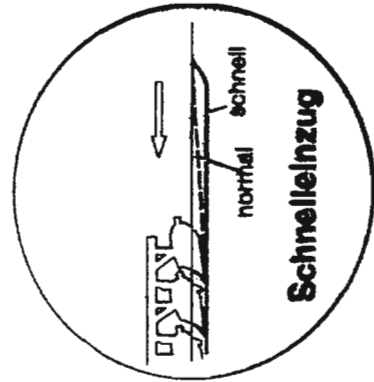
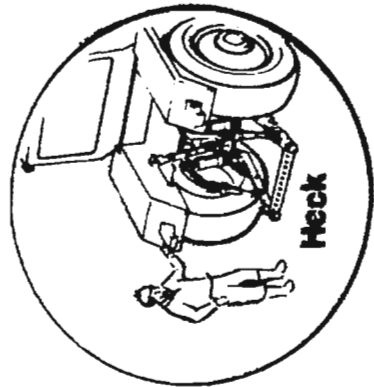
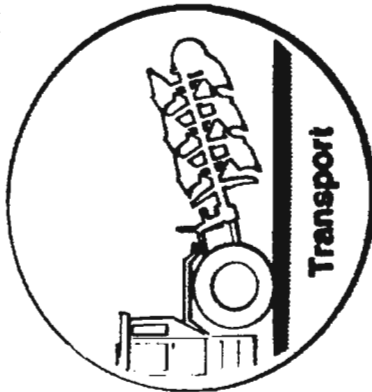
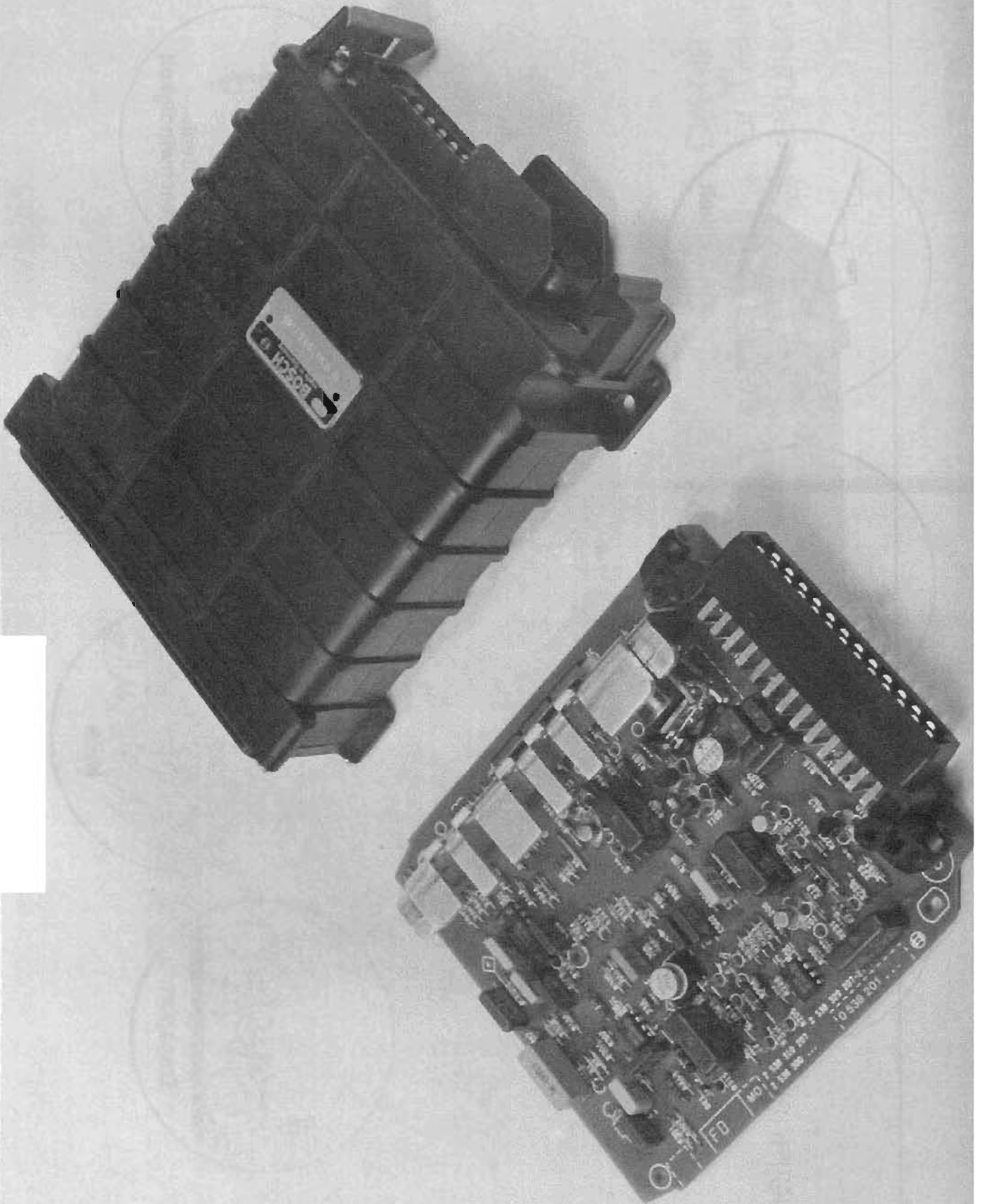


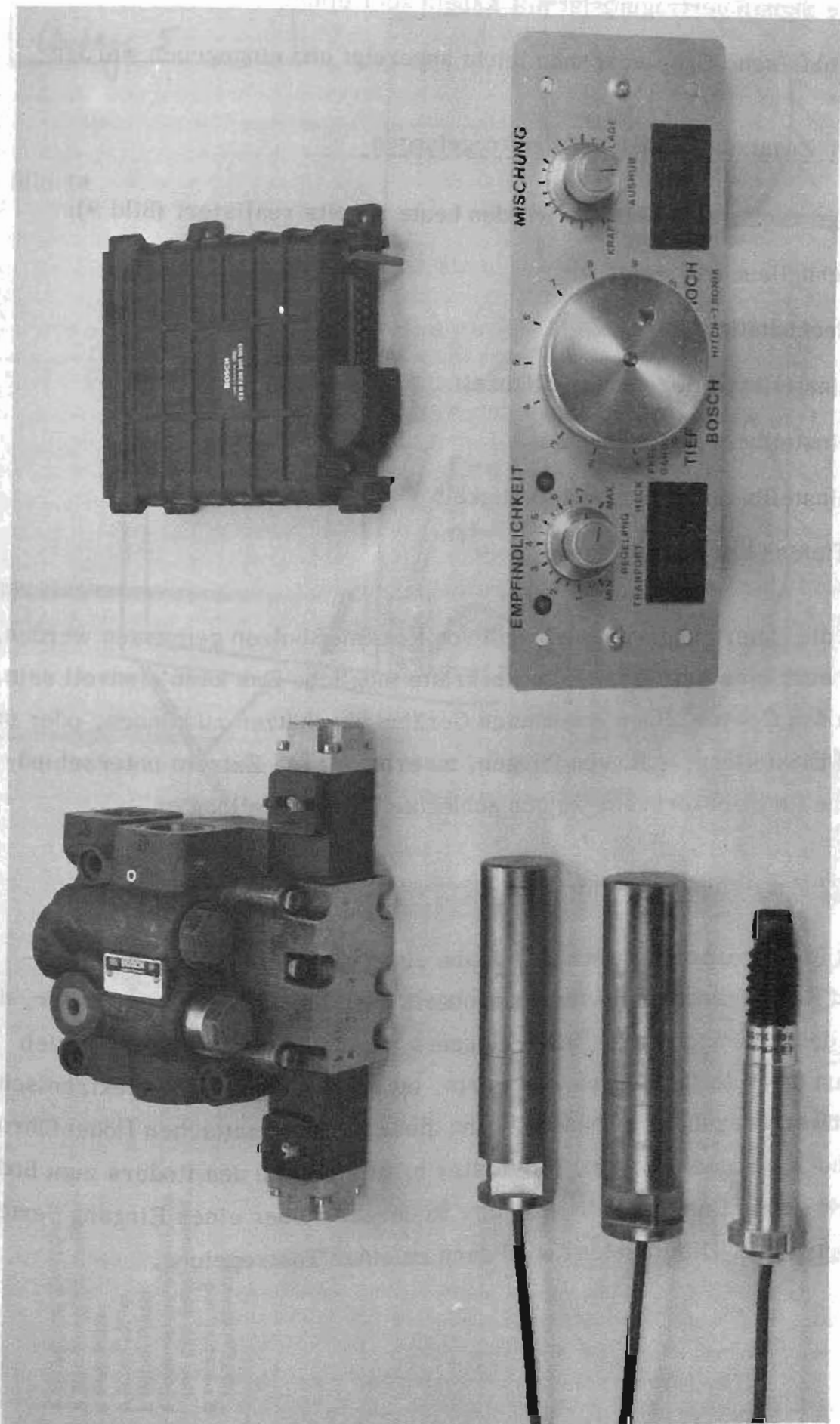
Bild 11



Sollwert







- die Signalübertragung ist mit Kabeln sehr einfach
- elektrische Größen können leicht angezeigt und eingegeben werden

3.21 Zusatzfunktionen bei Kraftregelungen

Folgende Zusatzfunktionen werden heute bereits realisiert (Bild 9):

- Schnellaushub, -einzug
- Heckbetätigung
- einstellbare Regelempfindlichkeit
- einstellbare obere Endlage
- einstellbare Senkengeschwindigkeit
- Tiefen- bzw. Lageanzeige

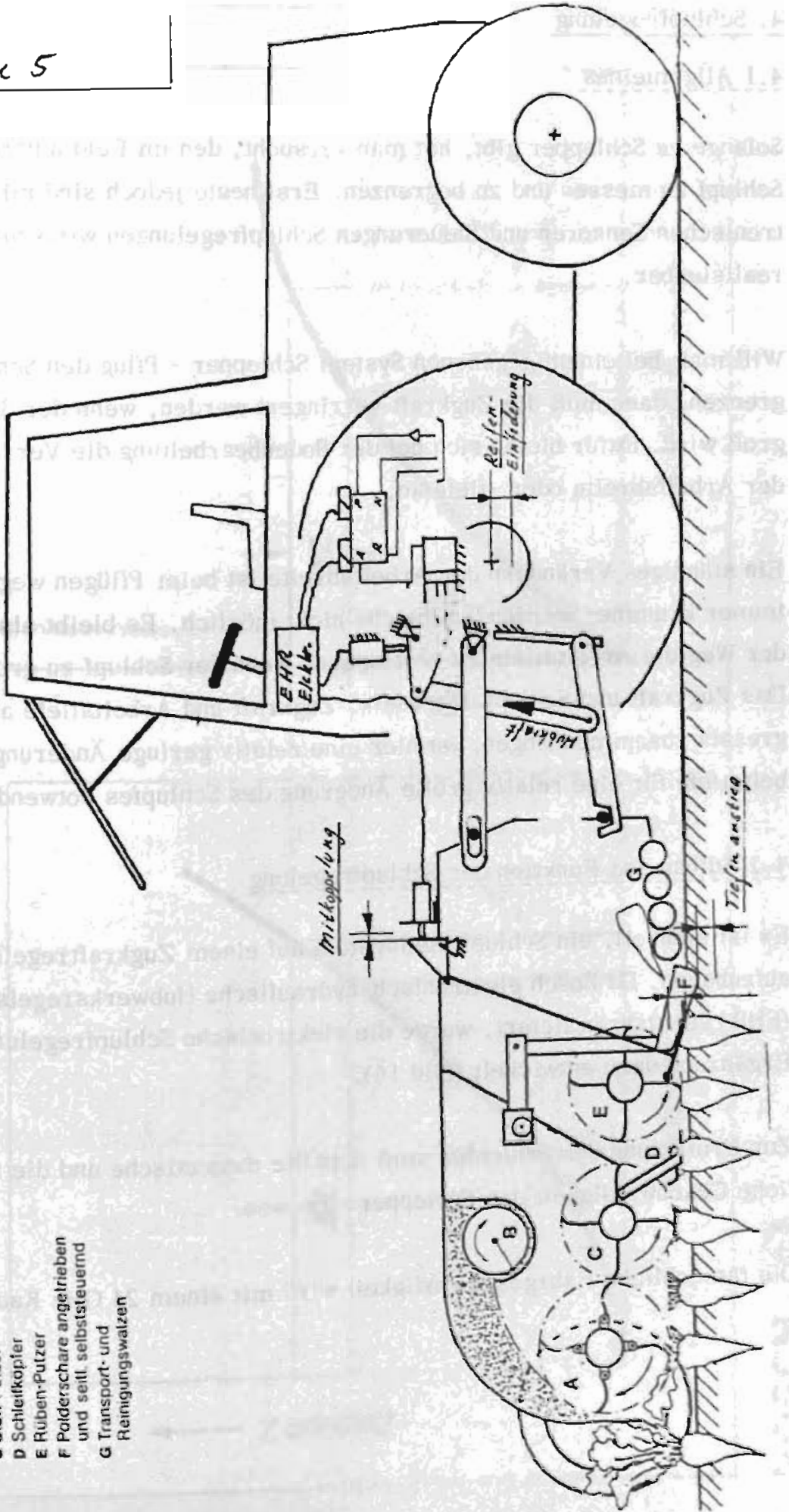
Da die Unterlenkerkräfte einzeln von Kraftmeßbolzen gemessen werden, ist auch eine Anzeige der Lenkerkräfte möglich. Das kann sinnvoll sein, um das Gewicht eines angebauten Gerätes abschätzen zu können, oder um die Einstellung, z.B. von Pflügen, zu erleichtern. Extrem unterschiedliche Unterlenkerkräfte zeigen schlechte Pflugeinstellung an.

3.22 Zusatzfunktionen für Anbaugeräte (Rübenroder)

Bei Rübenrodern besteht die Aufgabe einer genauen Führung der Köpf- und Rodeorgane relativ für Bodenoberfläche. Es gibt 6-reihige Roder, die an das 3-Punktgestänge des Schleppers angebaut werden. Beim Betrieb fährt dann der Schlepper rückwärts. Ist am Schlepper eine elektronische Hubwerksregelung vorhanden, kann diese zur automatischen Höhenführung benutzt werden (Bild 14). Ein Taster mißt die Lage des Roders zum Boden elektrisch. Das Signal wird in das Steuergerät über einen Eingang "extern" eingegeben. Die Regelung wird dann zu einer Tastregelung.

Anlage 5

Bild 14



- A Entblätterer (Schlegler)
- B Blatt-Transportschnecke
- C Blatt-Putzer
- D Schleitkopfer
- E Ruben-Putzer
- F Polderschare angetrieben und seil selbststeuernd
- G Transport- und Reinigungswalzen

4. Schlupfregelung

4.1 Allgemeines

Solange es Schlepper gibt, hat man versucht, den im Feld auftretenden Schlupf zu messen und zu begrenzen. Erst heute jedoch sind mit elektronischen Sensoren und Steuerungen Schlupfregelungen wirtschaftlich realisierbar.

Will man bei einem gegebenen System Schlepper - Pflug den Schlupf begrenzen, dann muß die Zugkraft verringert werden, wenn der Schlupf zu groß wird. Dafür bieten sich bei der Bodenbearbeitung die Verringerung der Arbeitsbreite oder -tiefe an.

Ein ständiges Verändern der Arbeitsbreite ist beim Pflügen wegen der immer krummer werdenden Furche nicht möglich. Es bleibt also nur der Weg die Arbeitstiefe zu verringern, wenn der Schlupf zu groß wird. Da Zugkraft und Schlupf degressiv, Zugkraft und Arbeitstiefe aber progressiv zusammenhängen, ist hier eine relativ geringe Änderung der Arbeitstiefe für eine relativ große Änderung des Schlupfes notwendig (Bild 15).

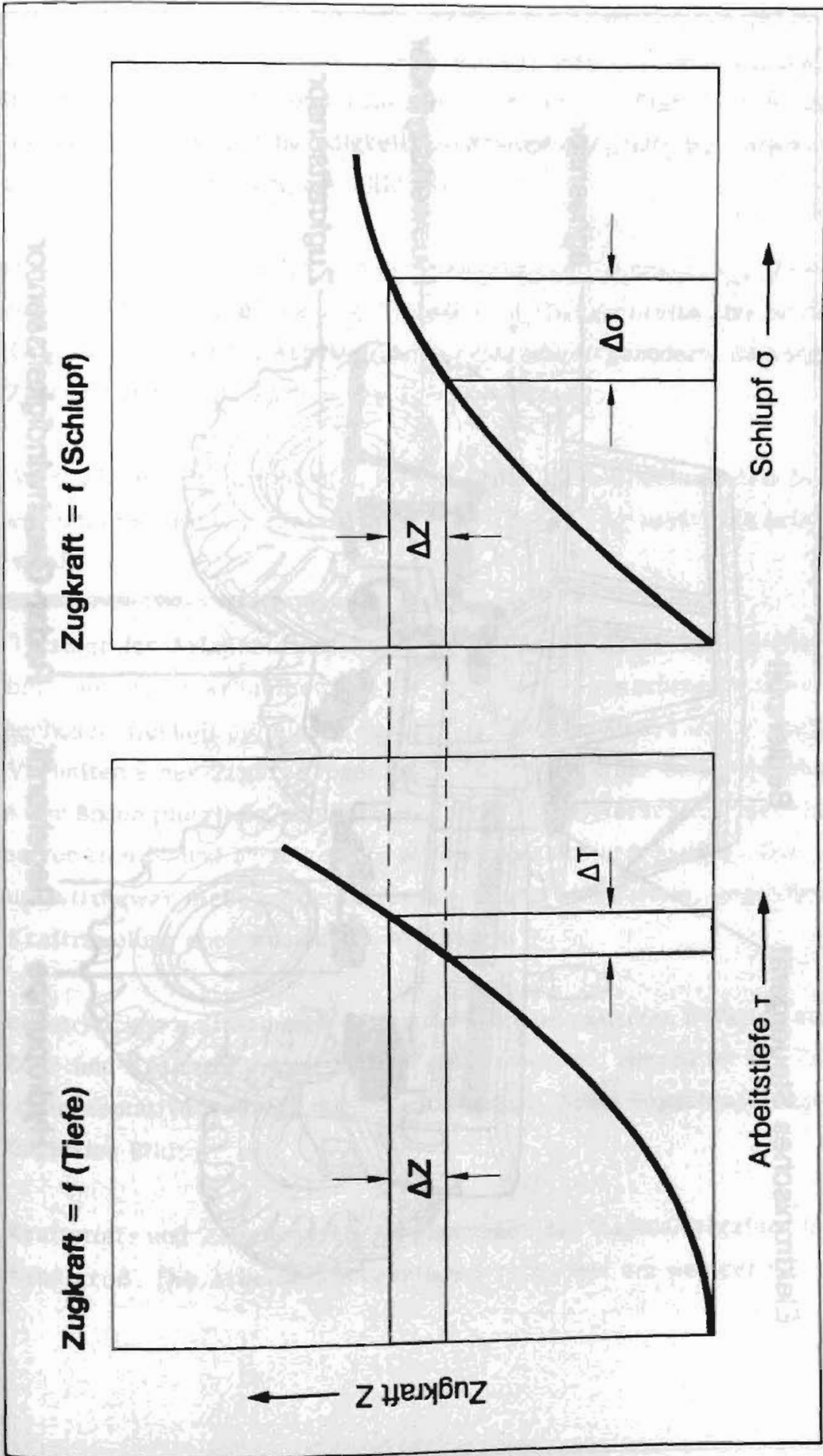
4.2 Aufbau und Funktion der Schlupfregelung

Es ist sinnvoll, ein Schlupfregelsystem auf einem Zugkraftregelsystem aufzubauen. Da Bosch elektronisch-hydraulische Hubwerksregelsysteme (EHR) seit Jahren liefert, wurde die elektronische Schlupfregelung als Ergänzung dazu entwickelt (Bild 16).

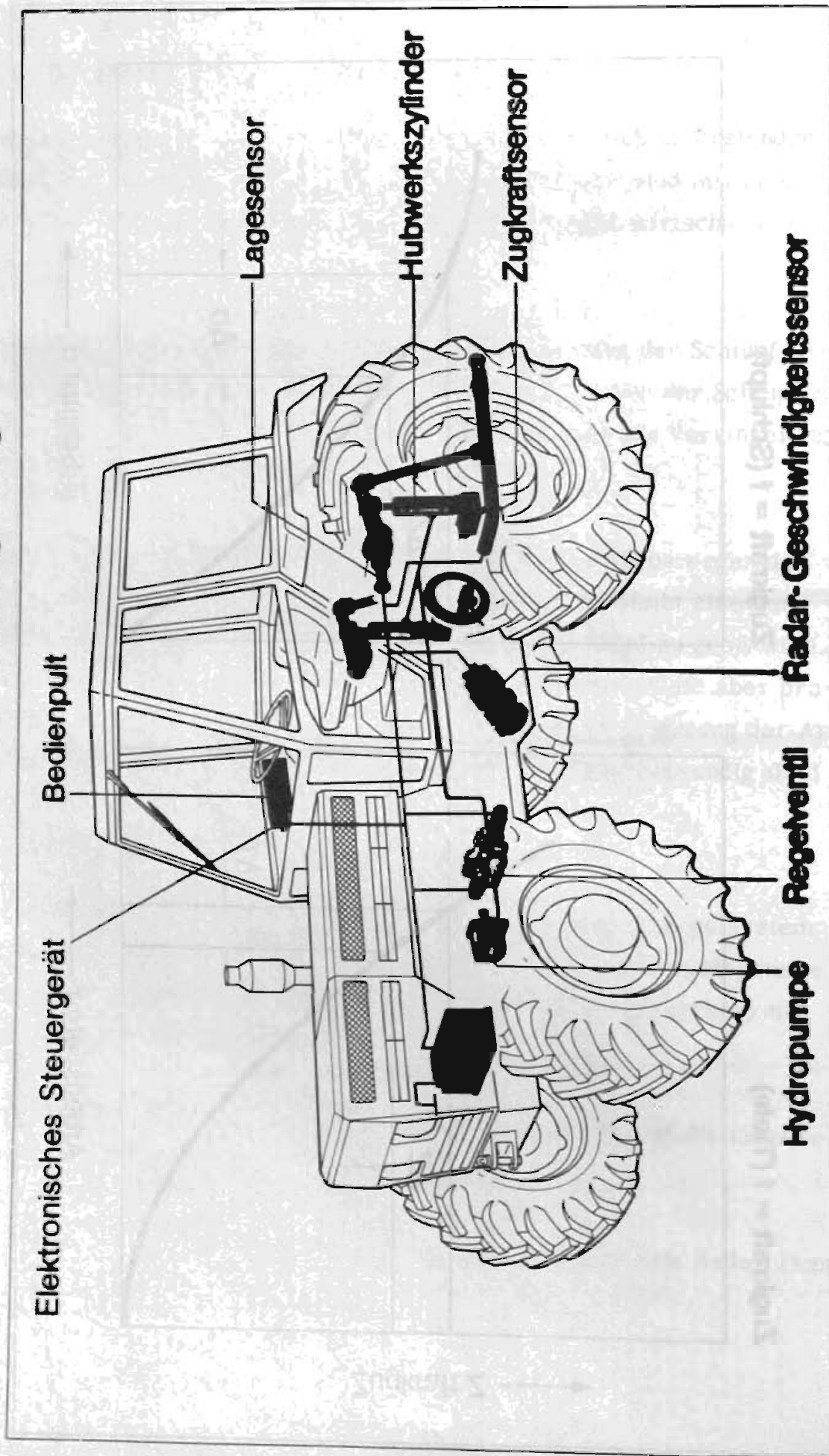
Zur Ermittlung des Schlupfes muß man die theoretische und die tatsächliche Geschwindigkeit des Schleppers messen.

Die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit wird mit einem 24 GHz Radar-Doppler-

Zusammenhang zwischen Schlupf, Zugkraft und Arbeitstiefe



Ackerschlepper mit elektronischer Schlupfregelung



Sensor gemessen (Bild 17). Die theoretische Geschwindigkeit ermittelt ein Sensor, der die Zahnfrequenz am Tellerrad der hinteren Antriebsachse mißt. Eine zu EHR-Elektronik addierbare "Interface"-Elektronik berechnet aus der Differenzgeschwindigkeit den Schlupf und stellt die Verbindung mit der Kraftregelung her (Bild 18).

Wenn der Schlupf kleiner ist, als ein einstellbarer Grenzwert (s_g), dann arbeitet das System wie eine Zugkraftregelung. Überschreitet der Schlupf den Grenzwert, wird die Arbeitstiefe automatisch so geändert, daß sich die Zugkraft und damit auch der Schlupf verringern.

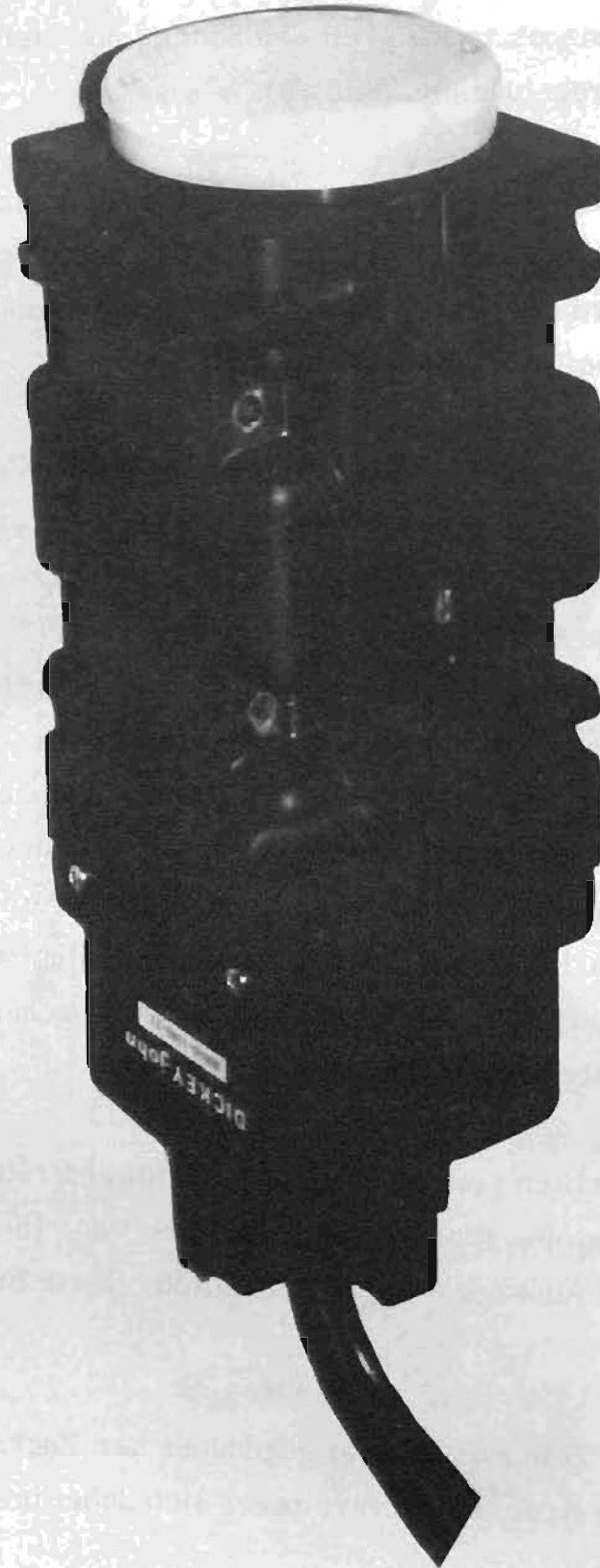
Der Wert für den Grenzschlupf kann fest eingestellt werden, so daß der Schlepperfahrer mit der Einstellung dieser Werte nicht zusätzlich belastet wird.

Bild 19 zeigt das Arbeitskennfeld des Systems im Zugkraft-Schlupf-Diagramm. Die vier gekrümmten Kurven kennzeichnen verschiedene Oberflächenbeschaffenheit auf einem Acker. Die Arbeitspunkte 1 und 1' stellen das Verhalten einer Zugkraftregelung, 1 und 1'' das einer Schlupfregelung, wenn der Boden plötzlich "schlüpfriger" wird. Die Unterschiede im Schlupf in den Punkten 1' und 1'' zeigen die Wirkung der Schlupfregelung. Der Schlupf wird zwar nicht auf dem Grenzwert konstant gehalten, gegenüber der Kraftregelung aber wesentlich verringert.

In Feldversuchen sollten neben der technisch einwandfreien Funktion auch die Zeit- und Kraftstoffersparnisse ermittelt werden. Hierzu ist zur Zeit eine repräsentative Aussage noch nicht möglich. Erste Ergebnisse ergeben folgendes Bild:

Die Kraftstoff- und Zeitersparnis ist gegenüber der Zugkraftregelung überraschend groß. Die Arbeitstiefe verringert sich dabei um weniger als zehn

Bild 17



Blockschaltbild der Schlupfregelung für Ackerschlepper

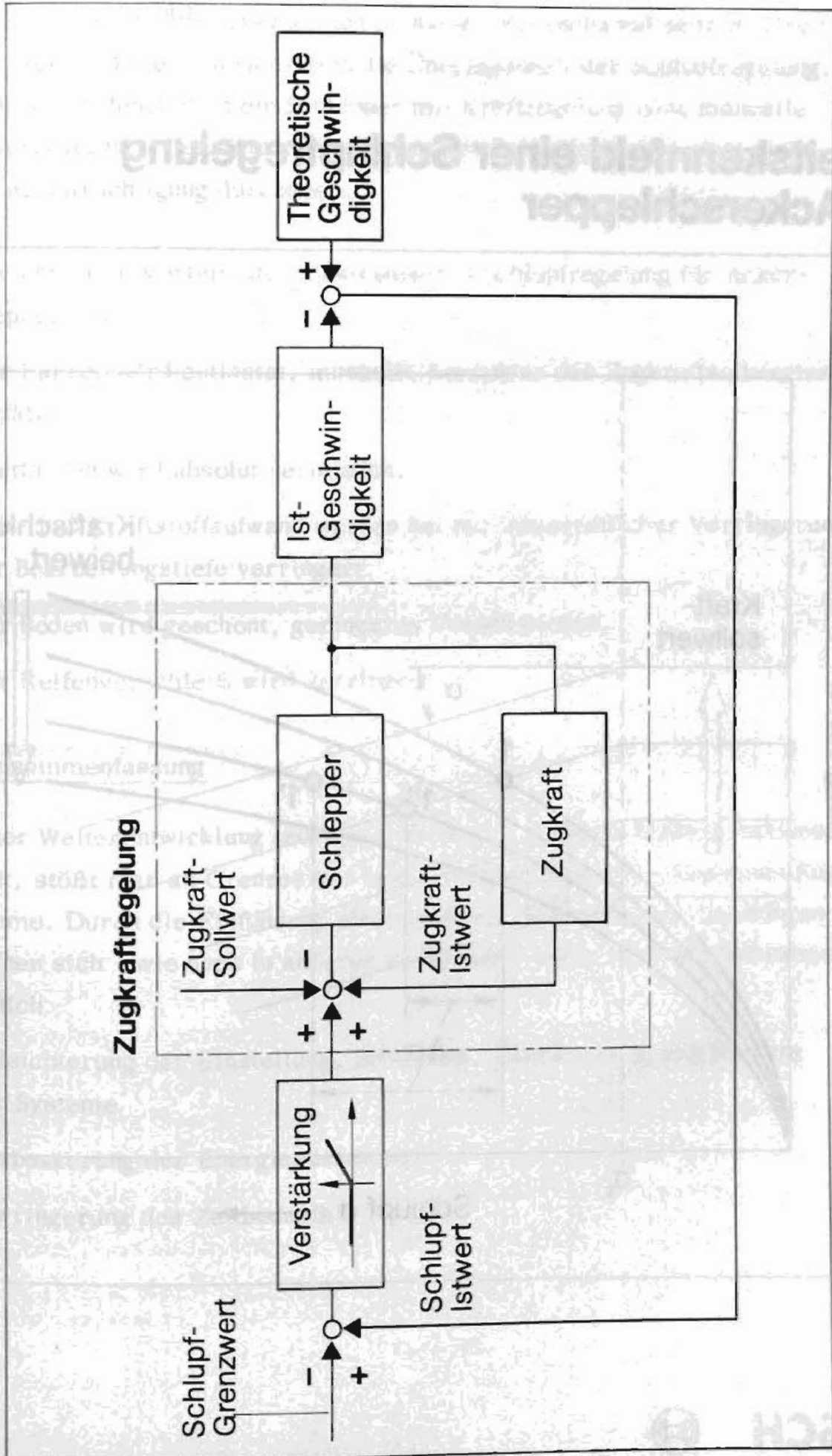
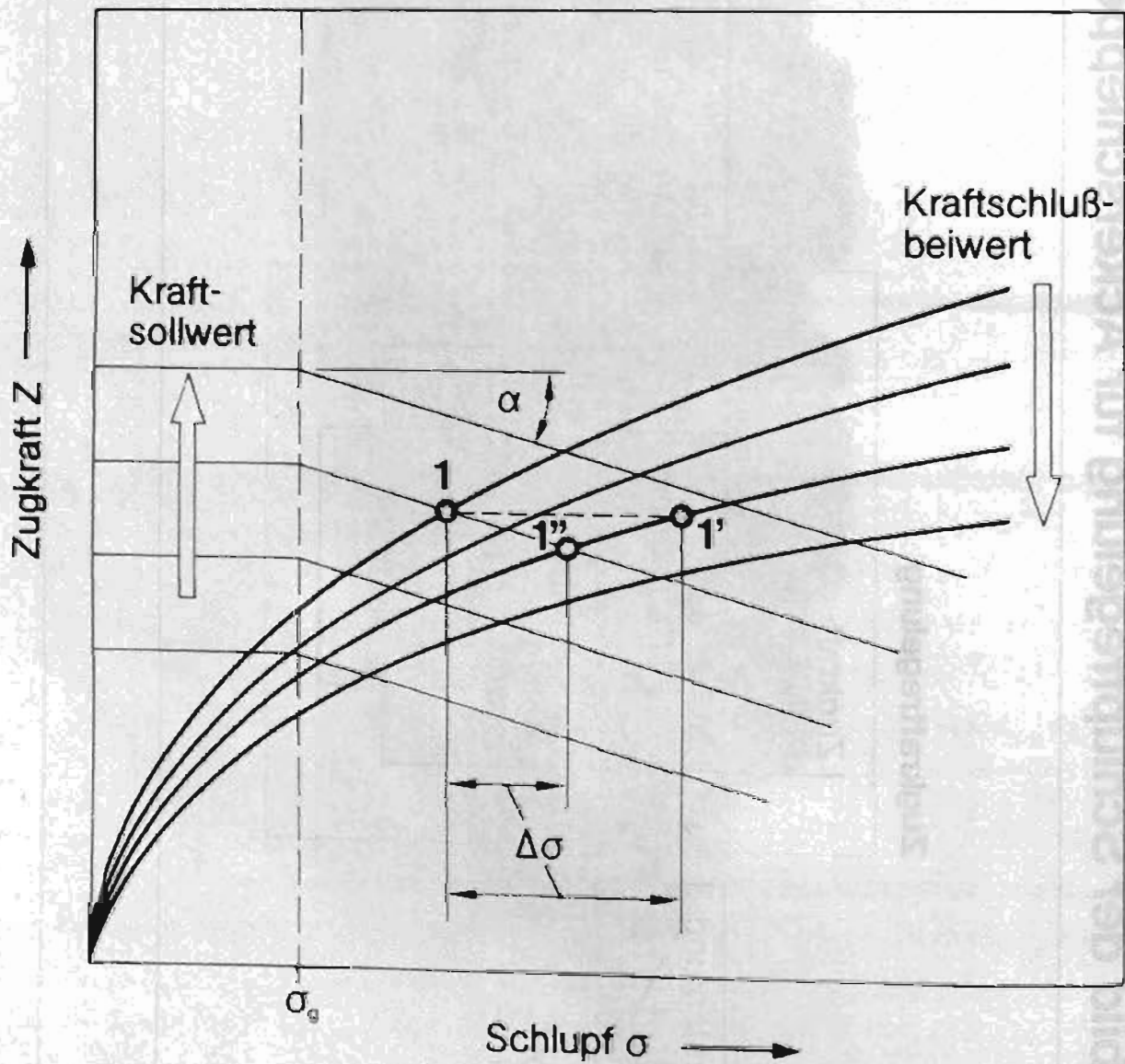


Bild 19

Arbeitskennfeld einer Schlupfregelung für Ackerschlepper



Prozent und ist somit ackerbaulich zulässig. Versuche auf sehr feuchten Böden zeigen äußerst anschaulich die Überlegenheit der Schlupfregelung. Bereiche, in denen sich ein Schlepper mit Kraftregelung ohne manuelle Sollwertkorrektur festfährt, werden mit der Schlupfregelung ohne sichtbare Beeinträchtigung durchquert.

Die wichtigsten Vorteile der elektronischen Schlupfregelung für Acker-schlepper sind:

- Der Fahrer wird entlastet, manuelle Korrektur des Zugkraftsollwertes entfällt.
- Festfahren wird absolut vermieden.
- Zeit- und Kraftstoffaufwand werden bei nur unwesentlicher Verringerung der Bearbeitungstiefe verringert.
- Der Boden wird geschont, geringeres Verschmieren.
- Der Reifenverschleiß wird verringert.

5. Zusammenfassung

Bei der Weiterentwicklung und Optimierung des Systems Mensch-Schlepper-Gerät, stößt man an Grenzen der heute üblichen hydro-mechanischen Regelsysteme. Durch die Einführung elektronischer Sensoren und Steuerungen eröffnen sich - wie auch in anderen Bereichen - völlig neue Möglichkeiten.

Nämlich

- Erleichterung der Einstellung, Bedienung, Überwachung und Wartung der Systeme
- Verbesserung der Energieausnutzung
- Verringerung des Zeitbedarfs

- Vermeidung kritischer Betriebszustände (Festfahren)
- Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten

Insgesamt kann die Elektronik hier einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Schleppereinsatzes leisten.

Vielseitig anwendbare Elektroniksysteme für die Kombination Schlepper und Gerät

von Franz Kirchberger, Agro Electronic GmbH, Staffelstein

1.) Die neue universelle Bedeutung der Agrarelektronik

Anders als bisher zu beobachten und schneller als zu erwarten, steigt die neue Technologie Elektronik aus isolierten Randfunktionen auf in das Zentrum der Diskussion um modernes Landwirtschaften. Nicht länger elektrisieren raffinierte kleine Verbesserungen. Der eigentliche Fortschritt ist ein übergreifendes und umfassendes Steuerungsnetz für rationelles Organisieren und für konsequente Betriebswirtschaft - Elektronik als Technik zur Kostenreduzierung durch Arbeitsoptimierung und Materialeinsparung - Elektronik nicht mehr nur wie bisher ein interner Maschinenmonitor.

Fachleute schätzen die mobilisierungsfähigen Einsparungsreserven bei einigen Verteilgütern wie dem Dünger-Stickstoff bis auf 30%.

2.) Die Schnittstellen

Die EDV ist der verbindende Kommunikationskanal durch alle Ebenen der integrierten Pflanzenproduktion hindurch. Das beginnt auf dem Schreibtisch des Landwirts. Dort sind die Schlagdateien in einem Management computer abgelegt. Solche aussagefähigen Bestandspflegeprogramme mit Terminen und Mengenvorgaben für gezielte nährstoffgrenzwertorientierte Düngerausbringung müssen eine Flut von Daten verwalten, die als Sollwerte vom Schreibtisch in die Maschinensteuerung und als Arbeitskennzahlen wieder in die Schlagdatei zurückfließen müssen. Der Betriebsleiter ist als Datenträger zwischen mobilen Maschinensteuerungen und stationärer Verwaltung überfordert. Damit alle Informationen automatisch im Hintergrund übertragen werden können, müssen Schnittstellen zwischen

dem Managementcomputer auf dem Hof und dem Prozeßrechner auf der Maschine eingerichtet werden. Der Landwirt zieht zweckmäßig einen Datenträger, die sogenannte Logbuchkassette aus der Steckverbindung mit dem Schreibtischcomputer, um dieses Datenübertragungsgerät, gewissermaßen die Informationskonserve, mit dem gleichen Stecker an den so aufzuladenden Schlepperterminal draußen zu hängen. Auf diesen datengespeisten Traktorbordcomputer haben alle Maschinenrechner Zugriff. Sie sind an den Traktorterminal über eine andere Steckdose am Schlepperheck angeschlossen. Der Anwender kuppelt sein Gerät nicht mehr nur mechanisch und hydraulisch sondern künftig auch elektrisch an den Traktor.

3.) Programmierte Feldbestellung

Beim Start der Arbeit auf dem Feld muß der Landwirt nur noch den Schlagnamen eingeben und an einer festgelegten Feldrand-Einstiegstelle starten. Er verfolgt dann im Feld seine Fahrgassen und damit gleichzeitig die Computer-Planspur seiner Schreibtischschlagdatei. Teilflächen mit unterschiedlichen Bonitäten entlang dieser vorgezeichneten Arbeitsroute werden in der Schlagdatei mit unterschiedlichen Adressen und Sollwerten verwaltet. Die Maschineneinstellung läuft danach differenziert und schlagdateiferne gesteuert.

Natürlich können auf dem Traktorterminal alle notwendigen Maschineneingaben auch eingetippt und überschrieben werden. Diese Tastatur ist auf dem Fahrerstand die einzige Eingabefläche bei der Arbeit ohne Anschluß an das Schreibtischmanagementsystem.

Im umgekehrten Fall, bei Betrieb mit Hofcomputer ist der Traktorterminal das Erfassungsgerät für alle Bestandsbeobachtungsdaten und gleichzeitig auch der elektronische Notizblock für den Arbeitsablauf. Beispielsweise trägt der Lohnunternehmer Kunden - und Schlagnamen ein für die Versorgung seiner zu Hause automatisch ausgedruckten Fakturierung.

4.) Das "Mobile Agrar-Computernetz" (MAC)

Wie beschrieben, können über den Kotflügelstecker eine Vielzahl von Geräte - Job - Rechnern auf den Datenbus im Schlepper-Fahrerstandterminal laufen. Der Traktorbordcomputer ist der Koordinator für alle Gerätecomputer hinter dem Schlepper. Er ist außerdem ihr Eingabe- und Anzeigegerät. Alle Sensorinformationen aus den Geräterechnern laufen vor wie in einen Briefkasten auf dem Terminaldatenbus. Es können sich dann umgekehrt alle Geräterechner dort auch ihre Arbeitsdaten abholen z.B. die Wegstrecke. Sie wird einmal und zentral für alle angehängten Verbraucher auf dem Traktor aufgenommen, etwa durch einen Radarsensor. Diese Organisation verringert den technischen Aufwand durch zentralisierte Sensoren ebenso wie durch reduzierte Adern in den Datenleitungen zwischen den einzelnen Netzcomputern, welche alle Informationen auf wenig Leitungen seriell (hintereinander) übertragen können.

5.) Die Betriebssicherheit

Da sich ein Großteil der Reklamationen in der Agrarelektronik an Kabeln und Steckverbindungen entzündet, steigert das leitungsparende Prinzip des seriellen Datenverkehrs im Netz die Betriebssicherheit für das robuste Umfeld der Landwirtschaft. Die beschriebene dezentralisierte Intelligenz hat auch stärkere Notlaufeigenschaften als eine zentralisierte Steuerung. Alle Peripheriecomputer können autark mit ihren zuletzt empfangenen Sollwerten weiterlaufen, wenn der Fahrerstandterminal oder ein Nachbar ausfällt.

Das Gesamtsystem stürzt also nur abgestuft über mehrere Rückfallebenen von Mikro zu Mikro ab. Der Totalausfall ist ausgeschlossen. Trotzdem gibt es immer ein rein mechanisches Notverfahren ohne alle Elektronik. Der Landwirt muß seine Arbeit im Feld zumindest nie wegen Ausfall der Elek-

tronik abrechen. Zur Verbesserung der Betriebssicherheit trägt auch die tiefe Eigendiagnose des Systems bei. Nicht nur Störungen in der Kassette sondern auch Kabelverletzungen sowie Sensor- und Aktorschäden werden angezeigt. Der Anwender kann signalisierte Defektbaugruppen unschwer austauschen. Auch die Werkstattmaschinendiagnose bis in alle mechanischen Schäden wird ähnlich wie heute schon auf dem PKW-Sektor elektronisch gestützt. Die beschriebene Logbuchkassette kann Beobachtungsdaten wie in die Schlagdatei so auch in den Reparaturdiagnosecomputer des Landmaschinenhändlers tragen.

6.) Das Baukastenprinzip

Grundsätzlich kann die Elektronikinvestition auf einem Hof mit Anschaffung des Terminals beginnen. Dieser Baustein steuert schon viele Anwendungsfälle allein. Allerdings empfiehlt es sich, komplexe Arbeiten auf dem Feld mit dem beschriebenen Mehrebenen-Computernetz dezentral abzuwickeln, sonst laufen beispielsweise bei 5 Sensoren und 5 Aktoren am Gerät schon ca. 30 Kabeladern zum Schlepper.

Der Landwirt kann nach der Erstananschaffung, dem Terminal, sukzessiv immer mehr Geräte mit Jobrechnerkassetten ausrüsten und sie an seinen Schlepperbordcomputer anschließen.

Nicht nur immer mehr Hardwarebausteine in Form von Gerätekassetten können nachgekauft werden. Zum Ausbau einer komplexen Außenwirtschafts-EDV kann der Landwirt auch Softwarepakete später in vorhandene Steuerungen nachladen, entweder um seine alten Programme zu aktualisieren oder um neue Anwendungsfälle abzudecken. Die schrittweise Elektronifizierung des Bauernhofs stößt also nie auf eine Sackgasse. Das System ist offen für jede Kundenspezifizierung. Selbst Individualprogramme können über die vorhandenen Softwaremodule schnell und kostengünstig realisiert werden.

7.) Die Benutzeroberfläche

Der Traktorfahrer hat im geschilderten System immer seinen gewohnten Terminal vor sich. Er wechselt nicht mit jedem Anbaugerät eine neue Kassette mit anderen Bedienungsvorschriften. Der gleiche Traktorbordcomputer gehorcht immer den selben Regeln für die Bedienung. Die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine ist standardisiert und überschaubar immer nur auf einen aktuellen Ausschnitt konzentriert. Die verwirrenden Lampen- und Tastenfelder sind weggeräumt.

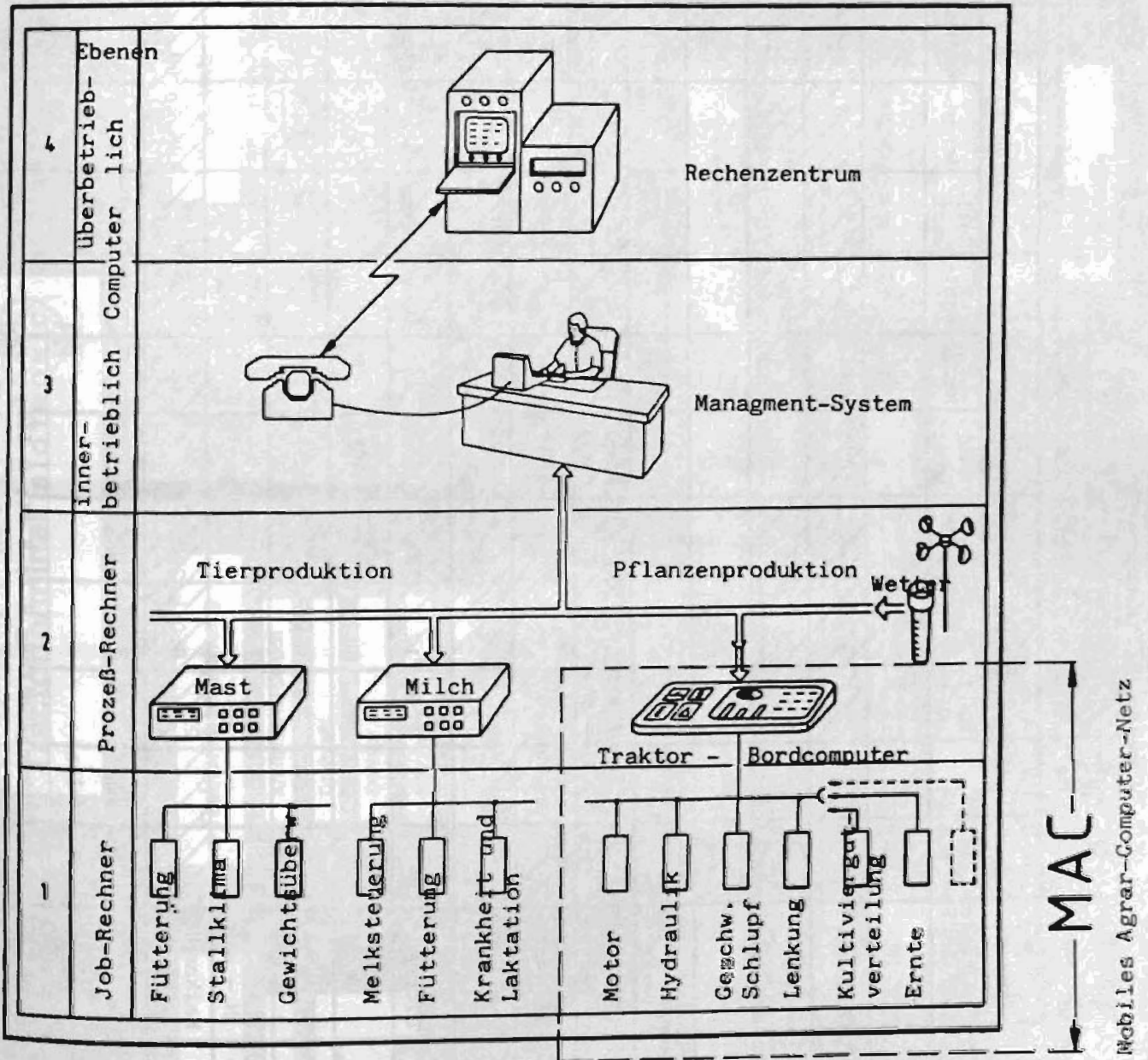
Für alle Funktionen auf Traktor und Gerät beobachtet der Fahrer das gleiche Anzeige-Fenster, durch das alle Informationen geblättert werden. Diese Folge von Eingabe- und Anzeigemenüs ist übersichtlich organisiert. Nach Start des Systems wählt der Bediener keine Kette von Befehlen an, sondern greift mit dem Finger direkt auf das Grafiksymbol in der Auswahl-Anzeige zu, das seinen Anwendungsfall symbolisiert. Er drückt beispielsweise die Taste unter dem Bild Drillmaschine. Nach der Auswahl eines solchen Jobs (Einsatzfall) findet der Anwender immer die gleiche Menühierarchie: die Masken für Eingaben (1), für die Anzeigen im Betrieb (2) und für die Information nach der Arbeit (3). Dieser Aufbau bildet das Routinegerüst für jede Maschinenbedienung. Daneben gibt es noch Alarmmenüs, die nicht ausgewählt werden müssen, sondern sich selbst in die Anzeige blenden, wenn eine Störung gemeldet werden muß.

Diese Alarme und das Betriebsmenü arbeiten vorzugsweise nicht mit Zahlenrollen sondern mit übersichtlichen grafischen Analoganzeigen. Das ganze System ist selbsterklärend. Ein geschickter Landwirt wird sich auch ohne Bedienungsanleitung und allein über den Dialog mit dem Gerät zurechtfinden.

8.) Der Nutzenkatalog

Es gibt förmlich keine Grenzen für die Nutzenanwendung eines solchen Systems. Die Verwendung reicht von der Schlagdatei-orientierung der Feldarbeit über die automatische Lohnunternehmerfakturierung bis in alle Geräteregelekreise und in die arbeitsbegleitende Bestands- und Bodenbeobachtung für die Sammlung von Analysedaten, die im Hofmanagementcomputer dann mit überbetrieblichen Daten zu Prognosen für selektives Arbeiten verknüpft werden, beispielsweise für gezielte Bodenstrukturverbesserungen nach aufgezeichneten Schlagkarten. Aber auch im angestammten Bereich der Agrarmobilelektronik ist bei der Maschinenüberwachung kaum noch etwas unmöglich. Von der reinen Störanzeige bisher wird sich der Einsatzschwerpunkt zur automatischen Einstelloptimierung und Überlastbegrenzung verschoben.

Die Tür zur weiten Zukunft der Agrarelektronik ist aufgestoßen.



EDV - Organisation in der Landwirtschaft nach Artmann und Schön 285.117 I.

Schlagdatei "Wutzacker"

Datum	Maßnahme	Type/Sorte	Material Eichwerte		Aufwand						Struktur			
			Maß	Wert	R-Schlag I		R-Schlag II		R-Schlag III		RS I	RS II	RS III	
Art			Sollwert	Menge	Kosten	Sollwert	Menge	Kosten	Sollwert	Menge	Kosten			
07.09.85	Primär- bdbtg.	Pflügen	Tiefe 30 cm	3 Std	190,-	Tiefe 28 cm	3 Std	70,-	Tiefe 20 cm	3 Std	75,-			
		mit Packer	Diesel 30 l		72,-				Diesel 45 l		19,96			
25.10.85	Verdichtg. messg.													
	Bestellsaat													
		Kreisel- egge	Tiefe 5 cm	3 Std	90,-	Tiefe 5 cm	1,5 Std	45,-	Tiefe 5 cm	0,75 Std	22,50			
	Saat	WW Besalt Korn	Tiefe 5 cm			Tiefe 4 cm			Tiefe 4 cm					
			Körner 400/m ²	330 kg	558,-	Körner 380/m ²	440 kg	405,-	Körner 380/m ²	220 kg	202,-			
10.11.85	Vorauf- Spritzung	Dicuran	31 ha	12 l	384,-	31 ha	8 l	192,-	31 ha	3 l	96,-			
12.11.86	Auf- laufen						X							
14.11.86	Auf- laufen													
20.02.86	Bodenpr.	N - min	65			100			70			65	100	70
28.02.86	Stickst.	Kalkammon 26 %	212 kg/ha	850 kg	298,-	77 kg/ha	144 kg	159,40	192 kg/ha	196 kg	68,-			
auf 120 kg N/ha			./.	Summe variabler Kosten + Erlöse										

= Deckungsbeitrag R I; R II; R III;
Daten auf den schraffierten Feldern werden automatisch im Hintergrund übertragen.

Tractorterminal BIOTRONIC

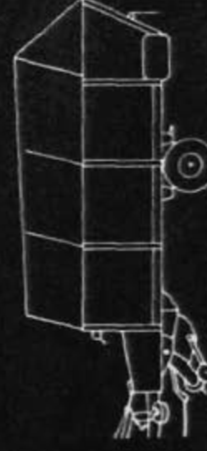
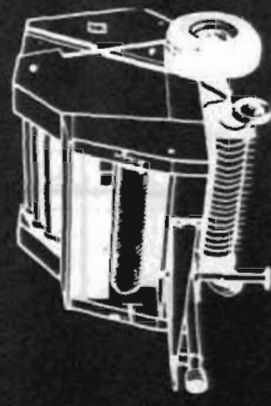
Werkstatt Diagnose

Traktorüberwachung

Logbuch

- Kraftstoffverbrauch
- Drehzahl
- Schlupf
- Flächenleistung
- Geschwindigkeit

- Schlagdatei
- Pflanzenpflegeprogramm Konzept Welhenstephan



Ballenwickler

- Wicklersteuerung
- Ballenform
- Ballendichte
- Bestandsbeobachtung

Ladewagen

- Steuerung und Überwachung Pick up, Kratzboden, Dosierwalzen, Querförderbd.
- Abschallsicherung bei Überlast und Störung
- Ladegewichtskontrolle
- Bestandsbeobachtung

Spritzen

- l/ha
- Tropfengröße
- Teilbreitenschaltung
- Funktionsüberwachung

Düngen

- kg/ha
- Arbeitsbreite
- Funktionsüberwachung
- Bestandsbeobachtung

Säen









































- Körner/qm
- Sätiefe
- Fahrgassenpositionen und -funktionen

Bodenbearbeitung

- Pflugsteuerung
- Dieserverbrauchoptimierung
- Beobachtung der Bodenverdichtung

Gliederungsschema für die Bedienerführung
 (jedes Feld = 1 oder 1 Folge von Anzeigemaschinen)

Jobgliederung

	Traktor	Pflug	Drillm.	Spritze	Dünger- streuer	Ernte- wagen	Gülle- wagen	Mäh- drescher	Ballen- wickler	Feld - Häcksler
Eingaben	E 	E 	E 	E 	E 	E 	E 	E 	E 	E 
Betriebs- menü	B 	B 	B 	B 	B 	B 	B 	B 	B 	B 
Infor- mationen	I 	I 	I 	I 	I 	I 	I 	I 	I 	I 
Alarme	A 	A 	A 	A 	A 	A 	A 	A 	A 	A 

Moderne Geräte und Verfahren für eine standortgerechte und wirtschaftliche Bodenbearbeitung und Feldbestellung

von Dr. Karlheinz Köller, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn

Die Bodenbearbeitung ist Bestandteil eines gesamten Pflanzenproduktions-systems. Deshalb reicht es nicht aus, nur die Funktion einzelner Geräte zu betrachten. Es müssen vielmehr ihre Arbeitsqualität sowie die Leistungen verschiedener Bearbeitungsverfahren beurteilt und bezüglich ihrer Eignung für bestimmte Einsatzverhältnisse eingeordnet werden.

Vorrangiges Ziel muß es sein, überflüssige oder gar schädliche Maßnahmen zu vermeiden, d.h. die Anzahl der Arbeitsgänge auf ein Mindestmaß zu beschränken, sei es durch Verzicht auf einzelne Maßnahmen oder durch Einsatz von Geräten, die eine gewünschte Arbeitsqualität in möglichst einer Überfahrt erreichen. Eine Verringerung des Aufwandes für die Bodenbearbeitung trägt in jedem Fall dazu bei, den Boden zu schonen, d.h. Verdichtungen und Erosion zu vermeiden und gleichzeitig die Kosten zu senken.

Wichtigste Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz bodenschonender und kostensparender Verfahren ist das Erkennen der jeweiligen Anforderungen des Bodens und der Pflanzen. Erst dann stellt sich die Frage nach der Wahl entsprechend zweckmäßiger Geräte und Verfahren.

Vielseitige Gerätetechnik

Das umfangreiche und vielfältige Angebot an Geräten und Maschinen für die Bodenbearbeitung ermöglicht jedem Betrieb den Einsatz standortgerechter, schlagkräftiger und kostengünstiger Verfahren.

Neben dem Pflug gehören Grubber und zapfwellengetriebene Saatbettbereitungsgeräte heute in vielen Ackerbaubetrieben zur Standardausrüstung für die Bodenbearbeitung. Ob getrennt oder kombiniert eingesetzt, ermöglichen sie eine vielseitige Verwendung zur Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung. So zeichnen sich z.B. Grubberkombinationen mit zapfwellengetriebenen Nachlaufgeräten nicht nur durch eine gute Arbeitsqualität bei der Stoppelbearbeitung aus, anstelle des Pfluges zur Grundbodenbearbeitung eingesetzt, ermöglichen sie gleichzeitig eine Verminderung des Aufwands für die folgende Saatbettbereitung. Wird ein Packer mitgeführt, lassen sich aber auch mit dem Pflug Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung, zumindest auf leichteren Böden, in einem Arbeitsgang erledigen. Der mittlerweile weit verbreitete Einsatz von zapfwellengetriebenen Saatbettbereitungsgeräten in Kombination mit angebauten Sämaschinen trägt schließlich dazu bei, Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat auf zwei Überfahrten zu beschränken.

Vor der Beurteilung und Einordnung unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren werden folgend zunächst die entsprechenden Maschinen und Geräte für die Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung vorgestellt. Da Aufbau, Funktion und Leistungsbedarf allgemein bekannt sind, gilt ihrer Arbeitsqualität das besondere Interesse.

Stoppelbearbeitung

Die Stoppelbearbeitung nach der Getreideernte bereitet grundsätzlich keine technischen Probleme. Mögliche Schwierigkeiten sind erst dann zu erwarten, wenn das gesamte Stroh auf dem Felde verbleibt und eingearbeitet werden soll.

Ziel ist es, einen möglichst vollständigen Strohabbau zu erreichen, ohne die Entwicklung der Folgefrucht zu beeinträchtigen. Voraussetzung hierzu

ist eine Technik, die es ermöglicht, das Stroh ausreichend kurz zu häckseln, gleichmäßig auf dem Feld zu verteilen und gleichmäßig in die obere Bodenschicht einzuarbeiten.

Kurz häckseln und gleichmäßig verteilen

Kurzes Häckseln und gleichmäßiges Verteilen des Strohs auf der Bodenoberfläche sind die wichtigsten Voraussetzungen für ein optimales Einarbeiten (Die Stroheinarbeitung ist letztlich nur ein "Häckslerproblem").

Die heute überwiegend eingesetzten Mähdrescher-Anbaufeldhäcksler erreichen bei sachgerechter Anwendung in den meisten Fällen eine befriedigende Zerkleinerung und Verteilgenauigkeit.

Lediglich bei feuchtem Stroh, starkem Seitenwind und in Hanglagen ist mit einer erheblichen Verschlechterung der Häcksel- und Verteilqualität zu rechnen, so daß sich das Stroh weder störungsfrei noch gleichmäßig einarbeiten läßt.

Ungelöst, ob mit konventionellen oder verbesserten Häckslern, bleibt die Stoppelzerkleinerung auf Flächen mit größeren Steinen und bei Lagergetreide. Unter derartigen Bedingungen ist eine optimale Stroheinarbeitung, unabhängig von der Wahl des Gerätes, nicht möglich.

Stroh gleichmäßig einarbeiten

Aufgabe der Einarbeitungsgeräte ist es, das Stroh über eine Tiefe von etwa 10 - 15 cm gleichmäßig im Boden zu verteilen. Zur besseren Bekämpfung von Ausfallgetreide werden in der Praxis häufig zwei Arbeitsgänge eingesetzt. Der erste möglichst flach, um günstige Keimbedingungen zu schaffen, der zweite mit der gewünschten Einarbeitungstiefe. Die gleichmäßige Vermischung von Stroh und Boden fördert nicht nur die Verrottung, sondern

ist auch Voraussetzung für das Vermeiden von Strohmatte beim anschließenden Pflügen. Sie ist außerdem wichtig, wenn (unter Verwendung herkömmlicher Alternativen) auf das Pflügen verzichtet wird, um eine zu hohe Strohkonzentration im Saattiefenbereich zu vermeiden.

Scheiben- und Spatenrolleggen

Scheiben- und Spatenrolleggen ermöglichen zwar hohe Flächenleistungen, eine gleichmäßige Strohverteilung läßt sich in einer Überfahrt aber nur auf leichten Böden bei geringer Strohaufgabe erzielen. In den meisten Fällen sind für eine gute Stroheinarbeitung zwei Arbeitsgänge erforderlich, so daß im Vergleich zu anderen Geräten keine größere Schlagkraft zu erwarten ist. Entscheidend ist letztlich die Arbeitsqualität, die sich mit steigendem Tonanteil des Bodens und zunehmenden Strohmenge verschlechtert, da trotz zweifacher Bearbeitung und hoher Zusatzgewichte eine erforderliche Einmischtiefe von etwa 10 cm nicht immer erreicht wird. Eine ausreichende Stroheinmischung ist erst zu erwarten, wenn z.B. sehr schwere Scheibeneggen mit Gewichten von etwa 1000 kg/m Arbeitsbreite eingesetzt werden. (Bild 1)

Bedingt durch die hohen Anschaffungspreise ist ein wirtschaftlicher Einsatz dieser Geräte nur in Großbetrieben oder bei überbetrieblicher Verwendung möglich. Im Vergleich zu anderen Geräten ermöglichen sie eine bessere und störungsfreie Arbeit besonders auf Böden mit einem hohen Anteil größerer Steine sowie bei langen StoppeIn und schlecht verteiltem Stroh.

Fräsen

Bedingt durch ihren sehr guten Mischeffekt ermöglichen Fräsen in einem Arbeitsgang die angestrebte gleichmäßige Strohverteilung im Boden über eine Tiefe von etwa 10 cm. (Bild 2)



Bild 1: Eine gleichmäßige Strohverteilung im Boden lässt sich in einer Überfahrt mit schweren Scheibeneggen.....



Bild 2: und mit Fräsen erreichen.

Besonders vorteilhaft erscheint, daß sich dieses Ergebnis mehr oder weniger unabhängig sowohl von Bodenart und -zustand als auch von der Häcksellänge und Strohverteilung erzielen läßt. Gegenüber anderen Geräten ist auch unter schwierigen Verhältnissen (schlecht verteiltes Stroh, lange Stoppel, Lagergetreide) eine vergleichsweise gute Arbeit möglich.

Bei einer Arbeitstiefe von etwa 10 cm können Fräsen bei der Stroheinarbeitung kaum schneller als etwa 5 km/h gefahren werden. Bedingt durch die entsprechend begrenzten Flächenleistungen erscheinen sie besonders geeignet für Betriebe, die zwar Wert auf einen guten Mischeffekt legen, aber nur geringe Ansprüche an die Schlagkraft stellen.

Andere zapfwellengetriebenen Geräte, wie z.B. Kreiseleggen erscheinen zur Stroheinarbeitung in den meisten Fällen als ungeeignet. Sie erreichen auf unbearbeitetem Boden kaum die gewünschte Arbeitstiefe von 10 cm, ermöglichen keine gleichmäßige Strohverteilung im Boden (der größte Teil des Strohs bleibt auf der Oberfläche) und erfordern einen hohen Kraftbedarf bei geringer Flächenleistung und hohem Werkzeugverschleiß.

Grubber

Der Einsatz von Grubbern zur Stoppelbearbeitung hat sich in großem Umfang durchgesetzt. Gute Arbeitsqualität, hohe Schlagkraft, vergleichsweise geringe Anschaffungs- und Reparaturkosten und vielseitige Einsatzmöglichkeiten sind die wichtigsten Gründe für die weite Verbreitung dieser Geräte.

Zur Stroheinarbeitung werden heute überwiegend drei- oder vierreihige Grubber mit starren Zinken, Doppelherzscharen und gezogenen Nachlaufgeräten eingesetzt.

Wichtigste Voraussetzungen für eine gute Arbeitsqualität sind:

- Kurz gehäckseltes und gleichmäßig verteiltes Stroh
- Ausreichende Rahmenhöhe und Werkzeugabstände (jeweils ca. 70 cm)
- Arbeitsgeschwindigkeit von 8 - 10 km/h

Werden diese Bedingungen erfüllt, läßt sich sowohl auf leichten als auch auf schweren Böden ein der Fräse vergleichbarer Mischeffekt erzielen.

(Bild 3)



Bild 3: Eine gleichmäßige Strohverteilung im Boden läßt sich in einer Überfahrt mit ausreichend schnell gefahrenen Grubbern erreichen

Die Wahl der Zinken- und Scharform sowie des Strichabstandes (im Bereich von 20 - 30 cm) erscheint dann von untergeordneter Bedeutung.

Für die Auswahl der Zinken gilt einschränkend, daß Federzinken nur auf leichten Böden befriedigend arbeiten. Auf schweren und ausgetrockneten

Böden sind starre Zinken vorzuziehen, da sie im Gegensatz zu Federzinken auch bei zunehmendem Bodenwiderstand eine konstante Arbeitstiefe einhalten. Auf steinigten Böden sollten sie durch Zusatzfedern gesichert sein.

Entscheidend für die Arbeitsqualität sind letztlich nur Länge und Verteilung des Strohs sowie die Arbeitsgeschwindigkeit. Die entsprechend hohen Anforderungen lassen sich in der Praxis leider nicht immer erfüllen. Dies gilt besonders für die Strohverteilung des Häckslers, die einen entscheidenden Einfluß auf die Einarbeitungsqualität ausübt. Im Gegensatz zur Fräse ist es mit dem Grubber kaum möglich, mehr als 10 cm langes und schlecht verteiltes Stroh gleichmäßig im Boden zu verteilen. Unter schwierigen Verhältnissen (lange Stoppel, Lagergetreide, Häckseln bei starkem Seitenwind) ist bestenfalls eine störungsfreie Arbeit, aber keine gleichmäßige Strohverteilung im Boden zu erwarten.

Grubberkombinationen mit zapfwellengetriebenen Geräten

Grubberkombinationen mit zapfwellengetriebenen Geräten werden heute von zahlreichen Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten.

Das Angebot konzentriert sich hauptsächlich auf Grubber in zweireihiger Ausführung, ausgerüstet mit Anbauteilen und Zapfwellendurchtrieb für die Kombination mit zapfwellengetriebenen Geräten, sei es mit Kreiseleggen, Fräsen oder mit Zinkenrotoren.

Neben zweibalkigen Grubbern werden vermehrt auch Geräte mit nur einem Querträger und ein- oder zweireihig angeordneten Zinken vorgestellt. Bei derartigen Lösungen kann teilweise auf einen zusätzlichen Zapfwellendurchtrieb und eine zweite Gelenkwelle verzichtet werden. Bedingt durch die geringen Baulängen und der damit verbundenen Reduzierung des erforderlichen Hubkraftbedarfes, eignen sie sich außerdem besonders für eine zu-

sätzliche Kombination mit einer Sämaschine. In einigen Fällen werden die Zinken ohne zusätzlichen Anbaurahmen direkt am zapfwellengetriebenen Folgegerät befestigt, teilweise sogar hinter dem Gerät, so daß die Schare verstopfungsfrei unterhalb der rotierenden Werkzeuge arbeiten.

Einige "Kurzgrubber" lassen sich ohne großen Aufwand sowohl für den Front- als auch für den Heckanbau am Schlepper verwenden. Die überwiegend angebotenen, zweireihig angeordneten starren Zinken werden je nach Strichabstand mit unterschiedlichen Scharformen kombiniert. Bei Abständen von etwa 25 cm werden noch 12 bis 18 cm breite Doppelherzschare eingesetzt, während bei Strichabständen von 30 bis 40 cm breite Gänsefußschare verwendet werden. Grubber mit einer Zinkenreihe und Werkzeug- bzw. Strichabständen von 60 - 80 cm werden mit entsprechend breiteren Scharen ausgerüstet. Breit schneidende Gänsefuß- und Flügel- schare sowie spezielle nichtwendende Lockerungswerkzeuge (z.B. der sogenannte "Parapflug") heben den Boden an und lockern ihn, ohne zu mischen. Das Einarbeiten von Stroh usw. erfolgt durch das zapfwellengetriebene Nachlaufgerät. Bedingt durch die intensive Mischwirkung der angetriebenen Werkzeuge ermöglichen diese Kombinationen im Vergleich zu herkömmlichen Grubbern eine gleichmäßige Stroheinarbeitung auch bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten. (Bild 4)

Bezüglich der Auswahl zapfwellengetriebener Nachlaufgeräte bleibt festzuhalten, daß Fräsen und Zinkenrotoren eine bessere Mischwirkung ermöglichen als Kreiseleggen; sie sollten bevorzugt eingesetzt werden, wenn es darauf ankommt, das Stroh etwa 10 cm tief gleichmäßig im Boden zu verteilen. Dies gilt besonders dann, wenn Grubber mit Strichabständen über 30 cm und entsprechend breit schneidenden Scharen verwendet werden, die den Boden zwar lockern, aber kaum noch durchmischen. Kreiseleggen sollten möglichst nur mit Grubbern kombiniert werden, die aufgrund engerer Strichabstände (etwa 25 cm) und entsprechender Scharformen (z.B.



Bild 4: Eine gleichmäßige Strohverteilung im Boden läßt sich in einer Überfahrt mit Grubbern in Kombination mit zapfwellengetriebenen Nachlaufgeräten erreichen.

Doppelherzschar) eine bessere Mischarbeit leisten, um z.B. schwere Böden gleichzeitig stärker zu zerkleinern.

Im Zusammenhang mit einer gleichzeitigen Kontrolle von Ausfallgetreide bieten Grubberkombinationen mit breit schneidenden Scharen den Vorteil, daß der Boden mehr oder weniger ganzflächig aufgebrochen, aber kaum durchmischt wird, so daß die Samen an der Oberfläche verbleiben. Das zapfwellengetriebene Nachlaufgerät bereitet gleichzeitig ein feinkrümeliges Saatbett, so daß günstige Keimbedingungen geschaffen werden.

Stroheinarbeitung mit Regenwürmern

Neben den herkömmlichen Methoden der Stroheinarbeitung besteht auch die Möglichkeit, daß Stroh nach der Ernte bis zum Zeitpunkt der Saat der Folgefrucht unbearbeitet auf dem Feld liegenzulassen. Zur Saat werden

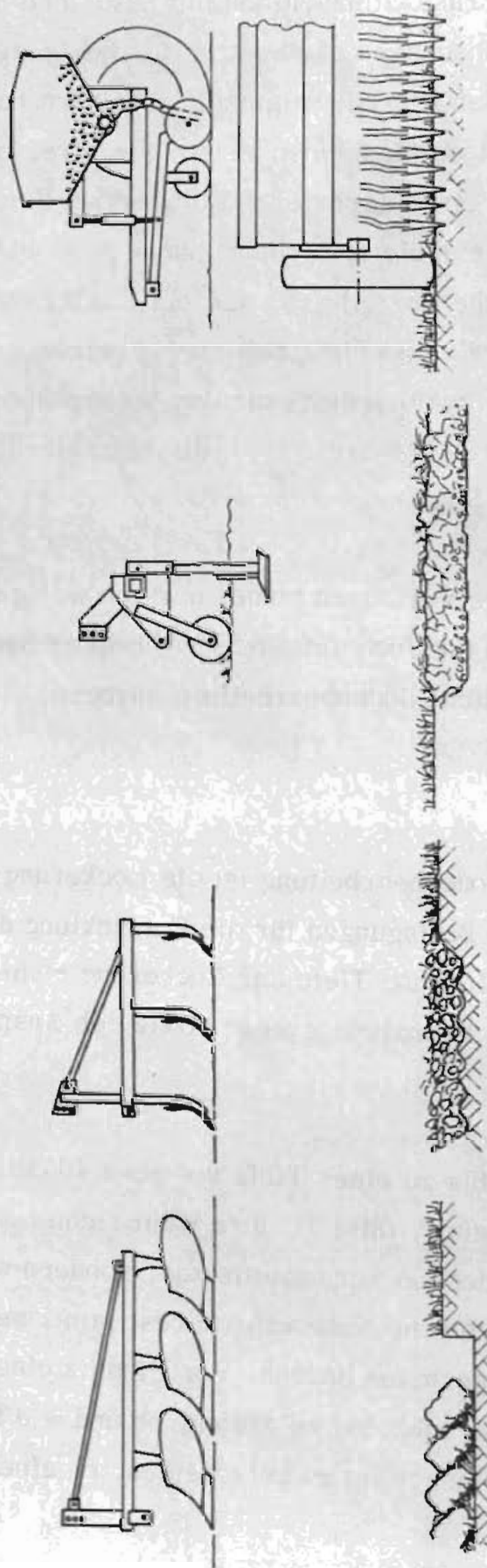
dann spezielle Maschinen wie Frässaatmaschinen mit Sächiene oder Direktsaatmaschinen mit Zinkenscharen eingesetzt, die das Saatgut unter die Strohecke plazieren, um den Einfluß keimhemmender Strohabbauprodukte auszuschließen. Da diese Maschinen verstopfungsfrei arbeiten, erfordert ihr Einsatz nicht nur einen geringeren Aufwand bei der Stroh- und Stoppelzerkleinerung, sondern bietet darüberhinaus entscheidende wirtschaftliche und ackerbauliche Vorteile, da auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet wird. Die fehlende Bodenbearbeitung ist verbunden mit einer deutlichen Zunahme der Regenwürmer, die das Stroh von der Oberfläche in den Boden transportieren, so daß auch im Rahmen derartiger Verfahren der größte Teil des Strohs abgebaut wird.

Abgesehen davon, daß derartige Verfahren bisher nur von wenigen Betrieben praktiziert werden, sollten sie doch auf möglichst breiter Basis zum Nachdenken über die herkömmliche Bodenbearbeitung anregen.

Grundbodenbearbeitung

Wichtigste Aufgabe der Grundbodenbearbeitung ist die Lockerung der Ackerkrume, um möglichst optimale Bedingungen für die Entwicklung der Pflanzenwurzeln zu schaffen. Intensität und Tiefe der Lockerung richten sich nach den gegebenen Boden- und Klimabedingungen sowie den Ansprüchen der Folgefrucht.

Für die Lockerung des Bodens bis zu einer Tiefe von etwa 40 cm stehen verschiedene Geräte zur Verfügung. (Bild 5). Ihre Wahl richtet sich nicht nur nach dem möglichen Grad des Lockerungseffektes, sondern wird auch durch unterschiedliche gerätetypische Nebeneffekte bestimmt, sei es das Wenden, Mischen oder Zerkleinern des Bodens. Vor Einsatz eines bestimmten Lockerungsgerätes ist zunächst zu prüfen, ob und wie tief der Boden gelockert werden muß. Danach ist zu entscheiden, ob eine gleich-



Lockern u. Wenden

Lockern u. Mischen

Lockern ohne Wenden
– ohne Mischen

Verzicht auf Lockern
(Direktsaat)

Bild 5: Schematische Darstellung alternativer Lockerungsverfahren zur Grundbodenbearbeitung.

zeitige Wendung erforderlich ist oder nicht. Auf diese Weise erscheint es möglich, die Lockerung des Bodens auf ein notwendiges Mindestmaß zu reduzieren und die Grundlage für gleichermaßen bodenschonende und kostensparende Bearbeitungsverfahren zu schaffen. Gefordert ist ein gezielter, an den gegebenen Bodenverhältnissen orientierter, Einsatz unterschiedlicher Lockerungsgeräte wie z.B. Pflug oder Grubber, sowie unter entsprechend günstigen Bedingungen der Verzicht auf jegliche tiefere Lockerung. Da heute in vielen Ackerbaubetrieben Pflug, Grubber und zapfwellengetriebene Saatbettbereitungsgeräte vorhanden sind, lassen sich die Forderungen nach flexibleren Bearbeitungsverfahren vergleichsweise einfach und ohne zusätzliche Investitionen erfüllen.

Lockern und Wenden des Bodens

Das Lockern bei gleichzeitiger Wendung des Bodens mit dem Streichblechpflug ist in den meisten Betrieben die übliche Alternative zur Grundbodenbearbeitung.

Gewohnheit, Ertragssicherheit, eine von Ernterückständen freie Feldoberfläche, das Beseitigen von Unkraut und Ausfallgetreide und eine nachhaltige Lockerungswirkung werden als wichtige Vorteile genannt. Als Nachteile gelten der hohe Energie- und Zeitbedarf für das Pflügen schwerer Böden, häufig verbunden mit einem entsprechend hohen Aufwand für die folgende Saatbettbereitung, die Gefahr von Bodenverdichtungen im Pflugsohlenbereich sowie das Vergraben organischer Masse, das, abgesehen von unerwünschten Umsetzungsprozessen im Boden, unter entsprechenden Bedingungen zu nachhaltigen Schäden durch Bodenerosion führen kann.

Die genannten Nachteile sprechen zwar häufig gegen das Pflügen, sie lassen sich aber durch bestimmte geräte- und verfahrenstechnische Weiterentwicklungen begrenzen. So kann z.B. der Energiebedarf durch Einsatz spezieller Pflüge (mit variabler Arbeitsbreite) oder Pflugkörperformen

(Streifen-, Rautenkörper) unter bestimmten Bedingungen reduziert werden. Durch Wahl entsprechend geeigneter zapfwellengetriebener Geräte lassen sich auch grobschollige Böden in einer Überfahrt ausreichend fein zerkleinern. Auf leichteren Böden wird durch Mitführen eines Packers in einem Arbeitsgang einsaatfertiger Acker hinterlassen. Die Ausrüstung der Pflugkörper mit Untergrundlockerern reicht häufig aus, um Pflugsohlenverdichtungen auszuschließen. Durch vorhergehendes, intensives Einmischen auf etwa halbe Krumentiefe läßt sich das schichtenweise Vergraben von Stroh beim anschließenden Pflügen vermeiden. Und die Einsaat einer überwinternden Zwischenfrucht nach dem Pflügen trägt schließlich dazu bei, möglichen Erosionsgefahren trotz Wenden des Bodens zu begegnen.

Pflüge mit zahlreichen Verbesserungen

Streichblechpflüge werden heute in einer Vielzahl von Ausführungen und Varianten angeboten, überwiegend als Anbau-Volldrehpflüge, mit Rohrrahmenbauweise und sogenannten Universalpflugkörperformen. Die Entwicklung der vergangenen Jahre war geprägt durch zahlreiche Detailverbesserungen, die sich auf Vereinfachungen der Bedienung und Handhabung, Erhöhung der Funktionssicherheit sowie auf eine Verringerung des Verschleißes konzentrierten. Stichwortartig seien genannt: verbesserte Drehwerke und Steinsicherungen, einfacher An- und Abbau von Vorwerkzeugen, Verwendung hochwertiger Stahlqualitäten zur Verringerung des Pfluggewichtes, zunehmender Einsatz austauschbarer, teilweise spezialbeschichteter Verschleißteile, um die Verschleißkosten zu reduzieren. Größer geworden ist auch das Angebot an einfach bedienbaren Einrichtungen zur Verstellung der Vorderfurchenbreite und des Zugpunktes.

Einige Hersteller bieten Pflüge mit besonderen Pflugkörperformen an, z.B. mit sogenannten Rauten- oder Streifenpflugkörpern, um den Energie- und Zeitaufwand beim Pflügen zu reduzieren oder um die Arbeitsqualität zu verbessern.

Nach bisherigen Erfahrungen bleibt festzuhalten, daß der Einsatz spezieller Pflugkörperformen nur unter bestimmten Bedingungen mit einer deutlichen Reduzierung des Energiebedarfes und einer spürbaren Steigerung der Schlagkraft verbunden ist. Da entsprechende Vorteile nur in Ausnahmefällen zu erwarten sind, bleibt die Arbeitsqualität das entscheidende Beurteilungskriterium bei der Pflugauswahl. Spezialformen sollten besonders dann eingesetzt werden, wenn sie eine bessere Arbeitsqualität ermöglichen als herkömmliche Pflugkörper, wenn sie den Boden also z. B. besser wenden oder stärker zerkleinern. So sind z. B. Streifenkörper hauptsächlich eine bevorzugte Alternative für "klebende" Böden oder für Standorte mit stark wechselnden Bodenverhältnissen. (Bild 6)



Bild 6: Pflüge mit Streifenkörpern sind eine bevorzugte Alternative für "klebende" Böden oder für Standorte mit stark wechselnden Bodenverhältnissen.

Pflüge mit stufenloser Schnittbreitenverstellung

Ein Höchstmaß an Schlagkraft beim Pflügen läßt sich nur erreichen, wenn der Schleppermotor stets voll ausgelastet ist. Voraussetzung hierzu ist ein Schlepper mit stufenlosem Getriebe, oder ein Pflug mit stufenloser Arbeitsbreitenverstellung. (bild 7)



Bild 7: Pflüge mit stufenlos variabler Arbeitsbreite ermöglichen eine optimale Auslastung der Schleppermotorleistung bei unterschiedlichen Boden- und Geländeverhältnissen.

Durch die Wahl variabler Arbeitsbreiten, hangaufwärts oder auf schweren Böden mit schmalerem Schnitt bzw. hangabwärts oder auf leichten Böden mit breiterem Schnitt, läßt sich die gegebene Motorleistung unter wechselnden Boden- und Geländeverhältnissen optimal nutzen. In Verbindung mit einer Verringerung der Arbeitszeit ist eine entsprechende Minderung des flächenbezogenen Kraftstoffverbrauches zu erwarten. Da sich bei konstanter Arbeitstiefe das Breiten-Tiefenverhältnis der Pflugkörper verändert, wird auch

die Arbeitsqualität (Wendung, Krümelung) variiert. So lassen sich je nach Bodenzustand und Anforderungen der Folgefrucht durch Änderung der Arbeitsbreite unterschiedliche Arbeitseffekte erzielen, z.B. eine feinkrümeligere "Saatfurche" oder eine grobschollige "Winterfurche".

Pflüge mit variabler Arbeitsbreite erleichtern außerdem das Begradigen von Furchen und das Auspflügen von Spitzen. Sie werden mittlerweile von mehreren Herstellern angeboten, wobei die Schnittbreite der Einzelkörper vom Schlepper aus stufenlos hydraulisch, je nach Fabrikat, zwischen 25 und 50 cm verstellt werden kann.

Lockern ohne Bodenwendung

Unter bestimmten Bedingungen empfiehlt es sich, auf eine wendende Lockerung mit dem Pflug zu verzichten. Dies gilt z.B. besonders für tonreiche Böden, um den hohen Aufwand an Arbeitszeit und Energie für das Pflügen und die folgende Saathetbereitung zu reduzieren. Der Einsatz von Grubbern oder vergleichbaren Geräten ermöglicht unter derartigen Bedingungen nicht nur eine schlagkräftigere Grundbodenbearbeitung, sondern hinterläßt im Vergleich zum Pflug auch eine wesentlich stärker zerkleinerte Bodenoberfläche, so daß die folgende Saathetbereitung mit einem zapfwellengetriebenen Gerät in einer Überfahrt erledigt werden kann.

Grubber und Grubberkombinationen empfehlen sich unter günstigen Bedingungen auch auf leichteren Böden als zweckmäßige Alternative zum Pflug, besonders problemlos z.B. zur Winterweizenbestellung nach Raps, Mais oder Rüben. Vorteilhafte Einsatzbereiche ergeben sich auch auf erosionsgefährdeten Standorten, da schützende Mulch- und Pflanzendecken nicht oder nur teilweise eingearbeitet werden.

Bei drei- und vierreihigen Grubbern mit Strichabständen von 20 bis 25 cm

ist die Lockerungstiefe auf etwa 25 cm begrenzt. (Bild 8)



Bild 8: Mit herkömmlichen Grubbern kann bei der Grundbodenbearbeitung nicht tiefer als 20 - 25 cm gelockert werden.

Ein- und zweireihige Ausführungen ermöglichen dagegen, bei entsprechenden Werkzeugabständen, eine bis zu etwa 40 cm tiefe Lockerung. Um bei derartigen Arbeitstiefen einen ganzflächigen Bodenaufbruch zu erzielen, werden diese Geräte mit entsprechend breiten Scharen ausgerüstet. (Bild 9) Damit die gänsefuß- oder flügelartigen Schare, mit Breiten von etwa 40 cm und mehr, den Boden nicht nur durchschneiden, sondern auch tatsächlich lockern, ist - abgesehen von ausreichenden Anstellwinkeln der Schare - ein trockener Bodenzustand wichtigste Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz.

Neben breit schneidenden Lockerungsscharen, die teilweise direkt an dem zapfwellengetriebenen Folgegerät befestigt sind, (Bild 10), eignen sich be-

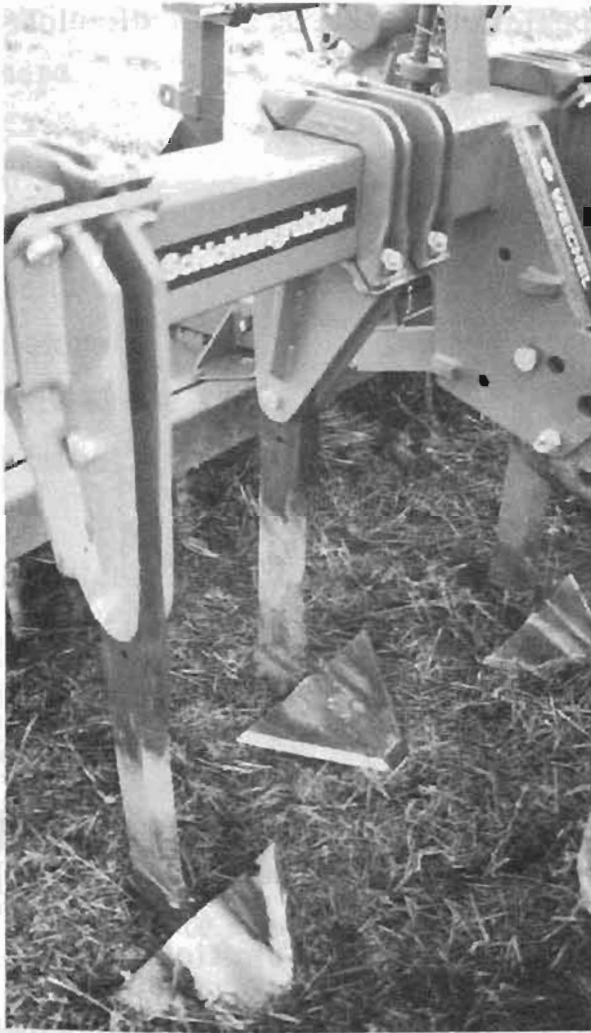


Bild 9

Bild 9 und 10:
Um Lockerungstiefen von 30-40 cm zu erzielen, sind Grubber mit größeren Werkzeugabständen und entsprechend breiten Scharen erforderlich, um den Boden ganzflächig aufzubrechen. Werden entsprechend kurz gebaute Grubber mit zapfwellengetriebenen Nachlaufgeräten kombiniert, läßt sich gleichzeitig die Saatbettbereitung erledigen.



Bild 10

sonders Geräte (z.B. "Parapflug") mit speziellen Werkzeugen für die nicht wendende Bodenlockerung (Bild 11).

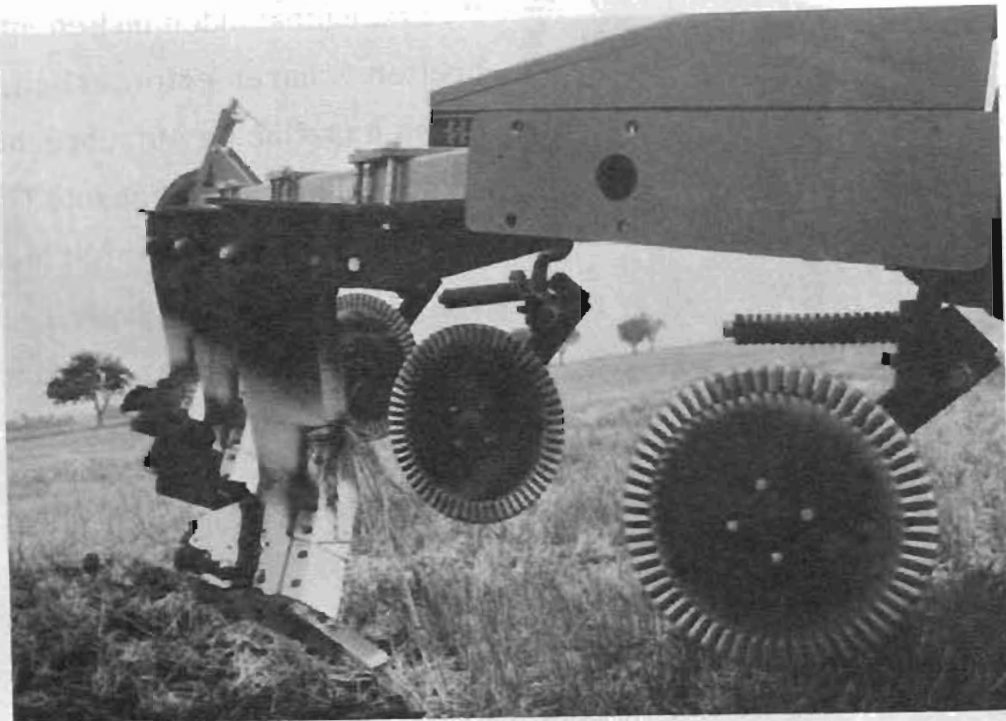


Bild 11: Der Parapflug lockert den Boden bis zu 50 cm tief, ohne ihn zu wenden und zu mischen.

Bedingt durch verstellbare Leitbleche kann der Aufbrucheffekt unterschiedlichen Bodenbedingungen angepaßt werden.

Abschließend bleibt festzuhalten, daß die genannten Geräte eine mit dem Pflug vergleichbare Lockerungswirkung nur auf trockenen Böden erreichen. Voraussetzung für eine nachhaltige Lockerung ist außerdem ein Tonanteil von mindestens etwa 20 %, das bedeutet, auf Sand- und leichteren Lehmböden ist dieser Effekt nicht zu erwarten.

Um die Bestellung auf zwei Arbeitsgänge zu beschränken, empfiehlt sich besonders der Einsatz von Grubbern, die den Boden weder wenden noch mischen, gefolgt von entsprechend geeigneten zapfwellengetriebenen Be-

stellkombinationen, die den Boden in einer Überfahrt ausreichend zukleinern.

Verzicht auf tiefes Lockern

Bei trockenem Bodenzustand und unverdichtetem Unterboden kann auf eine tiefere Lockerung verzichtet werden. Frässaatmaschinen oder vergleichbare Kombinationen und in besonderen Fällen auch Direktsaatmaschinen erscheinen in diesem Fall als geeignete Alternativen.

Mögliche Einsatzbereiche ergeben sich z.B. in trockenen Jahren nach der Ernte von Raps, Mais und Rüben, wenn die Felder frei sind von tiefen Fahrspuren, und die Böden über eine stabile Struktur mit einem ausreichenden Porenvolumen verfügen.

Die genannten zapfwellengetriebenen Bestellkombinationen bieten den Vorteil, daß sie sowohl auf bereits gelockerten als auch auf unbearbeiteten Böden eingesetzt werden können und selbst bei großen Massen von Ernterückständen eine störungsfreie Arbeit leisten. Außerdem können sie bei Bedarf mit einem kurz gebauten Grubber kombiniert werden. Mit den genannten Kombinationen läßt sich der Aufwand für die Getreidebestellung auf einen Arbeitsgang reduzieren.

Bezüglich der Schlagkraft werden die genannten Lösungen nur von der Direktsaat übertroffen, bei der auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet wird.

Der Einsatz spezieller Scheibensämaschinen für die Direktsaat ist aber bei uns auf Einzelfälle beschränkt. Abgesehen von den erforderlichen Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz im Getreidebau (z.B. stabile Bodenstruktur, trockener Bodenzustand, Strohverbrennen), die bei uns nur

selten gegeben sind, stehen der hohe Aufwand für die chemische Unkrautbekämpfung und die relativ hohe Ertragsunsicherheit einer Zunahme dieser Verfahren entgegen.

Saatbettbereitung

Der Einsatz von Geräten und Verfahren zur Saatbettbereitung ist heute besonders gekennzeichnet durch das Bestreben, die Anzahl der Arbeitsgänge auf ein Mindestmaß zu beschränken, um den Anteil von Fahrspuren, die Gefahr schädlicher Bodenverdichtungen und den Aufwand an Arbeitszeit und Energie zu verringern. Aus diesen Gründen werden zunehmend Geräte eingesetzt, die eine gewünschte Arbeitsqualität in möglichst einer Überfahrt erreichen.

Gezogene Geräte

Gezogene Geräte zur Saatbettbereitung werden überwiegend in Form unterschiedlicher Zinkeneggen angeboten, seien es Eggen mit starren Zinken ("Acker"- und "Löffelggen") oder mit Federzinken ("Feingrubber" und "Gareeggen"). Zur flachen Saatbettbereitung werden bevorzugt Eggen mit engen Strichabständen von etwa 5 cm eingesetzt, überwiegend kombiniert mit nachlaufenden Wälzeggen.

Der Einsatz dieser Geräte empfiehlt sich überall dort, wo es gelingt, in maximal z w e i Arbeitsgängen ein ausreichend feines Saatbett zu bereiten. Sind diese Voraussetzungen gegeben, gibt es kaum wirtschaftliche Alternativen.

Zunehmendes Interesse gewinnen sogenannte Kompakteggen. Diese kurz gebauten, mit einer Nachlaufwalze ausgerüsteten Eggen lassen sich mit einer Sämaschine kombinieren, und ermöglichen auf leichten Böden ohne Ernterückstände auf denen der Einsatz zapfwellengetriebener Geräte nicht erforderlich ist, die Erledigung von Saatbettbereitung und Saat in einer Überfahrt (Bild 12).



Bild 12: Kurz gebaute Kompakteggen, kombiniert mit einer Sämaschine sind auf leichten Böden eine kostengünstige Alternative zu zapfwellengetriebenen Bestellkombinationen.

Krumenpacker als Pflugnachläufer

Zur Saatbettbereitung hat, zumindest regional, der Einsatz von Krumenpackern in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Packerkombinationen mit verschiedenen Nachlaufgeräten werden für Vollandpflüge von nahezu sämtlichen Herstellern als sogenannte Wendepacker angeboten, bei denen der Nachläufer an einem drehbaren Arm mit dem Packer verbunden ist. Abgesehen davon, daß nur noch ein Nachlaufgerät vorhanden ist (Kostensparnis), ermöglichen sie gegenüber herkömmlichen Lösungen eine flexiblere Verwendung, sei es mit oder ohne Nachlaufwerkzeuge. Eine gute Zerkleinerung und Einebnung der Bodenoberfläche erfordert auf schweren Böden allerdings eine ausreichende Ballastierung der Nachläufer. Je nach Ausführung und Einsatzbedingungen ermöglichen Packerkombinationen nicht nur eine gute Rückverfestigung des gepflügten Bodens, sondern

gleichzeitig auch eine mehr oder weniger deutliche Reduzierung des Aufwandes für die folgende Nachbearbeitung, auf die teilweise sogar verzichtet werden kann (Bild 13).



Bild 13: Beim Pflügen mitgeführte Packerkombinationen hinterlassen auf leichten Böden einen saarfertigen Acker.

Ihr Einsatz empfiehlt sich besonders auf leichteren Sand- und Lehmböden. Auf tonreichen sowie steinigen und flachgründigen Böden ist dagegen von ihrer Verwendung abzuraten. Auf leichteren Böden, die möglichst tiefreichend rückverfestigt werden sollen, geht der Trend zu Packern mit Ringdurchmessern von 900 mm, auf schweren Böden, wo es mehr auf die Zerkleinerung grober Schollen ankommt, werden bevorzugt Doppelpacker mit 700 mm-Ringen eingesetzt. (Bild 14). Um das Abhängen des Packers an jeder Stelle des Feldes ohne Ausheben des Pfluges zu ermöglichen, werden hydraulisch oder elektromagnetisch betätigte Ausklinkvorrichtungen angeboten.

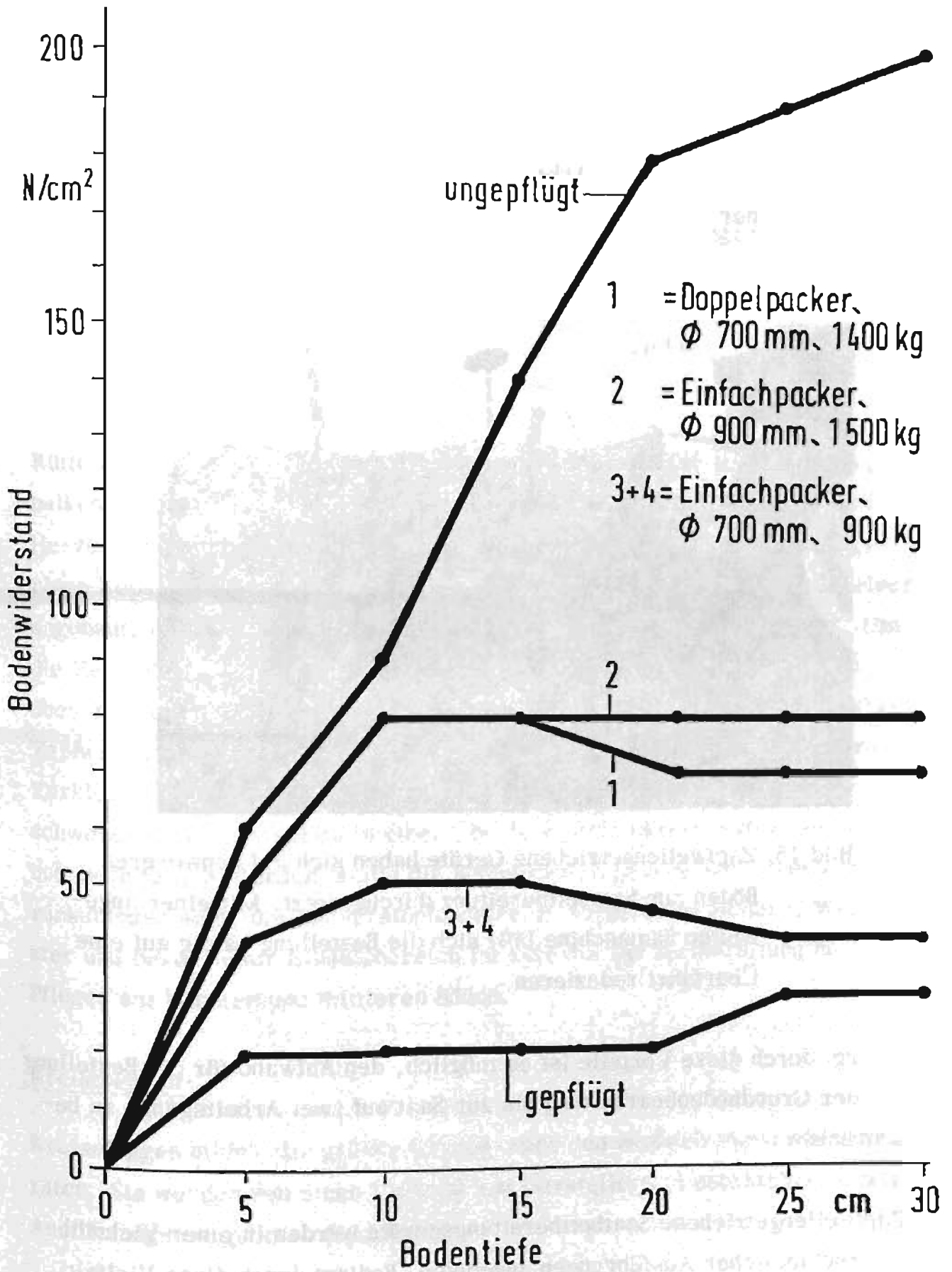


Bild 14: Je nach Ausführung und Gewicht ermöglichen die Packerkombinationen eine unterschiedliche Rückverfestigung des gepflügten Bodens.

Zapfwellengetriebene Geräte

Der Einsatz zapfwellengetriebener Geräte ermöglicht je nach Ausführung und Bodenzustand nicht nur die Schaffung eines ausreichend fein zerkleinerten Saatbettes in einem Arbeitsgang, sondern reduziert durch Kombination mit einer Sämaschine die Saatbettbereitung und Saat auf eine Überfahrt (Bild 15).



Bild 15: Zapfwellengetriebene Geräte haben sich auf schwereren Böden zur Saatbettbereitung durchgesetzt. Mit einer angebauten Sämaschine läßt sich die Bestellung häufig auf eine Überfahrt reduzieren.

Bedingt durch diese Vorteile ist es möglich, den Aufwand für die Bestellung von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saat auf zwei Arbeitsgänge zu beschränken.

Zapfwellengetriebene Saatbettbereitungsgeräte werden in einer Vielzahl unterschiedlicher Ausführungen angeboten. Bedingt durch diese Vielfalt

ist es nicht einfach, das umfangreiche Geräteangebot hinsichtlich Arbeitseffekt, Leistungsbedarf, Handhabung, Kosten usw. zu beurteilen, um unter Abwägung der Vor- und Nachteile das "richtige" Gerät für einen bestimmten Boden und Betrieb auszuwählen.

Das vielfältige Geräteangebot umfaßt Rüttel- und Taumeleggen, die sich besonders auf leichteren Böden behaupten sowie Kreiseleggen und Zinkenrotoren, die auf schwereren Böden bevorzugt werden.

Rütteleger

Rütteleger mit quer zur Fahrtrichtung hin- und herschwingenden Zinkenbalken haben sich seit vielen Jahren besonders auf leichten Böden bewährt. Hervorzuheben sind gute Einebnung, Unempfindlichkeit gegen Steine, geringe Reparaturkosten und die kurze Bauweise, die in Verbindung mit einer angebauten Sämaschine den erforderlichen Hubkraftbedarf verringert. Um die Zerkleinerungswirkung zu verbessern, verfügen einige Rütteleger über ein Getriebe mit jeweils einem Anschluß für die 540er und die 1000er Zapfwelle, das variable Schwingungszahlen und damit eine veränderbare Zerkleinerungswirkung ermöglicht. Trotz dieser Möglichkeit läßt sich auf schweren Böden nur selten in einer Überfahrt ein ausreichend feines Saatbett bereiten. Außerdem sollte die Bodenoberfläche möglichst frei von Ernterückständen sein, um ein verstopfungsfreies Arbeiten zu sichern. Wichtigster und bevorzugter Einsatzbereich ist also die Saatbettbereitung nach dem Pflügen auf leichten und mittleren Böden.

Kreiseleggen

Kreiseleggen bilden die größte Gruppe unter den zapfwellengetriebenen Geräten. Sie werden von einer Vielzahl von Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten (Bild 16).



Bild 16: Kreiseleggen werden in unterschiedlichen Ausführungen angeboten.

Die über Zahnräder angetriebenen Zinkenpaare der Kreiselegge drehen sich gegenläufig um senkrechte Achsen. Da sich die Werkzeuge auch quer zur Fahrtrichtung bewegen, ebnen sie Fahrspuren zwar gut ein, belassen aber Ernterückstände größtenteils auf der Bodenoberfläche. Die Zinkengeschwindigkeit läßt sich über Wechsel- und Schaltgetriebe in einem großen Bereich variieren, so daß auch auf sehr schweren Böden in einer Überfahrt ein ausreichend feines Saatbett bereitet werden kann. Selbst bei größeren Mengen von Ernterückständen auf der Bodenoberfläche ist eine störungsfreie Arbeit möglich. Verbunden mit einem guten Einebnungseffekt verfügen Kreiseleggen über eine besondere Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Bodenverhältnisse. Schwerpunkte des Einsatzes sind die Zwischenfrucht- und Herbstbestellung auf schwereren Böden. Im Gegensatz zur Rüttelegge wird ihr Einsatz durch Stroh- und Blattreste nicht begrenzt, dagegen sind sie wesentlich steinempfindlicher, wenn man von den wenigen

Kreiseleggen absieht, die über eine echte Steinsicherung verfügen. Auch hinsichtlich des Verschleißes und der Reparaturkosten sind sie vergleichsweise ungünstiger zu beurteilen, wenn auch hierbei je nach Fabrikat, Einsatzbereich und -dauer sehr große Unterschiede möglich sind.

Außer sehr einfachen, leichten und preiswerten Geräten, die zur Bearbeitung kleinerer Flächen und leichter Böden vollauf ausreichend sein können, gibt es auch entsprechend schwere und teure Ausführungen für schwierige Einsatzverhältnisse mit schweren und steinig Böden.

Entsprechend des Einsatzzweckes kann auch zwischen verschiedenen Werkzeugformen gewählt werden. Neben den weit verbreiteten Zinken mit rundem Querschnitt werden zunehmend messerförmige Zinken angeboten, die sich besonders zur Saatbettbereitung auf schweren und trockenen Böden empfehlen und auch bei der Einarbeitung von Pflanzenresten von Vorteil sind. "Aufgriff" gestellte Messerzinken können auch zur Stoppelbearbeitung auf festem Boden eingesetzt werden.

Zinkenrotoren

Auch Zinkenrotoren werden mittlerweile von mehreren Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten (Bild 17). Bei diesen Geräten dreht sich der seitlich angetriebene, mit Zinken bestückte Rotor um eine quer zur Fahrtrichtung liegende Achse. Die Zinken schlagen, drücken und stechen von oben in den Boden. Da die lockeren Schollen gegen festen Boden gedrückt werden und nicht ausweichen können, ist eine intensivere Zerkleinerung möglich. Bedingt durch die Bewegungsrichtung seiner Werkzeuge eignet sich der Zinkenrotor besser zur Einarbeitung von Ernterückständen, weniger zur Ein-ebnung des Bodens. Müssen bei der Saatbettbereitung Fahrspuren eingeebnet werden, empfiehlt sich die Ausrüstung mit Spurlockerern und Planier-
vorrichtungen. Durch Austausch des Zinkenrotors gegen einen Messerrotor



Bild 17: Zinkenrotoren zur Saatbettbereitung auf schweren Böden gewinnen zunehmendes Interesse.

können Ernterückstände und Zwischenfrüchte auch ohne vorhergehende Bodenlockerung gut eingearbeitet werden. Bedingt durch die gute Mischwirkung eignet sich der Zinkenrotor auch besonders zur Kombination mit einem Grubber bei der Stoppelbearbeitung oder pfluglosen Getreidebestellung.

Kreiselegge oder Zinkenrotor?

In den meisten Fällen ist die Arbeitsqualität das wichtigste Kriterium zur Beurteilung eines Gerätes. Unterstellt man grundsätzlich eine gleich gute Zerkleinerungswirkung, die bei zapfwellengetriebenen Geräten von entscheidender Bedeutung ist, so unterscheiden sich Kreiseleggen und Zinkenrotor besonders in bezug auf ihre einarbeitende und einebnende Wirkung. Sie bestimmen auch die Einsatzbereiche dieser Geräte.

Abgesehen vom geringeren Leistungsbedarf auf trockenen, schweren Böden, spricht besonders die gute Einmischung von Ernterückständen für den Zinkenrotor (Bild 18). Er läßt sich also vielseitig sowohl zur Saatbettbereitung als auch zur Stoppelbearbeitung einsetzen. Letzteres gilt besonders in Verbindung mit dem möglichen Austausch gegen einen Messerrotor und der vorteilhaften Kombinationsmöglichkeit mit einem Grubbervorsatz. Nachteilig ist die schlechtere Einebnung bei tiefen Fahrspuren, die allerdings durch Spurlockerer und Planiereinrichtungen verbessert werden kann. Kritisch ist der Einsatz auf nur oberflächennah abgetrocknetem Boden, besonders im Frühjahr, da feuchte Klumpen auf die Oberfläche gefördert werden. Diese Nachteile werden beim Einsatz der Kreiselegge vermieden, die sich durch eine gute Einebnung auszeichnet und auch auf langsam abtrocknendem Boden vorteilhaft eingesetzt werden kann. Da Ernterückstände kaum eingearbeitet werden, ist die Kreiselegge ein spezielles Saatbettbereitungsgerät, das sowohl zur Herbst- als auch zur Frühjahrsbestellung verwendet werden kann.

Zinkenrotoren empfehlen sich besonders für die Herbstbestellung auf schweren, trockenen Böden oder für Betriebe, die ein vielseitiges Gerät für die Saatbettbereitung und Stoppelbearbeitung suchen. Da sie im Vergleich zur Kreiselegge auch über weniger Antriebselemente und Verschleißteile verfügen, ist unter schwierigen Bedingungen und bei starker Auslastung auch mit geringeren Reparatur- und Verschleißkosten zu rechnen. Hinsichtlich der Anschaffungspreise bleibt festzuhalten, daß sich Zinkenrotoren und Kreiseleggen bei vergleichbarer Ausrüstung und Qualität kaum unterscheiden.

Abschließend bleibt anzumerken, daß der Einsatz zapfwellengetriebener Saatbettbereitungsgeräte kombiniert mit verstopfungsfrei arbeitenden Sämaschinen entscheidend dazu beiträgt, die Verbreitung von Bodenbearbeitungsverfahren ohne wendende Lockerung in der Praxis zu fördern. Durch das Angebot entsprechender Technik hat das Argument des "reinen Tisches" heute an Bedeutung verloren.

Zerkleinerungseffekt und Leistungsbedarf zapfwellengetriebener Saatbettbereitungsgeräte

Boden: Schluffiger Lehm (A), toniger Lehm (B); hart, trocken, grobschollig
 Vorfahrtgeschwindigkeit: 6 km/h (A), 5 km/h (B); Arbeitstiefe: 7 cm
 Ergebnisse: LK Rheinland 1981 (A), Institut f. Agrartechnik Hohenheim 1981 (B)

Geräte	Rotor- drehzahl min ⁻¹		Umfanggeschw. der Zinken m/s		Mittlere Krümelgröße mm		Motorleistungs- bedarf kW (PS)/m	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Kreiselegge mit runden Zinken	280	220	4,7	2,9	39	83	-	-
	320	330	5,3	4,3	37	50	-	-
	410	410	6,7	5,4	29	30	29 (40)	26 (35)
Kreiselegge mit Messerzinken	270	-	4,2	-	31	-	--	-
	330	-	5,2	-	30	-	23 (31)	-
	400	-	6,3	-	23	-	-	-
Zinkenrotor	190	170	5,2	4,2	34	58	-	-
	230	310	6,3	7,8	29	31	17 (23)	19 (26)
	280	390	7,6	9,8	28	23	-	-
Kreiselegge mit Messerzinken (2 Arbeitsgänge)	400	-	6,3	-	17	-	-	-

Bild 18: Bei gleicher Zerkleinerungswirkung (mittlere Krümelgröße) erfordert der Zinkenrotor auf schweren Böden einen geringeren Leistungsbedarf als die Kreiselegge.

Probleme mit Nachlaufwalzen

Besondere Probleme bereiten in vielen Fällen, unabhängig vom Fabrikat, die Nachlaufwalzen zapfwellengetriebener Geräte. Einfache Stabwalzen dienen nur der Tiefenführung des Gerätes, sie üben keine festigende Wirkung auf den Boden aus. Da sie sich unter feuchten Bedingungen zusetzen, empfiehlt es sich, Lösungen ohne durchgehende Mittelachse und mit möglichst wenigen Stäben zu wählen. Für sehr feuchte und bindige Böden werden teilweise auch spezielle Stelzenwalzen angeboten. Unabhängig von der Art der Walze sollten Ausführungen mit möglichst großem Durchmesser gewählt werden, um auch auf lockeren Böden das Blockieren ("Schieben") der Walzen zu vermeiden.

Wird Wert auf eine zusätzliche Rückverfestigung gelegt, bietet sich der Einsatz schwerer Packerwalzen an. Mit zunehmender Bodenfeuchte läßt sich ein Verkleben der Walzen, selbst durch angebaute Abstreifer, nicht immer ausschließen. Die Abstreifer sind, unabhängig vom Fabrikat, häufig eine besondere Störquelle. Sie sind vergleichsweise empfindlich (Verschleiß, Verbiegen) und erfordern ein exaktes Einstellen und wiederholtes Nachstellen, um eine störungsfreie Funktion zu gewährleisten. Zahnpackerwalzen haben die größte Verbreitung. Sogenannte Prismenwalzen ermöglichen eine vergleichbare Arbeitsqualität. Schwere Packerwalzen lassen sich besonders vorteilhaft nur auf trockenen und ausreichend zerkleinerten Böden einsetzen.

Einordnung verschiedener Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren

Versucht man die Einsatzbereiche von Bodenbearbeitungsverfahren mit wendender Bodenlockerung in Abhängigkeit von der Bodenart darzustellen, läßt sich vereinfachend festhalten, daß der Pflug auf den meisten Sand- und Lehmböden auf absehbare Zeit die bevorzugte Alternative bleibt. Auf Sandböden hinterläßt er, kombiniert mit einem Packer in einer Überfahrt

einen saarfertigen Acker, im zweiten Arbeitsgang folgt die Sämaschine, eventuell kombiniert mit einer kurz gebauten Egge. Der Pflug ist auch auf den meisten Lehmböden das Standardgerät zur Grundbodenbearbeitung, da er besonders auf den leichteren, verdichtungsempfindlichen Lehmböden eine nachhaltigere Lockerungswirkung ermöglicht als andere Geräte und weil der heute weitgehend übliche Einsatz von zapfwellengetriebenen Eggen die folgende Saabettbereitung auf eine Überfahrt reduziert. Werden sie mit einer Sämaschine kombiniert, ist auch auf diesen Böden mit dem Pflug eine Bestellung in zwei Arbeitsgängen möglich, besonders dann, wenn beim Pflügen ein Packer mitgeführt wird.

Schließlich sei noch auf Einsatzbereiche hingewiesen, in denen aus Sicht der breiten Praxis keine Alternativen zur Wendung des Bodens mit dem Pflug bestehen. Dies ist z.B. der Fall, wenn auf krummentief durchweichten und zerfurchten Böden ein Saabett für Wintergetreide bereitet werden soll, besonders dann, wenn gleichzeitig große Pflanzenrestmassen eingearbeitet werden müssen, und wenn es gilt, Fremdbewuchs in der Folgefrucht möglichst sicher zu vermeiden (Saabgutvermehrung).

Überall dort, wo es gelingt, die Bestellung vom Pflügen bis zur Saat auf zwei Arbeitsgänge zu beschränken, besteht nur selten ein zwingender Anlaß, auf das Pflügen zu verzichten. Sind dagegen selbst mit zapfwellengetriebenen Geräten mehr als zwei Überfahrten erforderlich, um ein ausreichend fein zerkleinertes Saabett zu bereiten, erscheint es zweckmäßiger, andere Lockerungsgeräte einzusetzen oder gar auf eine tiefere Bodenlockerung zu verzichten.

Alternativ zum Pflug bietet sich, unter trockenen Bedingungen der Einsatz des Grubbers (Bild 19) oder von Grubberkombinationen (Bild 20) besonders zur Winterweizenbestellung nach Raps, Kartoffeln, Rüben oder Mais an. Ein derartiger Wechsel der Verfahren mit einem Trend zu einem Verzicht auf das jährliche Pflügen ist in vielen Betrieben bereits seit Jahren üblich.

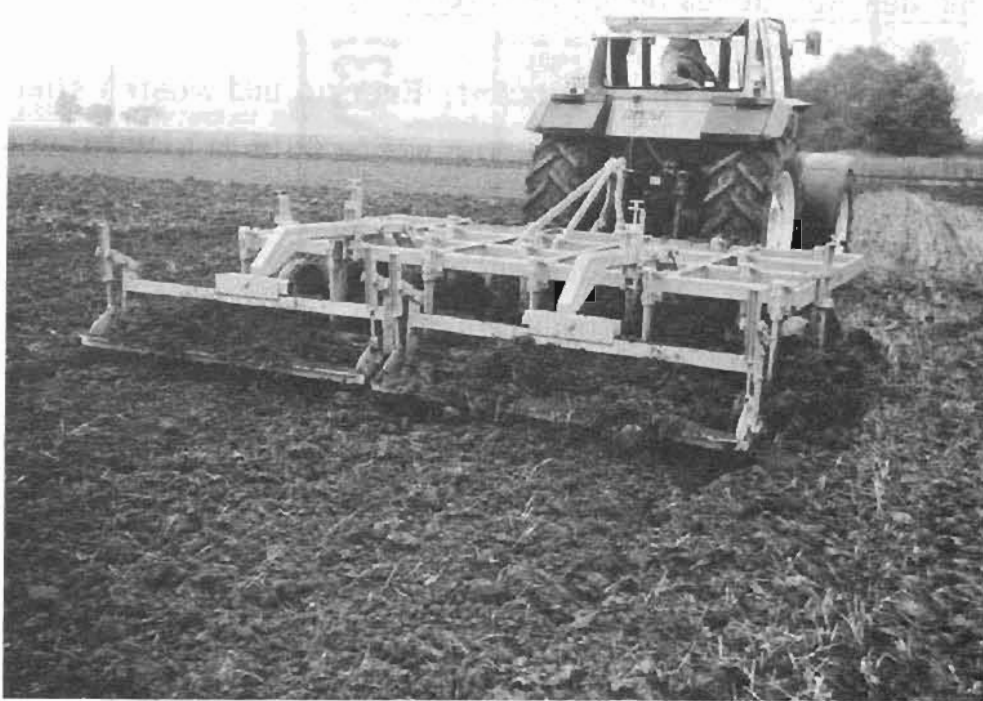


Bild 19: Der Einsatz von Grubbern ermöglicht eine schlagkräftige Wintergetreidebestellung ohne Pflug. Mit zunehmendem Tonanteil des Bodens.....



Bild 20: empfiehlt sich die Verwendung von Geräten mit nicht wendenden und mischenden Lockerungswerkzeugen.

Minderung des Aufwandes durch Pflugverzicht

Besondere Einsparungen an Arbeitszeit, Energie und Kosten sind zu erwarten, wenn auf das Pflügen verzichtet wird. (Bild 21). Werden statt dessen nicht wendende Lockerungsgeräte eingesetzt, vermindern sich Arbeitszeitbedarf und Kraftstoffverbrauch je nach Boden, um etwa 40-50%. Diese Vorteile zeigen sich besonders auf tonreichen Böden, da nicht nur der Aufwand für das Pflügen sondern auch für die Saatbettbereitung des grobscholligen Bodens steigt. Die günstigeren Werte für Grubberverfahren sind also nicht nur auf die hohe Schlagkraft des Grubbereinsatzes, sondern auch auf die geringere Anzahl der Arbeitsgänge bei der Saatbettbereitung zurückzuführen. Eine Reduzierung des Arbeitszeitbedarfes und des Kraftstoffverbrauches um etwa 70 % ist auf diesen Böden zu erwarten, wenn zum Beispiel ein kurz gebauter Grubber kombiniert mit einem zapfwellengetriebenen Gerät und einer Sämaschine (Bild 22) oder eine entsprechend geeignete zapfwellengetriebene Bestellkombination (ohne Grubbervorsatz), etwa eine Frässaatmaschine (Bild 23), eingesetzt wird, wenn also die gesamte Bestellung in einer Überfahrt erledigt wird.

Auf tonreichen Böden ist also der Pflugverzicht Voraussetzung für schlagkräftige Verfahren. Um den Aufwand auf zwei Arbeitsgänge zu beschränken, empfiehlt sich der Einsatz von Lockerungsgeräten, die den Boden nicht wenden und mischen, gefolgt von entsprechend geeigneten zapfwellengetriebenen Bestellkombinationen, die den Boden in einer Überfahrt ausreichend zerkleinern. Bei trockenem Bodenzustand und unverdichtetem Unterboden kann auf eine tiefere Lockerung verzichtet werden. Frässaatmaschinen oder vergleichbare Kombinationen und in besonderen Fällen auch Direktsaatmaschinen erscheinen in diesem Fall als geeignete Alternativen.

Die für Tonböden genannten Geräte und Verfahren empfehlen sich auch für den Einsatz auf erosionsgefährdeten Standorten, insbesondere auf Lößböden in Hanglagen.

Praxisvergleich Bodenbearbeitungsverfahren 1982 - 1985

Arbeitszeit - und Energiebedarf

Verfahren	Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)	Kraftstoffverbrauch l/ha	Rel.
1 (P)	4.0 (1982/83)	76.0 (1982/83)	=100 (1982/83)
	4.3 (1984)	81.7 (1984)	=100 (1984)
2 (G)	2.6	49.4	65 (1982/83)
			60 (1984)
3 (PP)	2.8	53.2	70 (1982/83)
			65 (1984)
4 (-)	1.8	34.2	45 (1982/83)
			42 (1984)

Bild 21: Je nach Wahl des Verfahrens, ob mit Grubber (2), Parapflug (3) und ohne tiefere Lockerung (4), lassen sich im Vergleich zum Pflug auf mittleren Böden etwa 40-60% an Arbeitszeit und Kraftstoff sparen.



Bild 22: Kurz gebaute Grubberkombinationen mit angebauter Sämaschine erledigen Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat in einer Überfahrt.



Bild 23: Die größte Schlagkraft wird erreicht, wenn auf eine tiefere Bodenlockerung verzichtet wird. Der Einsatz von Frässaatmaschinen hat sich hierzu bewährt.

Der größte Vorteil pflugloser Bestellverfahren liegt in der Verminderung des Arbeitszeitbedarfes und der damit verbundenen Erhöhung der Schlagkraft. Dies gilt besonders für Betriebe mit schwierigen Standortbedingungen, wo der Einsatz des Pfluges eine termingerechte Wintergetreidebestellung in Frage stellt. Auf leichteren Böden und bei überwiegendem Anbau von Frühjahrskulturen sind diese Vorteile weniger deutlich, hier ermöglichen auch Pflugverfahren ausreichende Flächenleistungen.

Pflugverzicht ja, aber die Voraussetzungen müssen stimmen

Der Verzicht auf das Pflügen kann sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen erforderlich sein. Ob und in welchem Umfang damit verbundene Vorteile, wie zum Beispiel Vermindern der Bodenerosion, Einsparen an Arbeitszeit, Energie und Kosten zu erwarten sind, hängt entscheidend von den Standort-Voraussetzungen ab (Böden, Klima, Fruchtfolge).

Auswahl und Einsatz der Geräte und Verfahren werden besonders durch den Zustand des Ackers nach der Ernte (Verdichtungen, Fahrspuren, Ernterückstände usw.) bestimmt.

Nach eingehender Analyse der Standortbedingungen und unter Beachtung der Ansprüche der Folgefrucht ist der Einsatz von Geräten und Verfahren anzustreben, die eine entsprechend notwendige Arbeitsqualität mit einem Mindestmaß an Aufwand ermöglichen. Sind die Voraussetzungen gegeben, sollte jede Möglichkeit des Pflugverzichtes genutzt werden. Unter entsprechend geeigneten Bedingungen kann auch langfristig erfolgreich ohne Pflug gearbeitet werden.

Bezüglich der Pflanzenerträge bleibt festzuhalten, daß ein Pflugverzicht grundsätzlich ohne Mindererträge und ohne höhere Aufwendungen an Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln möglich ist (Bild 24).

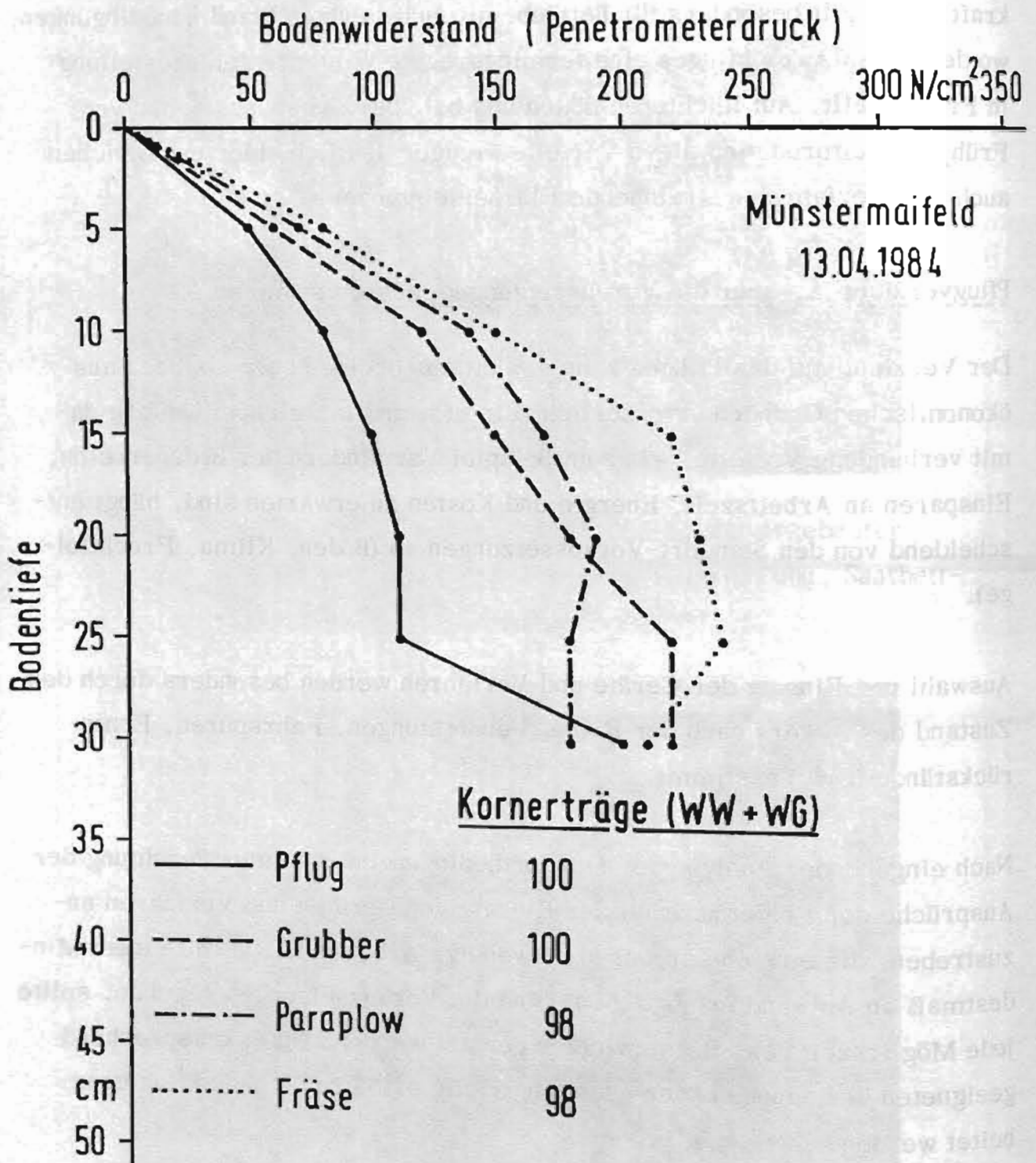


Bild 24: Trotz unterschiedlicher Lockerung des Bodens werden, unabhängig von der Wahl des Bearbeitungsverfahrens, vergleichbare Ernteerträge erzielt.

Ein universelles Bodenbearbeitungsverfahren, das den Anforderungen sämtlicher Böden, Fruchtarten und Fruchtfolgen gerecht wird, gibt es nicht und wird es nicht geben. Gefordert sind möglichst flexible Verfahren, die den jeweiligen Einsatzbedingungen angepaßt werden können und ein Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit und Arbeitsqualität gewährleisten.

Die technischen Möglichkeiten sind zwar vorhanden, wichtiger erscheinen aber entsprechend neue Überlegungen und die Bereitschaft, sie umzusetzen.

Literatur:

Köller, K.: Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug
KTBL-Schrift 301, Kuratorium für Technik
und Bauwesen in der Landwirtschaft,
6100 Darmstadt-Kranichstein, 1985

Moderne Getreide-Saattechnik

von Prof. Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan

Einführung

Die derzeitige verfahrenstechnische Situation ist gekennzeichnet durch drei wichtige Erkenntnisse:

- Auch in Betrieben mit einer ausgewogenen und ausgeklügelten Organisation und Mechanisierung des Getreidebaues entfallen nach wie vor ca. 50 bis 60 % des gesamten Arbeitszeitbedarfes auf die Bereiche "Bodenbearbeitung" und "Bestellung". Hier bestehen demnach noch echte Rationalisierungsmöglichkeiten, die konsequent genutzt werden sollten.
- Intensive züchterische Aktivitäten haben zu einer wesentlichen Steigerung und Stabilisierung der Ernteerträge geführt. Dennoch ist festzuhalten, daß lt. Prof. Aufhammer, Hohenheim, bei Winterweizen ein genetisches Potential für die Erzeugung von maximal ca. 240 dt/ha vorliegt. Derzeit werden im großen Durchschnitt nur ca. 25 %, in Spitzenbetrieben maximal ca. 50 % dieses theoretisch möglichen Ertrages erreicht. Hier besteht noch eine erhebliche Diskrepanz zwischen genetischem Potential und praxisüblichen Erträgen.
- Auch im landtechnischen Bereich hat die Entwicklung noch keinen Abschluß gefunden. Oftmals wird Beschwerde darüber geführt, daß im Gegensatz zu anderen Teilbereichen das Produktionssystem "Getreidebau" die Mechanisierung der Getreidebestellung nicht konsequent genug vorangetrieben wurde. Schlagworte wie "Erträge von Morgen müssen mit einer Saattechnik von Vorgestern erzeugt werden" kennzeichnen das - sicherlich etwas "überzogene"-Urteil mancher Praktiker.

Deshalb müssen alle Disziplinen mitwirken, das vorhandene Ertragspotential möglichst weitgehend auszuschöpfen, zumal Ertragsschwankungen, die durch klimatische Einflüsse oder infolge Durchführung von Produktionsmaßnahmen zum nicht optimalen Zeitpunkt hervorgerufen werden, nicht geringer werden, sondern teilweise zunehmen.

Soweit sie den Bereich "Bestellung" betreffen, lassen sich daher für die Verfahrenstechnik im Getreidebau einige wichtige Ziele skizzieren (Abbildung 1). Es kann wohl kein Zweifel daran bestehen, daß sichere und hohe Ernteerträge langfristig nur dann zu erzielen sind, wenn bereits bei der Saat beste Voraussetzungen geschaffen werden, daß folgende Kriterien sichergestellt sind:

- rasche und sichere Keimung
- hoher Feldaufgang
- damit beste Voraussetzungen schaffen für sicheres Erreichen der angestrebten Pflanzenbestandszahlen
- ungehinderte Jugendentwicklung der Pflanzenbestände
- optimale Ausbildung aller ertragsbeeinflussenden Faktoren.

Aus landtechnischer Sicht lassen sich folgende, vorrangige Aufgaben skizzieren, um die vorgenannten Forderungen zu erfüllen:

- optimaler Standraum für die Einzelpflanze, also gleichmäßige Saatgutverteilung auf der Fläche

Ziele der Bestelltechnik
im modernen Getreidebau

- verbessern der Anbaubedingungen

Verbesserung der Bodenstruktur

optimale Bodenbearbeitung

ordnungsgemäße Saatgutablage

- verringern des Anbau-Risikos

schlagkräftige Arbeitsverfahren

optimale Einsatzzeitpunkte

- unterstützen der Wachstumsbedingungen

Sicherstellen der Keim- und Wachstumsfaktoren

gezielte Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen

"Technische Klimaverbesserung"

(z.B. Beregnung)

Abb. 1

- optimale Ablage und Einbettung des Saatgutes, insbesondere gleichmäßig-exakte Tiefenablage
- exaktes Einbringen der Saat auch bei Vorhandensein von Pflanzenrückständen im Saathorizont
- Verbesserung des Bedienungskomforts
- Kombination von Saadbettbereitung und Saat
- vielseitiger Geräteeinsatz

Von einer modernen Gerätetechnik für die Getreidebestellung wird erwartet, daß diese Aufgaben möglichst weitgehend und sicher erzielt werden.

Optimaler Standraum für die Einzelpflanze

Bisher wurde für die Getreidesaat überwiegend die Drillsaat mit relativ großen Reihenabständen und geringen Kornabständen in der Reihe angewandt. Die Ursache hierfür ist vor allem in der hohen Saaddichte zu sehen, die bei Getreide je nach Art und Sorte ca. 200 bis 500 Körner/m² beträgt (Abbildung 2).

Kenndaten zur Aussaat

Fruchtart	Saaddichte Kö/m ²	Reihenabstand cm	Kornabstand i.d.R. cm	Anzahl Körner pro lfd. m
Getreide	200 - 500	8 - 15	6 - 1,3	16 - 75
Raps	60 - 120	15 - 33	11 - 2,5	9 - 40
Zuckerrüben	10 - 30	42,5 - 50	22 - 8	5 - 15
Silomais	9 - 15	60 - 80	18 - 8	6 - 13
Körnermais/CCM	6 - 12	60 - 80	26 - 10	4 - 10

Quelle: MÜLLE/HEEGE

Eine Optimierung des Standraumes je Einzelpflanze wird derzeit als vorrangiges Ziel bei der Getreidesaat angesehen. Denn je gleichmäßiger die Pflanzen auf der Fläche verteilt sind, desto günstiger kann sich die Einzelpflanze entwickeln. Da jede Pflanze eine Konkurrenzwirkung auf die Nachbarpflanze um Licht, Wasser und Nährstoffe ausübt, soll diese Konkurrenz im Mittel aller Pflanzen möglichst gering gehalten werden.

Darüber hinaus soll durch eine ordnungsgemäße Funktion der Saattechnik auch das Einhalten optimaler Pflanzenbestandszahlen gewährleistet werden. Je nach Standort, Sorte, Düngerversorgung etc. ist jeweils ein Optimum vorgegeben. Die Sicherheit und Höhe des Flächenertrages steigt nicht generell mit zunehmender Pflanzendichte. Vielfach verursacht eine zu hohe Pflanzenzahl/m² eine Abnahme der Kornzahl pro Ähre und damit den Verzicht auf einen Teil des möglichen Ertrages.

Die moderne Landtechnik bietet heute mehrere Lösungsformen an, eine gleichmäßigere Kornverteilung auf der Fläche zu erreichen:

Engreihen-Drillsaat

Eine Verengung der Reihenabstände bei der Drillsaat läßt im allgemeinen nicht nur einen höheren Feldaufgang sondern auch einen steigenden Ernteertrag erwarten (Abbildung 3 u. 4). Als Faustzahl kann gelten, daß jeder cm Reihenverengung eine Ertragssteigerung von ca. 0,7 % verursacht.

Bei Normal-Drillmaschinen mit Verteilung der Säschare auf zwei hintereinander angeordneten Scharreihen beträgt der engste beherrschbare Reihenabstand ca. 10 cm. Eine weitere Verengung hat in der Regel Verstopfungen durch gröbere Kluten, Pflanzenreste im Saathorizont etc. zur Folge.

Einen Ausweg bieten Drillmaschinen, bei denen die Schare auf drei oder vier Reihen hintereinander verteilt sind. Dadurch werden Reihenabstände

Reihenabstand - Feldaufgang

Getreideart	Reihenabstand	Felddaufgang
	cm	%
Sommerweizen	10	80,7
	13	74,5
	16	71,6
	19	68,1
Sommergerste	10	96,8
	13	88,8
	16	86,9
	19	81,9

Abb. 3

Reihenabstand - Ertrag

Reihenabstand	rel. Ernteertrag
cm	%
20	94
18	95,5
16	97
14	98,5
<u>12</u>	<u>100</u>
10	101,5
8	103
Bandsaat 12,5/7,5 cm	104
Breitsaat	106,5

Abb. 4

von etwa 6 bis 8 cm möglich, der große Durchgang und Freiraum zwischen den Einzelscharen gewährleistet eine geringe Verstopfungsanfälligkeit. Problematisch wirkt sich jedoch aus, daß bei normalen Kastendrillmaschinen mit einem Saatgutvorratsbehälter die mechanische Saatgutverteilung nicht einwandfrei funktioniert, da kein sicheres Rollen der Körner im freien Fall zu den Säscharen gewährleistet ist. Dieser Nachteil läßt sich nur durch Verwendung von Doppel-Vorratsbehältern bzw. Übergang auf das pneumatische Säsystem vermeiden. Hinzu kommt, daß die gleichmäßige Erdbedeckung der Samen zwischen der ersten und der letzten Drillreihe oftmals ungleichmäßig ist und bei Langstroh im Saathorizont Verstopfungen nicht völlig zu vermeiden sind.

Eine Alternative bietet die Bandsaat, für die bereits mehrere technische Varianten angeboten werden.

Bandsaatschare werden als Originalschare oder als Aufsteckschuhe auf die konventionellen Stiefelschare angeboten. Die Samenkörner werden auf ein Band von ca. 6 bis 8 cm Breite abgelegt. Neuerdings wird die Gleitsole schräg angestellt, um den Boden unter dem Saatband etwas zu verdichten und damit in Trockenperioden eine bessere Wasserführung im Boden und damit eine sicherere Keimwasserversorgung der Samen zu erreichen. Der Einsatz dieser Bandsaatschare wird erschwert durch größere Mengen organischen Materials im Boden, eine zu hohe Bodenfeuchte und die oftmals problematische Bedeckung des Saatgutbandes mit lockerem Boden. Solange es jedoch die Bodenverhältnisse zulassen, sollten Bandsaatschuhe verwendet werden.

Als Rollschare werden Einscheibenschare bezeichnet, die schräg zur Fahrtrichtung angestellt sind und das Saatgut auf eine Bandbreite von ca. 6 cm ablegen. Derzeit werden Rollschare in zwei-, drei- und vier-reihiger Anordnung angeboten. Je größer die Reihenzahl, desto besser die Flächen-

deckung. Für Betriebe, die wahlweise "echte" Drillsaat oder Bandsaat anwenden wollen, läßt sich der komplette Rahmen mit Rollscharen austauschen gegen einen Rahmen mit Normal-Scharen. Bei grobkrümelig vorbereiteten Saatbett kann auch bei Rollscharen die exakte Bedeckung des Saatgutes mit lockerem Boden problematisch sein.

Packerrillensävorrichtungen legen die Körner in die von den Packerscheiben verfestigten Rillen ab. Der Bodenhorizont unter den Rillen ist leicht verdichtet, dadurch läßt sich ein guter Bodenschluß und eine günstige Wasserführung erreichen. Die Rillenbreite beträgt allerdings maximal 3 bis 5 cm. Probleme bestehen insbesondere beim Einsatz auf feuchteren Böden, wo es ggf. zum Verkleben der Packerrillen kommen kann. Außerdem hat die Anordnung der Packerringe auf eine gemeinsame Welle zur Folge, daß bei vorhandenen Bodenunebenheiten keine entsprechende Anpassung der Einzelreihen möglich ist.

In Verbindung mit Rotoreggen, Bodenfräsen etc. lassen sich verschiedene Möglichkeiten der Band- und Breitsaat nutzen.

Bei der Ablage des Saatgutes in den vom Rotor abfließenden Erdstrom werden Saatrohre oder Schwalbenschwanzschare verwendet, die Bandbreite der Saatgutablage beträgt ca. 5 bis 15 cm. Bei dieser Anordnung ist eine ausreichende Bedeckung des Saatgutes mit lockerem Boden gewährleistet. Außerdem besteht kaum Verstopfungsgefahr.

Eine ordnungsgemäße Breitsaat bei gleichzeitigem Einhalten einer exakten Ablagetiefe bieten Bodenfräsen mit sog. "Säschiene", bei welchen das Saatgut auf den freigeprägten Bodenhorizont abgelegt und anschließend mit lockerem Saatgut und evtl. Pflanzenresten überschichtet wird.

In letzter Konsequenz kann auch bei Getreide die Einzelkornsaat durchgeführt werden, die einen völlig exakten Standraum je Einzelpflanze gewährleistet. Nach vorliegenden Untersuchungsergebnissen lassen sich mit der Einzelkornsaat im Vergleich zur Drillsaat (9 cm Reihenabstand) Ertragssteigerungen zwischen 4 und 6 % erreichen.

Bei dem derzeitig vor allem angebotenen pneumatischen Einzelkorn-Säprinzip besteht das größte Problem darin, einen wirtschaftlich rentablen Einsatz zu erreichen. Den Investitionen von ca. 1.000.-- DM/Reihe stehen die oben genannten Mehrerträge gegenüber, wobei die Sicherheit, derartige Mehrerträge zu erreichen, noch nicht für jeden Standort gegeben werden kann. Gleiches gilt für eine Verringerung des Saatgutaufwandes. Die hat dazu geführt, daß Einzelkornsaat bei Getreide bislang vorwiegend in Saat- zuchtbetrieben praktiziert wird, dagegen für die breite Praxis bislang noch nicht zu empfehlen ist. Insbesondere bei hohen Kornzahlen/m² bestehen kaum Vorteile gegenüber der Drillsaat bzw. Band- oder Breitsaat.

Exaktes Einhalten der Saatgutmenge

Ähnlich wie bei Reihenfrüchten wird auch bei Getreide in zunehmendem Maße die Saatmenge nicht mehr ausschließlich nach kg/ha, sondern zunehmend nach Anzahl Körner/ha unter Berücksichtigung des Tausendkorngewichtes berechnet. Im praktischen Einsatz kann man jedoch oft feststellen, daß im Gegensatz zu der bei der Abdreprobe im Stand ermittelten Saatmenge im praktischen Einsatz durch den Schlupf an den Antriebsrädern eine Änderung der Saatmenge erfolgen kann. Die Einsinktiefe der Lauf- und Antriebsräder führt je nach Saatbettvorbereitung zu einem unterschiedlichen Rollwiderstand und zu negativem Schlupf. Dies kann bei der Abdreprobe nicht entsprechend simuliert werden. Daß sich hieraus Probleme ergeben können, soll an einigen Zahlen dokumentiert werden: Im allgemeinen beträgt der Schlupf am Antriebsrad ca. 7 %, er kann auf verhärteten Böden auf 2 bis 3% sinken, sich aber auch auf leichten, lockeren Böden bis auf 20 % steigern.

Derzeit wird unter anderem durch Verwendung von Niederdruckreifen mit geringem Profil versucht, das Problem abzumildern. Bei nur 0,4 bar Innendruck läßt sich eine breite Auflagefläche, dadurch sicherer Antrieb, geringe Fahrspurtiefe und gleichzeitig gute Selbstreinigung erreichen.

Eine andere Konstruktion benutzt eine großdimensionierte, über die gesamte Maschinenbreite reichende Packerwalze, die gleichzeitig den Antrieb des Säorgans und das Andrücken des Bodens am Saatgut übernimmt.

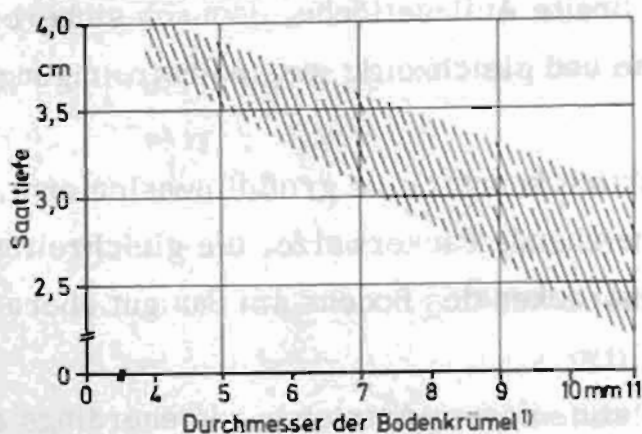
Bei Sämaschinen mit stufenlosem Antrieb wird neuerdings eine Saatsmengen-Verstellvorrichtung angeboten. Vor allem bei wechselnden Bodenverhältnissen läßt sich durch Betätigen eines Seilzug-Verstellhebels eine Saatsmengenerhöhung oder -verringerung erreichen. Die Maximal- und Minimalmengen werden durch Begrenzungsschrauben vorgegeben.

Optimale Einbettung

Die Hauptaufgaben bei der Einbettung der Samenkörner in den Boden bestehen in einem exakten Einhalten der angestrebten Saattiefe sowie einer ordnungsgemäßen Bedeckung der Samenkörner mit lockerem Boden.

Das exakte Einhalten der Saattiefe ist im Grunde nicht zu trennen von der gleichmäßigen Verteilung der Körner über der Fläche, da das Sächar beide Forderungen zu erfüllen hat. Erfahrungsgemäß wird die Exaktheit der Saatgut-Ablagetiefe jedoch nicht nur von der angewandten Sätechnik, sondern auch von der vorausgegangenen Saatbett-Vorbereitung beeinflusst (Abbildung 5). Einzunehmender gewogener mittlerer Durchmesser der Bodenkrümel (zunehmend rauheres Saatbett) führt bei gleichbleibender Einstellung der Säschare nicht nur zu einer allmählichen Verringerung der Ablagetiefe, sondern auch zu einer deutlich höheren Streuung der Saattiefe um den Mittelwert. Generell können im Hinblick auf die Saatgutablagertiefe drei grundsätzliche Fehler bestehen:

Einfluß der Bodenaggregatgröße auf die Saattiefe



1) Mittelwerte von Bodenfräse, Kreiselegge und Rotoregge
(gewogener mittlerer Durchmesser)

Bodenart: su-L

Fruchtart: Hafer



Abb. 5

Bei einer zu flachen Saatgutablage kann die fehlende Bodenbedeckung Feldaufgangsprobleme verursachen, sowie Schäden durch Vogelfraß. Außerdem liegen die Saatkörner in einem Horizont mit relativ hoher Herbizidkonzentration. Der fehlende Anschluß an die kapillare Wasserversorgung kann zu Keim- und Feldaufgangsproblemen führen, wenn Niederschläge ausbleiben.

Eine zu tiefe Saatgutablage hat in der Regel einen verspäteten und ungleichmäßigen Feldaufgang zur Folge. Die Samenkörner verbrauchen mehr Energie, um die stärkere Bodenschicht zu durchstoßen. Meist reagieren die Pflanzen mit der Bildung von sogenannten "Halmhebern". Untersuchungsergebnisse weisen jedoch nach, daß 1 cm Halmheber ca. 3 bis 5 % Ertrag

je Einzelpflanze kostet. Außerdem werden derartige "Tiefkeimer" besonders stark von pilzlichen Krankheiten und Bodenschädlingen befallen.

Eine ungleichmäßige, d.h. abwechselnd zu flache und zu tiefe Saatgutablage hat unweigerlich einen ungleichmäßigen Feldaufgang und ein Nebeneinander von starken und schwachen Pflanzen zur Folge. Durch den ungleichmäßigen Auflaufzeitpunkt kann es zu einer sehr unterschiedlichen Pflanzenentwicklung kommen.

Aus technischer Sicht kann die ordnungsgemäße Saatgutablage im Boden und insbesondere das Erreichen einer ausreichenden Ablagetiefe durch die Wahl eines geeigneten Säschares beeinflusst werden. Generell gilt: je schmaler das Schar, desto tiefer kann es in den Boden eindringen. Daher haben sich bei ungünstigen Bodenverhältnissen vor allem Einscheiben- und Doppelscheibenschare bewährt.

Eine zusätzliche, zentral für alle Schare einstellbare Federdruckbelastung über Handspindel- oder hydraulische Verstellung mit Nimal/Maximal-Anschlag stellt bei modernen Getreidedrillmaschinen derzeit Stand der Technik dar. Vor allem auf locker liegenden, gut gekrümelten Böden ist es aber oftmals erforderlich, die Ablagetiefe zu begrenzen. Hierfür werden bereits mehrere technische Lösungen angeboten, z.B. Schleifkufen, Tasträder mit Walkgummiüberzug, Gleitkufen an den Rollscharen etc.. Probleme bestehen jedoch darin, daß diese Vorrichtungen verstopfen oder verkleben können, daß bei rauhem Saatbett die Funktion oftmals nicht befriedigt und bei größeren Strohansammlungen im Boden die Schare darüber hinwegsteigen. Dadurch wird zwar ein Verstopfen verhindert, eine gleichmäßige Ablagetiefe ist jedoch nicht gewährleistet.

Einen neuen Weg stellt das elektronische Abgreifen der Saattiefe mittels Tasträder dar. Ob sich dieser Weg durchsetzen wird, hängt unter anderem davon ab, wie rasch elektronische Hilfsmittel auch beim Schleppereinsatz angewandt werden.

Exakte Saatgutablage bei Pflanzenrückständen

Früher bestand das Bestreben darin, die Saattechnik und hier vor allem die Scharform an die vorliegenden Bodenverhältnisse anzupassen. Die heutige Situation auf dem Sektor Saattechnik zwingt oftmals dazu, die Form der Bodenbearbeitung (reiner Tisch mit dem Pflug oder Grubbereinsatz) abzustimmen auf die vorhandene oder mögliche Sätechnik. Als Hauptproblem sind hierbei die Verstopfungsgefahr, ungleichmäßige Tiefenablage, ungleichmäßige Pflanzenentwicklung und Zeitverlust durch Verstopfungen etc. anzusehen.

Bedienungskomfort

Auf diesem Sektor sind in letzter Zeit erhebliche Weiterentwicklungen im Detail zu erkennen. Einige davon sollen erläutert werden, ohne daß der Anspruch auf vollständige Aufzählung erhoben werden kann.

In vielen Betrieben wird konsequent der Übergang zur losen Saatgutkette praktiziert. Zwar besitzen moderne Drillmaschinen Saatgut-Vorratsbehälter mit einem Fassungsvermögen bis ca. 200 l/m Arbeitsbreite, wodurch die Nachfüllzeiten deutlich reduziert werden können. Im Rahmen der losen Saatgutkette wird jedoch zusätzlich die Verwendung von Vorrats-tanks auf Schleppern mit Ladefläche angestrebt, um die Nachfüllzeiten noch weiter zu reduzieren. Allerdings sind dann Verteilschnecken im Saatgut-Vorratsbehälter erforderlich. Einfache und dennoch wichtige Vorrichtungen zur Verbesserung der Funktionssicherheit stellen Anzeigevorrichtungen für den Saatgutvorrat sowie Überlauföffnungen am Säschar dar, die Verstopfungen am Schar anzeigen.

Fahrgassenschaltungen arbeiten zunehmend automatisch, wobei sich der Säradstop über eine zusätzliche Antriebswelle eindeutig durchgesetzt hat. Das Vorwahlgetriebe ist mit einer Sperre versehen, die bei außerplanmäßigem

Anheben der Maschine (z. B. bei Verstopfungen) ein unkontrolliertes Weiterzählen verhindert. Die Fahrgassen sollten möglichst innerhalb der Sämaschinenbreite angelegt werden, damit immer eine exakte Spur für den Schleppereinsatz vorgegeben wird.

Das Beizen des Saatgetreides in der Drillmaschine hat seit der Einführung quecksilberfreier Trocken-Beizmittel weitgehend an Bedeutung verloren. Die höheren, erforderlichen Wirkstoffmengen, eine schlechtere Haftung am Korn und dadurch ungleichmäßiger Schutz der Körner hat dazu geführt, daß derzeit nur eine Drillmaschinenvariante mit Beizvorrichtung von der BBA anerkannt ist.

Neue verfahrenstechnische Weiterentwicklungen

Auf verschiedenen Wegen wird derzeit versucht, die wichtigen verfahrenstechnischen Ziele, wie z. B. hohe Schlagkraft, geringerer Arbeitszeitbedarf und vielseitiger Einsatz, zu erfüllen.

Im Hinblick auf eine Steigerung der Schlagkraft stellt derzeit eine Vergrößerung der Arbeitsbreite nahezu kein Problem dar. Allerdings ist es erforderlich, durch einklappbare Seitenteile, Langfahrvorrichtungen etc. dafür zu sorgen, daß die maximal zulässige Straßenfahrbreite eingehalten werden kann. Dem gegenüber ist es problematisch, eine weitere Erhöhung der Schlagkraft durch eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit zu erreichen. Oftmals ist damit eine Verschlechterung der Ablagequalität (insbesondere der Tiefenablage) verbunden.

Dem gegenüber werden Bestellkombinationen (Geräte für die Saatbettbereitung und Saat in einer Kombination zusammengefaßt) derzeit in sehr vielfältigen Varianten angeboten. Besonderes Interesse finden die Kombinationen von zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten und Drillmaschinen, bei denen sich zwei große Entwicklungstendenzen erkennen lassen:

- Kombinationen, die gekoppelt und getrennt werden können. Hierbei sind Bodenbearbeitungsgeräte und Drillmaschinen in normalen Dreipunkt-Koppelpunkten miteinander verbunden, so daß sie als Kombination, aber auch getrennt eingesetzt werden können. Für eine mitteltiefe, grobe Lockerung des Bodens läßt sich gegebenenfalls noch ein Kurzgrubber vorschalten. Den unbestreitbaren verfahrenstechnischen Problemen dieser Kombination stehen einige gewichtige Probleme gegenüber: Das hohe Eigengewicht und der lange Hebelarm erfordern eine ausreichende Hubkraft und Stabilität des Krafthebers, außerdem kann es zu einer unerwünschten Vorderachs-Entlastung und damit Verminderung der Lenksicherheit kommen.
- Kompaktgeräte, bei welchen die Drillmaschine fest auf das Zapfwellengerät aufgebaut ist und am vorderen Geräterahmen gegebenenfalls Flügel-Grubberschare angebracht werden können. Bei diesen Geräten werden vorzugsweise pneumatische Drillmaschinen verwendet, um einen sicheren Saatguttransport zu den Säscharen zu gewährleisten. Vorteilhaft ist hier die relativ günstige Schwerpunktlage, problematisch das ebenfalls hohe Eigengewicht sowie die Tatsache, daß Bodenbearbeitungsgeräte und Drillvorrichtung nicht getrennt eingesetzt werden können.

Generell besteht der Hauptvorteil dieser Kombinationen darin, daß durch die Verwendung von zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten (insbesondere bei rotierendem Funktionsprinzip) kaum Verstopfungsprobleme auftreten, da die Pflanzenreste intensiv in den bearbeiteten Bodenhorizont eingearbeitet werden und die Saattechnik optimal auf diese Verhältnisse abgestimmt ist. Bestellkombinationen werden meist konsequent bei reduzierten Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren verwendet. Sie gewährleisten nicht nur das Einsparen von Arbeitsgängen, Fahrspuren und Verdichtungshorizonten, sondern gewährleisten auch einen geringeren Gesamt-Arbeitszeitbedarf und erhebliche Einsparungen an Energie.

Fazit

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die moderne Getreidesaattechnik gute Voraussetzungen dafür bietet, gleichmäßige Pflanzenbestände sowie sichere und hohe Ernteerträge zu erzielen. Der Landwirt kann zwischen verschiedenen Verfahrensvarianten wählen, dadurch wird eine exakte Abstimmung der Bestelltechnik an die betriebsspezifischen Anforderungen möglich. Dennoch ist zu erwarten, daß in Zukunft noch Weiterentwicklungen vorangetrieben werden, insbesondere hinsichtlich gleichmäßig exakter Saatgutablagertiefe, elektronischer Hilfsmittel für Funktionsüberwachung und Steuerung des Arbeitsablaufes sowie Verbesserung des Bedienungskomforts.

Rationeller Einsatz von Getreidefungiziden

von Dr. Alfred Obst, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Abteilung Pflanzenschutz, München

Pilzkrankheiten stellen derzeit einen wesentlichen Begrenzungsfaktor für hohe Getreideerträge dar. Neue, leistungsfähige Getreidefungizide sind daher in den letzten 10 - 15 Jahren zu unentbehrlichen Hilfsmitteln in der Getreideerzeugung geworden. Sie schützen die Getreidebestände vor drohenden Ertragsverlusten und sichern damit die hohen Aufwendungen für Saatgut, Düngung sowie Arbeits- und Kapitaleinsatz. Tritt das Schadergebnis nicht ein, rentieren sich die Fungizidbehandlungen nicht.

Damit ist bereits die Kostenseite der Krankheitsbekämpfung angesprochen. Das sich zunehmend verengende Preis-Kosten-Verhältnis sollte den Landwirt mehr und mehr zu einer schaderregerbezogenen, gezielten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln führen. Wesentliche Voraussetzungen dafür sind

- ein frühzeitiges Erkennen der wichtigsten Schadorganismen,
- die Kenntnis ihrer Vermehrungsvoraussetzungen sowie ihre Befalls- und Schadensvorhersage
- und schließlich die Bekämpfungsentscheidung mit der Wahl des günstigsten Bekämpfungstermins und des richtigen Mittels.

Bei dem ausgewählten Zuhörer- bzw. Leserkreis können diesbezüglich ausreichende Grundkenntnisse vorausgesetzt werden.

Ein relativ neuer, somit noch wenig bekannter Aspekt der Fungizidanwendung in Getreide ist das Resistenzrisiko: Eine Schadpilzpopulation oder Teile davon werden unempfindlich, d. h. resistent, gegenüber den gegen sie eingesetzten Bekämpfungsmitteln. Die Resistenzsituation ist insbeson-

dere in Norddeutschland bereits derart alarmierend, daß die weiteren Ausführungen zum Thema "Rationeller Einsatz von Getreidefungiziden" allein dem Teilbereich Fungizidresistenz und Resistenzvorbeuge gelten sollen.

Bei den Getreideschadpilzen werden beide der möglichen Resistenztypen beobachtet:

1) Absolute Resistenz gegen Benzimidazol-Fungizide

Nach häufiger Anwendung von Benzimidazol-Spritzmitteln gegen die Halmbruchkrankheit sowie Ährenkrankheiten ist der Halmbrucherreger Pseudocercospora herpotrichoides in Norddeutschland gegen diese Wirkstoffgruppe in den letzten Jahren verbreitet resistent geworden. Auch in 100facher Dosierung wären diese Fungizide nicht mehr wirksam. Dabei sind die Benzimidazol-resistenten Stämme des Erregers der Halmbruchkrankheit genau so konkurrenzfähig und lange lebensfähig wie die Benzimidazol-empfindlichen Vertreter dieser Pilzart. Die gleiche Entwicklung wurde beim Schneeschimmelerreger Gerlachia nivalis schon 1978/79 festgestellt, vgl. das "Weizensterben" im Raum Hannover; hier waren die Benzimidazol-Beizwirkstoffe Fuberidazol und Carbendazim nicht mehr wirksam.

2) Relative Resistenz gegen Triazol- und verwandte Fungizide

Nach häufiger Anwendung der Triazol-Fungizide gegen den Mehltau kommt es dagegen zu einer Wirkungsminderung, einem "shifting" in der Mehltaupopulation: jede Spritzung vermindert stufenweise die Fungizidempfindlichkeit des Erregers; das Resistenzniveau steigt von Jahr zu Jahr kontinuierlich an. Verringerte Empfindlichkeit gegenüber Fungiziden heißt verkürzte Wirkungsdauer, schwächere kurative Wirkung und geringerer Wirkungsgrad der Mittel. Die ursprünglich vorhandenen großen Wirkungsreserven der Mehltau-Fungizide gehen zunehmend verloren. Im Anfang war die Ver-

ringerung der Fungizidempfindlichkeit auch mit einer Verminderung der Fitness und Pathogenität der Pilzstämme verbunden, d.h. bei Aussetzen des Selektionsdruckes war in der Pilzpopulation eine langsame Rückentwicklung in Richtung Fungizidempfindlichkeit zu erkennen. In einem zweiten Selektionsprozeß passen sich offensichtlich die fungizidempfindlichen Erregerstämme in ihrem Konkurrenzvermögen an jedes der noch empfindlichen Stämme an.

So wurde von LIMPERT (1986) in Nord- und Westdeutschland beim Gerstenmehltau gegenüber den Triazol-Fungiziden der Resistenzfaktor 70 festgestellt; das heißt, wollte man gegen diese Mehлтаufornen den gleichen Bekämpfungserfolg erzielen wie gegen die am Anfang voll empfindlichen Stämme, so müßte man die Präparate der genannten Wirkstoffgruppe in 70facher Dosierung ausbringen. Bei normaler Dosierung kann das Beizmittel Baytan den Befall selbst auf dem Primärblatt des Gerstenkeimlings nicht mehr verhindern.

Ursachen der Fungizidresistenz

Grundsätzlich ist j e d e s der neuen spezifisch wirksamen Fungizide resistenzgefährdet. Spezifisch wirksam heißt, daß diese Mittel nur noch e i n e n Angriffsort im Stoffwechsel der Schadpilze anstelle von m e h r e r e n bei den konventionellen, breit wirksamen Kontaktfungiziden besitzen. Durch die meist systemische Aufnahme und Verteilung der neuen Wirkstoffe in der Pflanze haben die neuen Fungizide auch eine kurative Wirkung. Die spezifische Wirkungsweise hat überhaupt erst das Problem der Fungizidresistenz aufgeworfen.

Die Fungizidresistenz ist als eine stabile, vererbbaare Eigenschaft zu verstehen. Bereits e i n e Genänderung im Schadpilz kann zu dieser Resistenz führen. Fungizidresistente Erregerstämme sind entweder bereits von Anfang an in geringstem Anteil in einer natürlichen Feldpopulation vorhan-

den, oder sie entstehen durch Mutation. Zu einer Anreicherung der wenigen resistenten Erregerformen kommt es erst nach länger andauerndem Selektionsdruck (Fungizideinsatz). Es ist dies ein Prozeß, der über viele Pilzgenerationen hinweg verläuft.

Die Resistenz eines Erregers gegen einen Wirkstoff schließt oft Resistenz gegen weitere chemisch verwandte Mittel wie auch gegen andere Gruppen mit gleichem primären Wirkungsort ein, ohne daß diese jemals eingesetzt worden sind; man spricht dann von Kreuzresistenz. Unabhängig davon kann eine bereits gegen eine Fungizidgruppe unempfindliche Schaderregerpopulation in einem nachfolgenden Selektionsprozeß sich an eine zweite Mittelgruppe mit anderem Wirkungsmechanismus anpassen; es entsteht dann eine Mehrfachresistenz. Die "Entwicklung" einer Fungizidresistenz im Schadorganismus erfolgt letztlich nach den gleichen Gesetzmäßigkeiten wie die Selektion von Schaderregerrassen, die eine gegebene Sortenresistenz eines Wirtspflanzenbestandes überwinden.

Das Auftreten von Fungizidresistenz wird bestimmt einerseits vom Krankheitserreger, andererseits vom Wirkstoff und seiner Einsatzweise. Bei Erregern mit hoher Vermehrungsrate und schneller Generationsfolge ist die Resistenzgefahr größer als bei langsam sich vermehrenden Schadpilzen. Ebenso bestimmt die Zahl der Anwendungen resistenzgefährdeter Fungizide das Resistenzrisiko: je häufiger der Selektionsdruck ausgeübt wird, desto schneller ist mit Fungizidresistenz zu rechnen. Gleiches gilt für die Dauer der Fungizidwirkung. Je länger der Fungiziddruck anhält, desto größer ist die Gefahr. Das "System Schleswig-Holstein" mit mehrfach wiederholten Fungizidspritzungen - wenn auch z. T. in niedrigerer Dosierung - erscheint aus dieser Sicht sehr gefährlich. Es ist nur eine Frage der Zeit, daß im Getreidebau weitere Resistenzprobleme auftauchen. So kennt man im Labor bereits gegenüber Prochloraz (im Präparat Sportak)

resistente Pseudocercospora-Stämme; sie besitzen allerdings im Vergleich zu Wildstämmen eine verringerte Fitness.

Nachfolgend werden in Stichwortform Empfehlungen zur Verringerung des Resistenzrisikos aufgeführt (Übersicht 1). Eine zweite Übersicht informiert über das Wirkungsspektrum der wichtigsten Getreidefungizide, die nach Wirkungsgruppen im Schadpilz zusammengefaßt worden sind (Übersicht 2).

Schlußfolgerungen für die Praxis

Eine Wirkstoffsteuerung ist überhaupt nur sinnvoll, solange die verwendeten Fungizidgruppen gegen Schadpilze wirksam sind. Je frühzeitiger also mit Vorbeugungsmaßnahmen begonnen wird, desto länger läßt sich das Eintreten der Fungizidresistenz hinausschieben. Liegt gegen eine Wirkstoffgruppe deutlich erkennbare Resistenz vor, dann sollten diese Mittel nicht weiter eingesetzt werden.

Vorbeugend gegen die feldspezifisch auftretende Benzimidazol-Resistenz des Halmbrücherregers wird das Prinzip des Wirkstoffwechsels regional gut beachtet: Zu Winterweizen - nur sofern notwendig - ein Benzimidazol-Fungizid, zur nachfolgenden Wintergerste dann das Alternativpräparat Sportak. Gegen den Getreidemehltau sollten die in höchstem Maße resistenzgefährdeten Triazol- und Imidazol-Fungizide so wenig wie möglich eingesetzt werden. Bei Wintergerste muß zunächst die verbreitet durchgeführte Baytan universal-Saatgutbehandlung in Frage gestellt werden. Keinen Ersatz gibt es lediglich in Typhula-Befallslagen. Der Herbstmehltau kann auch gezielt mit Calixin bekämpft werden. Sehr kritisch ist die Notwendigkeit von Sportak- und Desmel-Behandlung im Frühjahr zu prüfen. Kann man auf eine der beiden Maßnahmen verzichten? Gegen Gerstenmehltau allein sind brauchbare Alternativfungizide Calixin (0,75 l),

Übersicht 1

Empfehlungen zur Verringerung des Risikos
einer Fungizidresistenz

- Infektionsdruck bereits durch geeignete Sortenwahl und pflanzenbauliche Maßnahmen verringern
- keine Anwendung von spezifisch wirksamen Fungiziden, wo nicht-resistenzgefährdete Präparate gleich Wirkung erzielen
- für resistenzgefährdete Wirkstoffe frühzeitig einen Einsatzplan festlegen:
 - 1, Häufigkeit der Anwendungen begrenzen, dabei auch systemische Beizmittelkomponenten und Mittel nur mit Nebenwirkungen berücksichtigen
 - 2, A b w e c h s e l n zwischen Fungiziden mit unterschiedlichem Wirkungsmechanismus
 - 3, Ersatzweise M i s c h e n von Mitteln nur mit unterschiedlichen Angriffspunkten; nahezu volle Dosierung der Mischungspartner einhalten

Übersicht 2

Wirkungsspektrum wichtiger Getreidefungizide
zusammengefaßt nach Wirkungsmechanismen

Wirkstoffgruppe Wirkstoff (Präparat)	für Getr.- art	Halmbruchkrankheit	Mehltau	Rost	Blatt- u. Spelzenbr.	Netzfleckenkrankh.	Rhynchosporium - Bl.
Benzimidazol-Verbindungen • Carbendazim • Thiophanate-methyl • Benomyl	W,G,R	+++					
Triazol-Verbindungen • Diclobutrazol (Vigil) • Propiconazol (Desmel) • Triadimenol (Baytan, Bayfidan)	W,G,R W,G,R W,G	 + [+]	 ++ +++	 +++ (+)++	 ++ -	 +++ [++]	 +++ +++
Imidazol-Verbindungen • Imazalil (in Univ.-Beizmitteln) Prochloraz (Sportak)	W,G,R,H W,G,R	[+] +++	 +	 -	 ++	 +++	 +++
Pyrimidin-Verbindung • Nuarimol (Elanco Beizen, Trimidal EC)	(W),G	-	+	-	-	[++]	+
Piperazin-Verbindung Triforine (Saprol)	G		+				
Morpholin-Verbindungen • Fenpropimorph (Corbel) (•) Tridemorph (Calixin)	W,G,R W,G	- -	+++ ++	+++ -	- -	- -	++ -
Phosphorsäureester (•) Pyrazophos (Afugan)	W,G		+			+	
Hydroxypyrimidin-Verbindung • Ethirimol (Milgo-E)	(W),G		+				
ohne Resistenzrisiko Netzschwefel	W,G,R,H		+				
Anilazin (Dyrene)	W,G				+++	+	

• = systemisch

[] = Wirkung nur des Beizmittels

Milgo-E (1 l), Afugan (2 l, bienengefährlich) und Netzschwefelpräparate (a 3 kg/ha). Auch ein Mischen o.g. Azol-Fungizide z.B. mit Calixin ist zu erwägen.

Beim Weizen empfiehlt sich zur Mehltauabwehr ein konsequentes Alternieren zwischen Morpholin- und Triazol-Fungiziden, z.B. von Corbel 1 l und Bayfidan 0,5 l/ha; Triazole sollten dabei nur zu Befallsbeginn eingesetzt werden. Die Mehltauwirkung anderer Azol-Fungizide kann durch geeignete Mischungspartner verbessert werden, z.B.

1 l Sportak	+	0,75 l/ha Corbel
0.5 l Desmel	+	0,5 l/ha Corbel
0.5 l Desmel	+	0,5 l/ha Calixin

Besonders bei Weizen beachte man auch die Temperaturgrenzen für Calixin: keine Anwendung bei Temperaturen über 15 - 20 °C. Bei geringem Infektionsdruck haben sich zur Mehltaubekämpfung in Weizen auch Netzschwefelpräparate bewährt; sie müssen mehrfach vorbeugend eingesetzt werden.

Schlußbemerkung

Diese Ausführungen dürfen nicht in der Art mißverstanden werden, daß Wirkstoffwechsel um jeden Preis propagiert wird und Fungizide nur nach einem starren Spritzplan auszubringen sind. Der umsichtig und rationell wirtschaftende Landwirt sollte die Getreidefungizide nach folgenden Kriterien auswählen.

- Wirkungsbreite (Haupt- und Nebenwirkung gegen verschiedene Krankheiten),
- Witterungsansprüche und -grenzen der Mittel,
- Befallsstärke und Infektionsdruck des Schaderregers
- und schließlich Wirkstoffwechsel zur Resistenzvorbeuge.

Frühzeitig durchgeführte Maßnahmen zur Verhütung einer Fungizid-resistenz oder einer -wirkungsminderung haben angesichts der alarmierenden Resistenzsituation jetzt einen hohen Stellenwert. Es hängt von dem verantwortungsbewußten Handeln jedes einzelnen Landwirts ab, ob die hohe Leistungsfähigkeit der neuen Getreidefungizide noch einige Zeit genutzt werden kann. Ersatzfungizide sind von der Pflanzenschutzmittelindustrie in absehbarer Zeit nicht zu erwarten.

1 l Spritzfl.	+ 1,75 l Kba. Gabel
0,8 l Dose	+ 0,5 l Kba. Gabel
0,5 l Dose	+ 0,5 l Kba. Gabel

Schlüßbemerkung

Diese Ausführungen dienen vornehmlich der Information über die Wirkungsfähigkeit der neuen Fungizide. Die Wirkungsfähigkeit der alten Fungizide ist durch die Resistenzbildung in den letzten Jahren stark gesunken. Die neuen Fungizide sind durch ihre hohe Wirkungsfähigkeit und ihre gute Verträglichkeit mit anderen Pflanzenschutzmitteln ein wertvolles Mittel zur Bekämpfung von Getreidepilzkrankheiten. Die Anwendung dieser Fungizide ist jedoch nur bei sorgfältiger Beachtung der Anwendungsbedingungen möglich. Die Resistenzbildung ist durch die frühzeitige Anwendung dieser Fungizide zu verhindern.

Umweltschonende Pflanzenschutztechnik

von LAR Franz Zauffall, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Abteilung Pflanzenschutz, München

Bei diesem relativ neuen, schwierigen, seltenen und recht umfangreichen Thema stellt sich zwangsläufig eine ganze Reihe von Fragen. Sechs davon, so z. B. über

den Themenbereich

die Ausbringungsverfahren

die Merkmale eines umweltschonenden Spritzens

die dafür geeigneten technischen Einrichtungen

zukunftsweisende Verfahren und

wichtige Grundsätze

werden nachfolgend genauer formuliert und - teilweise kurz, teilweise ausführlicher - beantwortet.

Frage Nr. 1

Gibt es überhaupt eine umweltschonende Pflanzenschutztechnik in Verbindung mit chemischen Pflanzenschutzmitteln oder zählen dazu nicht vielmehr nur die Bekämpfungsverfahren ohne Agrarchemikalien?

Antwort:

Unter dem Begriff Pflanzenschutztechnik können selbstverständlich alle Verfahren zur Bekämpfung von Schaderregern einbezogen werden. So z. B. auch die mechanische Unkrautbekämpfung, die Abwehr von tierischen Schädlingen mittels Fallen usw..

Aber aus dem Thema "Umweltschonende Pflanzenschutztechnik" den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel ganz zu streichen - wie das z.T. geschieht - würde zu weit führen und wäre auch unsachlich.

Man kann nachweislich Pflanzenschutzmittel mit bestimmten Verfahren und Geräten umweltgerecht ausbringen. In geschlossenen Räumen selbstverständlich leichter als im Freiland und in Feldkulturen einfacher als in Sonderkulturen (Obst, Wein, Hopfen), weil dort die Gebläsespritzen im Vordergrund stehen.

In den folgenden Ausführungen wird ausschließlich eine umweltschonende Pflanzenschutztechnik in Verbindung mit Agrarchemikalien angesprochen und zwar - angesichts ihrer Bedeutung - vorrangig die Ausstattung und der Einsatz von Feldspritzgeräten im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Umweltschonung.

Das sind übrigens zwei Begriffe, die sich nicht gegenseitig ausschließen, sondern die viel mehr zusammen gehören. Denn eine umweltschonende Pflanzenschutzmaßnahme ohne Wirkstoffverluste in jedweder Form ist schließlich eine Grundvoraussetzung für einen vollen und wirtschaftlichen Bekämpfungserfolg.

Frage Nr. 2

Welche Ausbringverfahren und Geräte werden nach heutigem Kenntnisstand als umweltschonend eingestuft, welche sind abzulehnen und welche sind tolerierbar z.B. unter sehr günstigen Witterungsverhältnissen?

Antwort:

Von den verschiedenen Ausbringverfahren und Geräten für den Pflanzenschutz im Feldbau können u. a. folgende als umweltschonend eingestuft werden:

Beizen, Streuen, Streichen und Spritzen bzw.
Beiz-, Streu-, Streich- und Spritzgeräte.

Die größte Bedeutung mit einem Anteil von schätzungsweise über 85 % liegt hier beim Spritzverfahren und damit bei der Feldspritze. Gestreut werden vorwiegend nur insektizide Granulate - besonders in Reihenkulturen - und für das Streichverfahren ist lediglich das Herbizid Roundup amtlich zugelassen.

Zu den nicht umweltschonenden Verfahren und Geräten zählen u. a. :

Nebeln, Stäuben und Sprühen bzw.
ULV-Verfahren (unter 5 l/ha) und
VLV-Verfahren (5 - 50 l/ha) bzw.
Nebel-, Stäube- und Sprühgeräte.

Letztere einschließlich der Weitsprühkanonen z. B. für Randbehandlungen, bei denen die Abdriftgefahr größer sein kann als beim Einsatz geeigneter Luftfahrzeuge.

Als tolerierbare Applikationsverfahren und Geräte werden unter günstigen Witterungsverhältnissen z. B. angesehen:

CDA-Verfahren (controlled droplet application),
CRV-Verfahren (conventionell reduzierte Volumen) und
LV-Verfahren (50 - 200 l/ha) bzw.
Hubschrauber (in Verbindung mit mittel- bis groß-
tropfigen Düsen und mindestens 75 l/ha Wasseraufwand),
Feldspritze mit Rotationsdüsen (bei geringer Drehzahl
zur Erzeugung größerer Tropfen mit etwa 50 l/ha),
Feldspritzen mit Zweistoffdüsen (mit ebenfalls etwa
50 l/ha) bzw.
Feldspritzen mit geeigneten Flachstrahldüsen (für
150 - 200 l/ha). (Tabelle 1)

Empfehlung der Applikationsverfahren im Getreidebau unter bes. Berücksichtigung der Umweltschonung

(Stand: Ende 1985)

Applikationsverfahren mit	Amtl. PS-Dienst	PS-Mittelhersteller	PS-Gerätehersteller	Bemerkung
Fl-Düse	++	++	++	
"	-	(+)	(+) ²⁾	
"	-	-	(+) ²⁾	Versuche noch nicht abgeschlossen
Rotationsdüsen (z.B. Girojet)	-	-	(+) ²⁾	
Zweistoffdüsen (z.B. Air-Jet)	-	-	(+) ²⁾	Vers. noch nicht abgeschlossen
Hubschrauber (ca. 100 l/ha, grobtropfig)	(+)	(+)	(+)	nur für Einzelaktionen
(Feinstsprühen, Nebeln, Stäuben)	--	--	--	

1) Einschließlich vergl. Düsen

2) Gilt nur für die betreffenden Firmen

Tabelle I

Als günstige Witterungsverhältnisse für vorgenannten Verfahren werden u.a. betrachtet:

Windgeschwindigkeit	max. 1 m/s
Temperatur	max. 20° C
rel. Luftfeuchtigkeit	über 75 %
Thermik	keine

Die Nichtbeachtung dieser Faktoren kann die Ursache für direkte Abdrift, Verdunstungsabdrift oder Thermikabdrift sein.

Frage Nr. 3

Welche Merkmale charakterisieren im Feldbau das Spritzverfahren, das sowohl den Belangen des Pflanzenschutzes als auch den Belangen des Umweltschutzes voll gerecht wird?

Antwort:

Diese Merkmale lassen sich wie folgt charakterisieren:

Wassermenge	300 - 600 l/ha (MV-Verfahren)
Tropfengröße (MVD)	0,3 - 0,5 mm
Fahrgeschwindigkeit	5 - 6 km/h
Düsentype	Flachstrahldüse
Spritzwinkel	80 - 120 °
Düsenkaliber	05, 06, 08; 04 LP, 05 LP oder 06 LP (bzw. vergleichbare Größen)
Spritzdruck	1,5 - 2,5 bar (Bild Nr. 1)
Abstand Düse/Objekt	etwa 50 cm
Mengendosierung	mindestens halbautomatisch (über Querschnittsregelung o.dgl.)



Bild 1: Beim Spritzen mit nur 1,5 - 2,5 bar sind die Tropfen größer (links) und die Abdriftgefahr geringer als bei Betriebsdrücken über 4,5 bar (rechts).

Begründung für diese Merkmale im einzelnen:

Zur Wassermenge

Aufgrund zahlreicher Versuche des amtlichen Pflanzenschutzdienstes und der Pflanzenschutzmittelindustrie hat sich gezeigt, daß im Hinblick auf die erwünschte Erfolgssicherheit, die vielfach praktizierten Mischungen mit mehreren Präparaten, die Bienenschutz-VO, die Zugabe mitunter von Flüssigdüngern, die geforderte Anwenderfreundlichkeit und auch die Umweltschonung ein Wasseraufwand von 300 - 600 l/ha ein vernünftiger Kompromiß darstellt.

Gemessen an der Zahl zugelassener Pflanzenbehandlungsmittel werden schätzungsweise für über 85% diese Wassermengen in den Gebrauchsanweisungen empfohlen. Darin finden sich öfters die Angaben "mindestens 400 l/ha" als beispielsweise "max. 250 - 300 l/ha", 200 l/ha oder gar nur 100 l/ha, die nur vereinzelt bei bestimmten Präparaten genannt sind.

In Sonderkulturen wird eine umweltgerechte Brüheaufwandmenge/ha teilweise schon nach dem Blattflächenanteil bemessen. In ähnlicher Weise sollte dies auch bei Feldkulturen erfolgen. Hier allerdings mehr auf die Mittelmenge pro ha bezogen und innerhalb der zugelassenen Dosierungen laut amtlichem Mittelverzeichnis.

Zur Tropfengröße

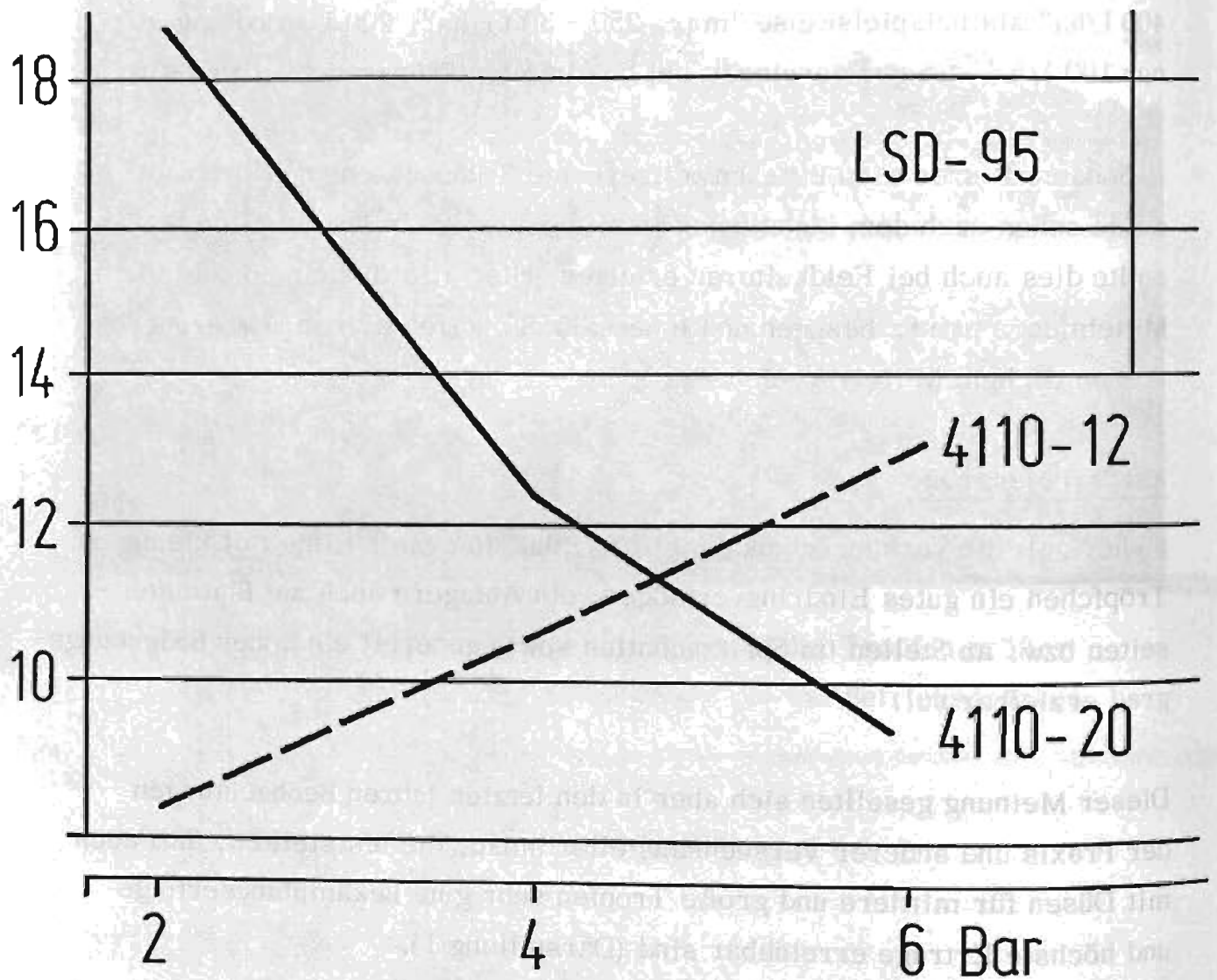
Bisher galt die vorherrschende Meinung, daß in erster Linie mit kleineren Tröpfchen ein gutes Eindringvermögen, ein Anlagern auch auf Blattunterseiten bzw. an Stellen im Spritzschatten sowie generell ein hoher Bedeckungsgrad erzielbar sei.

Dieser Meinung gesellten sich aber in den letzten Jahren Beobachtungen der Praxis und anderer Versuchsansteller hinzu, die feststellten, daß auch mit Düsen für mittlere und große Tropfen sehr gute Bekämpfungserfolge und höchste Erträge erreichbar sind (Darstellung I).

Diese Feststellung gilt selbstverständlich nicht für die wenigen Präparate - vorwiegend Spezialherbizide -, die zur Erzielung eines optimalen Abtötungseffektes vorwiegend feintropfig ausgebracht werden müssen, um von Unkräutern bzw. Ungräsern nicht abzurollen.

Nachdrücklich sei darauf hingewiesen, daß die Tropfengröße überwiegend vom Düsenkaliber bestimmt wird und nur zu einem geringen Teil vom Spritzdruck.

Anlagerung in Senf bei variierendem Druck



Darstellung 1

n. HARDI RAMA (1986)

Zur Fahrgeschwindigkeit

Auch hier haben sich die grundsätzlichen Erkenntnisse durchgesetzt, wonach mit niedrigen Fahrgeschwindigkeiten bessere Wirkstoffanlagerungen und höhere Bedeckungsgrade erzielbar sind. Diese Empfehlung steht in allen Firmenhinweisen und amtlichen Informationsschriften. Nachweislich ist bei langsamer Fahrweise auch die Abdrift geringer, weil sich der Fahrtwind nicht so nachteilig auf das Eindringen der Tropfen auswirkt.

Zur Düsentype

Flachstrahldüsen (Schlitzdüsen) besitzen ein besseres Verteilungsbild als z.B. Rundstrahldüsen (auch Kegeldüsen genannt) oder Pralldüsen. Zur Zeit stehen im Feldebau lediglich eine große Anzahl amtlich anerkannter Flachstrahldüsen zur Auswahl, die eine optimale Wirkstoffverteilung und damit einen rechtzeitigen Wirkstoffabbau innerhalb der vorgeschriebenen Wartezeiten gewährleisten. Wünschbar wären jedoch Düsen mit einem noch engeren Tropfenspektrum - die dem CDA-System besonders nahe kommen -, um vor allem den Anteil kleinster Tröpfchen noch zu verringern.

Im übrigen stellt sich in Blickrichtung Rotationsdüsen nicht die Frage: Flachstrahldüse oder Rotationsdüse? Besser wäre die Fragestellung: Rotationsdüse zusätzlich zur Flachstrahldüse?

Zum Spritzwinkel

Je kleiner der Spritzwinkel, desto geringer ist die Abdriftgefahr und desto kleiner ist auch die Verstopfungsgefahr. Deshalb finden in besonders windgefährdeten Lagen und bei sehr breiten Spritzgestängen die 80° - Düsen öfters Verwendung.

Bezüglich der Abdriftgefahr ergibt sich hier jedoch ein Widerspruch. Denn je kleiner nämlich der Spritzwinkel und je breiter ein Gestänge, desto größer muß der Düsenabstand zum Zielobjekt sein, um eine noch ausreichende Querverteilung erreichen zu können. Bei einem großen Abstand zur Kultur ist aber auch wiederum die Angriffsfläche für den Wind größer, was mit einem größeren Abdriftisiko verbunden ist.

Ein vernünftiger Kompromiß liegt bei einem Spritzwinkel von 110° und einem Düsenabstand von circa 50 cm.

Zum Düsenkaliber

Die richtige Düsengröße ergibt sich automatisch aus den bisherigen Vorgaben hinsichtlich Wassermenge l/ha, Tropfengröße und Fahrgeschwindigkeit. Es kommen bei den herkömmlichen Flachstrahldüsen für eine umweltschonende Applikation letztlich nur die Kaliber 05, 06 oder 08 oder bei den LP-Flachstrahldüsen die Größen 03, 04, 05 oder 06 (08) in Frage. Und selbstverständlich auch alle diejenigen Düsen, die mit vorgenannten Düsen vergleichbar sind, aber andere Bezeichnungen führen.

Zum Spritzdruck

Ebenso automatisch wie die Düsenkaliber ergeben sich auch die Spritzdrücke aus den oben genannten Merkmalen für eine umweltschonende Pflanzenschutztechnik. Der erforderliche Druck kann den Tabellen entnommen werden und braucht nur auf eine einfache Weise - mit einem Dosierzylinder o. dgl. - überprüft werden. Bezüglich des optimalen Spritzdruckes ist wichtig zu wissen, für welche Druckbereiche die verschiedenen Flachstrahldüsen amtlich anerkannt sind.

Im einzelnen unterscheidet man

herkömmliche Düsen für 1,5 (2,0) bis 4,0 (5,0) bar und
LP-Düsen für 1,5 bis 3,5 bar.

Die Flachstrahldüsen für Druckbereiche von 1,5 (1,0) bis 5,0 bar werden neuerdings auch als Universaldüsen bezeichnet und bieten sich insbesondere für computergesteuerte Dosiereinrichtungen an.

Frage Nr. 4

Welche technischen Einrichtungen an einer Feidspritze können helfen, besonders umweltschonend Pflanzenschutz zu betreiben?

Antwort:

Vor der eigentlichen Beantwortung dieser Frage ist ein kurzer Rückblick auf die technische Entwicklung bei den Pflanzenschutzgeräten für den Feldbau angebracht. Sie war in den letzten 30 Jahren u. a. durch folgende Schwerpunkte (ohne zeitliche Einordnung) gekennzeichnet:

- Anpassung an die amtlichen Anforderungen
- Einführung von Düsen mit besserer Querverteilung
- Einführung von Tropfstoppereinrichtungen mit Schnellverschlußkappen
- Einführung von Düsen zur Wassereinsparung
- Einführung von Düsen für größere Druckbereiche
- Einführung von Düsen zur Abdriftverringern
- Einführung von Düsenwerkstoffen mit geringerem Verschleiß
- Entwicklung elektrischer Fernbedienungen
- Entwicklung elektronischer Dosiereinrichtungen
- Angebot hydraulisch steuerbarer Spritzgestänge
- Erleichterung des Behälterfüllens
- Bemühungen zur Verwirklichung der Direkteinspeisung sowie der elektrostatischen Aufladung.

Über allen diesen Entwicklungen stand das Ziel:

- | | | |
|----------------------------------|---|--|
| bessere Wirkung | - | mit weniger Mittelaufwand |
| höhere Flächenleistung | - | mit geringeren Kosten |
| einfachere Bedienung | - | mit genauerer Dosierung |
| Erleichterungen für den Anwender | - | mit geringerer gesundheitlicher Gefährdung |
| optimale Umweltschonung | - | unter Beibehaltung der Wirtschaftlichkeit. |

In Beantwortung der Frage 4 kann bei objektiver Betrachtung festgestellt werden, daß nahezu alle diese technischen Entwicklungen der letzten

30 Jahre als ein echter Beitrag zur Verwirklichung vorgenannter Ziele und damit für eine umweltschonende Pflanzenschutztechnik gelten können. Auch wenn die Wirtschaftlichkeit im Pflanzenschutz anfangs doch stärker im Vordergrund stand als der Umweltschutz.

Nachfolgend einige Techniken für Felspritzen, die in besonderer Weise mithelfen können, umweltgerechten Pflanzenschutz zu betreiben:

Einspülvorrichtungen und Spülwasserbehälter

Eine Mindestforderung ist heute zwangsläufig ein sorgfältiges Ansetzen der Spritzbrühe ohne jegliche Verluste, möglichst ohne Schaumbildung und ohne Überlaufen der Spritzflüssigkeit. Geeignete Einspülvorrichtungen, Füllschleusen, Zumeßbehälter, Spritzmittelinjektoren usw. helfen hierbei dem Anwender und erleichtern ihm insbesondere bei großen Behältern das Befüllen und Auflösen pulverförmiger und granulierter Präparate.

Eine umweltschonende Technik erwartet ferner eine saubere Lösung des Restmengenproblems bzw. Maßnahmen, um Restmengen grundsätzlich von vornherein zu vermeiden. Dazu sind nötig eine

exakte Berechnung der erforderlichen Brühmenge, eine genaue Bemessung mit Wasseruhr, Füllcheck o.dgl., eine geeignete Auslaufsicke im Behälter sowie das Spülen der gesamten Spritzanlage möglichst noch auf dem Feld.

Hierfür gibt es neuerdings zusätzliche Spül- und Waschwasserbehälter für Reinwasser, die das Restmengenproblem einfach und umweltschonend lösen.

Auf der Agritechnica 1985 stellte beispielsweise eine deutsche Firmen-
gruppe eine neue Gerätereihe als Anbauspritzen für den Feldbau vor - bezeichnet mit der Abkürzung IS als Abkürzung für "Integriertes System"

und unter dem Etikett "Umwelttechnik" -, die den Wünschen der Anwender und des Umweltschutzes sehr entgegen kommt (Bild 2).

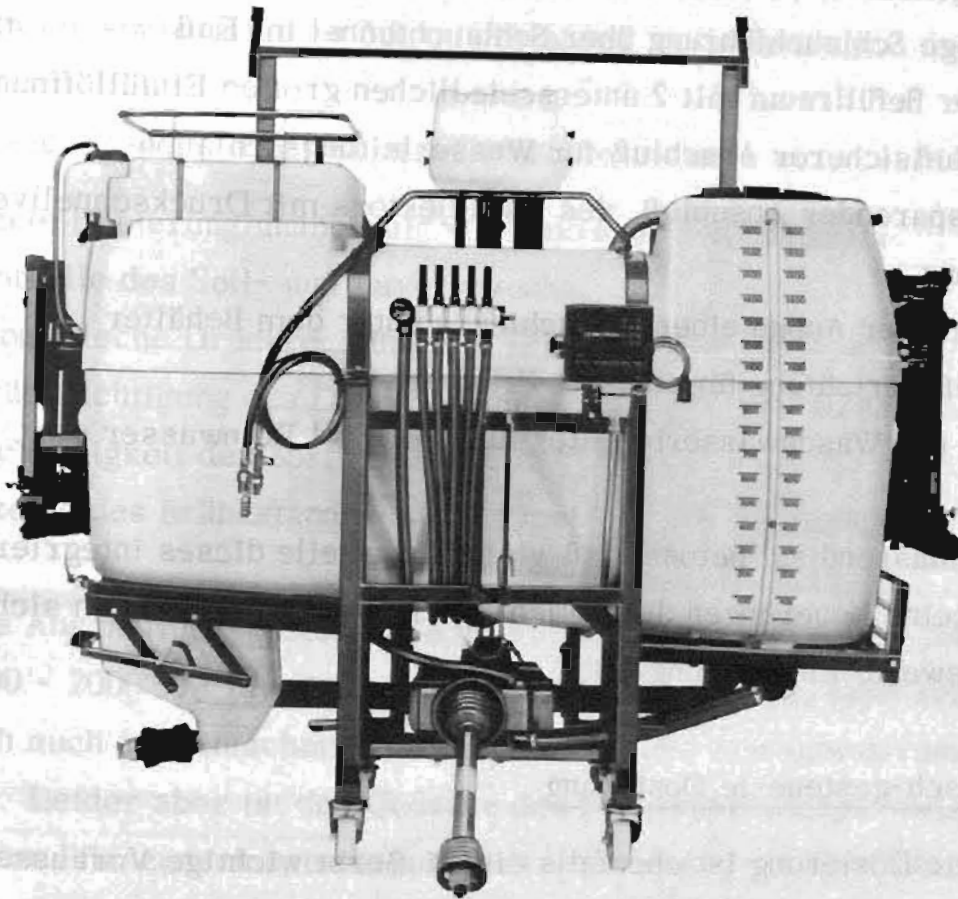


Bild 2: Neue Anbau-Feldspritzenreihe IS mit "im System" integrierten Zusatzeinrichtungen - einschließlich Dosiercomputer - für eine umweltschonende Pflanzenschutztechnik.

Ohne Bewertung des verwendeten Firmenbegriffs "Umwelttechnik" nachfolgend stichwortartig die wichtigsten Zusatzeinrichtungen dieser IS-Anbaureihe (die z. T. auch in anderen Fabrikaten angeboten werden):

- schräger Faßboden für restlose Behälterentleerung
- einfache Rahmenkonstruktion mit Gewichtseinsparung
- günstige Schwerpunktverlagerung mit besserer Lenkfähigkeit und geringerem Bodendruck
- günstige Schlauchführung über Schlauchtunnel im Faß
- großer Befüllraum mit 2 unterschiedlichen großen Einfüllöffnungen
- rückflußsicherer Anschluß für Wasserleitungsschlauch
- raumsparender Anschluß des Füllinjektors mit Druckschnellverstellung
- praktischer Anbau einer Füllschleuse unter dem Behälter
- Zumeßeinrichtung für flüssige Präparate
- Spül- und Waschwasserbehälter für über 50 l Reinwasser usw.

Zusammenfassend sei betont, daß viele Einzelteile dieses integrierten Systems keine Neuerungen darstellen, aber die Kombination an sich eine begrüßenswerte Entwicklung ist.

Elektronisch-gesteuerte Dosierung

Eine exakte Dosierung ist ebenfalls eine äußerst wichtige Voraussetzung für einen umweltschonenden Pflanzenschutz. Die technischen Möglichkeiten hierfür sind vielfältig.

Angefangen vom einfachen Druckeinstellventil mit Querschnittsregelung (Motordrehzahl-Anpassungsautomatik = DPM-System), über rein mechanische (halbautomatische) Dosiereinrichtungen, wozu auch bodenangetriebene Spritzen zählen, bis hin zur Vollautomatik (DPA-System) eventuell schon mit mobilen Agrar-Computern (MAC-Computer).

Elektronisch gesteuerte Geräte sind - auch wenn sie von der richtigen Programmierung, also vom Menschen abhängen - ein Beitrag im Bemühen um einen wirtschaftlichen Pflanzenschutz.

Einfache Einstellhilfen können beispielsweise einen einmal eingetretenen Düsenverschleiß - verbunden mit einem höheren Volumenausstoß - von sich aus nicht ausgleichen. Eine Überdosierung ist vielfach die Folge. Dies ist übrigens ein Argument der Computer-Hersteller für eine mögliche Mitteleinsparung bis zu 5 % mit Hilfe der Vollautomatik.

Zu den wichtigsten Vorteilen der Elektronik zählen u. a.:

exakte Dosierung unabhängig von Fahrgang und Drehzahl

Kontrolle des Soll- und Istverbrauchs

automatische Druckregelung bei Teilbreitenschaltungen

Berücksichtigung des Düsenverschleißes und einer veränderten

Fließfähigkeit der Spritzbrühe

Anzeige des Brühestandes zur Vermeidung von Restmengen.

Wem die Anschaffungskosten für eine Vollautomatik von 4000 - 7000 DM plus 1500 - 2000 DM für die Radarmessung zu hoch sind, kann selbstverständlich auch auf einfachere, billigere Meß- und Anzeigeeinstrumente ausweichen. Leider aber ist der Gedanke des Baukastenprinzips - wie vielfach in der Pflanzenschutztechnik üblich - hier nicht verwirklicht. (Tabelle 2).

Hydraulisch steuerbare Gestänge

Neben den Düsen kommt auch der Konstruktion und der Bedienung des Spritzgestänges eine große Bedeutung für eine gleichmäßige Wirkstoffverteilung zu. Breite und schwere sowie pendelnd aufgehängte Konstruktionen weisen weniger horizontale und vertikale Auslegerschwan- kungen auf.

Besonders die horizontalen Bewegungen können sich wesentlich stärker nachteilig auf die Tropfenverteilung auswirken. Es bleibt abzuwarten, ob

Tabelle 2

<u>Beispiele für Meß-, Kontroll- und Dosiereinrichtungen</u>	Richtpreise DM (ohne MWSt.)
<p>1. <u>Einfache Meßeinrichtungen</u> Speedcheck - km/h-Anzeige Füllcheck, Prüfcheck, Quantocheck Tankmeter</p>	<p>900 - 1000 1200 - 1600</p>
<p>2. <u>Armaturen mit Querschnittsregelung</u> Dosimat, GDA (Berthoud), Hardimatic, Jacomat 2000, Platzomat, Quantomat, Schmotzer-Dosierarmatur</p>	<p>150 - 300 (z.T. serienmässig)</p>
<p>3. <u>Armaturen mit elektr. Fernbedienung und Querschnittsregelung</u> Dositel, Elcomat, Elektra</p>	<p>1200 - 2900</p>
<p>4. <u>Meßeinrichtungen mit Spritzmonitor*</u> Hardi-, Hessel-, RDS-, SED-Monitor; Quantotron, Semi-Eltron, Spraycontrol</p>	<p>2000 - 3500 (ohne EF)</p>
<p>5. <u>Mechanische, halbautomatische Dosiereinrichtungen*</u> Bermatic, Debimat</p>	<p>1000 - 2500 (ohne EF)</p>
<p>6. <u>Mechanische, vollautomatische Dosiereinrichtungen</u> Hydroelektron</p>	<p>(serienmässig)</p>
<p>7. <u>Elektronische, vollautomatische Dosiereinrichtungen</u> Dositron*, Opti-Eltron*, Quanto-Tronic, Spraycontrol*</p>	<p>4000 - 5500 (ohne EF) 7000 - 9000 (mit EF)</p>
<p>8. <u>MAC-Computer</u> Mobiler Agrar-Computer</p>	<p>3400 (Grundausrüstung)</p>

* mit und ohne elektr. Fernbedienung (EF) lieferbar

die neuen Alu-Gestänge mit einer 15 - 20 %igen Gewichtseinsparung hier neue Maßstäbe in der Beurteilung setzen.

Je stärker die Ausleger schwanken, je weniger exakt der erforderliche Bodenabstand eingehalten wird, je weniger genau die Parallelität zum Boden gegeben ist, desto größer ist auch die Gefahr der Abdrift einer größeren Zahl kleinerer Tröpfchen. Gut funktionierende Pendel-, Hanganpassungs- und Höhenverstellereinrichtungen helfen, die Risiken zu mindern.

Grundsätzlich können alle Maßnahmen und technischen Vorrichtungen, die für einen raschen Spritzvorgang und dessen Beendigung noch innerhalb einer günstigen (windstillen)Witterungsphase beitragen, als anwender- und umweltfreundlich betrachtet werden. Dazu zählt auch das zeitsparende hydraulische Ein- und Ausklappen eines Spritzgestänges (Bild 3).

Niederdruckdüsen - LP-Düsen

Wie schon erwähnt, gibt es die herkömmlichen Flachstrahldüsen für Drücke von 1,5 - 5,0 bar und die sogenannten LP-Flachstrahldüsen für einen Druckbereich von 1,5 bis 3,5 bar. Letztere sind spezielle Niederdruckdüsen, gekennzeichnet z.T. durch eine ovale Einlaßöffnung und allgemein durch folgende Merkmale:

- größere Tropfen (bei vergleichbaren Drücken)
- geringere Verstopfungsgefahr
- verringerte Abdrift und
- höherer Volumenausstoß l/min.

Sie ermöglichen ein Spritzen auch mit niedrigen Wassermengen/ha, sowie Bekämpfungsmaßnahmen selbst in der Nähe wuchsstoffempfindlicher Nachbarkulturen. Obwohl die LP-Düsen einen vergleichsweise niedrigeren Bedeckungsgrad aufweisen - nach theoretischer Berechnung ist es mit üblichen



Bild 3: Hydraulisch klappbares Spritzgestänge mit Pendleinrichtung und automatischem, mechanischem Hangausgleich.

Drücken und Wassermengen kaum möglich, jeweils 1 Tropfen pro mm² anzulagern - haben sie sich in der Praxis gut bewährt und eingeführt.

Auf weite Sicht ist jedoch ein Ablösung durch die sogenannten Universaldüsen zu erwarten, die nach Firmenangaben einen Druckbereich von 1,0 - 5,0 abdecken.

Tropfstoppereinrichtungen, verschleißfeste Düsenwerkstoffe

Das gefürchtete Nachtropfen der Düsen ist durch die generelle Einführung bewährter Membran-Rückschlagventile in Verbindung mit den Bajonettkappen für raschen Düsenwechsel endlich beseitigt.

Offen ist dagegen noch die Frage des Düsenverschleißes. Offen deshalb, weil die Herstellerfirmen von Kunststoffdüsen keine einheitliche Meinung über den Verschleiß ihrer Düsen äußern. Andererseits besteht eine berechtigte Forderung einer umweltschonenden Pflanzenschutztechnik, möglichst nur verschleißarme Düsen zu verwenden. Vor allem diejenigen Betriebsleiter, die nur über einfache Einstellhilfen dosieren und auch keine sonstigen Meßinstrumente (Quantocheck o. dgl.) besitzen, sind auf verschleißfeste Düsenwerkstoffe angewiesen.

Sicher ist folgendes: Messingdüsen weisen den größten und Keramikdüsen den geringsten Verschleiß auf. Gehärteter Stahl wird ebenfalls gut beurteilt. Edelstahl und Kunststoff liegen in der Mitte, wobei bei den Kunststoffdüsen sehr unterschiedliche Verschleißmeßergebnisse vorliegen.

LP-Düsen gibt es leider nur in Messing, Edelstahl und Kunststoff.

Frage Nr. 5

Welche zukunftsweisenden Verfahren und Techniken stehen in Aussicht, um künftig eventuell noch umweltschonender Pflanzenschutzmittel im Feldbau ausbringen zu können?

Antwort:

Im einzelnen sind hier u. a. zu nennen:

Elektrostatik

Zweistoffdüsen

Direkteinspeisung

Zusatzstoffe

mobile Agrar-Computer

Elektrostatische Aufladung von Spritztröpfchen

Seit vielen Jahren gibt es Bemühungen, die positiven Eigenschaften der Elektrostatik auch im Pflanzenschutz zu nutzen. Die Ziele sind u. a.:

- bessere Anlagerung der Wirkstoffe,
- Reduzierung der Abdrift und vor allem
- Einsparung von Pflanzenschutzmitteln.

Zahlreiche Versuche haben jedoch die Grenzen für dieses Verfahren im Pflanzenschutz deutlich gemacht. Bei Einzelpflanzenbehandlungen waren echte Verbesserungen möglich. In geschlossenen, dichten Beständen dagegen traten Fortschritte nur in Einzelfällen auf. Die Versuche werden zwar teilweise fortgesetzt, aber die positiven Erwartungen sind - systembedingt - nicht sehr groß.

Zweistoffdüsen

Diese Wirbelkammerdüsen, die mit Hilfe eines Luft-Wasser-Gemisches - erzeugt über einen Kleinkompressor o. dgl. - für etwa 30 l/ha Wasseraufwand einsetzbar sind, werden z. Zt. geprüft.

Die bisherigen Ergebnisse schwanken in ihren Aussagen sehr stark, jedoch scheinen die biologischen Erfolge mindestens ebensogut wie bei den Rotationsdüsen - teilweise sogar besser - zu sein. Im Sinne eines umweltschonenden Pflanzenschutzes können sie vorerst nicht empfohlen und mit 30 l/ha nicht einmal toleriert werden.

Direkteinspeisung

Die direkte Einspeisung von Pflanzenschutzmitteln entsprechend der gewünschten Aufwandmenge und analog zur Fahrgeschwindigkeit wäre bzw. ist ein echter Fortschritt. Die in den letzten Jahren vorgestellten Einrichtungen sind sehr vielversprechend und lassen hoffen, daß nicht nur flüssige Präparate Verwendung finden können, sondern auch die Probleme mit pulverförmigen Mitteln, mit Tankmischungen sowie Düngerzusätzen gelöst werden. Aber auch bei diesem Verfahren werden sich Restmengen u.U. nicht ganz vermeiden lassen!

Zusatzstoffe

Ebenfalls seit vielen Jahren werden Zusatzstoffe zur Verbesserung der Applikation und damit zur Risikominderung geprüft und zum Teil schon angeboten. Als Vorteile werden u. a. aufgeführt:

- gleichmäßigeres Tropfenspektrum
- geringere Verdunstung
- geringere Abdrift
- weniger Abtropfverluste
- bessere Wirkung
- geringerer Mittelbedarf
- weniger Schaumbildung usw.

Alle Zusatzstoffe müssen amtlich zugelassen sein und dürfen den Wirkstoffabbau auf den Ernteprodukten nicht negativ beeinflussen. Leider ist aber das Angebot zur Zeit noch sehr klein und auf wenige Indikationen beschränkt.

Nicht betroffen ist der Zusatz von Blattdüngern (3 - 4%), die u. a. eine verdunstungshemmende Wirkung besitzen. Bezüglich der Zugabe von z. B. Schwefelsaurem Ammoniak, Harnstoff, Ammonitrat-Harnstoff-Lösungen

u. a. wasserlöslichen Düngern in Verbindung mit möglichen Mittelein-spargungen wird auf die Firmenempfehlungen verwiesen.

Mobile Agrar-Computer

Ein weiterer wichtiger Schritt über die derzeitigen vollautomatischen Dosiereinrichtungen hinaus ist bereits getan. Die neuen vielseitigen Schlepper-Bord-Computer werden wesentliche Teile der jetzigen Vollautomatikeinrichtungen ersetzen und über eine noch bessere und schnellere Information über sämtliche Spritzvorgänge eventuelle Fehler beim Pflanzenschutzmitteleinsatz vermeiden helfen.

Frage Nr. 6

Welche Grundsätze gelten zusammenfassend heute für einen umweltschonenden Einsatz eines Feldspritzgerätes?

Antwort:

Im einzelnen wären dies u. a.:

1. Präparate sorgfältig auswählen und dabei an die Nachbarbestände, die Verbots-VO, die Bienenschutz-VO, die Wasserschutzgebietsauflagen, die Abschwemmungsgefahr am Hang usw. denken und nach Möglichkeit die niedrigste noch zugelassene Mittelmenge /ha wählen; Band-, Reihen- und Randbehandlungen weitestgehend nutzen.
2. Den Einsatzzeitpunkt entsprechend der Gebrauchsanweisung streng beachten. Bei Applikationen auf offenen Boden ist die Abdrift- und Abschwemmungsgefahr größer als bei Maßnahmen in höheren Beständen. Das gilt auch bei Spritzungen auf noch gefrorene Böden.
3. Nicht bei ungünstigen Witterungsverhältnissen spritzen. Als Grenzwerte gelten: Windgeschwindigkeit 3 m/s, Temperatur 25 °C, relative Luftfeuchtigkeit etwa 65 %.

4. Beim Behälterfüllen alle einschlägigen Vorschriften beachten. Keine Pflanzenschutzmittel verschütten und möglichst die erste Gerätereinigung (Grobreinigung) noch auf dem Feld vornehmen.
5. Bei der Bemessung der Wassermenge je ha einen vernünftigen Kompromiß zwischen den Belangen des Umweltschutzes, des Pflanzenschutzes und der Betriebswirtschaft finden. Notfalls einen Wassertransport für die Spritze organisieren, um die Rüstzeiten beim Nachfüllen zu verringern und die Bekämpfungsmaßnahmen so rasch wie möglich innerhalb einer günstigen Witterungsphase abzuschließen.
6. Beim Spülen von Filtereinsätzen und Düsen auslaufende Spritzbrühe in einem Kübel auffangen und - soweit sinnvoll - in den Gerätebehälter zurückleeren.
7. Ein überbetrieblich durchgeführter Pflanzenschutz ist sehr begrüßenswert, aber nicht immer die Gewähr für eine umweltgerechte Mittelausbringung. Um Bekämpfungsmaßnahmen fristgerecht und zügig durchführen zu können, ist sehr oft ein betriebseigenes Gerät, das voll den amtlichen Anforderungen entspricht, die bessere Lösung.
8. Grundsätzlich dem Umweltschutz auch im Interesse der Wirtschaftlichkeit des Pflanzenschutzes einen größeren Stellenwert einräumen.

Schlußbemerkung

Man muß den Herstellern von Pflanzenschutzmitteln und -geräten bescheinigen, daß sie auf Grund zahlreicher Versuche und eines gewissen Druckes seitens des amtlichen Pflanzenschutzdienstes nahezu nur noch umweltschonende Verfahren in den Gebrauchsanweisungen empfehlen. (Das war in der Vergangenheit nicht immer so!). Wer sich heute streng an die Empfehlungen der Mittelhersteller hält, handelt voll im Einvernehmen einer umweltschonenden Pflanzenschutztechnik.

Kostengünstige Mineraldüngung

von Dr. Stephan Maidl, BASF Aktiengesellschaft, Landwirtschaftliche
Beratungsstelle, München

1. Einleitung

Angesichts stagnierender oder sogar sinkender Preise für landwirtschaftliche Produkte muß der Landwirt den Einsatz und die Kosten der Produktionsmittel besonders kritisch überdenken, um über eventuelle Kosteneinsparungen einen Teil der Mindererlöse aufzufangen. Bei allen Überlegungen in dieser Richtung darf aber nicht vergessen werden, daß immer das Ertragsoptimum anzustreben ist.

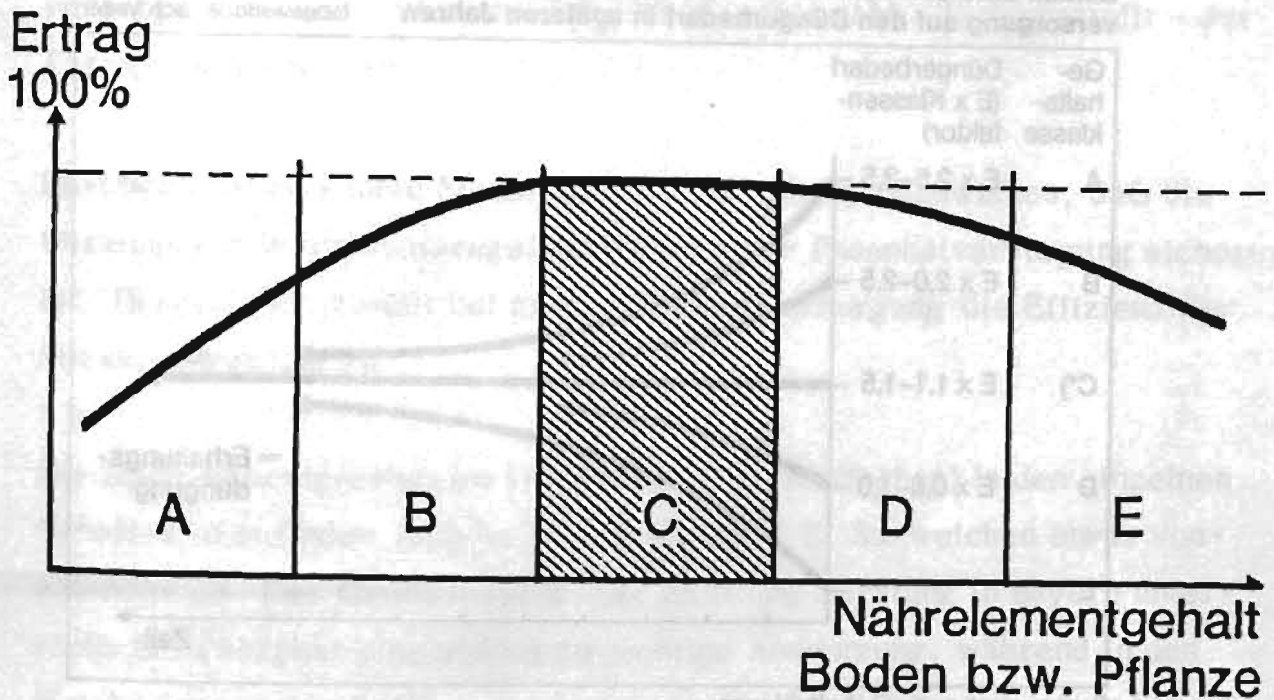
Nachdem die Aufwendungen für Düngemittel gerade im intensiven Getreidebau mit 400. -- bis 500. -- DM je Hektar einen sehr hohen Anteil an den Gesamtaufwendungen ausmachen, ist es besonders wichtig, sich mit Düngungsfragen und Düngungskosten auseinanderzusetzen. Der Einsatz der Düngemittel läßt sich aber nur dann optimieren, wenn man Kenntnis besitzt über

- a) die für den jeweiligen Ertrag erforderlichen Nährstoffmengen
- b) über den richtigen Einsatzzeitpunkt
- c) über die Wirkungsweise der verschiedenen Nährstoffformen.

2. Die Düngung mit Phosphat und Kali

Grundlage für die Bemessung der Phosphat- und Kaligaben bilden die Bodenuntersuchungen und der sich daraus ergebende Nährstoffzustand sowie die Entzugswerte durch die Ernten. Grundsätzlich gilt es den "Versorgungsbereich C" anzustreben (Abb. 1 und 2 und Tab. 1).

Einstufung der Nährstoffgehalte von Böden und Pflanzen in Versorgungsbereiche

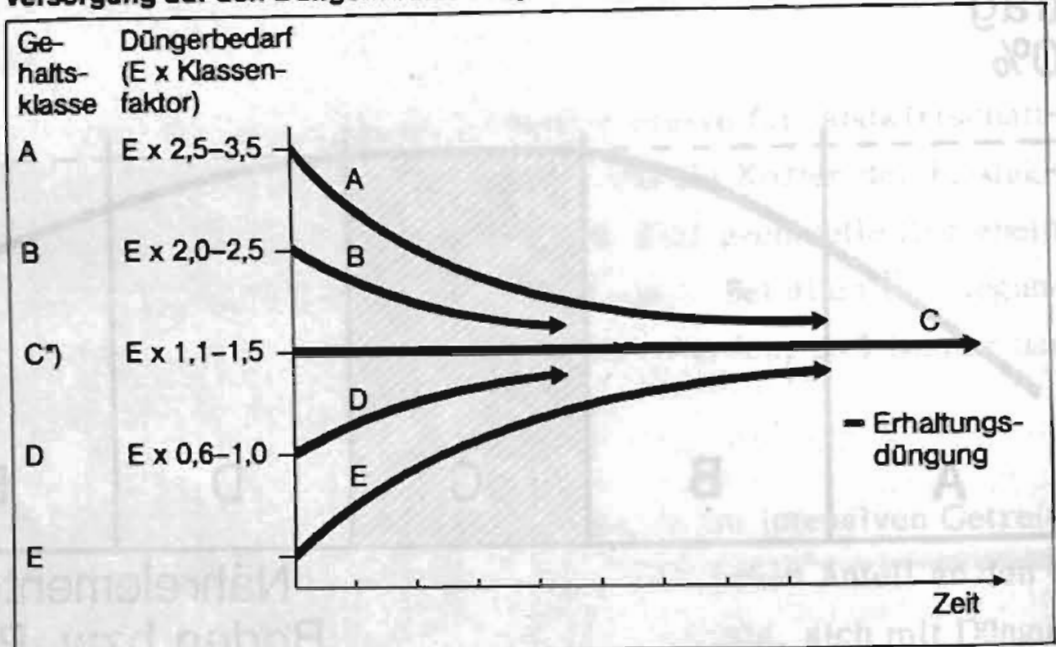


Klasse	Pflanzenanalyse (Versorgungsbereich)	Bodenanalyse (Gehaltsklasse)
A	akuter Mangel	niedrig
B	latenter Mangel	mittel
C	optimale Versorgung	hoch
D	Luxusversorgung	sehr hoch
E	Toxizität	extrem hoch

(nach Gutser)

Abb. 2

Einfluß unterschiedlicher Phosphatgaben bei Böden verschiedener Nährstoffversorgung auf den Düngerbedarf in späteren Jahren (abgewandelt nach Vetter)



*) anzustrebende Gehaltsklasse

Tab. 1 Gehaltsstufen für P_2O_5 und K_2O in Ackerböden (mg/100 g Boden)

Gehaltsstufe	P_2O_5 für alle Bodenarten**	K_2O		
		leichte Böden* (S, l'S)	mittlere Böden** (l'S-uL)	schwere Böden** (lL-T)
A niedrig	< 8	< 8	< 8	< 10
B mittel	8-14	8-14	8-14	10-19
C hoch	15-25	15-20	15-30	20-35
D sehr hoch	26-40	21-30	31-45	36-50
E extrem hoch	> 40	> 30	> 45	> 50

*) untere Werte für Sand, obere Werte für schwach lehmigen Sand

***) untere Werte für günstige, obere Werte für ungünstige Standortverhältnisse

Diese Versorgungsstufe bildet die Gewähr, daß insbesondere bei hohen Ertragsniveau und unter ungünstigen Nachlieferungsbedingungen für die Nährstoffe aus dem Boden die Pflanzen immer gut versorgt werden und keinen temporären Nährstoffmangel erleiden. Mit zunehmender Nährstoffversorgung nimmt - hier am Beispiel Phosphat (Abb. 3) dargestellt - die Ertragssicherheit zu.

Darüber hinaus konnte Sturm (mündl. Mitteilung) nachweisen, daß die Wirkung von Wachstumsregulatoren bei guter Phosphatversorgung sicherer ist. Desgleichen nimmt bei guter Nährstoffversorgung die Effizienz der Stickstoffdüngung zu.

Die Düngungsempfehlungen (= Höhe der Nährstoffgaben) in den einzelnen Gehaltsstufen finden sich in Tab. 2 und Abb. 2. Sie weichen etwas voneinander ab. Der Grund hierfür: Die amtliche Beratung in Bayern unterstellt bei Phosphat eine hundertprozentige Ausnutzung, während in den Empfehlungen der BASF der Ausnutzungsgrad in Abhängigkeit von Bodenart und vom Klima etwas niedriger liegt. Den "Methodenstreit" sollte man aber nicht zu weit treiben: Als oberstes Kontrollorgan für die richtige Bemessung der Nährstoffgaben gilt die Bodenuntersuchung im Abstand von 3 - 4 Jahren.

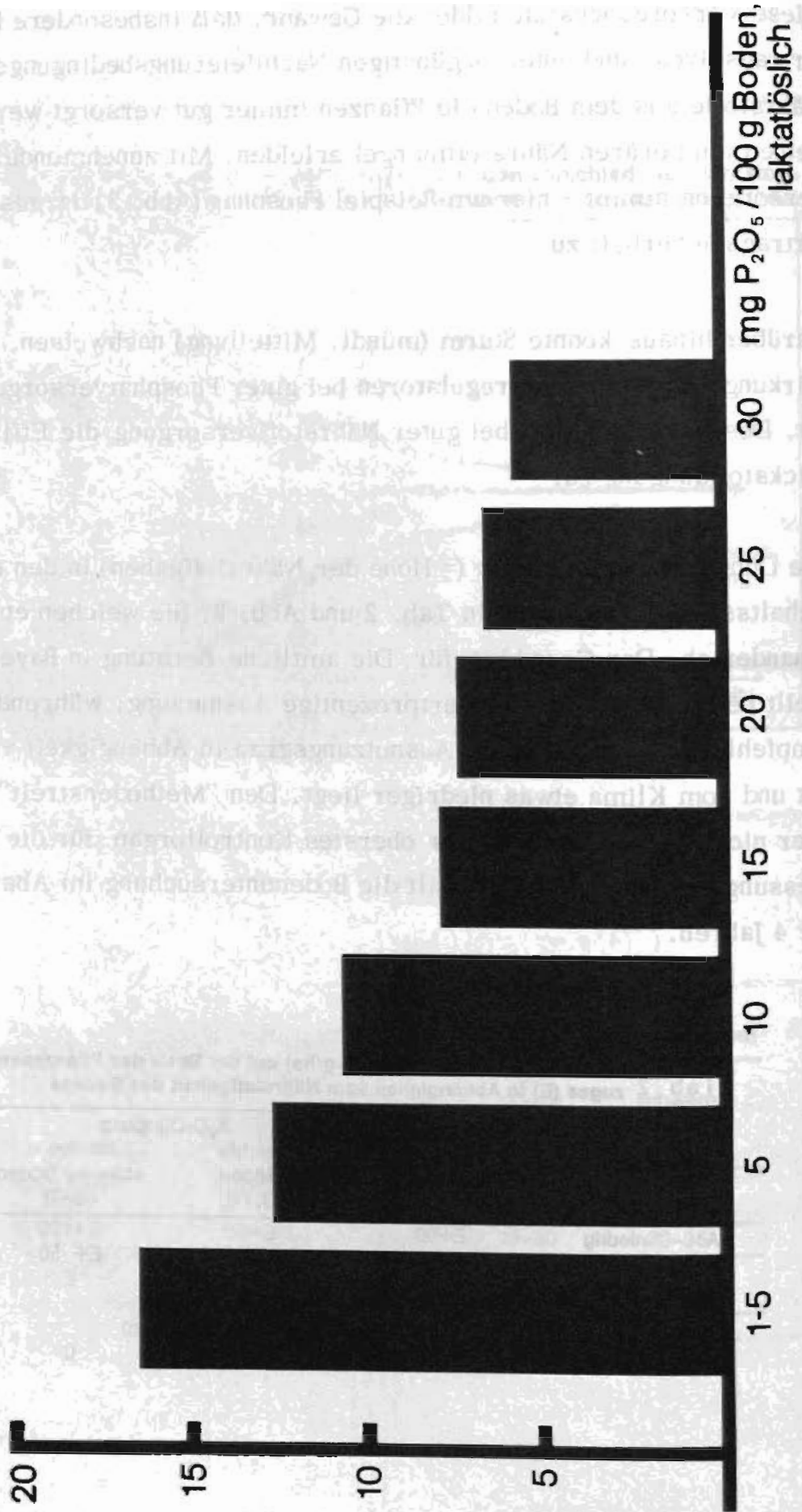
Tab 2 **Empfohlene Düngemengen (kg/ha) auf der Basis des Pflanzenanzuges (E) in Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Bodens**

Gehaltsstufe		P ₂ O ₅ -Düngung für alle Bodenarten	K ₂ O-Düngung	
			leichte Böden (S, l'S)	mittlere u. schwere Böden (l'S-T)
A	niedrig	E+90	E+50	E+100
B	mittel	E+40	E+25	E+ 50
C	hoch	E	E	E
D	sehr hoch	½ E	½ E (bevorzugt zu Blattfrüchten)	
E	extrem hoch	0	0	0

Abb. 3

Mit steigender Phosphat-Versorgung des Bodens nehmen die Ertragsschwankungen ab

Schwankungsbreite der Erträge in %



Auf Böden, die sich im "Versorgungsbereich C" befinden, muß die jeweilige Fruchtart nicht mehr individuell gedüngt werden. Hier kann man die Fruchtfolgedüngung "praktizieren": Entzüge, Festlegung und Zufuhr der Nährstoffe müssen in der Bilanz ausgeglichen sein. Für die jeweilige Fruchtart ist nicht mehr eine genau definierte Menge erforderlich. (Berechnungsbeispiele für die Fruchtfolgedüngung finden sich im Anhang).

Auf einige Besonderheiten sei aber kurz noch hingewiesen:

Gerade bei geringer Nährstoffmobilität (z.B. spätes, kaltes Frühjahr, schwere untätige Böden) bringt die Düngung mit Frischphosphat gegenüber alleiniger Kalkammonsalpeter wie langjährige Versuche der BASF zeigen eine Ertragsüberlegenheit (siehe Tabelle 3).

DER EINFLUß EINER FRUHLJAHRSDÜNGUNG MIT KALKAMMONSALPETER UND NITROPHOSKA 24 + 8 + 8

Tab. 3 AUF DEN ERTRAG BEI W-WEIZEN

Düngung	Ertrag (DT/HA)	
	1984	1985
Ungedüngt	61,4	60,2
Kalkammonsalpeter	87,1	87,5
NPK 24 + 8 + 8	87,5	88,1
	n = 9	n = 8

Düngung: N-Soll 120 - 0 - 60

Quelle: BASF 1984/85

Desgleichen konnte Golisch auch bei guter Bodenversorgung den positiven Effekt einer Kalidüngung zu Zuckerrüben nachweisen. Nach diesen Ergebnissen und nach langjährigen Praxiserfahrungen wird es wohl das Beste sein, jede Fruchtart auch in der "Versorgungsstufe C" mit einer gewissen Menge an Phosphat und Kali abzdüngen.

3. Die Düngung mit Stickstoff

Im Gegensatz zu Phosphat und Kali, deren Mengen relativ großzügig bemessen werden können, müssen die Stickstoffgaben gerade im hohen Ertragsbereich besonders exakt sowohl hinsichtlich der Höhe wie auch des Termins festgelegt werden. Dies ist nur dann möglich, wenn man den Ertragsaufbau und Physiologie der Getreidepflanze kennt.

3.1. Ertragsaufbau

Der Getreideertrag setzt sich aus der Ährendichte, der Kornzahl je Ähre und dem Tausenkorngewicht zusammen (Abb. 4).

Ertragsbestimmende Faktoren

Ähren/ m ²	Körner je Ähre	Ertrag dt/ha bei einem 1000- Korngewicht von ... g						
		35	40	45	50	55	60	65
300	30	32	36	41	45	50	54	59
	35	37	42	47	53	58	63	68
	40	42	48	54	60	66	72	78
400	30	42	48	54	60	66	72	78
	35	49	56	63	70	77	84	91
	40	56	64	72	80	88	96	104
500	30	53	60	68	75	82	89	96
	35	61	70	79	88	97	106	115
	40	70	80	90	100	110	120	130
600	30	63	72	81	90	99	108	114
	35	74	84	95	105	115	125	135
	40	84	96	108	120	132	144	156

Ziel der Bestandführung mit Stickstoffdüngung muß sein, diese drei Ertragsfaktoren in das richtige Verhältnis zueinander zu bringen: Wobei die Ährenzahl je m^2 in Abhängigkeit vom Boden, vom Klima und der Sorte ihr Optimum zwischen 550 und 650 aufweist. Überzogene Bestandesdichten bedeuten erhöhten Lager- und auch Krankheitsdruck. Darüber hinaus geht der Einzelährenertrag aufgrund sinkender Kornzahlen pro Ähre und eines rückläufigen Tausendkorngewichts meist so stark zurück, daß dieser nicht mehr durch höhere Bestandesdichten kompensiert werden kann.

3.2. Physiologie der Getreidepflanze

Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Ertragsbildung bei Getreide: Die Triebanlagen und damit die Bestandesdichte wird bis Stadium 25/30 festgelegt. Die Ausbildung der Ährenanlagen beginnt mit dem sog. Doppelringstadium (ES 25-28). Daran schließt sich an die Ausbildung der Blütenanlage. Mit Beginn der Blüte ist die Kornzahl pro Ähre determiniert. In der Phase der Kronbildung (ab ES 61/69) wird das Tausendkorngewicht festgelegt.

3.3. Die Düngung in den einzelnen Entwicklungsabschnitten

3.3.1. Die Düngung vor Vegetationsbeginn

Mit der Stickstoffdüngung vor Vegetationsbeginn wird die Bestandesdichte festgelegt. Je höher die erste Gabe ausfällt, umso mehr bestockt das Getreide und umgekehrt.

Faustzahlen alleine für die Bemessung der Stickstoffgabe gerade im hohen Ertragsbereich sind nicht ausreichend. Weitere Entscheidungshilfen sind erforderlich. Hier hat sich schon seit Jahren die N-Hilfstabelle zur Stickstoffdüngung im Getreidebau bewährt. Diese wurde von Dr. Sturm vor 10 Jahren erstmals vorgestellt (siehe Abb. 6).

Abb. 5

Verlauf der Ertragsbildung bei Winterweizen

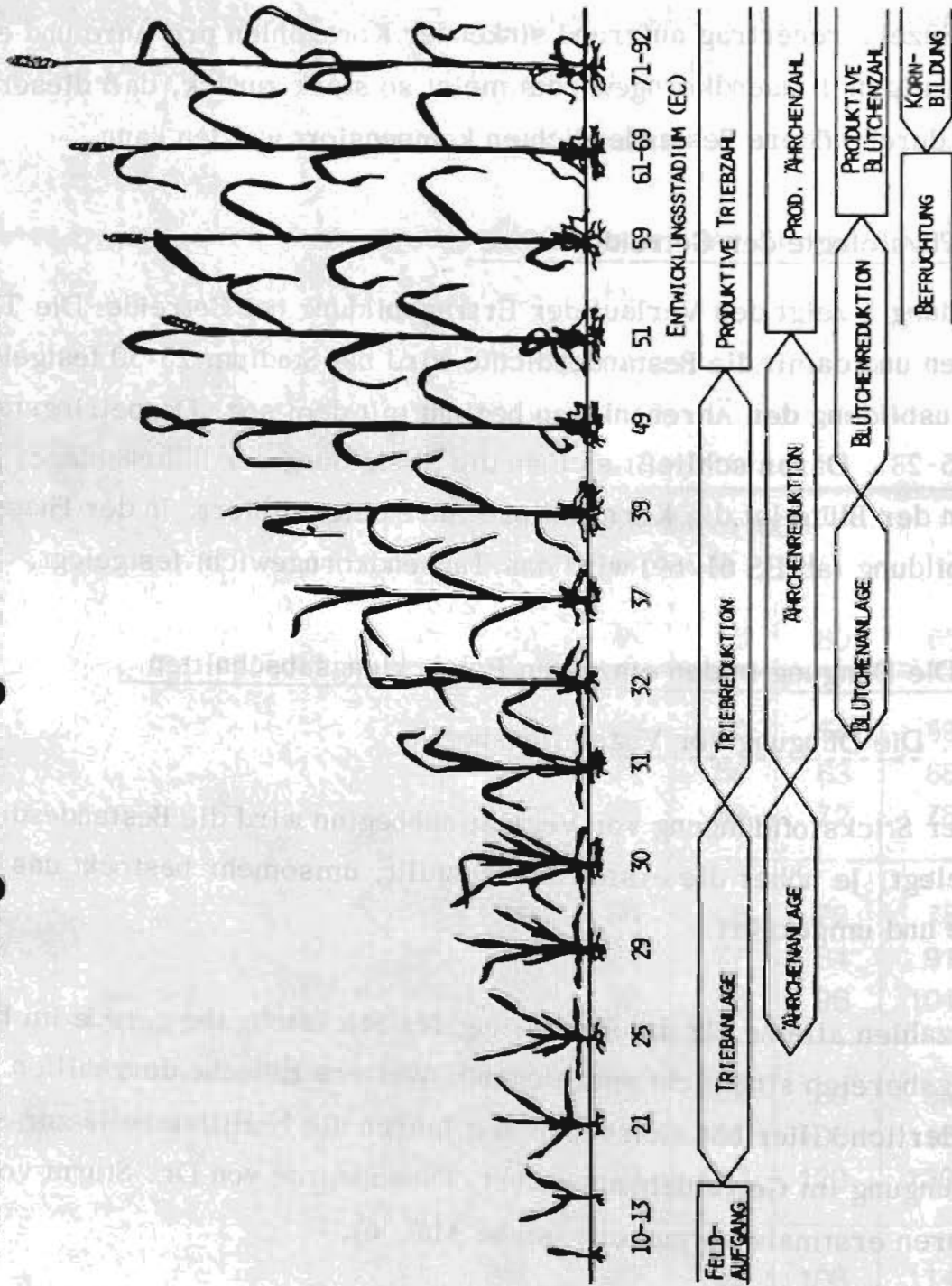


Abb. 6

Hilftabelle zur N-Düngung im Getreidebau		Frühjahrsdüngung		Zwischen- düngung (auf guten Böden im allg. nicht zu empfehlen)	Spät- düngung
		in einer Gabe	aufgeteilt 1. Gabe 2. Gabe		
Empfehlung je nach Getreideart und Standort kg/ha N		50-100	50-80 50-30	0-30	40-80
Betriebserfahrung kg/ha N					
Winterwitterung	a) weniger durchlässige Böden				
	trocken, mild	▼	▼	▼	○
	trocken, kalt	▼	○	▼	○
	normal feucht, mild	○	(▼)	○	○
	naß, kalt	▲	▲	○	○
	naß, mild	▲	▲	▲	○
	b) durchlässige Böden				
	trocken, mild		○	▼	○
	trocken, kalt		○	▼	○
	normal feucht, mild		○	○	○
naß, kalt		▲	○	○	
naß, mild		▲	▲	○	
Organische Düngung	(Mist, Gülle, Gründgg., Rübenblatt, Strohdgg. mit N-Ausgl.)				
	vor 1 Jahr (zur Frucht)	▼	○	▼	▼
	vor 2 Jahren (zur Vorfrucht)	▼	○	▼	○
	ohne org. Düngung	○	○	▲	▲
Vorfrucht	Stroh ohne N	▲	○	▲	▲
	Rüben/Kartoffeln		○	▲	○
	Raps/Mais Getreide	○	(▲)	○	○
Bestandesdichte	hoch (voraussichtl. über 550 ährentragende Halme je m ²)	▼	○	▼	▲
	niedrig (voraussichtl. unter 400 ährentragende Halme je m ²)	▲	○	▲	▼
Verunkrautung	stärkere Verunkrautung bzw. Verungrasung im Winter bzw. zeitigen Frühjahr	▲	○	▲	○
Boden- bearbeitung	schlechte Struktur des Bodens (z.B. Rübenernte bei Nässe)	▲	▲	○	▲
	sehr gute Bodenstruktur (Bearbeitung bei idealen Bodenverhältnissen)	▼	○	▼	○
Frühjahrs- witterung	wüchsig	○	○	▼	○
	wenig wüchsig	○	○	▲	○
Erzeugungszweck	Futtergetreide für eigenen Betrieb; Qualitätsweizen	○	○	○	▲
	Braugerste	○	○	○	▼
	Anzahl ▲				
	Anzahl ▼				
Summe der Zu- und Abschläge					
N-Düngung im lfd. Jahr					

Eine besondere Bedeutung kommt auch den Stickstoffmessmethoden vor allem der N-min Methode zu: Diese wurde von Wermann, Golisch und Mitarbeitern vor 10 Jahren entwickelt. Mit dem sog. "N-Soll-Wert" (= die Stickstoffmenge, die der Getreidepflanze aus dem Bodenstickstoff und dem mineralischen Stickstoff bei Vegetationsbeginn zur Verfügung gestellt werden muß) erfährt der Landwirt eine genau definierte Stickstoffmenge als Richtmaß. Mit gewissen Abänderungen, besonders in Abhängigkeit vom Standort, hat sich diese N-min Methode als brauchbares Verfahren erwiesen. Besonders wertvolle Hinweise liefert diese Methode auf sog. Stickstoffproblemstandorten: Das sind Standorte, auf denen mit einer hohen Stickstoffnachlieferung während der Vegetation zu rechnen ist (z.B. bei hoher organischer Düngung).

In der Diskussion um Kosteneinsparungen wird gerade jetzt der Harnstoff als sehr billiger Stickstoffdünger erwähnt. Bei aller Preiswürdigkeit dieses Düngers sollte aber nicht außer Acht gelassen werden: Der Stickstoff liegt hier in der Amidform vor und ist als Bodendünger nicht pflanzenaufnehmbar.

Dieser Amidstickstoff wird durch das Enzym Urease fast unabhängig von der Temperatur innerhalb weniger Tage (Tab. 4) in Ammoniumstickstoff umgesetzt.

Umwandlungszeit von Harnstoff-N in Ammonium-N durch Urease im Boden

(nach Amberger und Vilsmeier, 1984)

Bodentemperatur °C	Umwandlungszeit / Tage
2	4
10	2
20	1

Die zweite Umsetzungsstufe von Ammonium in Nitrat ist dagegen stark temperatur- und damit zeitabhängig (Tab. 5).

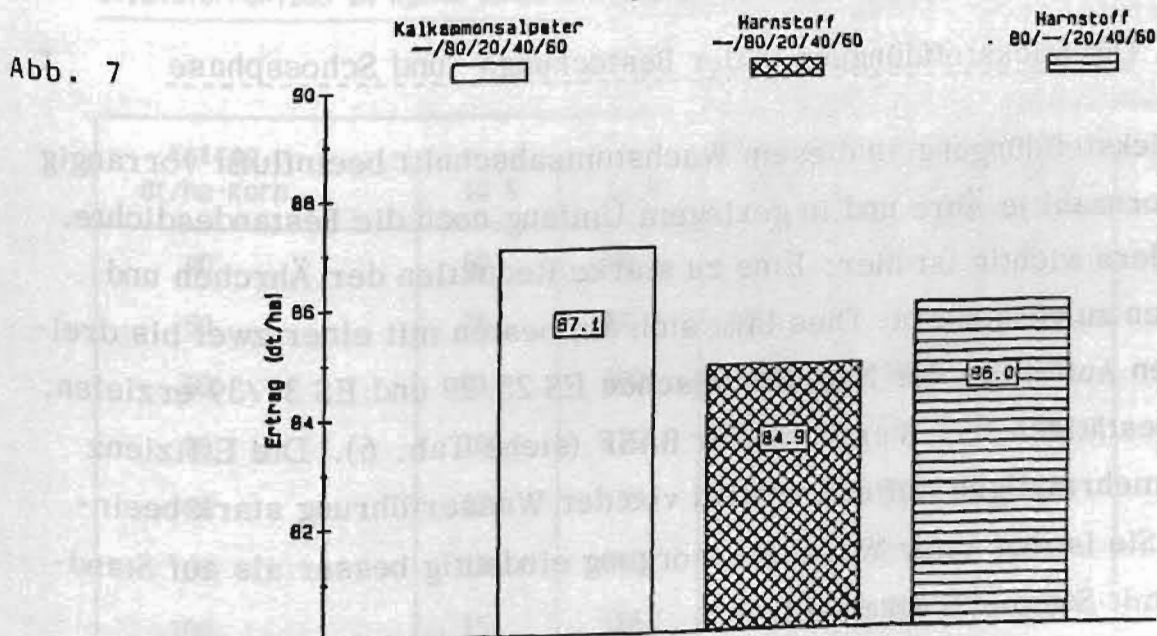
Umwandlungszeit von Ammonium-N in Nitrat-N durch Bakterien

(nach Amberger und Vilsmeier)

Bodentemperatur	50 % Ammonium-N sind umgesetzt nach
5 °C	6 Wochen
8 °C	4 Wochen
10 °C	2 Wochen
20 °C	1 Woche

In kalten und späten Frühjahren dauert der Umsetzungsprozess lange. Es kann zu Verdampfungsverlusten von Ammoniak kommen. Weit wichtiger aber ist, daß den Pflanzen zum Start Nitratstickstoff fehlt. Dies bestätigen auch Versuche der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in Futterkamp aus den Jahren 1982 - 1985 (siehe Abb. 7).

Einfluß des Düngungszeitpunktes v. Harnstoff u. Kalkammonsalpeter auf den Ertrag von Winterweizen .
(Futterkamp 1982 - 1985)



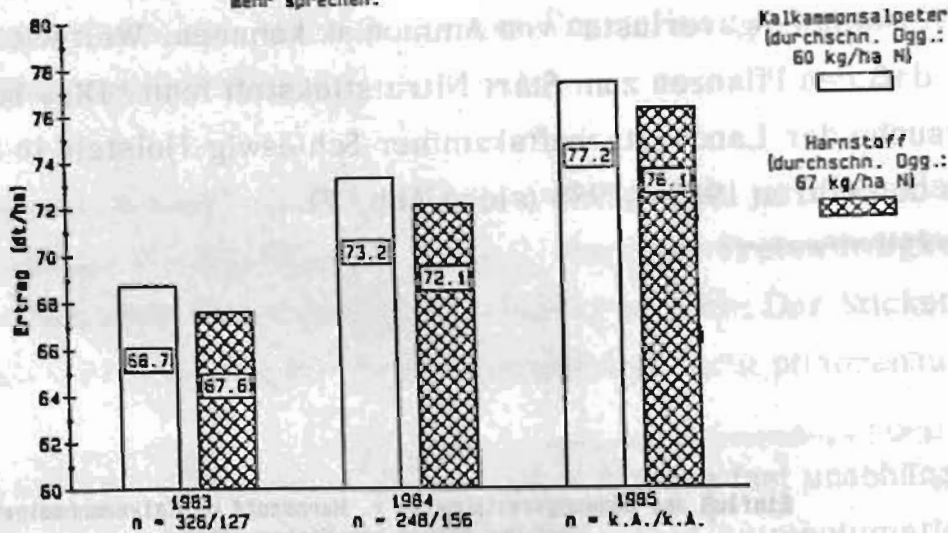
Demnach war die Harnstoffvariante gegenüber der Kalkammonsalpeter-variante um 2,1 dt/ha unterlegen. Auch eine vorgezogene Harnstoffdüngung (rechte Säule) kann die Ertragsunterlegenheit von Harnstoff gegenüber einer Düngung mit Kalkammonsalpeter nicht ausgleichen. - Ähnliche Ergebnisse erbringen auch die Erhebung des Beratungsringes Südhannover aus den Jahren 1983 - 1985 (Abb. 8).

Einflüsse von Harnstoff und Kalkammonsalpeter auf den Ertrag von Winterweizen

(Erhebung des Beratungsringes Südhannover, 1983 - 1985)

Abb. 8

Kommentar des Beratungsringes Südhannover 1984:
"Nach drei Jahren kann man natürlich von Ertragsgleichheit in dieser Erhebungsuntersuchung nicht mehr sprechen."



3.3.2. Die Stickstoffdüngung in der Bestockungs- und Schossphase

Die Stickstoffdüngung in diesem Wachstumsabschnitt beeinflusst vorrangig die Kornzahl je Ähre und in geringem Umfang noch die Bestandesdichte. Besonders wichtig ist hier: Eine zu starke Reduktion der Ährchen und Blütchen zu verhindern. Dies läßt sich am besten mit einer zwei bis dreimaligen Aufteilung der N-Gabe zwischen ES 25/29 und ES 37/39 erzielen. Dies bestätigen auch Versuche der BASF (siehe Tab. 6). Die Effizienz einer mehrmaligen Aufteilung wird von der Wasserführung stark beeinflusst: Sie ist bei guter Wasserversorgung eindeutig besser als auf Standorten mit Sommertrockenheit.

DER EINFLUSS STEIGENDER N-DÜNGUNG (LOEFFELDÜNGUNG) WÄHREND DER SCHOSSPHASE AUF DEN ERTRAG BEI W-WEIZEN

Tab. 6

VG.	DÜNGUNG	ERTRAG (DT/HA)	KG GETREIDE / KGN
1	0 - 0 - 0 - 0 - 0	61,4	--
2	75 - 0 - 0 - 0 - 60	87,1	19,0
3	75 - 20 - 0 - 0 - 60	89,4	11,5
4	75 - 20 - 20 - 0 - 60	90,9	7,5
5	75 - 20 - 15 - 20 - 60	91,1	1,3

DÜNGUNGSTERMINE:

VOR VEG. BEGINN (N-SOLL)

QUELLE: BASF 1984

ES 29/30

ES 32/37

ES 39

ES 49/51

N = 9

3.3.3. Die Spätdüngung

Bei der Erzeugung von Qualitätsweizen insbesondere bei höheren Ertragsniveau den Stickstoffentzug durch die Kornernte Rechnung zu tragen: Bei einem Ertrag von 70 dt/ha und einem Eiweißgehalt von 14 % werden beispielsweise durch die Kornernte 148 kg N entzogen (siehe Tabelle 7).

STICKSTOFFENTZUG IN kg/ha DURCH DIE KORNERNTE IN ABHÄNGIGKEIT VON ERTRAG UND EIWEIßGEHALT

Tab. 7

Ertrag dt/ha-Korn	Eiweiß - % - Gehalt					
	10 %	11 %	12 %	13 %	14 %	15 %
40	60	66	73	79	85	91
50	76	83	91	98	106	113
60	91	100	109	118	127	136
70	106	116	127	137	148	159
80	121	133	145	157	169	181
90	136	149	163	176	190	204
100	151	166	181	196	211	226

Steigt nun der Ertrag auf 80 dt/ha an während das Stickstoffangebot gleichbleibt, also 148 kg N, so läßt sich damit nur noch ein Eiweißgehalt von etwas mehr als 12 % erzielen. Höhere Erträge erfordern also ein höheres Stickstoffangebot. Als Faustzahl für die Bemessung der Stickstoffspätdüngung kann gelten: Je Dezitonne Ertragserwartung 1 kg N streuen. Müssen mehr als 60 kg N verabreicht werden, so ist eine Aufteilung zweckmäßig: Die 1. Gabe im Stadium 39/49, die zweite im Stadium 55/65. Die 2. Gabe darf aber nicht zu spät verabreicht werden, sonst sinkt insbesondere bei nachfolgender Trockenheit der Ausnutzungsgrad erheblich ab.

3.4. Produktionssysteme

In den vergangenen 10 Jahren hat man ausgehend von den Anregungen von Prof. Laloux in Gembloux verschiedene Anbau- und Produktionssysteme für das Getreide entwickelt. Neben anbautechnischen Maßnahmen (Saastärke, Saatzeit) kommt hierbei der Stickstoffdüngung des Getreides eine besondere Bedeutung zu. Die Effizienz solcher Düngungsmaßnahmen, bzw. -empfehlungen wurde und wird laufend überprüft. Stellvertretend für viele Versuchsergebnisse seien hier die Zahlen der Landwirtschaftskammer Kiel aus Futterkamp vorgestellt (Tab. 8). In der Empfehlung I liegt der Schwerpunkt der Stickstoffdüngung im frühen Entwicklungsabschnitt während in den Varianten II und III die Betonung der Stickstoffdüngung in der generativen Phase liegt. Die höchste Ährendichte erreicht in diesen Versuchen verständlicherweise die Variante I, die geringste die Variante III. Die Kornzahl je Ähre dagegen ist in der Variante I am niedrigsten und in der Variante III am höchsten. Beim Tausendkorngewicht ergeben sich keine Unterschiede. Ertraglich schneidet Variante I am besten ab, es folgen Variante II und III. Der höhere Einzelertrag in den Varianten II und III konnte die niedrigere Bestandesdichte nicht kompensieren.

Mit diesen Ergebnissen soll aber keine Wertung bestimmter Anbausysteme vorgenommen werden. Grundsätzlich gilt: Die jährlich neu gewonnenen Er-

Tab. 8

STICKSTOFFEMPFEHLUNG ZU WEIZEN NACH VERSCHIEDENEN BERATEREMPFEHLUNGEN

(FUTTERKAMP 1981-85)

DÜNGUNGSEMPFEHLUNG	I	II	III
KG N BIS ES 28	110	86	55
KG N ES 29-35	42	64	74
KG N ES 49-65	68	69	72
KG N INSG.	220	219	202
N-GABEN	5,0	4,8	5,2
ÄHREN JE QM	601	561	513
KZ / ÄHRE	32,1	34,7	36,6
TKG (GRAMM)	46,5	45,1	46,2
EINZELÄHREN ERTRAG (GRAMM)	1,49	1,56	1,69
ERTRAG DT/HA	89,8	87,9	86,7
LAGER (1-9)	3,5	3,0	2,7

I = "EMPFEHLUNG KAMMER KIEL"

II = "MORPHOLOGIE - GENERATIVE ENTWICKLUNG DES WEIZENS"

III = "RECHENPROGRAMM"

SCHULZ

MITT. DER DLG
HEFT 1/86 S. 22 ff.

gebnisse aus den Versuchen und aus der Praxis müssen gesammelt, ausgewertet und dann in die Praxis umgesetzt werden. Der Vorteil der "neuen Systeme" ist vor allem in der Forderung (oder in Zwang) zu sehen: der Bestand muß laufend beobachtet werden: erst dann können die Entscheidungen gefällt werden. Dies ist im Grunde nichts anderes als der versierte Praktiker schon immer macht, nur mit dem Unterschied, daß nunmehr die Informationen nicht nur im Kopf des Betriebsleiters sondern auch noch im Computer gespeichert werden. Letztendlich ist das betriebseigene standortspezifische Produktionssystem wahrscheinlich das beste Verfahren. Diese Aussagen treffen auch Kochs (siehe Tab. 9) und Schönberger.

Tab. 9

DER ERFOLG DES "ANBAUVERFAHRENS - BONN"

FRUCHTART	JAHR	n	IM VERGLEICH ZUR BESTEN VARIANTE		
			BESSER	GLEICH	SCHLECHTER
W-WEIZEN	1983	45	1	40	4
W-WEIZEN	1984	46	4	33	9
W-GERSTE	1984	19	2	13	4

QUELLE: MITT. DLG HEFT 1/86
s. 27 (KOCHS)

Letzterer schreibt: "Nach den Hohenschulener Vorschlägen wurden in den vergangenen Jahren auf verschiedenen Standorten Schleswig-Holsteins, in Niedersachsen und seit vergangenem Jahr in Hessen und Bayern Weizen und Gerste angebaut. In der Mehrzahl der Fälle waren sie zumindest nicht schlechter als der gute Betriebsleiter". (Mitt. der DLG Heft 1/Seite 29)

3.5. Optimale Intensität

In jüngster Zeit werden angesichts der Überproduktion innerhalb der EG und sinkender Getreidepreise zunehmend Diskussionen hinsichtlich der optimalen Intensität geführt. Hierzu einige Überlegungen: Grundsätzlich gilt es das Ertragsoptimum anzustreben. Dieses ist dann erreicht, wenn Grenzertrag und Grenzaufwand gleich hoch liegen. Werden beispielsweise mit dem letzten Kilogramm Stickstoff, das aufgewendet wurde, noch 5 Kilogramm Getreide produziert, dann sind Grenzaufwand und Grenzertrag gleich, wenn dieses Kilogramm Stickstoff DM 2.-- kostet und die 5 Kilogramm Getreide einen Erlös von DM 0,40 je Kilogramm (= 40.--DM je dt) insgesamt also DM 2.-- erbringen.

Die Grenzertragsfunktion ist auch aus Abb. 9 zu entnehmen. Mit Hilfe solcher Ertragskurven läßt sich, wenn Preise und Erlöse bekannt sind, die jeweilige optimale Intensität errechnen. Dieses recht aktuelle Problem soll anhand der nachfolgenden Abbildungen erläutert werden: In Abb. 10 wurde das Düngungsoptimum ermittelt. Bei einem Weizenpreis von DM 40.-- je dt und einem Kilogramm-N-Preis von DM 1,59 liegt das Düngungsoptimum bei 172 kg N, das Maximum bei 186 kg N je ha. Optimum und Maximum sind also sehr nahe beisammen.

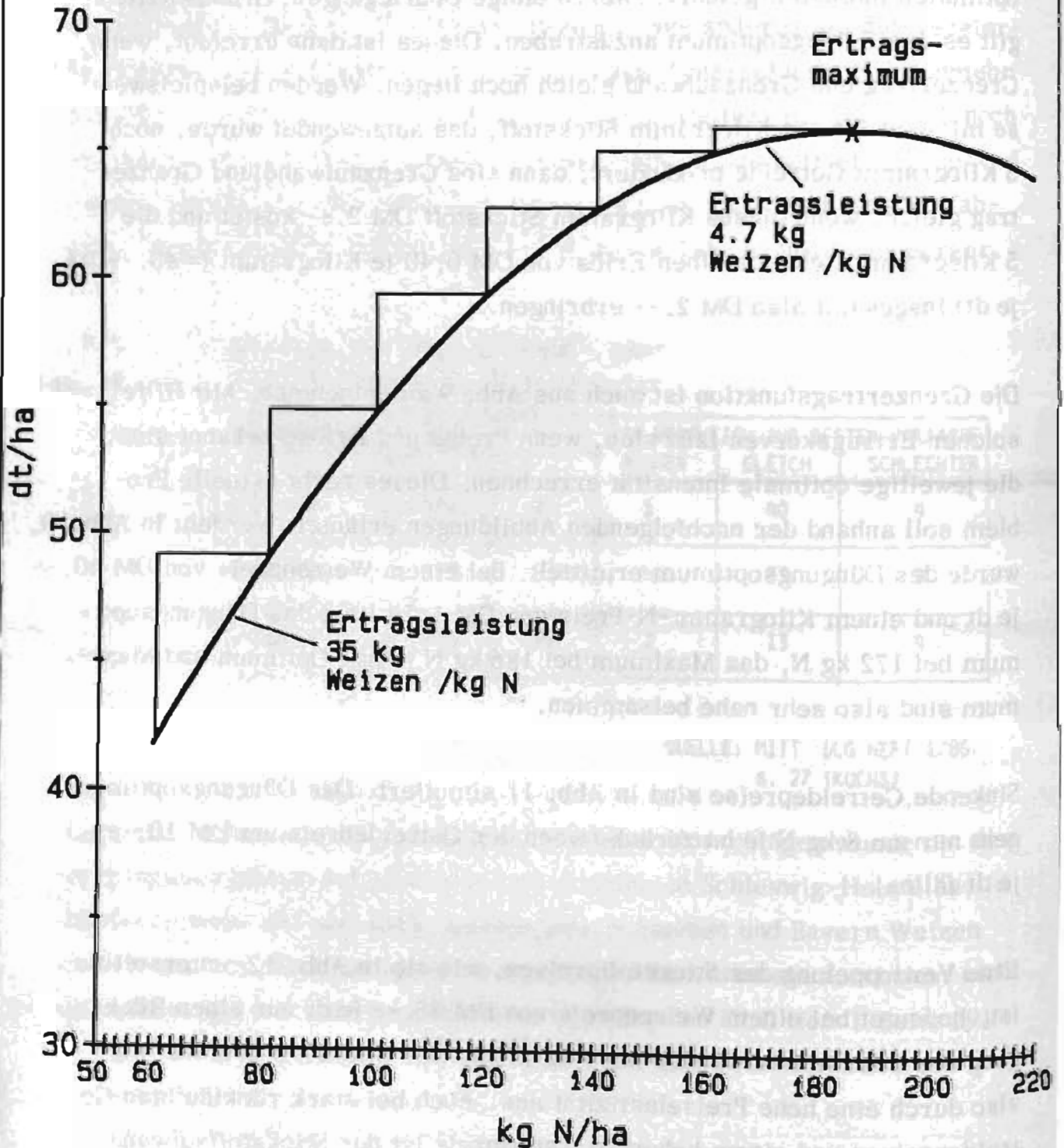
Sinkende Getreidepreise sind in Abb. 11 simuliert. Das Düngungsoptimum geht nur um 8 kg N je ha zurück, wenn der Getreidepreis um DM 10.-- je dt fällt.

Eine Verdoppelung des Stickstoffpreises, wie sie in Abb. 12 unterstellt ist, bedeutet bei einem Weizenpreis von DM 35.-- je dt nur einen Rückgang des Stickstoffaufwandes um 9 kg je ha. Der Stickstoff zeichnet sich also durch eine hohe Preiselastizität aus. Auch bei stark rückläufigen Getreidepreisen und einem hohen Stickstoffpreis ist der Stickstoffaufwand (= Stickstoffoptimum) nur leicht absinkend.

Abb. 9

Ermittlung der optimalen N-Düngergabe im Weizenbau

dargestellt am Beispiel von Versuchsergebnissen



$$y = 13.30 + 5.656x - 0.1525x^2$$

dabei ist

y der Ertrag in dt/ha

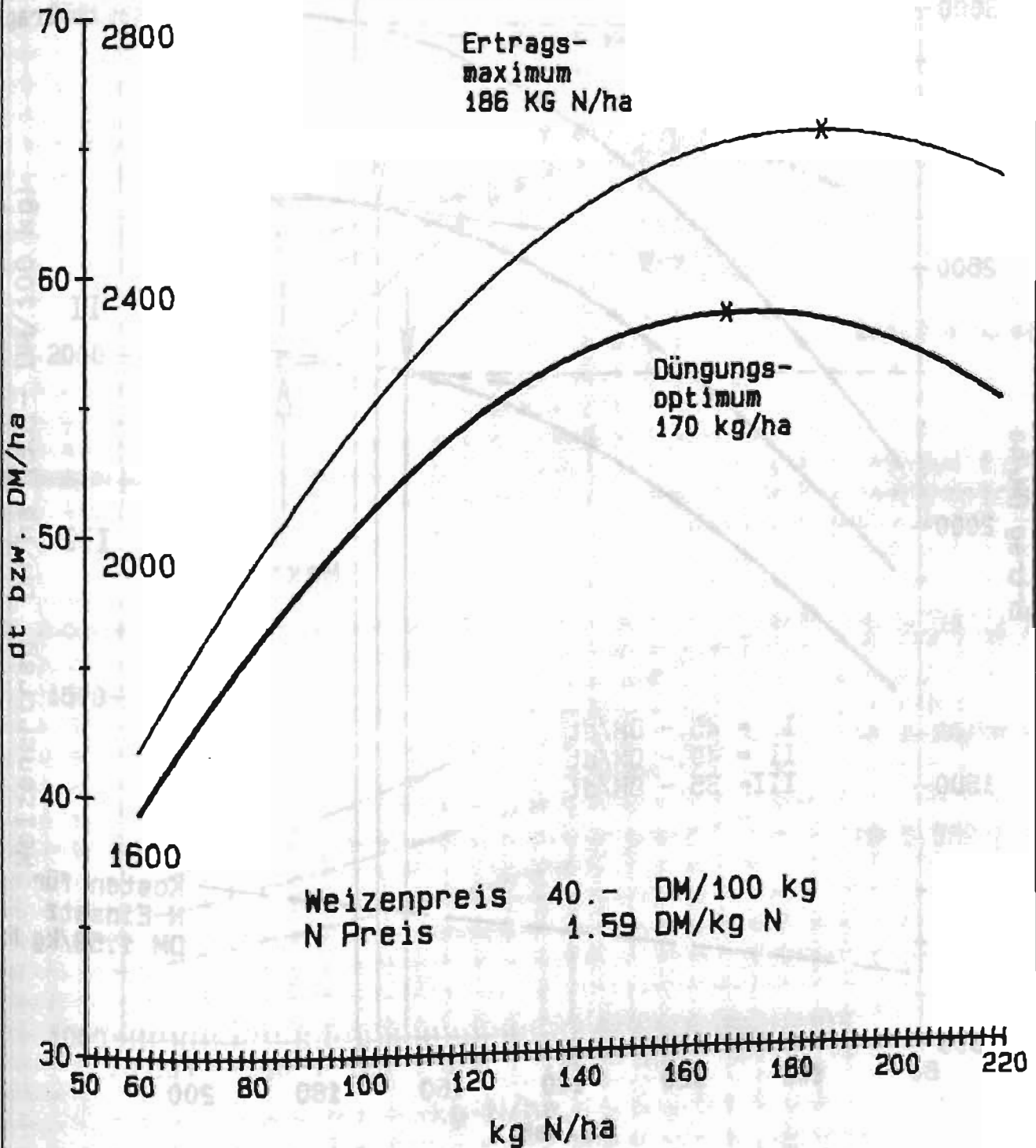
x die Höhe der N-Düngung

$$r = 0.98$$

Abb. 10

Ermittlung der optimalen N-Düngergabe im Weizenbau

dargestellt am Beispiel von Versuchsergebnissen



Weizenpreis 40.- DM/100 kg
N Preis 1.59 DM/kg N

$$y = 13.30 + 5.656x - 0.1525x^2$$

dabei ist
y der Ertrag in dt/ha
x die Höhe der N-Düngung $r = 0.98$

Abb. 11

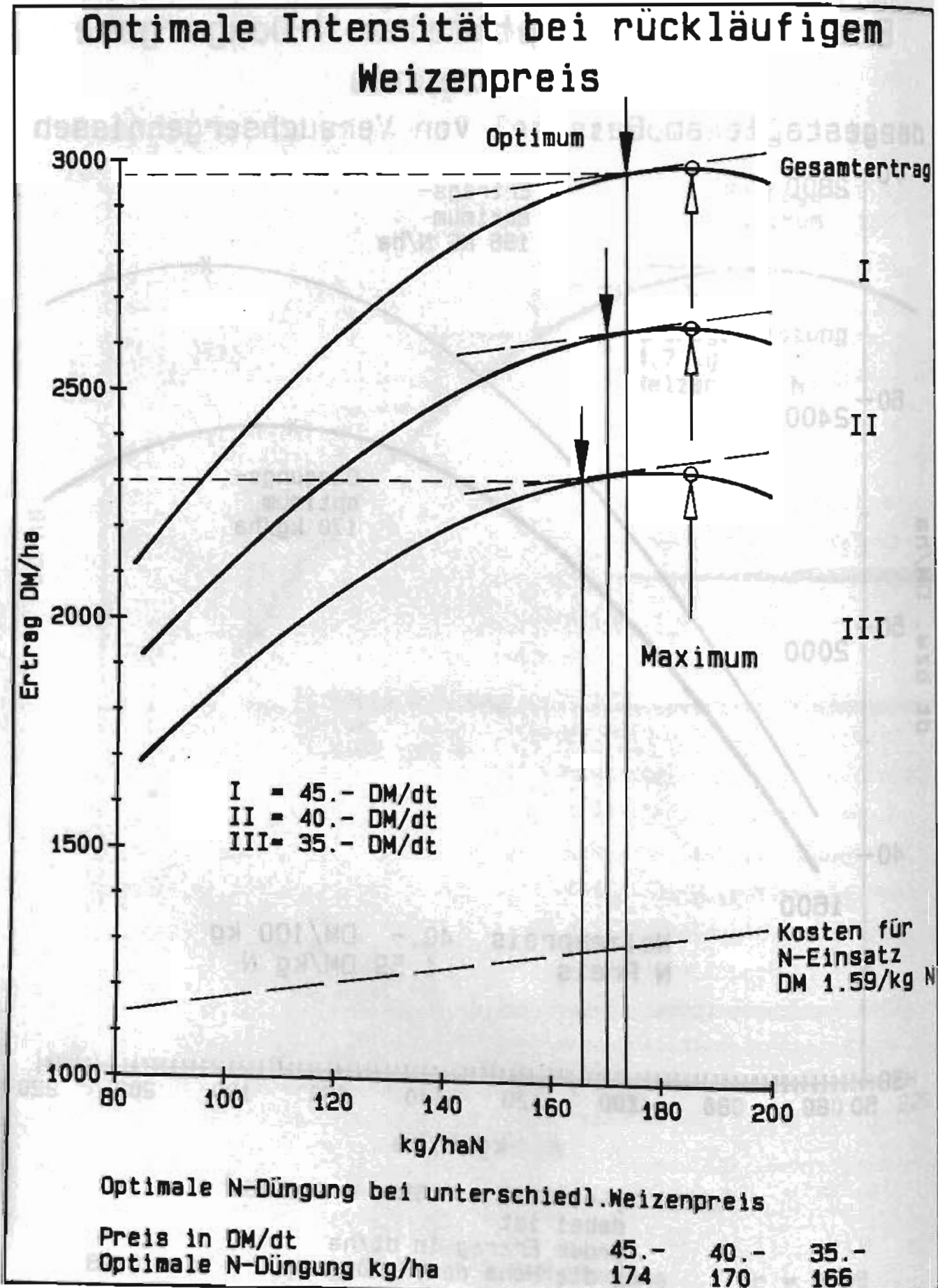
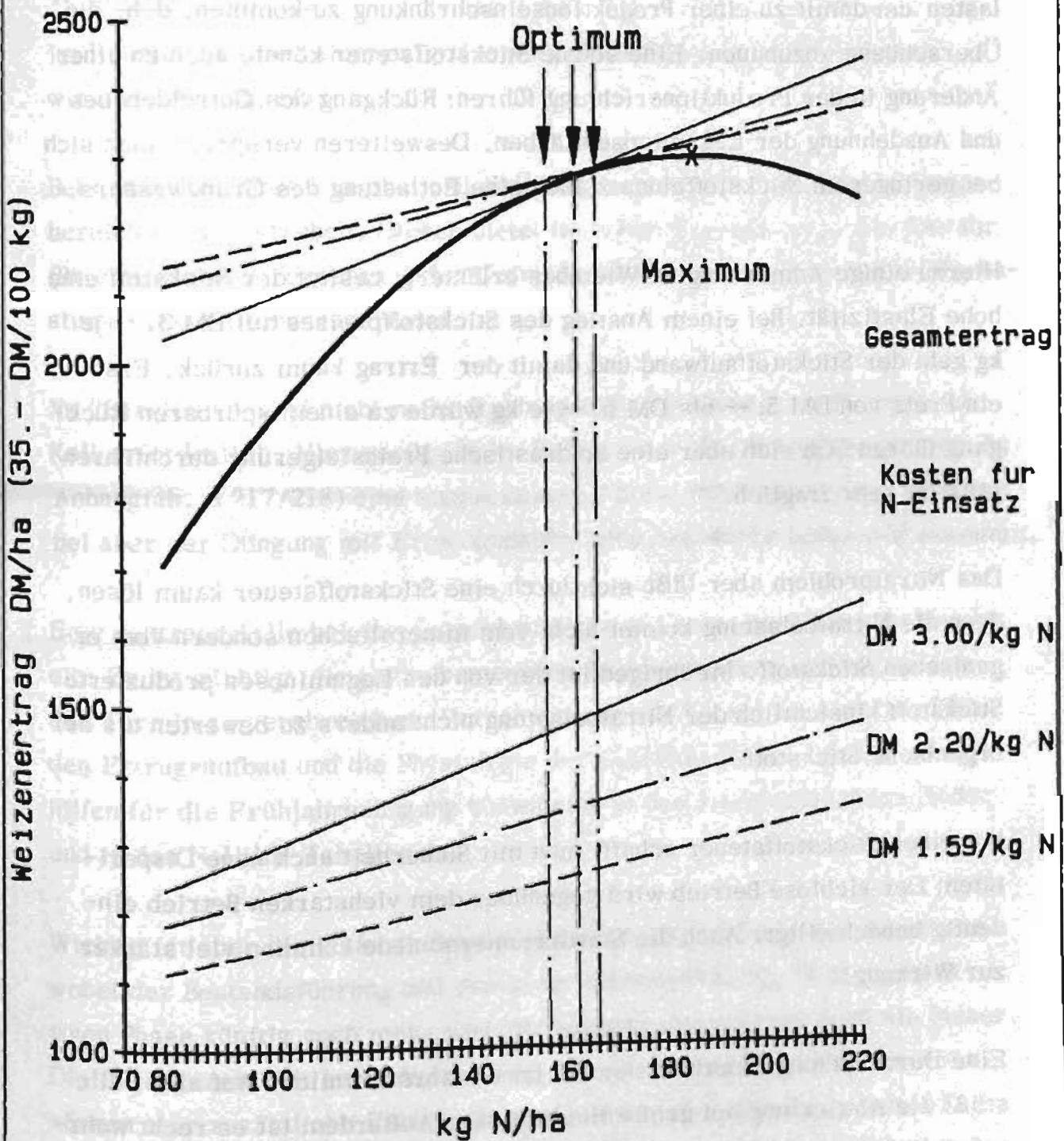


Abb. 12

Optimale Intensität bei steigendem N-Preis



Optimale N-Düngung bei unterschiedl. N-Preis

Preis in DM/kg N	1.59	2.20	3.00
Optimale N-Düngung kg/ha	166	162	157

3.6. Stickstoffsteuer

Im Zusammenhang mit der Überschußproduktion werden neuerdings auch Überlegungen angestellt, den Stickstoff mit einer Abgabe (=Steuer) zu belasten um damit zu einer Produktionseinschränkung zu kommen, d.h. die Überschüsse abzubauen. Eine solche Stickstoffsteuer könnte auch zu einer Änderung in der Produktionsrichtung führen: Rückgang des Getreidebaues und Ausdehnung der Leguminosenflächen. Desweiteren verspricht man sich bei geringerem Stickstoffeinsatz auch eine Entlastung des Grundwassers.

Hierzu einige Anmerkungen: Wie oben erläutert, besitzt der Stickstoff eine hohe Elastizität. Bei einem Anstieg des Stickstoffpreises auf DM 3.-- je kg geht der Stickstoffaufwand und damit der Ertrag kaum zurück. Erst ein Preis von DM 5.-- bis DM 6.-- je kg würde zu einem spürbaren Rückgang führen. Ob sich aber eine so drastische Preissteigerung durchführen läßt, ist sehr fraglich.

Das Nitratproblem aber läßt sich durch eine Stickstoffsteuer kaum lösen, denn die Nitratbelastung kommt nicht vom mineralischen sondern vom organischen Stickstoff. Im übrigen ist der von den Leguminosen produzierte Stickstoff hinsichtlich der Nitratbelastung nicht anders zu bewerten als der organische Stickstoff.

Mit einer Stickstoffsteuer schafft man mit Sicherheit auch neue Disparitäten: Der viehlose Betrieb wird gegenüber dem viehstarken Betrieb eindeutig benachteiligt. Auch die Standortunterschiede kommen viel stärker zur Wirkung.

Eine Durchsetzung innerhalb der EG ist unwahrscheinlich. Auf alle Fälle stößt die Abwicklung auf große Hindernisse. Außerdem ist es recht wahrscheinlich, daß sich für die zugestandenen Stickstoffquoten ein blühender Schwarzhandel entwickelt.

So begrüßenswert also eine Produktionseinschränkung ist, über die Stickstoffsteuer läßt sie sich wahrscheinlich kaum verwirklichen.

4. Zusammenfassung

Im Rahmen der Getreideproduktion nimmt die Düngung eine besonders wichtige Stellung ein.

Bei den Nährstoffen Phosphat und Kali ist grundsätzlich der "Versorgungsbereich C" anzustreben. Dieser bietet im hohen Ertragsniveau die Gewähr für eine sichere Versorgung der Getreidepflanzen auch in kritischen Wachstums- und Witterungsperioden.

Im "Bereich C" sind nicht mehr fruchtspezifische Mengen an Phosphat und Kali erforderlich. Hier genügt es im Rahmen der Fruchtfolgedüngung (siehe Anhangtab. S 217/218) eine ausgeglichene Nährstoffbilanz zu erreichen, wobei aber der Düngung mit Frischphosphat eine besondere Bedeutung zukommt.

Eine zentrale Rolle bei der Getreideproduktion nimmt die Stickstoffdüngung ein: Es ist wichtig, die genau bemessene Stickstoffgabe zum entscheidenden Termin zu verabreichen. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis über den Ertragsaufbau und die Physiologie der Getreidepflanze. Entscheidungshilfen für die Frühjahrsdüngung bieten sich in den Stickstoffmessmethoden und in den N-Hilfs-Tabellen an.

Wichtig ist aber die laufende Bestandsbeobachtung während der Vegetation wobei der Bestandsführung und damit der Stickstoffführung in der generativen Phase künftig noch mehr Gewicht beigemessen werden muß als bisher. Die in jüngerer Zeit entwickelten Produktionssysteme für den Getreidebau können hier zusätzliche Entscheidungshilfen bieten. Gerade im hohen Ertragsbereich müssen bei der Qualitätsweizenproduktion höhere Stickstoffmengen als bisher verabreicht werden.

Hinsichtlich der Intensität gilt: Grundsätzlich ist das Ertragsoptimum anzustreben. Das Ertragsoptimum und das Ertragsmaximum liegen ziemlich nahe beisammen. Der Stickstoff besitzt eine hohe Elastizität: Auch bei sinkenden Getreidepreisen und stark steigenden Stickstoffpreisen geht das Stickstoffoptimum kaum zurück.

Die Einführung einer Stickstoffsteuer ist mit vielen Problemen belastet. Sie läßt sich EG-weit wohl kaum verwirklichen.

Ackerbaubetrieb ohne Viehhaltung (hohes Ertragsniveau)

Ermittlung des Nährstoffbedarfs für die Mineraldüngung				Düngeplan						
Wirtschafts- Dünger und Ernte- Rückstände	Nährstoffe in kg/ha			Anzahl Streu- gänge	Mineraldünger		Nährstoffe in kg/ha			
	N Bedarf vorgeben	P ₂ O ₅	K ₂ O		dt/ha	Sorte	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
		1,1-1,3	1,0-1,1	1,0-1,1						
Entzug		90	195	29	1	10+15+20 ²⁾	50	75	100	
X Korrekturfaktor		(180)	99-117	29-31	1	10+15+20	70	105	140	
- Nährstoffbedarf		(180)	-11	-7	1	Nitromag	66			21
- Ernterückstände	Stroh									
+ N-Ausgleich	zum Stroh	(+40) ¹⁾								
- Nährstoffbedarf		(180)	88-106	22-24	3	Zwischensumme	186	180	240	21
Entzug		84	158	25	1	24+8+8	96	32	32	
X Korrekturfaktor		(180)	92-109	25-27	1	Nitromag	33			11
- Nährstoffbedarf		(180)	-20	-14	1	Nitromag	55			18
- Ernterückstände	Raps-Stroh									
+ N-Ausgleich	zum Raps-Stroh	(+40) ¹⁾								
- Nährstoffbedarf		(180)	72-89	15-13	3	Zwischensumme	184	32	32	28
Entzug		65	163	20	1	10+15+20 ²⁾	40	60	80	
X Korrekturfaktor		(170)	72-85	20-21	1	24+8+8	72	24	24	
- Nährstoffbedarf		(170)	-19	-9	1	Nitromag	55			18
- Ernterückstände	Stroh									
+ N-Ausgleich	zum Stroh	(+40) ¹⁾								
- Nährstoffbedarf		(170)	53-66	11-12	3	Zwischensumme	167	84	104	18
Entzug		69	138	19	1	24+8+8	72	24	24	
X Korrekturfaktor		(110)	76-89	19-21	1	Nitromag	33			11
- Nährstoffbedarf		(110)	-13	-5						
- Ernterückstände	Stroh									
+ N-Ausgleich	zum Stroh	(+40) ¹⁾								
- Nährstoffbedarf		(110)	63-76	14-16	2	Zwischensumme	105	24	24	11
Nährstoffbedarf der Fruchtfolge		(640)	276-337	62-65	11	Summe Streugänge und Düngermengen	642	320	400	78
Mittlerer Nährstoffbedarf d. Fruchtfolge		(640)	306	64		Mineraldüngung der Fruchtfolge	642	320	400	78

Nährstoff-Verhältnis N : P₂O₅ : K₂O : 1 : 0,5 : 0,7
P₂O₅ : K₂O : 1 : 1 : 1,4

¹⁾ Auf Boden in gutem Kulturzustand, nach mehrmaliger Strohdüngung sowie hoher Ertragsintensität kann die N-Ausgleichsdüngung entfallen.
²⁾ Herbstdüngung
Vorgegebener opt. N-Ausgleich
In der Berechnung wurde auf eine annähernd ausgeglichene MgO-Bilanz geachtet. Auf Standorten, wo die MgO-Versorgung des Bodens mit anderen MgO-haltigen Düngemitteln sichergestellt wird, kann anstelle von Nitromag auch KAS eingesetzt werden.

Dünger-Kosten (zum Selberrechnen)

Sorte	dt	DM/dt	DM Gesamt
10+15+20	16,0		
24+8+8	10,0		
Nitromag	11,0		
Summe	37,0		

Ackerbaubetrieb ohne Viehhaltung (hohes Ertragsniveau)														
Ermittlung des Nährstoffbedarfs für die Mineraldüngung														
Wirtschafts- Dünger und Ernte- Rückstände	N Bedarf vorgeben	Nährstoffe in kg/ha			Korrektur-Faktor	MgO	Frucht- Folge	Düngeplan						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O				MgO	Anzahl Streu- gänge	Mineraldünger dt/ha	Sorte	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Entzug		96	440	83			Ertrag	1	7,0	15+10+20	105	70	140	
X Korrekturfaktor	(160)	106-125	440-484	83-91			Zucker- rüben	1	3,5	15+10+20	53	35	70	
= Nährstoffbedarf		-11	-55	-7			550 dt/ha							
- Ernterückstände														
+ N-Ausgleich	(+40) 1)													
= Nährstoffbedarf	(160)	95-114	385-429	76-84				2	10,5	Zwischensumme	158	105	210	
Entzug		84	158	25			Winter- weizen	1	5,5	15+10+20	83	55	110	
X Korrekturfaktor	(180)	92-109	158-173	25-27			70 dt/ha	1	1,5	15+10+20	23	15	30	
= Nährstoffbedarf		-33	-171	-28				1	2,0	Nitromag	44			14
- Ernterückstände														
= Nährstoffbedarf	(147)	65-82	-13 bis +2	-3 bis -1				3	9,0	Zwischensumme	150	70	140	14
Entzug		65	163	20			Winter- gerste	1	5,5	15+10+20	83	55	110	
X Korrekturfaktor	(170)	72-85	163-179	20-21			65 dt/ha	1	2,0	15+10+20	30	20	40	
= Nährstoffbedarf		-19	-61	-9				1	2,5	Nitromag	55			18
- Ernterückstände														
+ N-Ausgleich	(+40) 1)													
= Nährstoffbedarf	(170)	53-66	102-118	11-12				3	10,0	Zwischensumme	168	75	150	18
Entzug		69	138	19			Winter- roggen	1	5,5	15+10+20	83	55	110	
X Korrekturfaktor	(110)	76-89	138-151	19-21			55 dt/ha	1	1,5	Nitromag	33			11
= Nährstoffbedarf		-13	-52	-5										
- Ernterückstände														
+ N-Ausgleich	(+40) 1)													
= Nährstoffbedarf	(110)	63-76	86-99	14-16				2	7,0	Zwischensumme	116	55	110	11
Nährstoffbedarf der Fruchtfolge	(587)	276-338	560-648	98-111				10	36,5	Summe Streugänge und Düngermengen				
Mittlerer Nährstoffbedarf d. Fruchtfolge	(587)	307	604	105			← Vergleich ▶							

Dünger-Kosten (zum Selberrechnen)			
Sorte	dt	DM/dt	DM Gesamt
15+10+20	30,5		
Nitromag	6,0		
Summe	36,5		

Nährstoff-Verhältnis: N : P₂O₅ : K₂O : 1 : 0,5 : 1,0
P₂O₅ : K₂O : 1 : 2,0

1) Auf Böden in gutem Kulturzustand, nach mehr-
maliger Strohdüngung sowie hoher Ertragsinten-
sität kann die N-Ausgleichsdüngung entfallen.
Zum Ausgleich der MgO-Bilanz ist die Düngung
mit Kieserit oder MgO-haltigen Kaltern zu emp-
fehlen.

Aktuelle Dreschsysteme im Vergleich

von Prof. Dr.-Ing. Heinz-Dieter Kutzbach, Universität Hohenheim,
Institut für Agrartechnik, Lehrstuhl für Grundlagen der Landtechnik,
Stuttgart

I. Einleitung und Übersicht

Für die Getreideernte haben wir heute mit dem Mähdrescher eine Erntemaschine, die einen hohen technischen Stand erreicht hat, Gegenüber der Ernte vor 100 Jahren mit Sense, Binder, Drehschmaschine hat sich durch den Einsatz von Mähdreschern nicht nur die Arbeitsproduktivität wesentlich erhöht (Bild 1), sondern es sind auch die Körnerverluste geringer und wegen der besseren Ausreife ist der Ertrag gegenüber den früheren Ernteverfahren höher.

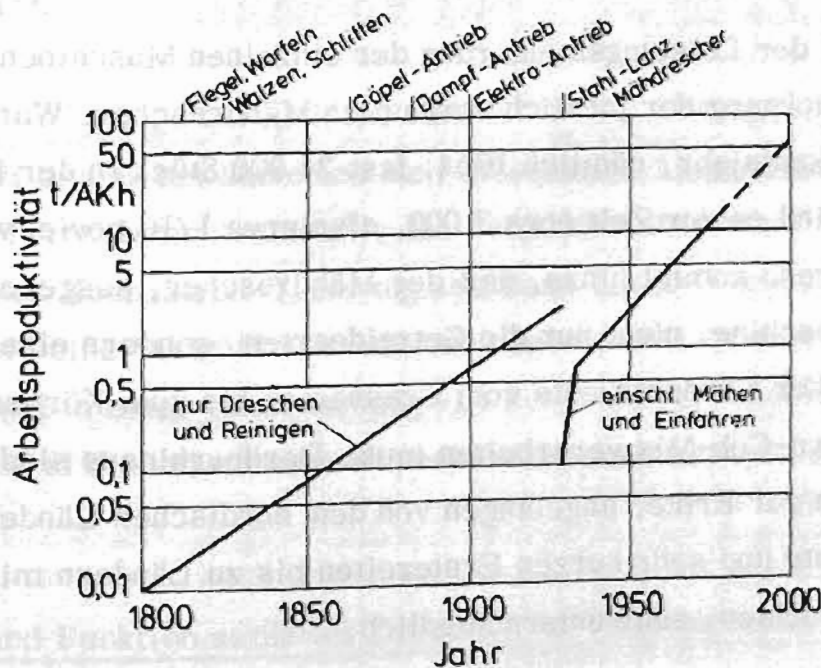


Bild 1: Arbeitsproduktivität bei der Getreideernte
(n. Busse)

Ähnlich wie beim Schlepper und anderen Landmaschinen ist auch beim Mähdrescher ein ständiges Größenwachstum festzustellen. Die jährliche Zunahme in der Dreschleistung bei den verkauften Maschinen wird zur Zeit in der Bundesrepublik Deutschland mit etwa 3 dt/ha angegeben. Die Motorleistung steigt ungefähr mit 3 kW/Jahr. Gründe für diese Leistungssteigerungen sind: der Wunsch, auch bei den jährlich bisher um etwa 1 dt/ha gestiegenen Flächenerträgen die gewohnten Flächenleistungen zumindest zu erhalten; die Notwendigkeit, als Folge der Konzentration auf wenige Getreidearten und -sorten die Ernte in kürzeren Zeiträumen als bisher durchzuführen; das Bestreben vieler Landwirte, möglichst günstige Erntetermine abzuwarten, um die Trocknungskosten zu senken, bzw. ohne Trocknung auszukommen; auch die weitere Ausdehnung des Getreideanbaues in Hanglagen erfordert größere Maschinen, um bei dem in Hanglage verminderten Durchsatz noch ausreichende Schlagkraft zu gewährleisten.

Verbunden mit der Leistungssteigerung der einzelnen Maschinen ist ein erheblicher Rückgang der jährlich verkauften Mähdrescher. Waren dies im besten Verkaufsjahr, nämlich 1964, fast 24 000 Stück in der Bundesrepublik, so sind es zur Zeit etwa 3 000, also etwa 1/10 soviel wie Schlepper. Erschwerend kommt hinzu, daß der Mähdrescher, ausgehend von einer Grundmaschine, nicht nur die Getreidearten, sondern eine Vielzahl unterschiedlicher Körnerfrüchte vom Grassamen bis zum Körnermais und neuerdings Corn-Cob-Mix verarbeiten muß. Darüberhinaus sind die Klimabedingungen zur Ernte, angefangen von den nordischen Ländern mit hoher Gutfeuchte und sehr kurzen Erntezeiten bis zu Ländern mit sehr geringen Gutfeuchten, sehr unterschiedlich.

Bisherige Leistungssteigerungen konnten weitgehend durch Vergrößerung der Bauelemente aufgefangen werden. Heutige Großmähdrescher haben jedoch die zulässigen Grenzen für die äußeren Abmessungen erreicht, die

sich vor allem aus der Straßenfahrt mit einer maximal zulässigen Breite von 3 m ergeben. Eine weitere Beschränkung ist durch die notwendigen Eisenbahntransporte gegeben, bei denen der Mähdrescherkörper in das Ladeprofil der Bundesbahn passen muß.

Da eine Leistungssteigerung durch Größenwachstum kaum mehr möglich ist, erstrecken sich die Bemühungen der letzten Jahre auf funktionelle Verbesserungen der Trennelemente im Mähdrescher und den Einbau von Regeleinrichtungen. An der Verbesserung der Trennelemente wird praktisch seit Erfindung des Schlagleisten-Dreschwerkes durch A. Meinkle im Jahr 1785 gearbeitet. Eine umfassende Übersicht über die Bemühungen mit insgesamt 116 verschiedenen Patenten bzw. Konstruktionen für den Bereich Dreschen gibt Caspers (1). Herbsthofer (2) stellte 1973 in seinem VDI-Vortrag einige besonders interessante Lösungen vor. Über die Entwicklung von schüttlerlosen Mähdreschern in Nordamerika berichteten Wacker und Freye (3).

Inzwischen sind einige europäische Hersteller mit Lösungen gefolgt, die im Anschluß an das bewährte und weit entwickelte Tangentialdreschwerk rotierende Trennelemente anstelle des Schüttlers einsetzen. Weitere Alternativen zur Korn-Stroh-Trennung und Korn-Spreu-Trennung sind seit langem durch eine Vielzahl von Patenten abgesichert; die wesentlichen Lösungen sind in einer Untersuchung von Kutzbach und Grobler (4) behandelt. In (5) sind die verschiedenen neuen Dreschsysteme ausführlich beschrieben.

2. Aufbau und Funktion aktueller Dresch- und Trennsysteme

2.1 Gutfluß im Tangentialmähdrescher

Bild 2 zeigt ein Schema eines Tangentialmähdreschers. Das vom Schneid- tisch kommende Gut wird über den Schrägförderer in einem gleichmäßigen Strom der Dreschtrommel zugeführt.

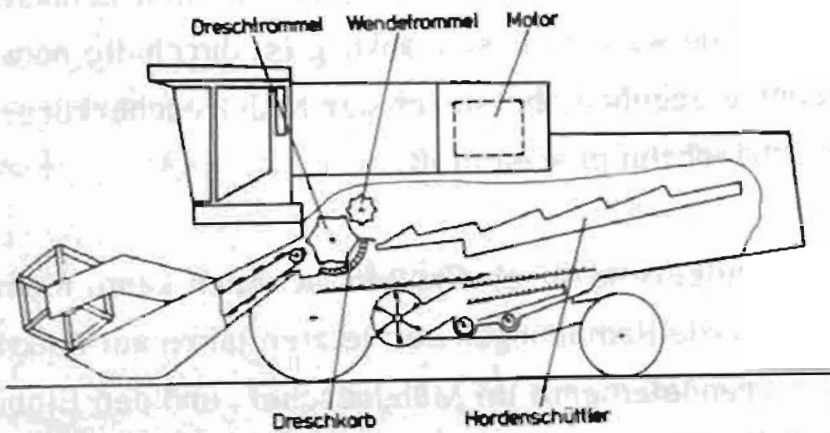


Bild 2: Mähdrescher mit Hordenschüttler

70 - 90 % der ausgedroschenen Körner werden durch den Dreschkorb abgetrennt und gelangen direkt zur Reinigungsanlage. Die restlichen Körner werden durch den Schüttler aus dem Stroh getrennt und gelangen ebenfalls zur Reinigungsanlage. Diese übernimmt die Trennung der Körner aus dem Kurzstroh und der Spreu. Nicht vollständig ausgedroschene Ähren werden in der Überkehr dem Trennprozeß erneut zugeführt.

Das leistungsbegrenzende Bauteil ist unter mitteleuropäischen Erntebedingungen der Schüttler, der wegen seines großen Raumbedarfs eine weitere Leistungssteigerung der Mähdrescher nicht mehr zuläßt. Deswegen wurde zunächst versucht, den Hordenschüttler durch vor- und nachgeschaltete Elemente zu entlasten oder die Kornabtrennung durch zusätzliche Gutauflockerung zu verbessern. Neben dem Zentrifugalabscheider von New-Holland sind insbesondere die Taumel-, Raffer- und schwingenden Zinken teilweise serienmäßig eingebaut (Bild 3). Da der Gleitreibungswiderstand für das Hindurchgleiten der Körner durch die Strohschicht in feuchtem Zustand etwa doppelt so hoch ist wie im trockenen Zustand, ist die Wirkung der Schüttlerhilfen in starkem Maß von der Gutfeuchte abhängig.







Schüttlerhilfen					
zusätzliche Kornabtrennung vor dem Hordenschüttler durch	zusätzliche Gutauflockerung auf dem Hordenschüttler durch				zusätzliche Kornabtrennung hinter dem Hordenschüttler durch
	Zentrifugalabscheider	Täumelzinken	Rafferzinken	schwingende Zinken	
					
New Holland	John Deere	Claas	Laverda	Al Chalmers, USA	MF Großbrit

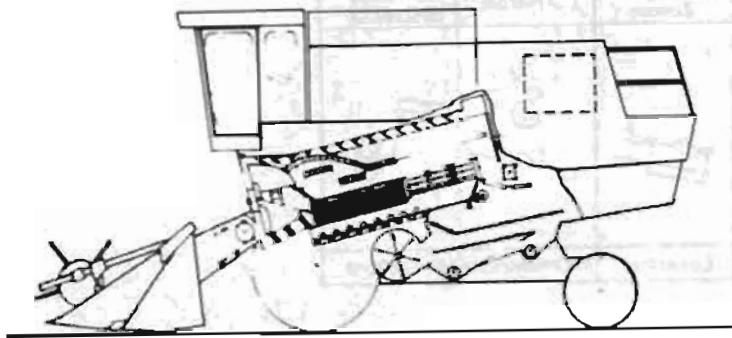
Bild 3: Schüttlerhilfen

Auch durch das zusätzliche Einblasen von Luft an den Fallstufen des Hordenschüttlers kann das Trennergebnis verbessert werden. Im Gegensatz zu den mechanischen Schüttlerhilfen, die oberhalb des Hordenschüttlers angeordnet sind, können durch diese Art pneumatischer Schüttlerhilfen auch die unteren verdichteten Gutschichten erfaßt werden. Versuche mit unterschiedlicher Anordnung der Luftdüsen haben gezeigt, daß Steigerungen in der Durchsatzleistung bis etwa 15 % möglich sind. Allerdings ist der Bauaufwand für die Lufterzeuger und für die flexiblen Luftleitungen groß (6).

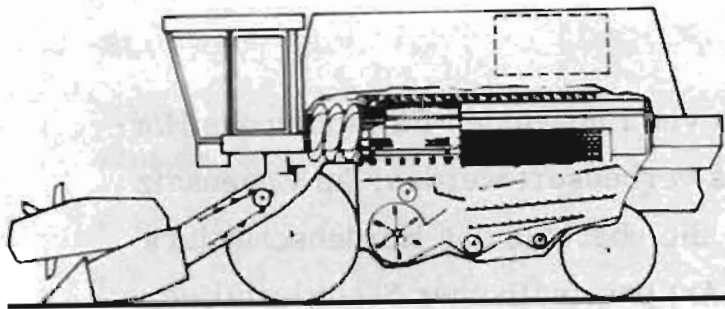
2.2 Aufbau von Axialmähdreschern

Eine grundsätzliche Steigerung des Durchsatzes im vorgegebenen Bau- raum ergibt sich erst durch Verwendung von Trenneinrichtungen mit ro- tierenden Elementen, bei welchen die Trennung nicht mehr im Erdschwere- feld, sondern bei hohen Beschleunigungen erfolgt und damit große Kräfte auf die einzelnen Körner wirken.

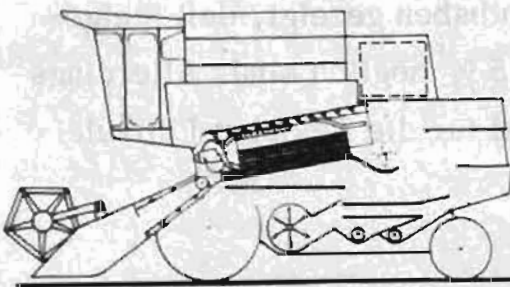
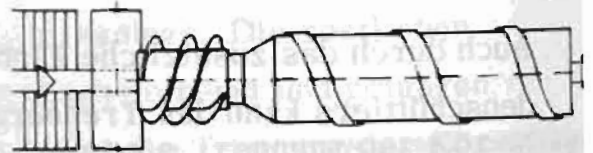
Die seit einigen Jahren in USA und Europa auf den Markt gekommenen Mähdrescher sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt.



Case International



White



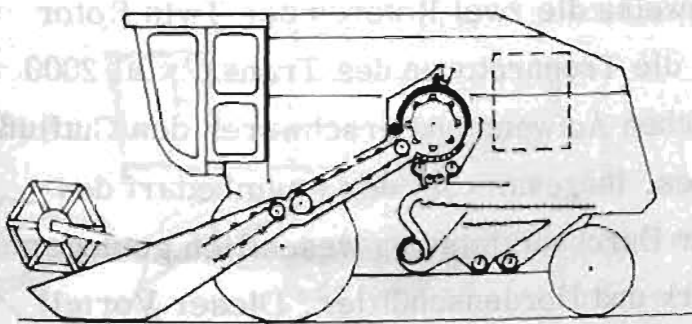
New Holland Twin Rotor



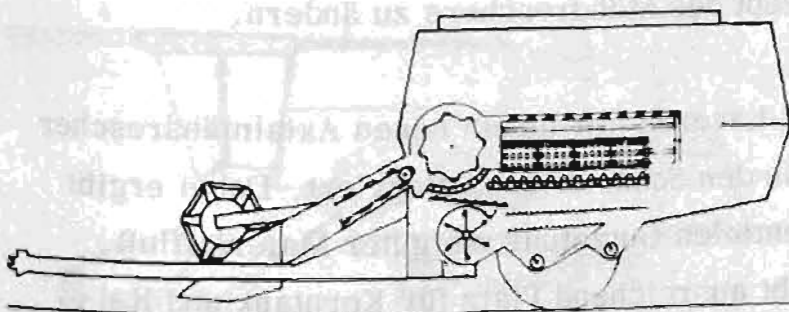
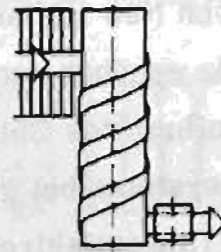
Bild 4: Axialmähdrescher mit axialer Gutzuführung

Durch den Vergleich mit einem konventionellen Mähdrescher kann der Raumbedarf der Trennelemente der verschiedenen Systeme gegeneinander abgeschätzt werden. Die Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Dreschteil und die Gutgeschwindigkeiten entsprechen in etwa denen beim Tangentialdreschwerk. Das Gut bewegt sich schraubenförmig zwischen

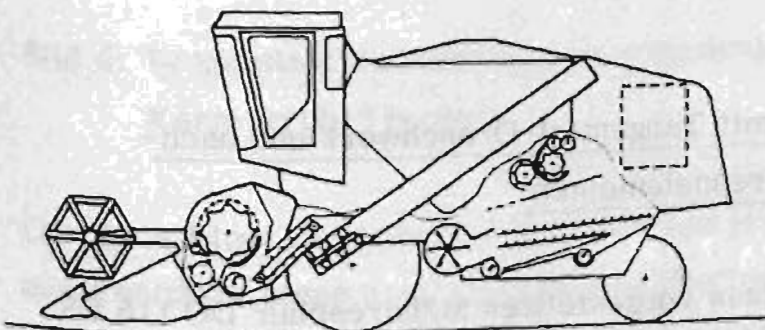
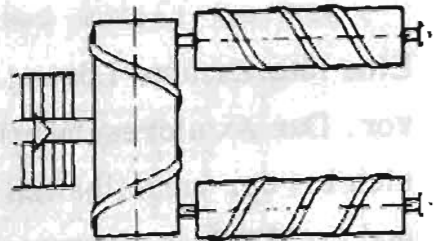
Korb und Rotor. Dadurch ist der Gutweg wesentlich länger als im Tangentialdreschwerk. Die Gutbewegung wird durch die Form und Anordnung der Dreschleisten am Rotor im Dreschteil und durch die Wurfschaufeln im Trennteil im Zusammenwirken mit Führungsleisten erreicht, die innen am Mantel angeordnet sind. In der Gestaltung dieser Elemente gibt es bei den einzelnen Herstellern noch erhebliche Unterschiede. Aufgrund der beim Axialdreschsystem geringen axialen Gutgeschwindigkeit ist die Strohbefüllung höher und der Abstand zwischen Rotor und Korb größer als bei der Tangentialdreschtrummel.



Allis Chalmers Gleaner



Versatile Trans Axial



Fiatagri Laverda

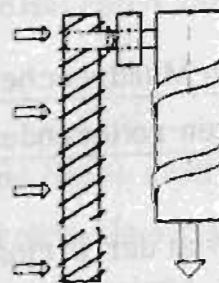


Bild 5: Axialmähdrescher mit tangentialer Gutzuführung

Die Gutzuführung kann beim Axialdreschsystem in axialer Richtung (Bild 4) und in tangentialer Richtung (Bild 5) erfolgen. Längs angeordnete Rotoren mit axialer Gutzuführung benötigen einen aufwendig konstruierten Einzug zur Übernahme und Umlenkung des Gutes. Bei den Mähdreschern der Fa. Case International übernehmen steil angestellte Einzugsflügel diese Aufgabe, bei den Mähdreschern von White und Sperry New Holland mehrgängige Schrauben. Die Antriebstechnik ist bei quer angeordneten Rotoren mit tangentialer Gutzufuhr einfacher, jedoch ist die Unterbringung bei vorgegebener Maschinenbreite schwieriger.

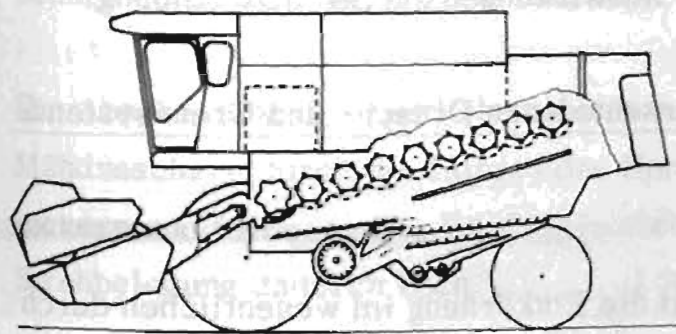
Doppelte Rotoren, wie beispielsweise die zwei Rotoren der Twin Rotor Maschinen von New Holland und die Trennrotoren des Trans-Axial 2000 von Versatile erhöhen den baulichen Aufwand und erschweren den Gutfluß durch die Teilung des Gutstromes. Insgesamt ist der Raumbedarf des Axialdreschsystems bei gleicher Durchsatzleistung wesentlich geringer als der von Tangentialdreschwerk und Hordenschüttler. Dieser Vorteil wurde in erster Linie zur Vergrößerung des Korntankvolumens genutzt, ohne jedoch das generelle Konzept des Mähdreschers zu ändern.

Eine interessante Lösung stellt Laverda mit ihrem neuen Axialmähdrescher vor. Das Axialdreschwerk ist in den Schneidtablett integriert. Dabei ergibt sich bei der vorteilhaften tangentialen Gutzufuhr ein guter Materialfluß, und im Mähdrescherrumpf bleibt ausreichend Platz für Korntank und Reinigungsanlage. Einsatzerfahrungen mit dieser Maschine sind noch nicht veröffentlicht.

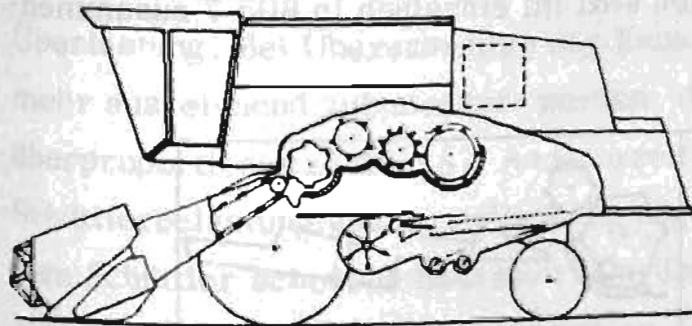
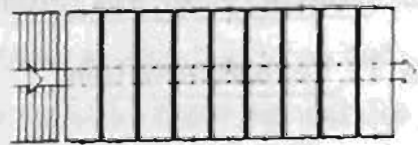
2.3 Aufbau von Mähdreschern mit Tangential-Dreschwerk und nachgeschalteten rotierenden Trennelementen

Bei dem 1981 von der Firma Claas vorgestellten Mähdrescher DO 116 CS wurde das bewährte Tangentialdreschsystem beibehalten und nur der durch-

satzbegrenzende Schüttler durch ein Abscheidesystem mit rotierenden Trennelementen ersetzt (Bild 6). Die Strohschicht wird zwischen 8 Abscheidetrommeln und Abscheidekörben hindurchgeführt. Um eine gute Übergabe des Stroh von der Dreschtrommel an die nachfolgende Abscheidetrommel zu erreichen, ist der Umschlingungswinkel des Dreschkorbes geringer als bei den entsprechenden Schüttlermaschinen. Der Bauraum ist sowohl in der Länge als auch in der Höhe verringert, die Leistung jedoch nach Herstellerangaben trotz des verringerten Bauraumes erheblich gesteigert worden.



Claas Commandor



New Holland Twin Flow

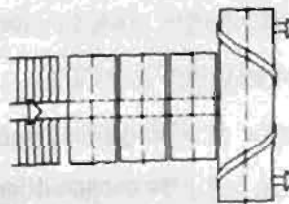


Bild 6: Tangentialmähdrescher mit rotierenden Elementen zur Korn-Stroh-Trennung

Die Twin Flow Mähdrescher der Fa. New Holland haben statt des Horizontalschüttlers einen quer eingebauten Abscheiderotor. In Verbindung mit dem schon in früheren Modellen eingesetzten Zentrifugalabscheider sor-

gen damit 3 Abscheidetrommeln für die Korn-Stroh-Trennung (Bild 6). Im Anschluß an den Zentrifugalabscheider wird der Gutstrom im Abscheiderotor geteilt und axial nach rechts bzw. links gefördert. Das Gut legt etwa einen Weg von 1 1/4 Umläufen zurück, bis es an den Seiten nach hinten ausgeworfen wird. Insgesamt entspricht die Länge des Gutweges zwischen Abscheidekörben und Abscheidetrommeln damit in etwa dem des DO 116 CS.

Interessant bei diesen Verfahren ist die Kombination von Tangentialsystem und rotierenden Trennelementen mit mehrfachen Gutschichtauflockerungen und Umschichtungen mit positiven Auswirkungen auf die Abscheidung.

3. Funktioneller Vergleich der verschiedenen Dresch- und Trennsysteme

3.1. Verlustverhalten

Beim Tangentialdreschwerk erfolgt die Entkörnung im wesentlichen durch Schlagbeanspruchung der mit hoher Frequenz auf die dünne Gutschicht einwirkenden Schlagleisten. Die Daten sind im einzelnen in Bild 7 zusammengefaßt.

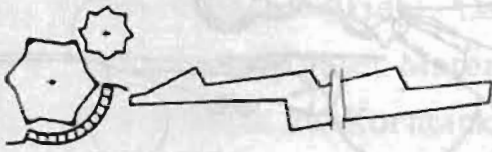
Tangentialdreschwerk Hordenschüttler			
Mittl. Gutgeschwindigkeit	5-9	0,4 - 1,0	m/s
Weg des Gutes	0,5-0,8	3,5-4,4	m
Verweildauer	0,06 - 0,15	5 - 10	s
Schlagfrequenz	85 - 130	2,5 - 6	Hz
Zahl der Schläge	5 - 15	15 - 40	
Strohbelegung bei 15 t/h NKB-Durchsatz	0,3-0,6	2,8 - 6,9	kg/m ²

Bild 7: Gutschichtverhalten in Tangentialmähdreschern

Die Verweildauer des Gutes ist ebenso wie die Gesamtzahl der Schläge relativ gering. Der Hauptteil der Körner wird bereits beim ersten Schlag ausgedroschen, wenn das mit etwa 3 m/s zugeführte Gut beschleunigt wird. Wegen des kurzen Gutweges im Dreschwerk muß das Gut intensiv bearbeitet werden, um eine ausreichende Abscheidung zu erreichen. Aufgrund der geringen Strohbelegung muß daher der Dreschspalt relativ eng eingestellt werden. Bei den heutigen sehr weit entwickelten Tangentialdreschwerken bestehen aber weder beim Bruchkornanteil noch mit den Ausdruschverlusten grundsätzliche Schwierigkeiten, da die ausgedroschenen Körner im Dreschwerk sehr früh abgeschieden und damit weiterer Schlagbeanspruchung entzogen werden.

Die Abscheidung des restlichen Korns aus dem Stroh erfolgt bei den Standard-Mähdreschern durch die Horden des Hordenschüttlers, die das Stroh auflockern und fördern. Die Fördergeschwindigkeit ist jedoch gering und die Strohbelegung dadurch hoch.

Sowohl Schüttler wie auch Reinigungsanlage reagieren empfindlich auf eine Überlastung. Bei Überschreiten der Kapazität kann die Strohmatte nicht mehr ausreichend aufgelockert werden, die Kornverluste nehmen dann überproportional zu (Bild 8). Andererseits wird das Korn bei geringer Schüttlerbelastung nahezu vollständig abgeschieden. Das Stroh wird auf dem Schüttler schonend behandelt. Darüberhinaus reagieren beide Trennelemente empfindlich beim Arbeiten am Querhang. Das Gut wandert zur Talseite, und die Verluste steigen schon bei sehr viel geringeren Durchsätzen stark an. Der Leistungsbedarf ist allerdings gering.

Beim Axialdreschwerk erfolgt die Entkörnung nach einer Schlagbeanspruchung und Beschleunigung im Einzugsbereich, wegen der dämpfenden Wirkung der höheren Strohbelegung, im wesentlichen durch Reibung. Die Daten sind in Bild 9 zusammengefaßt. Die Körner werden dadurch etwas

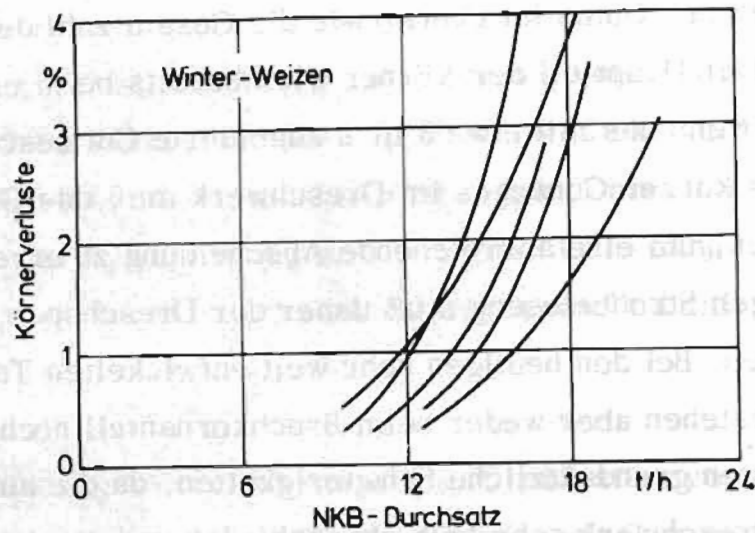


Bild 8: Verlustverhalten eines Tangentialmähdreschers (7)

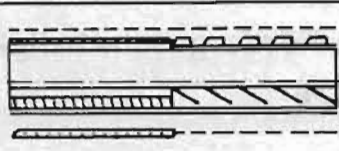
Axialdreschwerk (Hohenheim)			
	Dreschteil	Trennteil	
Mittl. Gutgeschwindigkeit			
tangential	5 - 11	4 - 10	m/s
axial	1,1 - 1,6	1,3 - 2,0	m/s
Weg des Gutes	5 - 6	4 - 5	m
Verweildauer	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8	s
Schlagfrequenz	36 - 46	38 - 50	Hz
Zahl der Schläge	22 - 40	18 - 35	
Strohbelegung bei 15 t/h NKB-Durchsatz	1,3 - 1,9	1,0 - 1,6	kg/m ²

Bild 9: Gutschichtverhalten in Axialmähdreschern

schonender behandelt; der Antriebs-Leistungsbedarf ist jedoch höher. Die Abscheidung erfolgt auch beim Axialdreschsystem größtenteils im Dreschteil. Die Verteilung der Abscheidung über den Umfang ist nicht gleichmäßig. Dies führt zu einer ungleichmäßigen und damit nachteiligen Belastung der Reinigungsanlage, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Im Trennteil des Axialdreschsystems wird die Abscheidung der Körner ebenfalls durch die hohen Fliehkräfte unterstützt. Die Abscheidung wird dadurch erschwert, daß die Schicht trotz der gegenüber dem Hordenschüttler geringeren Strohebelegung nicht so stark aufgelockert ist wie auf dem Hordenschüttler. Aus diesen Bedingungen resultiert ein anderes Verlustverhalten (Bild 10). Auch bei Überschreiten der Kapazität bleibt die Funktion der Trenneinrichtung erhalten; die Verluste nehmen nur leicht mit dem Durchsatz zu. Bei geringen Durchsätzen mit kleinen Strohmengen im relativ großen Ringspalt zwischen Rotor und Mantel wird das Gut nicht intensiv genug bearbeitet, und die Verluste bleiben relativ hoch, wie die verschiedenen in Bild 10 eingetragenen Verlustkurven zeigen.

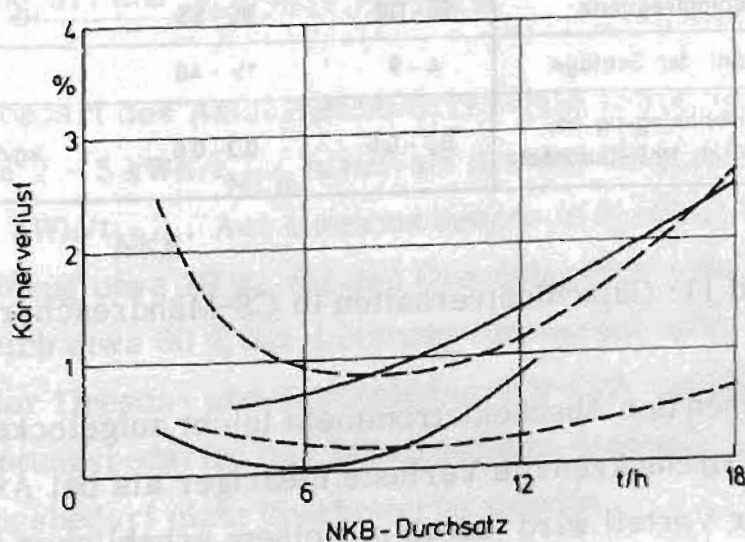


Bild 10: Verlustverhalten von Axialmähdreschern (6)

Axialmähdrescher sind besonders für die Ernte von Mais und Sojabohnen geeignet und haben sich wegen ihrer geringen Verschmutzungsneigung auch in Corn-Cob-Mix bewährt. Darüberhinaus läßt sich mit Axialmähdreschern auch Getreide ernten, auch unter europäischen Bedingungen auf niedrigem Verlustniveau. Dies haben auch Untersuchungen in Hohenheim an einem Axialdreschwerk-Prototyp mit tangentialer Gutzufuhr gezeigt.

Die Mähdrescher mit Tangentialdreschwerken und nachgeschalteten rotierenden Trennelementen sind in ihrem Verlustverhalten zwischen dem des konventionellen Mähdreschers und dem des Axialmähdreschers einzuordnen (Bilder 11 und 12).

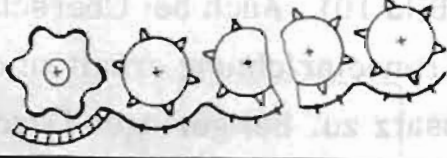
CS-System			
Mittl. Gutgeschwindigkeit	5 - 9	6 - 10	m/s
Weg des Gutes	0,4	4,0	m
Verweildauer	0,05-0,08	0,4-0,7	s
Schlagfrequenz	90 - 110	35 - 55	Hz
Zahl der Schläge	4 - 9	15 - 40	
Strohbelegung bei 15 t/h NKB-Durchsatz	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	kg/m ²

Bild 11: Gutschichtverhalten in CS-Mähdreschern

Da das Gut zwischen den Abscheidetrommeln leicht aufgelockert wird, sind bei kleinen Durchsätzen die Verluste niedriger als bei Axialdreschsystemen. Dieser Vorteil wird jedoch mit einem erheblichen Bauaufwand für die angetriebenen Abscheidetrommeln erkaufte.

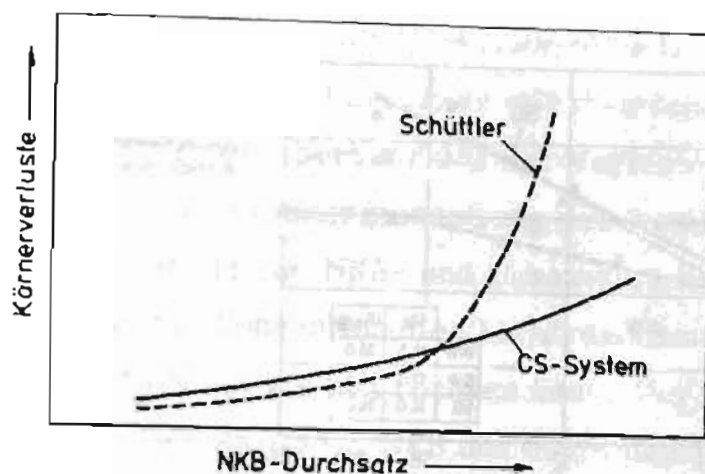


Bild 12: Verlustverhalten von CS-Mähdreschern (8)

Haupt Einsatzgebiet dieser Mähdrescher ist Getreide, wo sie in der Leistungsfähigkeit über dem größten Schüttler-Mähdrescher liegen und auch sehr schwierige Erntebedingungen meistern. Wie alle Maschinen mit Tangentialdreschwerk sind sie für fast alle Körnerfrüchte geeignet und arbeiten auch im Mais sehr gut.

3.2 Leistungsbedarf und Strohzerkleinerung

Der Leistungsbedarf des Axialdreschwerkes (Bild 13) ist infolge der Reibkräfte mit etwa $2 - 5 \text{ kWh/t}_{\text{NKB}}$ höher als der des Tangentialdreschwerkes mit etwa $1 - 3 \text{ kWh/t}_{\text{NKB}}$. Aus Untersuchungen in Hohenheim ergibt sich, daß für den Einzug etwa 20 %, für den Dreschbereich etwa 50 % und für den Trennbereich etwa 30 % der Leistung einzusetzen sind. Da der Leistungsbedarf der Dresch- und Trennelemente jedoch nur weniger als 25% des Gesamtleistungsbedarfes des Mähdreschers ausmacht, sollte dieser höhere Leistungsbedarf nicht überbewertet werden.

Durch die intensive Beanspruchung des Strohs in der Trenneinrichtung wird dieses bei Mähdreschern mit rotierenden Trennelementen stärker

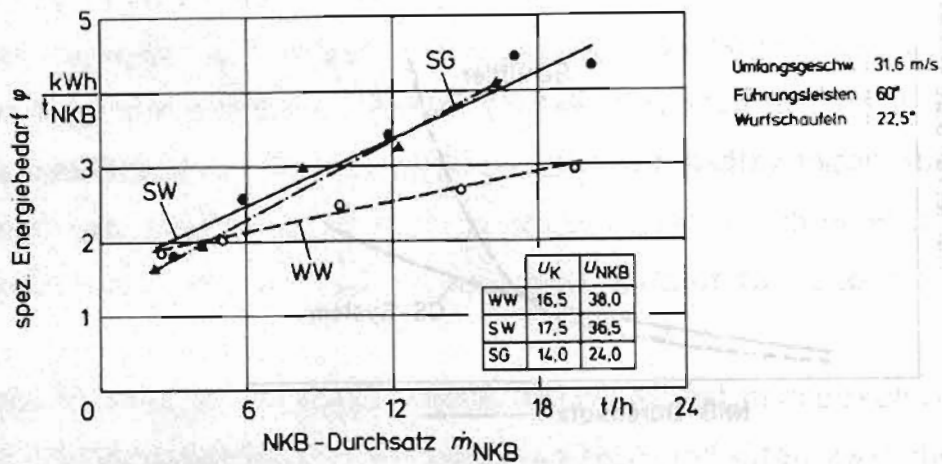


Bild 13: Einfluß des NKB-Durchsatzes auf den spez. Energiebedarf (9)

zerkleinert als beim Einsatz von Mähdreschern mit Hordenschüttlern. Dies ist deutlich auch an der Schwadhöhe festzustellen. Direkte Meßergebnisse sind hierzu bis jetzt nicht veröffentlicht, weil das Klassieren des Strohs sehr aufwendig ist. Falls das Stroh auf dem Feld verbleiben soll und sowieso gehäckselt wird, ist die intensive Strohzerkleinerung eher von Vorteil. Soll das Stroh jedoch geborgen werden, sind die Stroherträge geringer.

3.3 Hangempfindlichkeit

Bei den Mähdreschern mit rotierenden Trennelementen beeinflusst die Querneigung der Trennelemente zur Korn-Stroh-Trennung das Trennergebnis kaum. Diese Trennelemente arbeiten damit hangunempfindlich.

3.4 Belastung der Reinigungsanlage

Rotierende Trennelemente zur Korn-Stroh-Trennung führen durch die starke Strohzerkleinerung zu einer höheren Belastung der Reinigungsan-

lage mit Kurzstroh. In Bild 14 sind die Gutströme in einem konventionellen Mährescher und in einem Mährescher mit rotierenden Trennelementen, ohne Berücksichtigung der Überkehr und der Verluste, abgeschätzt und miteinander verglichen. Die Zusammensetzung des Reinigungsgutes ergibt sich dabei aus dem Verhältnis von NKB- und Gesamtdurchsatz der Reinigungsanlage. Während man bei konventionellen Mähreschern etwa mit einem Anteil von 15 - 25 % NKB bei Weizen rechnen kann, liegt dieser bei Axialmähreschern bei etwa 25 - 35 % NKB und damit deutlich ungünstiger.

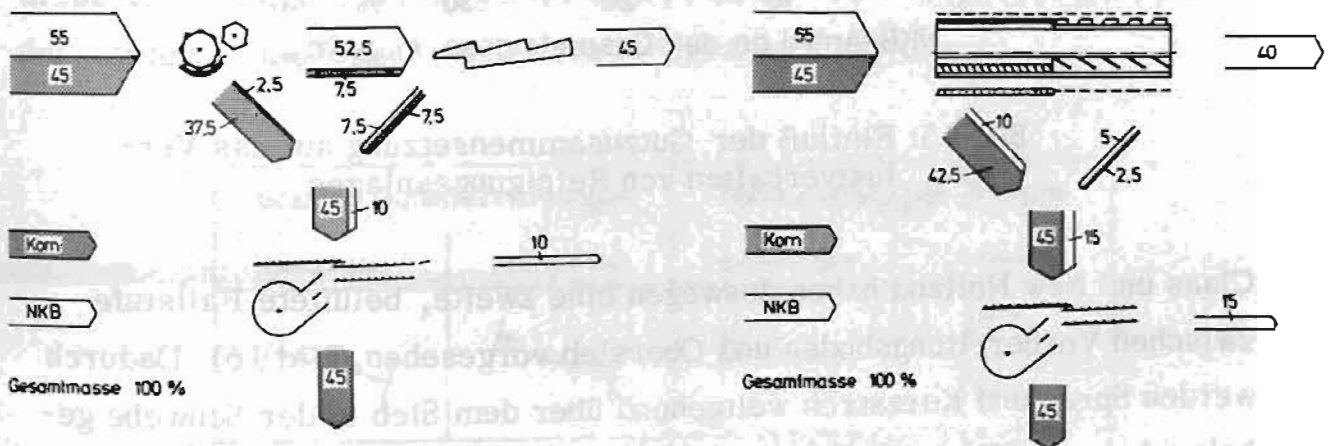


Bild 14: Gutströme in Tangential- und Axialmähreschern

4. Verbesserung der Reinigungsanlage

4.1 Erhöhung des Durchsatzes

Reinigungsanlagen reagieren empfindlich in ihrem Verlustverhalten bei hohem Kurzstrohanteil im Reinigungsgut. Bild 15 zeigt Ergebnisse von Laboruntersuchungen mit trockenem Versuchsgut ($U_{\text{Korn}} = 10\%$, $U_{\text{NKB}} = 11\%$). Bei Überschreiten eines Anteils von 30 % an Nichtkornbestandteilen steigen die Verluste deutlich an.

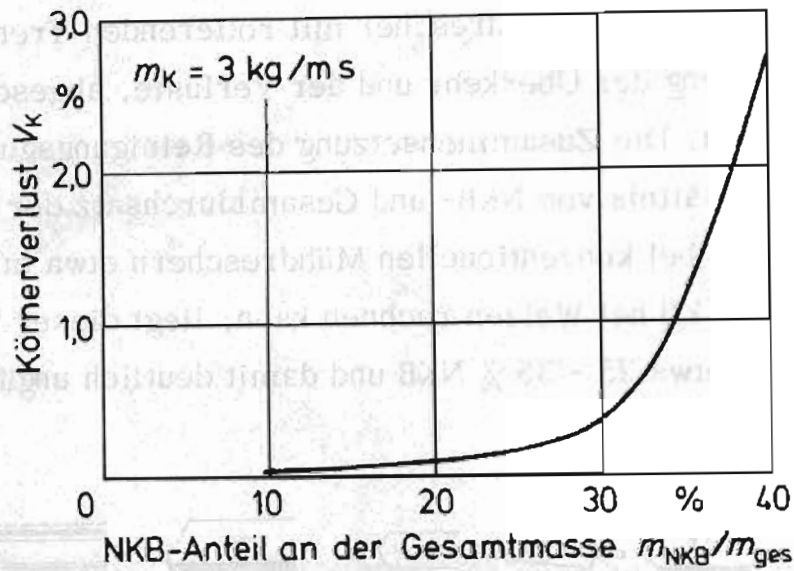


Bild 15: Einfluß der Gutzusammensetzung auf das Verlustverhalten von Reinigungsanlagen

Claas und New Holland haben deswegen eine zweite, belüftete Fallstufe zwischen Vorbereitungsboden und Obersieb vorgesehen (Bild 16). Dadurch werden Spreu und Kurzstroh weitgehend über dem Sieb in der Schwebelage gehalten bzw. ein Teil der Körner vorweg abgeschieden und so das Obersieb entlastet. Auch Strohnester lassen sich durch diese doppelte Fallstufe besser auflösen, so daß eine erhebliche Durchsatzsteigerung zu erwarten ist.

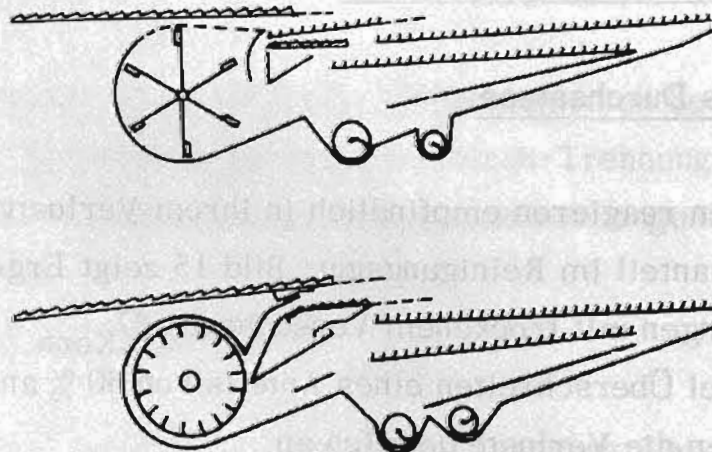
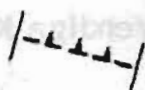
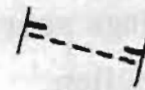
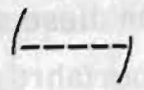



Bild 16: Reinigungsanlagen mit belüfteten Fallstufen
oben: Sperry New Holland, unten: Claas

4.2 Verringerung der Hangempfindlichkeit

Da die rotierenden Trennelemente zur Korn-Stroh-Trennung nicht mehr hangempfindlich wie Hordenschüttler sind, bietet sich bei diesen Mähdreschern die Verminderung der Hangempfindlichkeit der Reinigungsanlage besonders an, um den gesamten Mähdrescher hangunempfindlich zu machen. Mögliche Lösungen zur Verminderung der Hangempfindlichkeit von Reinigungsanlagen sind in Bild 17 zusammengefaßt. Dies können einfache passive Leitelemente sein, wie die bekannten und an fast allen Mähdreschern verwendeten Hangleisten bzw. es können Ablenkleche verwendet werden, die das Gut wieder etwas zur Mitte schieben.

passive Guteiteinrichtungen		hangunabhängige Systeme	
Hangleisten	Ablenkleisten	Hangausgleich	rotierend
			
verschiedene Hersteller		Sperry New Holland	Labor


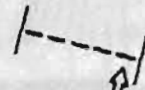


zusätzliche pneumatische Kräfte		zusätzliche mechanische Kräfte	
von der Seite	von unten	seitliche Schwingbewegung	Forderelemente
			
Allis Chalmers	Labor	Claas	Patent

Bild 17: Möglichkeiten zur Verringerung der Hangempfindlichkeit von Mähdrescherreinigungsanlagen

Bessere Ergebnisse zeigen aktive Eingriffe in die Gutschicht durch zusätzliche pneumatische Kräfte, d.h. durch das Einblasen von Luft an der Talseite, bzw. durch zusätzliche mechanische Kräfte. Diese können durch

kleine Fördereinrichtungen oder durch eine seitliche Schwingbewegung der Reinigungsunterlage erzeugt werden. Noch günstiger scheinen hang-unabhängige Systeme. Dazu zählen rotierende Trennelemente auch für die Reinigung, die allerdings noch nicht zur Serienreife entwickelt werden konnten oder die Nivellierung der Reinigungsanlage durch Regeleinrichtungen.

Letzteres Verfahren wird von Sperry New Holland bei den Twin-Flow-Mäh-dreschern verwirklicht (Bild 18). Die Reinigungsanlage kann über einen kleinen elektrischen Stellmotor um die Längsachse geschwenkt werden. Durch zylindrische Seitenwände am Mähdreschergehäuse wird ein guter Abschluß der Reinigungssiebe zu den Mähdrescherwänden sichergestellt. Eine Lageregelung, bestehend aus Sensor, elektrischem Schaltkreis und Stellmotor, sorgt dafür, daß die Reinigungsanlage einschließlich des Vorbereitungsbodens bei Querneigung des Mähdreschers waagrecht ausgerichtet bleibt. Damit kann diese allerdings sehr aufwendige Konstruktion die Anforderungen bei Querfahrt gut erfüllen.

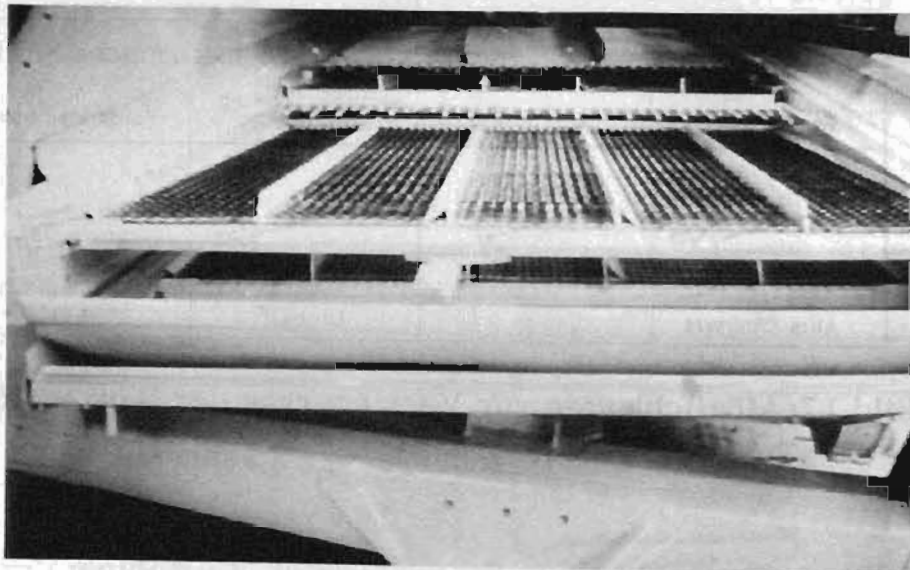


Bild 18: Reinigungsanlage mit Hangausgleich der
TF-Mähdrescher

Bei der 3D-Reinigung der Firma Claas wird durch eine seitliche Schwingbewegung der Siebe eine Querverföderung des Gutes zur Bergseite hin hervorgerufen (Bild 19). Ein seitlicher Lenker erzwingt ohne zusätzliden Antrieb in Verbindung mit einer etwas weicheren Siebföhrung die seitliche Schwingbewegung der Siebe und paßt die Auslenkung in Richtung und Stärke an die Neigung des befahrenen Querhanges an. Der Lenker ist auf einer Seite am Obersieb, auf der anderen Seite an einem verstellbaren Festpunkt des Mähdreschers gelagert. Dieser Festpunkt wird durch eine mechanisch hydraulische Lageregelung verstellt. Je weiter der Festpunkt aus seiner Mittelposition verstellt wird, umso größer wird die seitliche Schwingbewegung und umso stärker die Querverföderung des Gutgemisches zur Bergseite hin. Diese ursprünglich für die CS Mähdrescher entwickelte 3D-Reinigung wird inzwischen auch für konventionelle Mähdrescher angeboten.

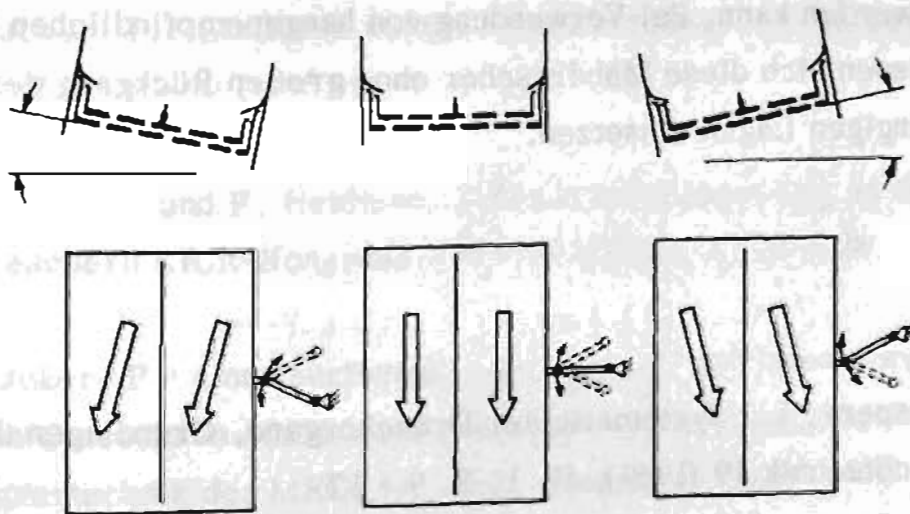


Bild 19: 3D-Reinigung von Claas

Zusammenfassung

Neben konventionellen Mähdreschern mit Hordenschüttlern zur Korn-Stroh-Trennung werden in Deutschland Mähdrescher mit rotierenden Trennele-

menten zur Korn-Stroh-Trennung angeboten. Dies sind die Axialflow-Mäh-drescher der Firma Case International, die CS-Commandor-Mäh-drescher der Firma Claas und die Twin Flow-Mäh-drescher der Firma Sperry New-Holland. Während bei den Case-IH Mäh-dreschern das Dreschen mit einem Axialdreschwerk erfolgt, wird bei den Mäh-dreschern von Claas und Sperry New Holland die bewährte Tangentialdreschtrummel weiter verwendet. Durch die Korn-Stroh-Trennung bei höheren Beschleunigungen können im vorgegebenen Bauraum größere Durchsätze erzielt werden. Axialmäh-drescher haben ihre besonderen Vorteile beim Einsatz in Mais; sie können jedoch auch Getreide verarbeiten. Der Leistungsbedarf von Mäh-dreschern mit rotierenden Elementen zur Korn-Stroh-Trennung ist geringfügig höher als bei konventionellen Mäh-dreschern, das Verlustverhalten zu größeren Durchsätzen hin günstiger. Diese neuen Trennsysteme arbeiten hangun-empfindlich, das Stroh wird stärker zerkleinert. Dies führt zu einer höhe-ren Belastung der Reinigungsanlage, die in ihrer Bauweise dieser Belastung angepaßt werden kann. Bei Verwendung von hangunempfindlichen Reinigungs-anlagen lassen sich diese Mäh-drescher ohne großen Rückgang der Leistung auch in hängigen Lagen einsetzen.

Literatur

- (1) Caspers, L.: Systematik der Dreschorgane, Grundlagen der Landtechnik 19 (1969), H. 1, S. 9 - 17
- (2) Herbsthofer, F.J.: Wo stehen wir im Mäh-drescherbau und wie geht es weiter? Grundlagen der Landtechnik 24 (1974) H. 3, S. 94 - 102

- (3) Wacker, P. und T. Freye: Alternative Druschsysteme in amerikanischen Großmähdreschern. Landtechnik 34 (1979) H. 6, S. 287 - 289
- (4) Kutzbach, H.D. und H. Grobler: Einrichtungen zur Kornabscheidung im Mähdrescher. Grundlagen der Landtechnik 31 (1981) H. 6, S. 223 - 229
- (5) Kutzbach, H.D.: Dresch- und Trennsysteme neuer Mähdrescher, Landtechnik 6 (1983), S. 226 - 230
- (6) Segler, G. und T. Freye: Vibro-pneumatische Trennung von Stroh, Korn und Spreu im Mähdrescher. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 101 - 108
- (7) Wacker, P.: Einflüsse auf die Dreschleistung von Mähdreschern, Landtechnik 40 (1985) H. 6, S. 273 - 277
- (8) Freye, T. und F. Heidjann: Gebrauchsverbesserung an Mähdreschern CIGR-Kongress (1984) Budapest, S. 21 - 28
- (9) Wacker, P.: Untersuchungen zum Dresch- und Trennvorgang von Getreide in einem Axialdreschwerk, Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, Nr. 117, Diss. Hohenheim 1985.

Aktuelle Verfahrenstechniken zur Strohbergung im Vergleich

von Prof. Dr. Ing. Winfried Busse, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion, Stuttgart

Inhaltsübersicht

1. Einführung
2. Ausgangsgrößen für den Vergleich
3. Die Aufsammelpressen, Ausführungsformen und Funktionen
 - 3.1 Konventionelle Hochdruckpressen
 - 3.2 Rundballenpressen
 - 3.2.1 Entwicklung
 - 3.2.2 Funktionsprinzipien
 - 3.2.3 Bindsysteme
 - 3.3 Quaderballenpressen
 - 3.3.1 Kastenpressen
 - 3.3.2 Strangpressen
4. Ergebnisse mit Diskussion
 - 4.1 Ein-Mann-Verfahren
 - 4.2 Schlagkraft, Durchsatz, Bergeleistung
 - 4.3 Garn- Netz- oder Folienbindung
 - 4.4 Verfahrensvergleich bei 1 km Feldentfernung
 - 4.5 Verfahrensvergleich bei 250 km LKW-Transport
5. Zusammenfassung und Ausblick
6. Annahmen
7. Schrifttum

1. Einführung

Gemessen am Handelswert kostet Stroh sehr viel Arbeit und Geld für die Weiterverarbeitung sowohl bei der Einarbeitung in den Boden als auch bei der Bergung. Dennoch ist in der Bundesrepublik Deutschland die Strohbeseitigung mit dem Streichholz keine Alternative mehr.

Die industrielle Nutzung oder auch die Nutzung für Heizzwecke sind verglichen mit den übrigen Nutzungsarten kaum erwähnenswert. Jüngere Zahlen für die Strohverwertung liegen aus statistischen Erhebungen in der Bundesrepublik nicht vor.

Geht man von den Zahlen nach WENNER (1) aus, so könnte die Verwertung im Jahre 1986 etwa geschätzt werden auf

Einstreu	63 %
Fütterung	11 %
Einarbeitung	24 %
andere Verwertung	2 %

Erstaunlich hoch scheint der hohe Einstreuanteil angesichts zunehmender strohloser Aufstallungsformen und der Spezialisierung viehloser Getreidebaubetriebe, aber der Anteil wird dann verständlicher, wenn man berücksichtigt, daß in der Bundesrepublik im Jahre 1983 die mittlere Milchvieherdengröße nur 14 Kühe betrug. In Rindvieh haltenden Betrieben wurden im Durchschnitt 32 Kopf Rindvieh je Betrieb gehalten.

Der für die Fütterung verwendete Anteil richtet sich insbesondere nach den jährlich schwankenden Aufwuchsmengen auf dem Dauergrünland, welches in der Bundesrepublik immer noch fast 40 % der LN ausmacht. In Jahren mit Futtermangel vom Grünland steigt der Anteil des Strohs, der

direkt für die Fütterung verwendet oder auch speziell für die Fütterung aufbereitet wird. Auch die Strohtransporte steigen in solchen Jahren an. Das gilt insbesondere für die Lieferung von Stroh aus Nordwestdeutschland in die Niederlande.

Die industrielle Verwertung von Stroh z.B. für Plattenherstellung oder Zellulosegewinnung ist in den letzten Jahren zurückgegangen und spielt kaum noch eine Rolle. Obwohl die Strohverbrennung bei kurzen Transportentfernungen für die Heizung und Trocknung sehr sinnvoll erscheint, ist diese Art der Nutzung aus verschiedenen Gründen z.T. noch sehr gering. Auf lange Sicht wird sich das mit Sicherheit ändern, und Stroh wird dann zu den "nachwachsenden Rohstoffen" zählen, aber Anfang 1986 kann man sich das bei Heizölpreisen, die niedriger liegen als 1980, natürlich schwer vorstellen.

2. Ausgangsgrößen für den Vergleich

Bild 1 zeigt die wichtigsten Ausgangsgrößen für die vergleichende Betrachtung.

Ausgegangen wird von einem Weizenbestand mit einer oberirdischen Masse von 16,5 t/ha.

Bei einem angenommenen Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 1,0 und einem Stoppelanteil von 1,5 t/ha ergeben sich 7,5 t/ha Korn und 7,5 t/ha Nicht-Korn-Bestandteile (NKB = Stroh + Spreu + Kurzstroh). Unter der Annahme eines Spreu- und Kurzstrohanfalls von 1,3 t/ha (17,3 %) sind 6,2 t/ha Stroh zu bergen. Dieses liegt bei Annahme eines 4,5 m Schneidwerks in Schwaden mit einem Schwadgewicht von 2,79 kg/m auf dem Feld. Spreu und Kurzstroh kann aber insbesondere bei schüttlerlosen Mähdreschern bis zu 30 % der NKB, also in diesem Beispiel bis zu 2,25 t/ha, betragen.

Auf die sich daraus ergebenden Konsequenzen, insbesondere bei noch höheren Stroherträgen, kann hier nur hingewiesen werden.

Für die Strohbergung ist es aus Gründen der Bergung, des Transports, der Einlagerung und des Verbrauchs wichtig, daß das Stroh zu geringsten Kosten, portioniert in betriebsgerechte Pakete und verdichtet an den Bestimmungsort gebracht wird. Deshalb eignen sich dazu vor allem die Aufsammlerpressen. Sie werden entsprechend Bild 1 unten von links nach rechts im nächsten Abschnitt erläutert. In den rechnerischen Vergleich der Ernteverfahren werden die sechs Ballenformen einbezogen, die in der untersten Zeile von Bild 1 angegeben sind.

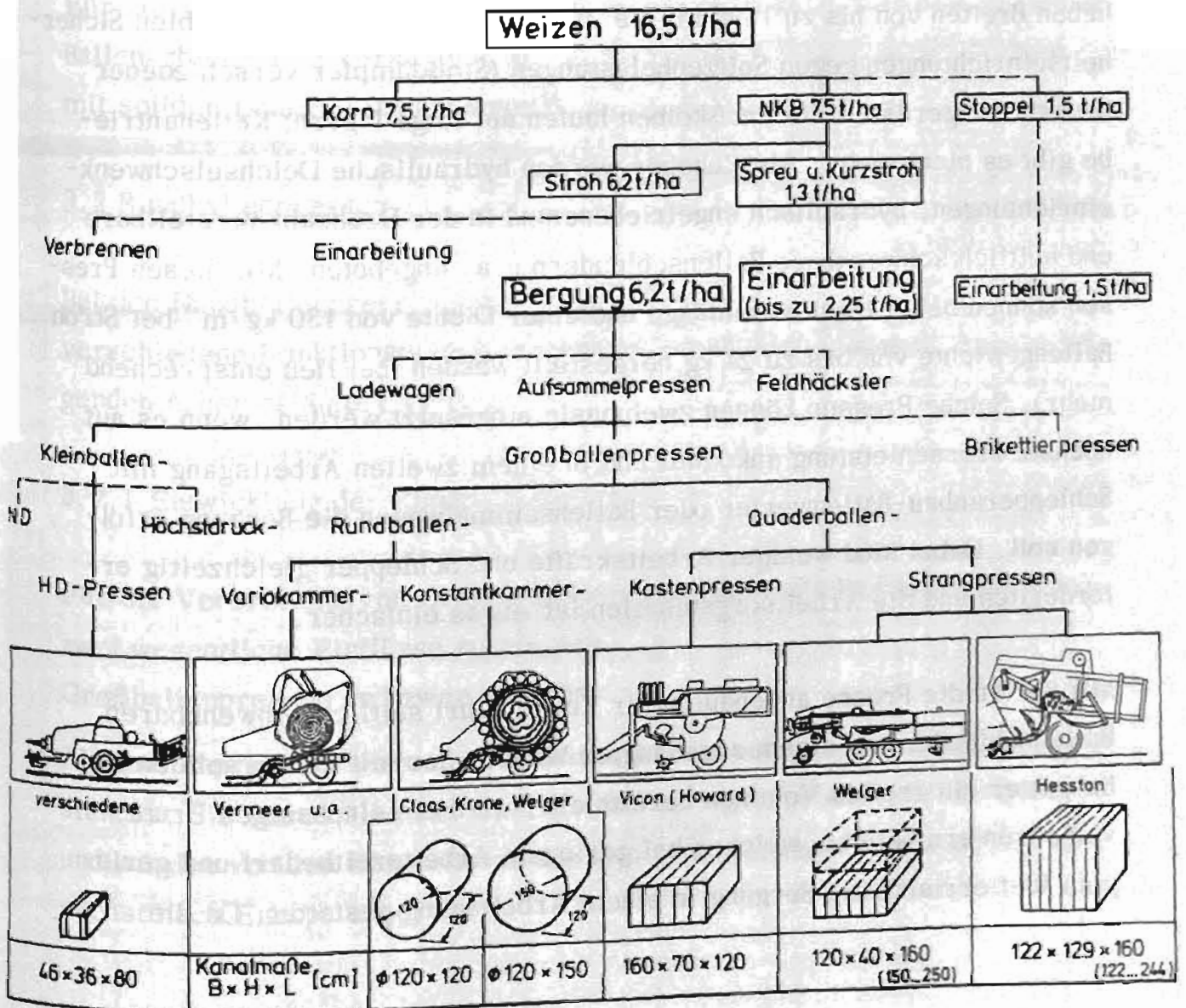


Bild 1: Ausgangsbedingungen sowie im Vergleich behandelte Pressen und Ballen

3. Aufsammlerpressen, Ausführungsformen und Funktionen

3.1 Konventionelle Hochdruckballenpressen

Diese Maschinen erfreuen sich vor allem wegen der guten Raumausnutzung und der guten Portionierbarkeit, die mit dem Ballen erreicht wird, weiterhin großer Beliebtheit. Im vorliegenden Vergleich wird von der großen Klasse der Pressen mit Normal-Kanalmaß (etwa 460 x 360 mm) ausgegangen.

Maschinen in dieser Größenordnung können mit 60 kW-Schleppern und mehr über Weitwinkel-Gelenkwellenstränge - betrieben werden. Die Aufsammler haben Breiten von bis zu 1,90 m; die Zubringer sind mit komfortablen Sicherheitseinrichtungen gegen Spitzenbelastungen (Stoßdämpfer verschiedener Bauart) ausgerüstet; die Preßkolben laufen auf Kugellagern; Kettenantriebe gibt es nicht mehr. Als Zubehör werden hydraulische Deichsel-schwenkeinrichtungen, hydraulisch angetriebene und in der Drehzahl verstellbare und seitlich schwenkbare Ballenschleudern u. a. angeboten. Mit diesen Pressen können bei 1,10 m Ballenlänge und einer Dichte von 130 kg/m^3 bei Stroh Ballengewichte von bis zu 24 kg hergestellt werden (bei Heu entsprechend mehr). Solche Pressen können zweiphasig eingesetzt werden, wenn es auf höchste Pressenleistung ankommt und in einem zweiten Arbeitsgang mit Schlepperanbau-Ballenwerfer oder Ballensammelwagen die Bergung erfolgen soll. Dabei sind weniger Arbeitskräfte und Schlepper gleichzeitig erforderlich und die Arbeitsorganisation ist etwas einfacher.

Mit der an die Presse angebauten für Kurvenfahrt seitlich schwenkbaren Ballenschleuder und einem angehängten Wagen, der mit einem soliden Aufbau gatter ein großes Volumen bereitstellt, wird ein einphasiges Ernteverfahren ermöglicht, welches bei geringem Arbeitszeitbedarf und geringem Wetterrisiko die Bergung in einem Arbeitsgang gestattet. Da die

Fahrgeschwindigkeit durch den angehängten Wagen begrenzt ist, kann die mögliche Pressenleistung nur bei ausreichend starken Schwaden ausgenutzt werden. Die Pressenleistung wird dennoch gegenüber dem zweiphasigen Verfahren durch die notwendigen Wagenwechsel gemindert.

Das Abladen kann durch Höhenförderer und Verteilförderer auf die relativ leichte Arbeit des Handtransports vom Wagen in den Förderer beschränkt werden. Auf eine ausführliche Behandlung von Pressenfunktionen und Bergeverfahren kann wegen des hohen Bekanntheitsgrades hier verzichtet werden.

Für die Vergleichsrechnung wird die Ausrüstung der HD-Pressen mit einer Ballenschleuder in Verbindung mit angehängtem "aufgeklappten" Ackerwagen mit soliden Ladegattern unterstellt.

3.2 Rundballenpressen

Bei den Rundballenpressen haben sich in den letzten 10 Jahren in Europa verschiedene Funktionsprinzipien und Bindesysteme entwickelt, die im folgenden näher erläutert werden.

3.2.1 Entwicklung der Rundballenpressen

Für die Verbreitung von Großballenpressen allgemein in Europa kamen zwei wesentliche Einflüsse zusammen.

Großballenpressen und zwar zunächst

Rundballenpressen, waren in Nordamerika aus völlig anderen Gründen entstanden. Sie waren also aus amerikanischer Serienproduktion verfügbar und wurden von den Herstellern, die hier eine Verkaufschance sahen, zunächst nach Europa exportiert.

Der zweite wesentliche Einfluß bestand darin, daß in Europa wichtige Voraussetzungen für einen Bedarf entstanden waren (2):

- Größere Schlepper
- Höherer Frontladeranteil
- Verfügbarkeit von Vorderradantrieb
- Abnehmende Verfügbarkeit von Handarbeitskräften
- Stoppelfelder sollten schnell geräumt werden,
um Zwischen- oder Folgefrüchte einbringen zu können
- Große Gebäude (Feldscheunen) vorhanden
- Größere Viehbestände
- Zunehmende Laufstallhaltung
- Silage in Plastiksäcken gewünscht
- Maisstrohbergung in einigen Exportmärkten

Diese beiden Einflüsse, gestützt durch die entsprechende Werbung der Hersteller, hatten für einen Anfang gesorgt. Dieser wurde zunächst in England gemacht, wo die gewohnten Bergeverfahren und die mittlere Betriebsgröße, die bekanntlich 4 mal größer ist als in der Bundesrepublik, die besten Voraussetzungen bot. 1972 bereits hatte die Firma Howard-Rotavator in Großbritannien mit der Entwicklung einer Quaderballenpresse begonnen, aber die Stückzahlen blieben zunächst sehr klein.

Im Jahre 1976 gab es in GB (3) ca. 400 Großballenpressen, zum größten Teil aus Nordamerika importierte Rundballenpressen. Die deutschen Firmen Claas, Krone und Welger hatten in diesem Jahr noch keine Maschinen auf den Markt gebracht. Sie lieferten erst in den Folgejahren. Diese Hersteller orientierten sich zunächst verständlicherweise an den Ballenabmessungen, die mit den amerik. Maschinen hergestellt werden konnten. Maschinen für diese Abmessungen (ca. 1,80 m Ø u. 1,50 m breit) waren

aber für den europ. Markt zu groß. Sie machen heute nur noch ca. 2 % Produktionsanteil aus. Maschinen für 1,20 m breite Ballen mit 1,20 m, 1,50 m und 1,60 m Durchmesser dagegen befriedigen mit etwa 95 % der Rundballenpressenproduktion den Bedarf.

Diese Ballenabmessungen erlauben einerseits vielseitigen Feldeinsatz, d.h. die Maschinen sind sowohl für große Strohschwaden (Bild 2), als auch für Heu und Silage geeignet und andererseits sind sie frontladergerecht, d.h. sie sind bzgl. Volumen, Gewicht, Ladbarkeit, Stapelbarkeit etc. für eine große Zahl von Betrieben gut geeignet. So erklärt sich eine sehr schnelle Entwicklung, die noch nicht abgeschlossen ist.

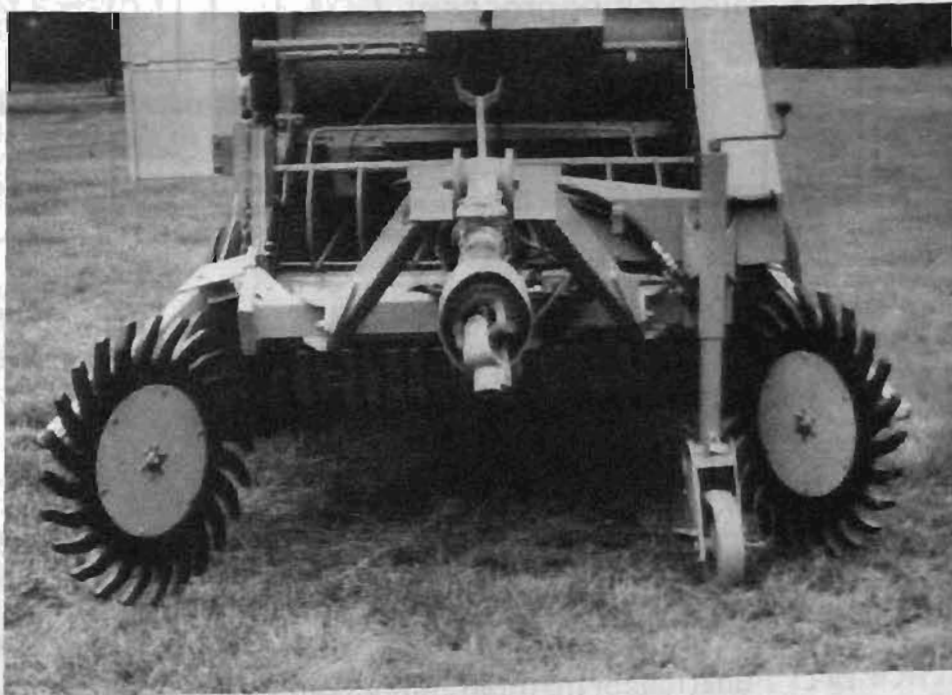


Bild 2: Sternräder zum Aufsammeln breiter Schwaden

Bild 3 (4) zeigt, daß in den letzten 10 Jahren in Westeuropa bei einer Abnahme der Gesamtpressenstückzahl von über 60 000 auf ca. 38 000 Stück der Rundballenpressenanteil von 0 bis auf ca. 50 % des Pressenabsatzes angestiegen ist, daß also offensichtlich ein Substitutionsprozeß erfolgt. Es bleibt abzuwarten, ob der Rundballenpressenanteil noch weiter zunehmen wird.

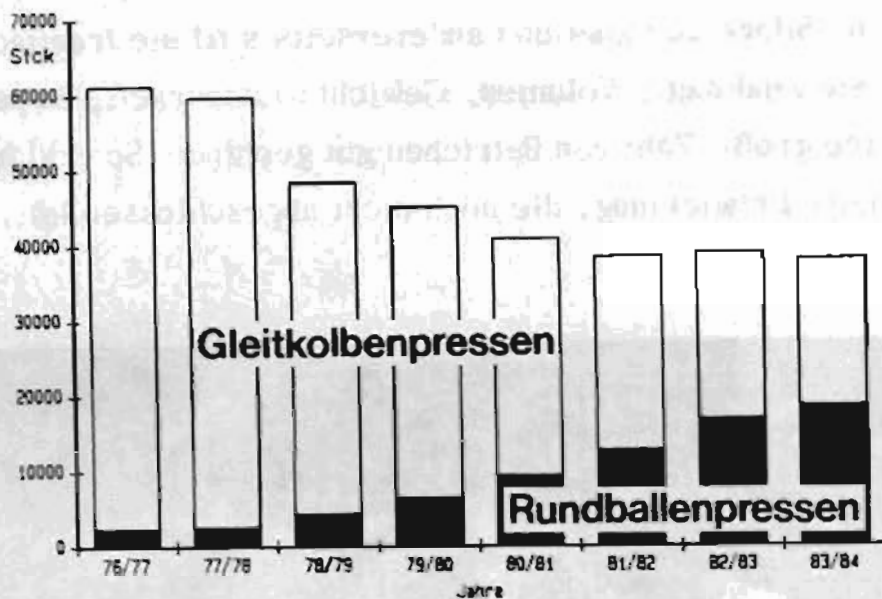


Bild 3: Entwicklung des Aufsammelpressenabsatzes in Westeuropa (4)

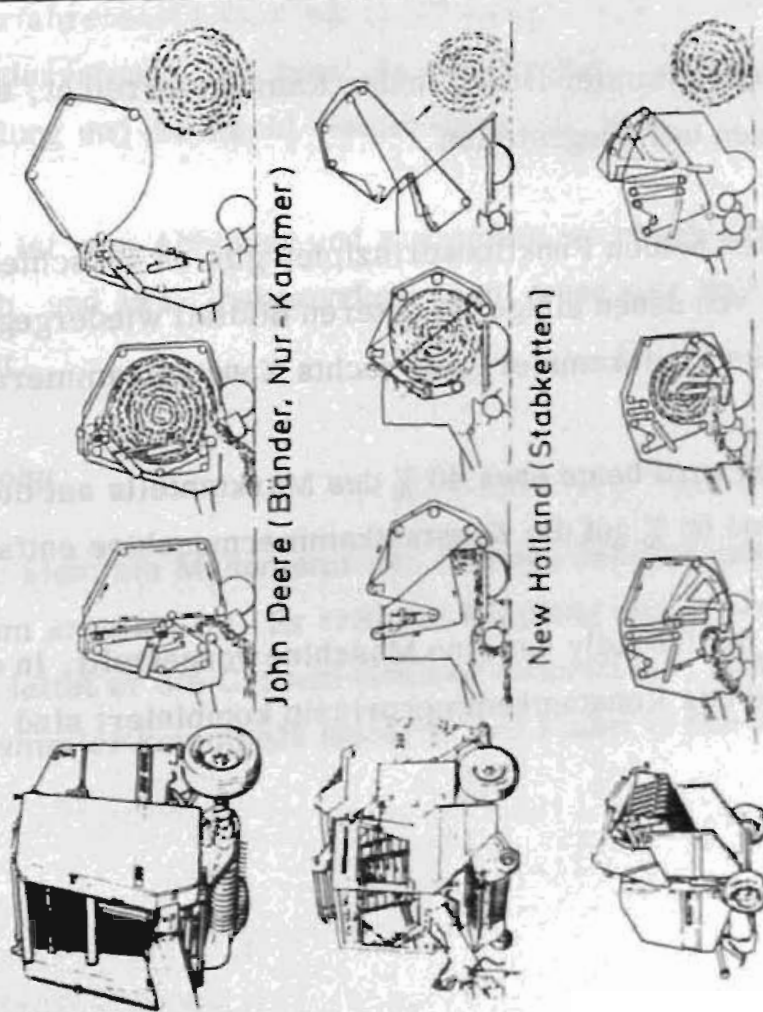
3.2.2 Funktionsprinzipien

Wie auf Bild 1 bereits dargestellt, müssen bei den Rundballenpressen grundsätzlich zwei Funktionsprinzipien unterschieden werden.

Bild 4 zeigt im oberen Bildteil die prinzipiellen Unterschiede im Funktionsablauf bei verschiedenen Phasen.

Das Variokammerprinzip hat seinen Namen daher, daß der Durchmesser des Wickelraumes je nach Ballengröße variiert, während beim Konstantkammerprinzip der Durchmesser des Wickelraumes immer konstant ist.

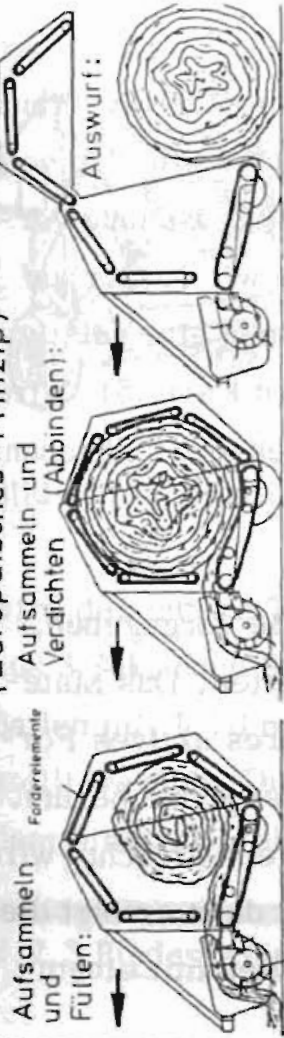
Variokammerprinzip:
(Vermeer - Prinzip)



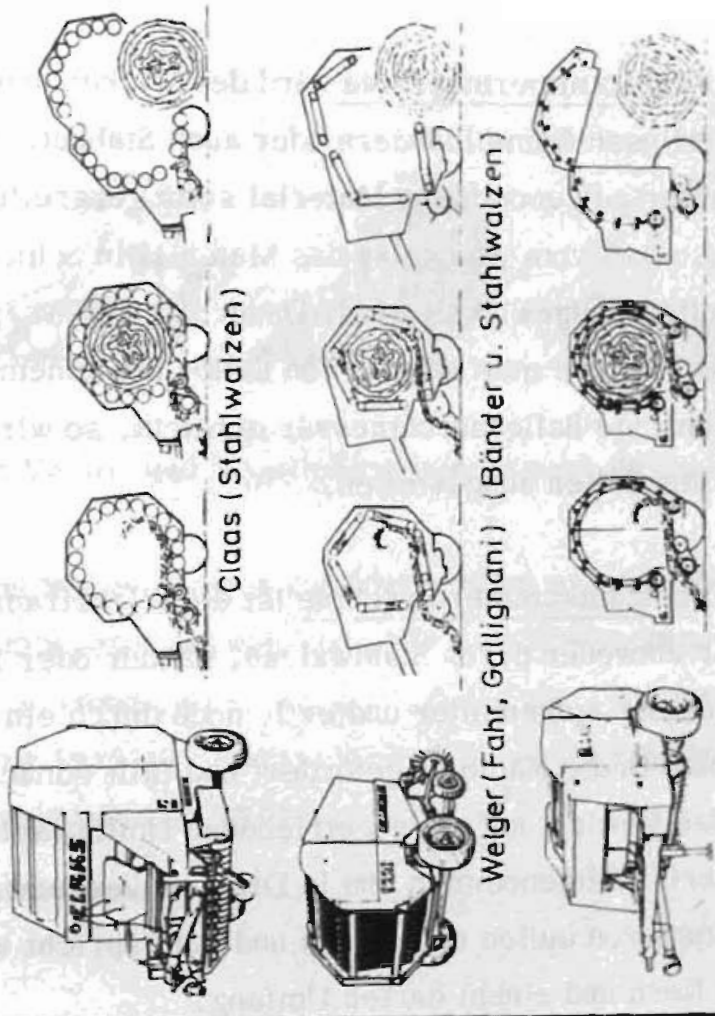
Farmhand (Bänder)

sowie Vermeer, Vicon, MF, Bamford, Gehl, Fiatagri, Jones, Master, u. a.

Konstantkammerprinzip:
(Europäisches - Prinzip)



Aufsammeler



Krone (Stabketten)

Bild 4: Variokammer- und Konstantkammerprinzip (6, 13)

Bei der Variokammermaschine wird der Wickelraum von mehreren umlaufenden endlosen Gummibändern oder auch Stabketten gebildet, die das vom Aufsammler aufgenommene Material sofort ergreifen und in Drehung versetzen, so daß vom Anfang an das Material in Schichten - wie Papier auf einer Rolle - aufgewickelt wird. Dadurch entsteht auch innen eine relativ höhere Dichte und man spricht von Ballen mit einem harten Kern (5). Wird der gewünschte Ballendurchmesser erreicht, so wird angehalten, abgebunden und der Ballen ausgestoßen.

Bei der Konstantkammermaschine ist die Wickelraumgröße vorgegeben, und zwar entweder durch Stahlwalzen, Bänder oder Stabketten. Das Material wird vom Aufsammler und evtl. noch durch ein weiteres aktives Fördererelement in die Kammer gefördert und fällt zunächst lose darin herum. Sobald das Gewicht auf die angetriebenen Umfangselemente ausreicht, wird das Material mitgenommen und in Drehung versetzt. Erst dann erfolgt die Verdichtung von außen nach innen, und man spricht von Ballen mit einem weichen Kern und einem harten Umfang.

Wird ein bestimmter Druck in der Kammer erreicht, so wird angehalten, abgebunden und ausgestoßen.

Von diesen beiden Funktionsprinzipien gibt es verschiedene Ausführungsformen, von denen einige im unteren Bildteil wiedergegeben sind (6), und zwar links Variokammer- und rechts Konstantkammerausführungen.

In Europa wird heute etwa 40 % des Marktanteils auf die Variokammermaschine und 60 % auf die Konstantkammermaschine entfallen.

Die Fa. British Lely hat eine Maschine vorgestellt, in der das Variokammer- und das Konstantkammerprinzip kombiniert sind (Bild 5), und zwar

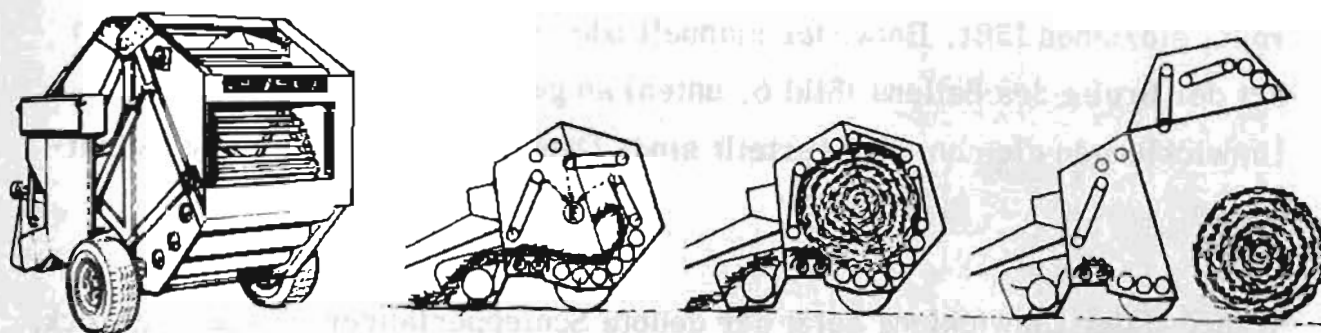


Bild 5: Kombination von Varío- und Konstantkammerprinzip (British-Lely)

wird der untere Teil des Wickelraumes aus Stahlwalzen und der obere Teil aus 3 Sektionen Stabkettenelementen gebildet. Mit dieser Maschine können Ballen mit 1,20 m Durchmesser oder auch mit 1,50 m Durchmesser hergestellt werden. Die Dichte kann durch unterschiedliche Federspannung auf dem hinteren Stabkettenelement beeinflußt werden (6).

3.2.3 Bindesysteme

Zu den aktuellen Verfahrenstechniken bei Rundballenpressen gehören auch unterschiedliche Bindesysteme, und zwar die Garnbindung, die Netzbindung, die Folienbindung und die Rapid-Netzbindung ohne Stop.

Bei der Garnbindung ist zum Abbinden und Ausstoßen ein erheblicher Zeitaufwand erforderlich, und zwar insbesondere dann, wenn kein Ballenauswerfer vorhanden ist.

Der Ablauf ist wie folgt:

Der Schlepperfahrer sieht am Manometer der Presse, daß der gewünschte Druck im Wickelraum erreicht ist. Er tritt die Kupplung und während er zum Halten kommt, leitet er die Garnumwicklung dadurch ein, daß er durch das letzte vom Aufsammler kommende Material den Faden in den Wickel-

raum einziehen läßt. Entweder manuell oder automatisch wird der Faden auf der Breite des Ballens (Bild 6, unten) so geführt, daß die 12 bis 15 Umwicklungen gleichmäßig verteilt sind. Dann wird der Faden abgeschnitten.

Während der Umwicklung setzt der geübte Schlepperfahrer einige m zurück, um vom aufzusammelnden Schwad Abstand zu bekommen. Nach dem Ausstoßen muß er nämlich mit offener Heckklappe ein Stück vorfahren, damit die Klappe beim Schließen nicht auf den ausgestoßenen Ballen aufsetzt; dann hält er wieder an zum Schließen, und erst dann kann er wieder anfahren zum Aufsammeln des nächsten Ballens. Der ganze Vorgang dauert je nach Ballengröße fast so lange wie das Aufsammeln und Pressen, wie die Säulendarstellung zeigt, und zwar 40 sec. von 90 sec. (Bild 6). Hat die Maschine einen sogen. Ballenauswerfer oder Abrollbügel, d. i. eine Vorrichtung, über die der Ballen weit genug von der Maschine weggrollt, so erübrigt sich das Zurücksetzen.

Die Netzbindung (Bild 6, Mitte) gestattet es, die Zeit für das Einfädeln und Umwickeln drastisch bis auf 10 sec. abzukürzen, wie es die Säulendarstellung zeigt. Der Funktionsablauf ist dann wie folgt (7):

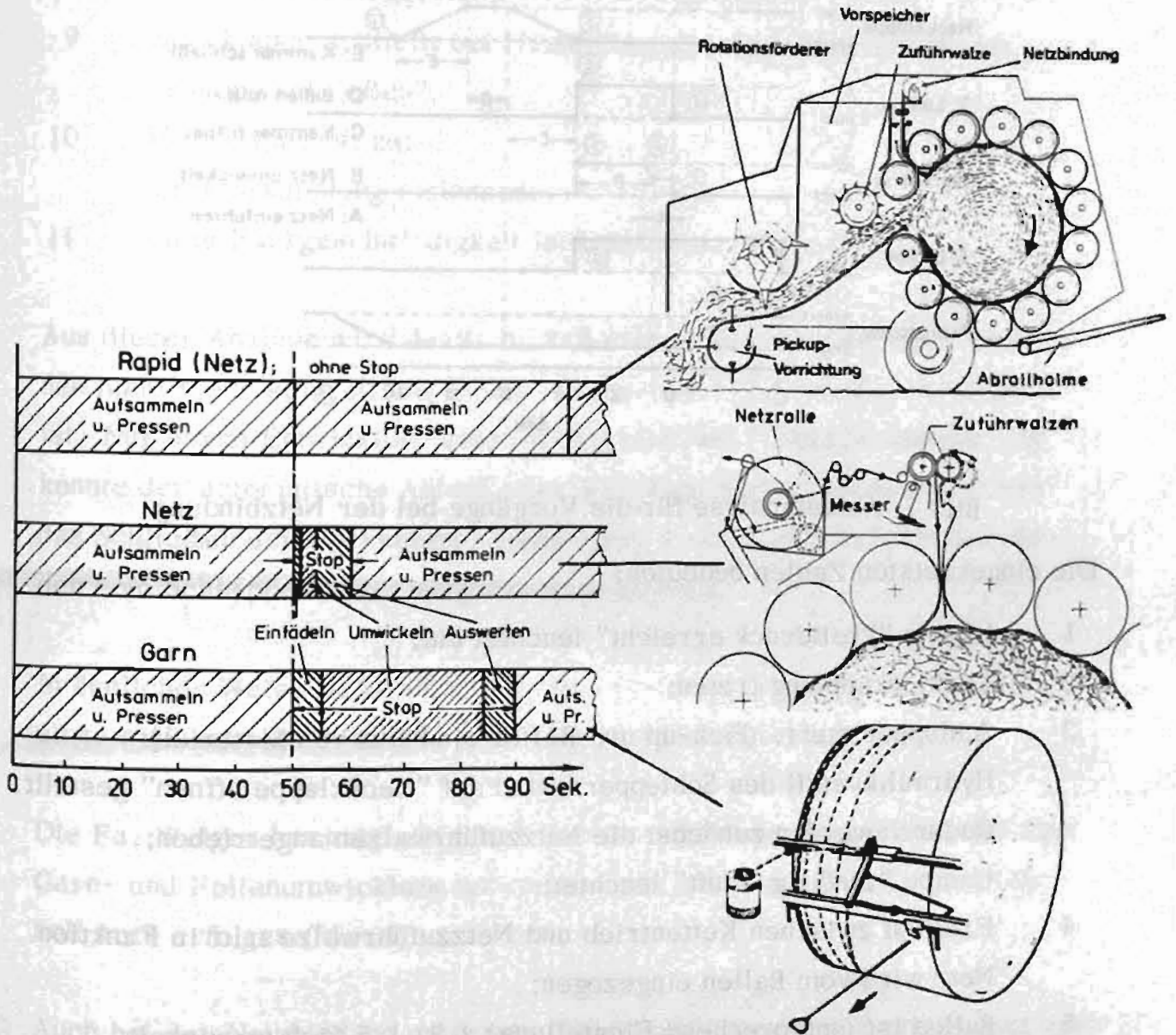


Bild 6: Bndesystem an Rundballenpressen

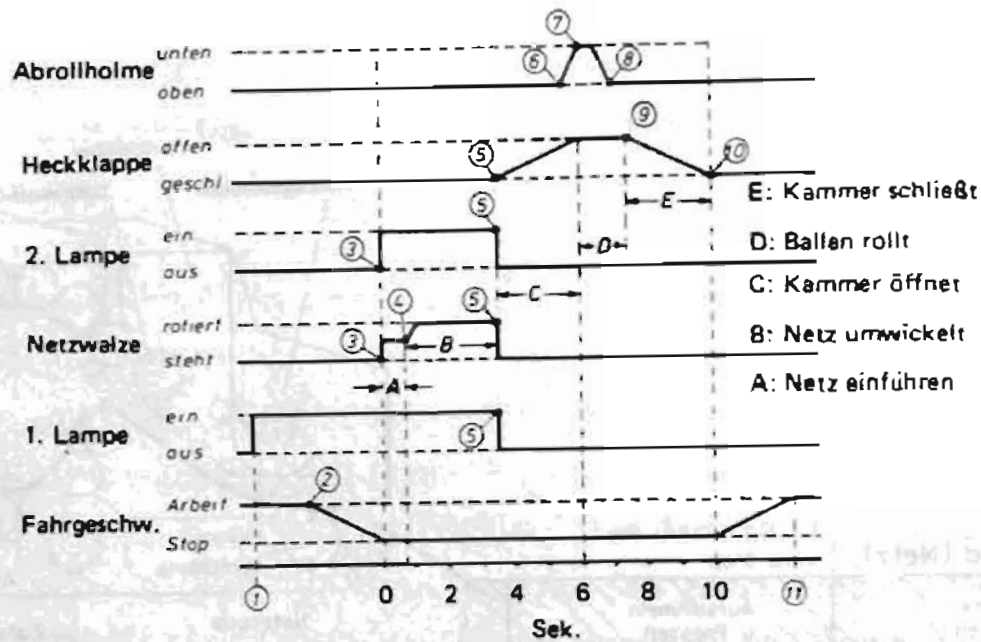


Bild 7: Ablaufanalyse für die Vorgänge bei der Netzbindung

Die eingekreisten Zahlen bedeuten:

- 1 Lampe "Preßdruck erreicht" leuchtet auf;
- 2 Traktorkupplung treten;
- 3 Schlepper steht. (Pick-up und Raffer sind frei von Material);
Hydraulikventil des Schleppers wird auf "Heckklappe öffnen" gestellt.
Dadurch werden zunächst die Netzzuführwalzen angetrieben;
Lampe "Bindung läuft" leuchtet;
- 4 Freilauf zwischen Kettentrieb und Netzzuführwalze tritt in Funktion.
Netz wird vom Ballen eingezogen;
- 5 Ballen ist (entsprechend Einstellung) z.B. 1,5 fach umwickelt;
Messer trennt Netz automatisch ab;
Lampe "Bindung läuft" geht aus;
Heckklappe öffnet automatisch;
Lampe "Preßdruck erreicht" geht aus;
- 6 Ballen rollt aus der Ballenkammer auf die Abrollholme;
- 7 Abrollholme liegen auf dem Boden;
Warndreieck wird sichtbar;

- 8 Ballen hat Abrollholme verlassen;
Abrollholme wieder oben;
Warndreieck weggeklappt und nicht mehr sichtbar;
- 9 Heckklappe schließt bei Umstellung des Schlepperventils auf
"Klappe schließen";
- 10 Heckklappe ist zu;
Traktorkupplung loslassen;
- 11 volle Fahrgeschwindigkeit ist wieder erreicht.

Aus dieser Analyse wird deutlich, daß eine Handbetätigung aller Funktionen nicht mehr sinnvoll und in der vorgesehenen Zeit auch nicht möglich ist. Nur durch Entwicklung einer elektronischen Folgeschrittsteuerung konnte der automatische Ablauf aller Vorgänge erreicht werden. Allein das Schließen der Heckklappe, siehe Punkt 9, muß aus Sicherheitsgründen vom Schlepperfahrer vorgenommen werden.

In ähnlicher Weise ließe sich auch eine Folienbindung realisieren, allerdings muß man dabei mindestens 3 Umwicklungen vorsehen.

Die Fa. Welger hat auch ein kombiniertes Verfahren vorgestellt, bei dem Garn- und Folienumwicklung kombiniert werden. Eine Praxiserprobung soll noch erfolgen (8).

Auch bei der Netzbindung muß zum Umwickeln immer noch angehalten werden. Das bleibt ein Nachteil gegenüber der kontinuierlichen Arbeit, wie man sie von den Hochdruckpressen gewohnt ist.

Deshalb entwickelte die Fa. Claas eine Rundballenpresse, Rollant-Rapid genannt, die zum Umwickeln nicht mehr anzuhalten braucht. Diese Maschine wurde erstmalig auf der Agritechnica im November 1985 vorgestellt.

Es wurde eine maschineneigene Hydraulik installiert, und zwar mit einem Hochdruckkreis von ca. 230 bar für das Öffnen und Schließen der Heckklappe und einem Niederdruckkreis für alle übrigen Funktionen. Eine Elektroneinrichtung sorgt für den Funktionsablauf wie folgt (siehe Bild 6, oben):

- Wird im Hydrauliksystem ein Druck von 230 bar erreicht, so spricht ein Öldruckschalter an und dadurch wird zunächst wie bei der Netzbindung das Netz in den Wickelraum eingeführt, aber der Ballen dreht hier entgegengesetzt zur Drehrichtung der Netzbindungsmaschine.
- An den Netzzuführwalzen werden die Umdrehungen gezählt und kurz bevor das Netz die Einfüllöffnung erreicht, wird die Lamellenkupplung der Zuführwalze gelöst; die Zuführwalze bleibt stehen; das Netz kann vor der Einfüllöffnung vorbei laufen.
- Der Rotationsförderer fördert jetzt das vom Aufsammler kommende Gut in den Vorseicher.
- Sind zwei Netzumwicklungen - gezählt an den Netzzuführwalzen - erreicht, so schneidet das Messer das Netz ab.
- Automatisch öffnet die Heckklappe und der Ballen rollt heraus.
- Sobald der Ballen die Abrollholme verlassen hat, gehen die Abrollholme hoch und betätigen einen Kontakt, der das Schließen der Heckklappe veranlaßt.
- Schon kurz bevor die Schließposition erreicht ist, wird durch einen Schalter am Drehpunkt der Klappe der Impuls veranlaßt, durch den die Lamellenkupplung der Zuführwalze wieder geschlossen wird.
- Die Zuführwalze fördert nun zusätzlich zum einlaufenden Schwad das Gut aus dem Vorseicher in den Wickelraum.

Durch diesen automatischen Ablauf wird erreicht, daß die Maschine ihre normale Fahrgeschwindigkeit beibehalten kann, also nicht mehr anzuhalten braucht, wie die obere Säule in Bild 6 zeigt.

3.3 Quaderballenpressen

Die erste Maschine zur Herstellung von rechteckigen Großballen war der "Bigbaler" von Howard, der schon 1972 auf den Markt kam, allerdings zunächst nur in sehr kleinen Stückzahlen verkauft wurde. Das Funktionsprinzip dieser Maschine, die zu den Kastenpressen zu zählen ist, geht aus Bild 8 hervor. Im Jahre 1981 wurde die Produktion dieser Maschine aufgegeben, aber sie ist noch in mehreren Großbetrieben im Einsatz.

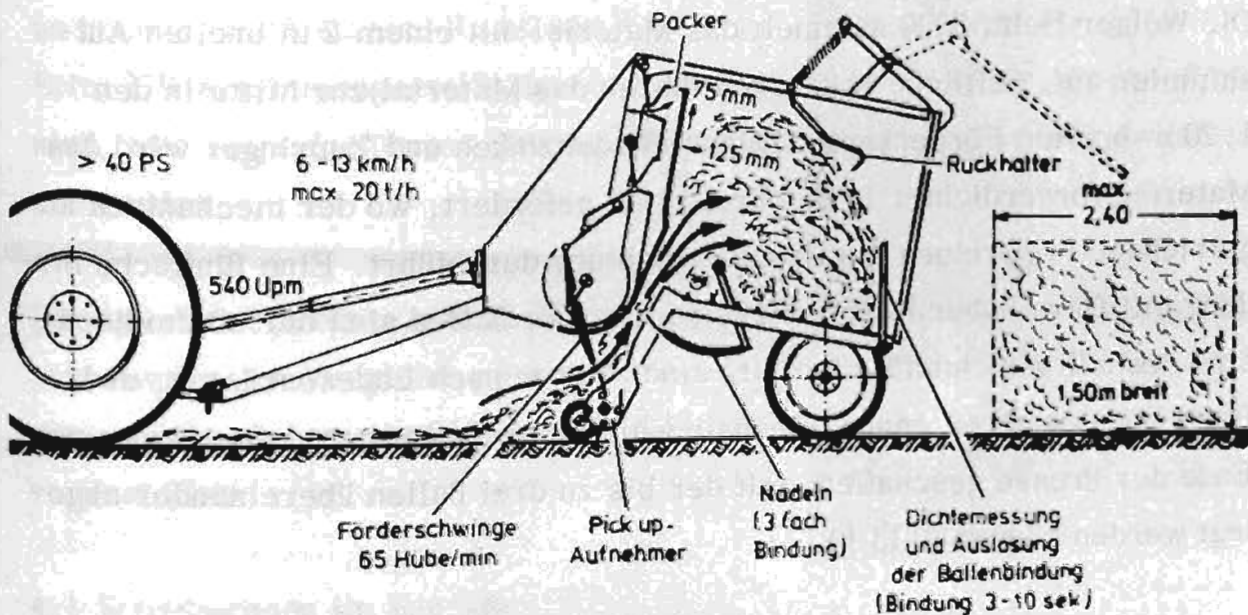


Bild 8: Funktionsprinzip Howard-Bigbaler (1972 - 1981)

Die aktuellen Quaderballenpressen (Bild 1) sind nach Angaben der Hersteller sowohl für Silage als auch für Rauhfutter geeignet. Während die Maschine der Firma Fiatagri, die Hesston 4800, insbesondere für die Strohbergung angeboten wird, wird die Vicon-Maschine vorwiegend für Silage-Gewinnung verkauft.

Die Funktionsprinzipien der Maschinen sowie die Ballenmaße können anhand von Bild 1 erläutert werden.

Bei der Viconmaschine wird durch den vor dem Aufsammler oszillierenden Schwadreden die gleichmäßige Befüllung des Preßkanals erreicht. Hinter dem Aufsammler erfolgt eine zweistufige Vorverdichtung, und die Hauptverdichtung erfolgt im Preßkasten durch einen von der maschineneigenen Hydraulik betätigten Kolben. Mit 5 bis 8 Preßhüben ist der Ballen fertiggestellt, und er wird dann mit 4 Drähten zusammengebunden.

Die Welger Delta 5000 sammelt das Material mit einem 2 m breiten Aufsammler auf. Seitliche Schnecken führen das Material zur Mitte in den 1,20 m breiten Förderkanal. Durch Förderzinken und Zubringer wird das Material vorverdichtet in den Preßkanal gefördert, wo der mechanisch angetriebene Preßkolben die Hauptverdichtung durchführt. Eine fünffache Bindung mit Garn hoher Reißfestigkeit folgt. Die Ballen sind nur 40 cm hoch, sind deshalb gleichmäßig befüllt, sind aber je nach Ladeausrüstung und Erntegut nicht groß genug. Deshalb wurde eine Ballenstapeleinrichtung am Ende der Presse geschaffen, mit der bis zu drei Ballen übereinander abgelegt werden können (Bild 1).

Die Hesston 4800 von der Firma Fiatagri, die 1978 erstmals in Europa angeboten wurde, hat hinter dem Aufsammler ebenfalls eine zweistufige Vorverdichtung in dem Förderkanal von 1,22 m Breite eingebaut. In dem 1,29 m hohen Preßkanal wird das Material von einem mechanisch angetriebenen Preßkolben verdichtet. Die Bindung erfolgt mit 6 Knoterapparaten, wobei Bindegarn hoher Reißfestigkeit verwendet wird.

Die Querballenpressen der drei vorgestellten Bauarten sind - bisher jedenfalls - nur in relativ geringen Stückzahlen verkauft worden. In Europa

sind von allen drei Typen nur einige hundert Stück im Einsatz, während einige Zigtausend Rundballenpressen und einige Hunderttausend HD-Pressen im Markt sind (Bild 3).


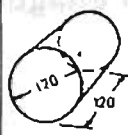


4.0 Ergebnisse des Verfahrensvergleichs mit Diskussion

Im folgenden werden die Ergebnisse des Verfahrensvergleichs einander gegenübergestellt und auch im Vergleich zu einigen Schlagzeilen aus den letzten Jahren diskutiert. Dabei wurde für das Stroh in keinem Fall ein Materialwert eingesetzt. Um überhaupt Vergleichsrechnungen anstellen zu können, mußten eine Reihe von Annahmen getroffen werden, die auf Seite 270 zusammengestellt, bzw. aus der Übersicht in Bild 9 zu entnehmen sind. Mit den aufgeführten Werten können alle Ergebnisse in Bild 9 errechnet werden.

Die absoluten Größen können jederzeit geändert werden, wenn andere Annahmen für den Vergleich getroffen werden sollen. Ziel dieses Vorgehens war es, überhaupt einen Vergleich zwischen den verschiedenen Verfahren vorzustellen.

4.1 Strohbergung im Ein-Mann-Verfahren

Es wurde häufig geschrieben, daß mit der Einführung der Rundballenpresse das Ein-Mann-Verfahren möglich wurde. Das ist aber prinzipiell auch mit der HD-Presse dann möglich, wenn mit Ballenschleuder und angehängtem Ladegatterwagen gearbeitet wird und das Abladen auf dem Hof über Höhenförderer so bewerkstelligt wird, daß die Ballen regellos in den Lagerraum fallen können. Dann ist sogar die Verfahrensleistung bei den getroffenen Annahmen kaum unterschiedlich.

		HD-Ballen		Konstantkammer-Rundballen			Quader-Großballen			
				Garn	Netz	Claas Rapid	Vicon	Weiger	Hesston	
1	Kanalmaße B x H x L [cm]	46 x 36 x 80	∅120 x 120	∅150 x 120			150 x 70 x 120	120 x 40 x 160 (150-250)	122 x 129 x 160 (122-244)	
2	Volumen [m ³]	0,13	1,36	2,12			1,34	0,77	2,52	
3	mittlere Preßdichte (Stroh) [kg/m ³]	120	120	110			140	140	140	
4	Ballengewicht (Stroh) [kg]	16	163	233			188	108	353	
5	Laden	Ladegatter Ballenschleuder	Frontlader mit langen Zinken			Frontlader mit langen Zinken oder Greifer				
6	Wagenbeladung	Ackerwagen 5,0m x 3,0m 1,2m Pritsche Ballenschleud 80% 6 x 6 x 7 = 252 Ballen ≈ 4 t	2 x  x 2 (Wagen) = 28 Ballen ≈ 4,6 t	2 x  x 2 (Wagen) = 20 Ballen ≈ 4,6 t	3 x 2 x 4 = 24 Ballen ≈ 4,5 t			3 x 2 x 6 (2 Pk.) = 36 Ballen ≈ 3,9 t	3 x 2 x 2 = 12 Ballen ≈ 4,2 t	
7	Sammeln einschl. Wenden	0,63 (4 km/h)	0,42	0,42 (8 km/h)			0,42 (6 km/h)			
8	Zeitbedarf AKh/ha	Pressen Binden	0,42	0,30	0,07	—	—			
9	Gesamt	0,63	0,84	0,72	0,49	0,42	0,42			
10	Transport	0,27	0,19	0,19			0,11			
11	Laden + Abladen	1,29 (bei 1 AK) 2,58 (b. 2 AK f. Abladen)	1,90	1,33			1,65	0,96	0,88	
12	Gesamt	2,19 (bei 1 AK) 3,48 (b. 2 AK f. Abladen)	2,93	2,24	2,01	1,94	2,18	1,49	1,41	
13	Maschinengewicht [kg]	1650 mit Ballenschleuder	1560	1800	1900	3000	6500	5700	7800	
14	Anschaffungspr. (incl. MWSt) [DM]	22000,-	24000	26500,-	29000,-	65000,-	182500,-	140000,-	158000,-	
15	Preßleistung [ha/Jahr]	100	100	100	150	150	200 ¹⁾	200 ¹⁾	200	
16	Pressenkosten [DM/ha]	42,90	46,80	51,68	37,70	84,50	177,94 ¹⁾	136,50 ¹⁾	154,05	
17	Schlepperkosten [DM/ha]	22,59	73,54	56,22	50,45	48,69	59,81	42,49	40,49	
18	Lohnkosten [DM/ha]	52,20	43,95	33,60	30,15	29,10	32,70	22,35	21,15	
19	Bindemittelkosten [DM/ha]	20,15	24,18	21,70	42,16	42,16	115,50	39,68	21,08	
	[DM/t]	3,25	3,90	3,50	6,80	6,80	18,60	6,40	3,40	
20	Gesamtkosten [DM/ha]	137,84	188,46	163,20	160,46	204,45	385,95 ¹⁾	241,02 ¹⁾	236,77	
	[DM/t]	22,23	30,40	26,32	25,88	32,98	62,25 ¹⁾	38,87 ¹⁾	38,19	
LKW - Transport: Zugwagen: 2,40 m x 7,20 (1,1m Pritsche), Anhänger: 2,40 m x 8,40 (0,8 m Pritsche)										
21	Ballen/Fuhre	870	58	38				76	138 bei 1,70m Ballenlänge	36 bei 170m Ballenlänge
22	Gewicht [t/Fuhre]	13,9	9,45	8,9				14,3	15,8	13,5
23	Laden + Abladen [h]	11,5 (2 AK)	2,90	1,9 (1 AK+Schl.)				3,8 (1 AK+Schl.)	2,8 (1 AK+Schl.)	1,8 (1 AK+Schl.)
	[DM/Fuhre]	174,-	116,30	78,20				152,40	112,30	72,20
24	LKW-Kosten [DM/t]	55,-	60,-	65,-	bei 250 km Entfern. Richtwerte ohne Igitt			50,-	50,-	50,-
	[DM/Fuhre]	764,50	567,-	578,50				715,-	790,-	675,-
25	LKW - Transport ²⁾ [DM/t]	67,50	72,30	73,60				60,50	57,10	55,30

- 1) Je nach ha-Leistung für die Silagebergung müssen hier unter Beachtung der Nutzungsdauer höhere ha-Zahlen eingesetzt werden. Entsprechend verringern sich die Fixkosten
- 2) In diesen Zahlen sind nur die Transportkosten einschließlich Auf- und Abladen enthalten!

Bild 9: Ergebnisse im Vergleich

4.2 Schlagkraft, Durchsatz, Bergeleistung

Häufig wurde behauptet, daß beim Einsatz von Rundballenpressen "höhere Leistungen" erreicht werden können.

Diese Behauptung stimmt nicht generell, wenn der Maschinendurchsatz in t/h gemeint ist.

Wird eine Rundballenpresse einer Hochdruckpresse vergleichbarer Leistungs- und Preisklasse gegenübergestellt und werden vergleichbare Schlepperleistungen, Schwadstärke, sowie ähnliche Ballendichten unterstellt, so erlauben heutige Hochdruckpressen durchaus vergleichbare Durchsätze in t/h.

Allerdings kann man bei der Hochdruckpresse mit angehängtem Wagen nicht von der gleichen Fahrgeschwindigkeit ausgehen wie bei der Rundballenpresse.

Dennoch ergibt sich bei 4 km/h für die HD-Presse und 6 km/h für die Rundballenpresse (Bild 9, Zeile 7) im Verfahrensvergleich (Zeile 12) für die HD-Presse ein geringerer Bedarf an AKh/ha als für die Rundballenpresse mit Garnbindung, wenn beim Abladen der HD-Ballen keine zweite AK angenommen wird.

Bei Einsatz der Netzbindung ändert sich die Relation zugunsten der Rundballenpresse. Das Rundballenverfahren (einschl. Aufladen, Transport und Abladen) benötigt im vorliegenden Vergleich nur dann deutlich weniger AKh/ha wenn für das Abladen der HD-Ballen eine zweite AK für notwendig gehalten wird (Zeile 12). Und das wurde vermutlich häufig getan!

4.3 Garn-, Netz- oder Folienbindung

Der große Zeitvorteil der Netzbindung gegenüber der Garnbindung wurde unter 3.2.3 bereits betont. Schulz (8) in Weihenstephan hat im Jahre 1984

bei Praxismessungen mit der Netzbindung eine 30 % höhere Preßleistung ermittelt als mit der Garnbindung. Das entspricht dem Zeitvorteil von 30 sec. auf 90 sec. gemäß 3.2.3. Im vorliegenden Beispiel ergibt sich bei den getroffenen Annahmen für den Gesamtarbeitszeitbedarf beim Pressen ein Vorteil von 32 % (Zeile 9; 0,72 AKh/ha - 0,49 AKh/ha). Im Verfahrensvergleich einschl. Laden und Abladen wird der prozentuale Vorteil natürlich geringer.

Schulz stellte fest, daß die Mehrkosten für die Netzbindung durch die höhere Preßleistung mehr als ausgeglichen werden kann. Dabei kostete das Netz 1984 noch 0,17 DM/m², heute sind es 0,14 DM/m² bzw. 0,11 DM/m² für eine andere Qualität. Auch die vorliegende Vergleichsrechnung zeigt im Gesamtverfahrensvergleich einen Vorteil für die Netzbindung (Zeile 20). Und diese Ergebnisse haben sich in der breiten Praxis offensichtlich auch bestätigt, denn die Rundballenpressen, die in diesem Jahr bei einem Hersteller bestellt werden, werden zu ca. 35 % mit Netzbindung bestellt. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen (7):

- 30 % höhere Preßleistung, bessere Wirtschaftlichkeit
- weniger Verschleiß (als bei 12-15 Umwicklungen unter Höchstlast!)
- weniger Bröckelverluste (als bei 12-15 Umwicklungen unter Höchstlast!)
- geringeres Wetterrisiko (schnelleres Pressen; Wasser soll am Netz besser ablaufen)
- bessere Ballenkontur
- vereinfachte Weiterverarbeitung (Entfernung von Netz statt vieler einzelner Fäden)
- Umstellbarkeit auf Garnbindung möglich (für Lohnunternehmer u.U. wichtig)

Die Folienbindung ist nach Schulz(9) etwa 7 x teurer als die Garnbindung.

Dazu empfiehlt es sich, das Ende der Folie von Hand unter die letzte Umwicklung zu stecken. Außerdem sollte diese Stelle bei Lagerung und Transport unten liegen, damit sie sich nicht löst. Die Folie muß vor allem breit genug und so aufgewickelt sein, daß auch die "Schultern" an den Stirnseiten nicht einregnen können.

Will man statt die einzelnen Ballen zu schützen, die Ballen in langer Reihe am Feldrand ablegen (10), so können sie mit einer Plastikplane abgedeckt werden, die ihrerseits aber durch ein Netz, welches am Boden verankert werden muß, gegen Windschäden gesichert werden muß.

Wer die Ballen nicht unter Dach lagern kann, muß sich insbesondere bei Stroh ausrechnen, ob die durch Folienanwendung verringerten Lagerverluste den Aufwand für die Abdeckung aufwiegen.

Die Tatsache der Kondensatbildung unter der Folie ist unbestreitbar, aber sie ist natürlich je nach Gutfeuchte und nach Witterungsverhältnissen unterschiedlich in ihrer Auswirkung.

Insbesondere bei Stroh zu Einstreuzwecken ist möglicherweise die Überlegung notwendig, ob die Verluste durch ungeschützte Lagerung im Freien wirklich viel höher sind, als die Kosten für die Folie, zuzüglich der evtl. auftretenden Verluste durch Kondensatbildung. Bei Strohüberfluß und Laufstallhaltung mag es richtig sein, die ungeschützten Ballen im Freien zu lagern. In jedem Fall ist die Überlegung nützlich, daß eine eingeregnete Schicht von nur 10 cm bei einem Ballen mit 1,20 m Durchmesser 16 % und bei 1,50 m 13 % des Volumens ausmacht, was natürlich keine oder deutlich weniger tierische Exkremente aufsaugen kann.

Bei Futterstroh ist die ungeschützte Lagerung im Freien wohl kaum zu akzeptieren.

4.4 Verfahrensvergleich bei 1 km Feldentfernung

Der rein geldliche Vergleich - ohne den Wert für das Stroh anzusetzen - ergibt sich aus den Zeilen 16 - 20 in Bild 9. Zeile 20 macht für die getroffenen Annahmen (s. S. 270) deutlich, daß auch unter Einsatz einer zweiten AK beim Abladen das HD-Ballen-Verfahren günstiger abschneidet als die Rundballenverfahren.

Allerdings bieten die Rundballenverfahren - wie beschrieben - einige andere Vorteile, die nicht in diese Rechnung eingegangen sind, und deren Bewertung immer betriebsgebunden subjektiv ist.

Vergleicht man die Ergebnisse zwischen den Rundballenverfahren, so zeigen sich die Kostenvorteile der Ballen mit 1,50 gegenüber 1,20 m Durchmesser und der Vorteil der Netzbindung gegenüber der Garnbindung.

Die Rollant-Rapid-Ausführung liefert den teuersten Rundballen, aber es bleibt abzuwarten, wie hoch die Endkunden den Vorteil bewerten, zum Binden nicht mehr anhalten zu müssen, was ja neben etwas verringertem Zeitaufwand nicht nur Bequemlichkeit, sondern auch geringeren Kupplungsverleiß am Schlepper bedeutet.

Bei den Quaderballen (siehe auch (11)) ist das Verfahren für die Strohbergung mit der Vicon-Presse am teuersten, während Welger und Hesston praktisch gleiche Kosten zeigen. Vergleicht man die Kosten der Bergung von Quaderballen und Rundballen, so ist von der Netzballen- zur Delta-Ballen-Bergung (25,88 zu 38,87) doch noch ein prozentualer Anstieg von 50 % zu überwinden; und von der Rapid-Ballen-Bergung zur Delta-Ballen-Bergung ein Anstieg von ca. 18 %.

Zu beachten ist allerdings in diesem Zusammenhang die Fußnote 1) in Bild 9.

4.5 Verfahrensvergleich bei 250 km-LKW-Transport

Es liegen keine Zahlen darüber vor, welche Menge Stroh in der Bundesrepublik über welche Entfernungen transportiert wird, d.h. für wieviel ha oder wieviel Landwirte dieser Problemkreis überhaupt wichtig ist.

Vom Niederrhein wird wohl regelmäßig Stroh in die Niederlande transportiert. Auch in die Schweiz wird in gewissem Umfang Stroh geliefert.

Um diesen Problemkreis einmal zu quantifizieren, wurde der vorstehende Vergleich mit verschiedenen Ballen fortgeführt unter der Annahme der LKW-Abmessungen, für die Bertram (12) bereits Untersuchungen durchgeführt hat. Dazu wurden die oben für den innerbetrieblichen Transport gewählten Abmessungen geändert und für den LKW-Transport optimiert (Zeile 21). Die LK Rheinland war behilflich, von zwei Speditionsfirmen am Niederrhein, die relativ regelmäßig Stroh über 200 bis 300 km transportieren, Richtwerte für die Frachtkosten, für die es keinen Tarif gibt, zu erhalten.

Es ist für den Zeitbedarf unterstellt, daß die HD-Ballen von 2 AK am Feldrand auf LKW umgeladen werden, während die Großballen (Rund- und Quader-) auf den über den Acker fahrenden LKW durch Frontlader geladen werden. Der Zeitbedarf für das Aufladen und das Abladen am Bestimmungsort ist mit den gleichen Werten eingesetzt wie beim innerbetrieblichen Transport. Bei diesen Annahmen und einer Transportentfernung von 250 km ergeben sich pro t Stroh frei Lager am Bestimmungsort die in Zeile 25 aufgeführten Kosten, ebenfalls wieder ohne Wertansatz für das Stroh.

Enthalten sind in Zeile 25 nur die Kosten für den LKW-Transport einschließlich Auf- und Abladen. Wichtig ist natürlich der Preis pro t, der häufig ab Feld für eine bestimmte Strohart und Ballenform ausgehandelt wird.

5.0 Zusammenfassung und Ausblick

Behandelt wurden für die Strohbergung

- die wichtigsten Maschinen mit ihren Funktionen
- die wichtigsten Beurteilungskriterien
- die Verfahrenskosten einiger Verfahren unter bestimmten Annahmen.

Welches Verfahren für welchen Betrieb richtig ist, das kann nur jeder Betriebsleiter für seine Verhältnisse selbst entscheiden, und zwar unter Beachtung der Kriterien, die im vorstehenden Vergleich angesprochen wurden und über die hier nochmals eine Übersicht gegeben wird:

- Eignung nur für Stroh oder auch Heu und Silage
- wieviel Einsatzstunden pro Jahr, bzw. wieviel ha pro Jahr
- welche Schlepperleistungen
- welche Schwadstärken
- welche Transportentfernungen
- deckenlastige oder erdlastige Lagerräume und deren Zugänglichkeit
- Verkehrswege für bestimmte Ballenabmessungen vom Lager an die Verbrauchsorte (Rangiermöglichkeiten; Tore, Stallgänge oder Tiefställe; etc.)
- Portionierbarkeit während der Verbrauchsperiode
- Verfügbarkeit von Aushilfs-AK zur Erntezeit
- Verfügbarkeit von Transportschleppern zur Erntezeit
- Kundenwunsch bei Verkauf der Ballen

Als Ausblick möge folgende Zukunftseinschätzung dienen:

- der Rundballenpressenverkauf zum Ersatz von HD-Pressen wird weitergehen.
- HD-Pressen werden noch relativ lange in der Produktion bleiben, weil sich die baulichen Voraussetzungen für die Verwendung von Rundballen nur sehr langsam oder gar nicht schaffen lassen.

Dabei wird davon ausgegangen, daß sich die heutige mittlere Milchviehbestandsgröße von 14 Kopf nur sehr langsam zu größeren Beständen hin entwickeln wird.

- Quaderballenpressen würden für den landwirtschaftlichen Bedarf nur dann die Rundballenpressen ablösen können, wenn es gelänge, bei nahezu der Dichte der HD-Ballen zumindest annähernd den Preis der Rundballenpressen zu erreichen.
- falls überdachter Lagerraum neu geschaffen werden muß, kann er kostengünstiger mit Großballen genutzt werden.
- wenn auf längere Sicht die industrielle Verwertung von Stroh gelänge (Karbonisierung, Pyrolyse), würde evtl. das Brikettieren notwendig, in jedem Fall würden Verfahren mit geringstem Handarbeitsaufwand und geringsten Transportkosten bevorzugt werden.

6. Annahmen:

- Strohertrag : 6,2 t/ha
 - Schlaggröße : 5 ha
 - Schlagbreite : 157,5 m
 - Schlaglänge : 317,5 m
 - Ballenzahlen/5 ha
 - HD-Ballen : 1938
 - Rundballen : 133
 - Rundb. (klein) : 190
 - Viconballen : 165
 - Welgerballen : 96 (3er Stapel)
 - Hesstonballen : 88
 - Transportmittel : 2 Ackerwagen,
(f. Großballen) Ladefl. 5m x 3m
(seitl. aufgekl.)
aneinandergel.
 - Nutzlast : 2 x 5 t
 - Transportmittel : 5 t Ackerwagen
(f. HD-Ballen) mit Ladegatter,
Presse mit
Ballenschleuder,
80% Ausladung,
(200 Ballen/Fuhre)
 - mittl.
Transp. Geschw. : 15 km/h
 - Feld-Hof-Entferng. : 1 km
 - Zeiten für Laden,
Abladen, Einlagern :
 - HD-Ballen : 12 sec/Ballen
 - Rundballen : 3 min/Ballen
 - Quaderballen : 3 min/Ballen
 - Bindemittelkosten
 - HD-Ballen : PVC-Garn, 400 m/kg, 4,50 DM/kg
 - Rundballen : PVC-Garn, 400 m/kg, 4,50 DM/kg, 15 Umwicklg.
HDPE-Netz, 13,3 g/m², 0,139 DM/m², 2 Umwicklg.
 - Quaderballen : Vicon: 4fach Draht, Ø 4,2 mm 2,10 DM/kg =
3,50 DM/Ballen (Landt. 4/85)
Welger: 5fach PVC-Garn, 130 m/kg, 4,50 DM/kg
Hesston: 6fach PVC-Garn, 130 m/kg, 4,50 DM/kg
 - Kosten für Unterbringung der Maschine und für Frontlader, Ballenschleuder,
Gatterwagen, Ballenförderer nicht berücksichtigt.
 - Bergung der Großballen erfolgt mit Frontlader an 60 kW-Schlepper
(kein Greifer oder Radlader).
 - Schlepperkosten lt. KTBL-Taschenbuch 1984: 60 kW: Mittelwert: 25,10 DM
90 kW: : 37,23 DM
- Schnittbreite MD : 4,5 m
 - Schwadstärke : 2,79 kg/m
 - Fahrgeschw. Sammeln :
 - HD-Ballenpresse : 4 km/h
 - Großballenpresse : 6 km/h
 - Wendezeiten :
 - HD-Ballenpresse : 0,6 min/
Wendung
 - Großballenpresse : 0,4 min/
Wendung
 - Lohnansatz : 15.- DM/h
 - Leistungsbedarf :
 - HD-Ballenpresse : 60 kW
 - Rundballenpresse : 60 kW
 - Quaderballenpr. : 90 kW
 - alle Transporte : 60 kW
 - Nutzungsdauer : 10 Jahre
 - Abschreibung : linear
 - Zinsen : 7%
 - Reparaturkosten : 6%

7. Schrifttum

- (1) Wenner, H.-L., u.a.: Landtechnik Bauwesen,
Teil B: Verfahrenstechniken,
München: BLV-Verlagsgesellschaft,
1980
- (2) Busse, W.: Automatisierung an Rundballenpressen
mit Rollatex.
10. Internationaler Kongress für
Landwirtschaftstechnik.
Budapest, 3.-7. Sept. 1984,
Dokumentationen Bd. 3, S. 302 - 310
- (3) Claus, H.G. und
F. Wieneke Großballen und Hochdruckballen -
eine Alternative.
Landtechnik 31 (1976), S. 162 - 165
- (4) Freye, Th.: Marktgerechte Landmaschinenentwick-
lung. Landtechnik 40 (1985),
S. 497 - 498
- (5) Hesse, Th., und
B. Scheufler Dichtemessungen an Großballen mit
Hilfe des Spitzendrucksondiervorgfahrens.
Grundl. Landtechnik 28 (1978),
H. 3, S. 113 - 117
- (6) Marshall, I.: Round baler round up.
Power Farming 64 (1985), H. 2,
S. U 12 - U 16
- (7) Busse, W.: Electronics increases round baler
productivity.
ASAE-paper, Dezember 1984

- (8) Schulz, H. : Ein Drittel mehr Leistung durch
Rundballen im Netz
top agrar (1985), H. 6, S. 64 - 65
- (9) Schulz, H. : Rundballen - verlustarm in Folien
verpackt.
top agrar (1981), H. 6, S. 72 - 74
- (10) Fritz, U. : Wie Rundballen im Freien verlustarm
und kostengünstig lagern,
DLZ 32 (1982), H. 12, S. 1610 - 1612
- (11) Jäger, P. und
L. Volk: Großpackenpresse zur Grassilageernte.
Landtechnik 40 (1985), S. 160 - 162
- (12) Bertram, H. -H. : Preßverfahren im Vergleich.
Landwirtsch. Zeitschrift 26 (1983)
S. 1758 - 1760
- (13) Wilkens, D. und
K.P. Wolf: Mechanisierungsmöglichkeiten bei der
Ballenarbeitskette.
Agrartechnik international 63 (1984)
H. 4, S. 32 - 39

Alternativen bei sinkenden Getreidepreisen

von Ltd. LD Prof. Dr. Dietrich Bauer, Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München

Die Kalkulationen und Schlagkarteiauswertungen für diesen Beitrag wurden von Dr. W. Ruppert, Dr. H. Prestele und Dipl. Ing. agr. W. Hösel vorgenommen.

Die augenblicklichen Rahmenbedingungen

Die Situation auf dem Getreidemarkt hat sich innerhalb weniger Jahre grundlegend gewandelt. Die Europäische Gemeinschaft, bis vor kurzem auf bedeutende Importe besonders von Futtergetreide angewiesen, produziert in zunehmendem Maße Getreideüberschüsse. Die Gesamterzeugung der EG stieg von 125,5 Mill. t Getreide im Jahr 1980 mit der Rekordernte 1984 auf 151,8 Mill. t an; 1985 wurden 140,4 Mill. t geerntet. Dieser Produktionszuwachs wurde nicht durch Ausdehnung der Getreideflächen, sondern unter Nutzung des biologischen und technischen Fortschrittes mit laufend wachsenden Hektarerträgen erreicht. Man kann davon ausgehen, daß die Spitzenerträge von 1984 in fünf Jahren als normale Ernteerträge erwirtschaftet werden. Die Bundesrepublik Deutschland ist seit Jahren gleichbleibend mit ca. 18 % an der EG-Getreideproduktion beteiligt; das Produktionsniveau steigt also im gleichen Umfang wie das der anderen EG-Mitglieder. Bisher wurde die gesamte Getreidemenge, für die auf den Binnenmärkten kein entsprechender Erlös erzielt werden konnte, zu einem garantierten Preis von der Intervention aufgenommen, um einen Verfall der Getreidepreise zu verhindern. Aus der Getreideernte 1984 gingen bereits 13,3 Mill. t oder 8,8 % der EG-Produktion in die Intervention; der entsprechende Anteil aus der deutschen Erzeugung lag mit 13,3 % sogar noch höher (s. Anhangtabelle 1).

Die Getreide-Marktordnungskosten, hauptsächlich für Lagerhaltung und Exportsubventionen haben die 6-Milliardengrenze überschritten. Die EG-Kommission sieht sich deshalb nicht mehr in der Lage, die Überschußverwertung bei weiter ansteigender Getreideproduktion im bisherigen Umfang aus dem Agrarhaushalt zu finanzieren. Die Mitgliedsländer zeigen keine Bereitschaft, die Beiträge für die EG-Kasse zu erhöhen. Hinzu kommt, daß der Getreideexport der EG aufgrund internationaler Absprachen auf 25 Mill. t beschränkt ist.

Die Vorschläge, wie die Getreidemarktprobleme gelöst werden könnten, sind sehr unterschiedlich. Die EG-Kommission hat sich bereits vor Jahren für eine restriktive Preispolitik ausgesprochen. Bei einer Annäherung der Getreidepreise an das niedrigere Weltmarktniveau würden sich die Erstattungsbeiträge für den Export verringern. Gleichzeitig würde sich bei niedrigeren Inlandsgetreidepreisen der Konkurrenzdruck des Getreidesubstitute-Imports abschwächen. Um gleichzeitig die Getreideproduktion zu drosseln, müßte aber der Getreidepreis so drastisch gesenkt werden, daß die Agrarproduktion auf ungünstigen Standorten und in Kleinbetrieben unwirtschaftlich würde und ganz aufgegeben werden müßte. Diese "marktwirtschaftliche Lösung" widerspricht aber den erklärten Zielen der staatlichen Agrarpolitik der Bundesrepublik Deutschland und besonders der süddeutschen Länder mit ihrer kleinbetrieblichen Agrarstruktur, die eine größtmögliche Zahl von bäuerlichen Familienbetrieben erhalten wollen. Sinkende Erzeugerpreise müßten durch soziale Ausgleichszahlungen ausgeglichen werden, deren Berechtigung durch die Dienstleistung der Landwirtschaft zur "Erhaltung der Kulturlandschaft" auch zu begründen ist.

Die landwirtschaftlichen Berufsvertretungen lehnen dagegen eine Senkung der Erzeugerpreise strikt ab, sie fordern im Gegenteil höhere Produktpreise unter Hinweis auf steigende Produktions- und Lebenshaltungskosten und wachsende Konsumenteneinkommen. Sie würden dafür auch eine Kontin-

gentierung der Produktion in Kauf nehmen, die allerdings EG-weit kaum durchführbar erscheint.

Neben diesen beiden extremen Positionen wird eine Anzahl weiterer Maßnahmen diskutiert, mit deren Hilfe die Produktion eingeschränkt und ein ruinöser Preisverfall vermieden werden könnte. Außer der bereits erwähnten Zuteilung von festen Produktionsquoten seien hier nur noch genannt: eine mengenmäßige Begrenzung oder eine zeitlich begrenzte Intervention; die Einführung einer Mitverantwortungsabgabe, mit der die Erzeuger an den Kosten der Überschußverwertung beteiligt werden sollten; die Einschränkung des Importes von Futtergetreide und Substituten; die Einführung einer Stickstoffsteuer; die Herausnahme bisher landwirtschaftlich genutzter Flächen und ihre Umwidmung zu Erholungsflächen, für Naturschutzzwecke oder Aufforstung durch Gewährung von Betriebsaufgabepremien, Pachtzahlungen, vorgezogenem Altersruhegeld und andere finanzieller Anreize. Schließlich werden große Hoffnungen auf eine Umstellung der Produktion auf "nachwachsende Rohstoffe" zur Energiegewinnung bzw. zur Verarbeitung zu gewerblichen Zwecken gesetzt. Die Verwirklichung eines Teils dieser Vorschläge würde ebenfalls auf eine Preissenkung für die Produzenten hinauslaufen, andere lassen sich wegen bestehender Verträge bzw. aus Rücksicht auf internationale Handelsverpflichtungen nicht realisieren. Flächenstillegungen großen Stils würden in erster Linie die von der Natur benachteiligten Regionen treffen, in denen meist gleichzeitig eine unterentwickelte Gesamtwirtschaftsstruktur vorliegt und deshalb kaum berufliche Alternativen für ausscheidende Landwirte vorhanden sind. Die Verwertung landwirtschaftlicher Produkte zur Energiegewinnung in einem den Markt entlastenden Umfang ist erst in Jahren zu verwirklichen und löst nicht die akuten Überschußprobleme. Sollte die Produktion nachwachsender Rohstoffe zu den augenblicklichen Erzeugerpreisen erfolgen, könnte dies nur mit erheblichen Subventionen geschehen.

Gleiches gilt für die Erzeugung von Industriegrundstoffen auf der Basis landwirtschaftlicher Produkte. Allerdings kämen diese Zuschüsse im Gegensatz zu den augenblicklichen Marktordnungskosten direkt den Landwirten zugute.

Berücksichtigt man die unterschiedliche Interessenlage der EG-Mitgliedstaaten, die einer baldigen Einigung auf eine gemeinsame Linie in der Getreidemarktpolitik im Wege steht, so ist es für die einzelbetrieblichen Entscheidungen unserer Landwirte zumindest nicht falsch, von der Unterstellung auszugehen, daß sich die EG-Kommission mit der von ihr vertretenen restriktiven Preispolitik durchsetzen wird. Tatsächlich verschlechtern sich die Erzeugerpreise bereits seit 1983 nicht nur real, sondern auch nominell. Nur durch die gleichzeitig steigenden Getreideerträge konnten die rückläufigen Erlöse und gleichzeitig steigenden Kosten bis jetzt ausgeglichen werden, wie anhand der Tabelle 1 für den Weizenanbau in Bayern nachzuweisen ist. 1980 war bei einem Weizenanbau von 49,2 dt/ha und einem Bruttoerlös von 49,20 DM/dt ein Deckungsbeitrag von 1 335 DM/ha zu erwirtschaften. Ein Deckungsbeitrag in gleicher Höhe konnte aus der Winterweizenernte 1985 bei einem um 5 DM/dt niedrigeren Erzeugerpreis nur durch eine Steigerung des Hektarertrages um 12,6 dt erreicht werden. Wäre diese Ertragsverbesserung nicht erzielt worden, so hätte sich 1985 auf dem Ertragsniveau von 1980 der Deckungsbeitrag um 434 DM/ha verringert, was einer Gewinneinbuße durch den Verzicht auf ein gegebenes Ertragspotential in gleicher Höhe entspricht. Die auf Ertragssteigerung ausgerichteten Maßnahmen in der Praxis und die dahin zielenden Empfehlungen der Beratung waren unter den bisherigen Rahmenbedingungen (Preis-Kosten-Relationen) einzelbetrieblich richtig und notwendig; beiden gegenüber deshalb Vorwürfe zu erheben ist unredlich. Die Verantwortung für den jetzigen Zustand auf den Agrarmärkten trifft ausschließlich die für die EG-Entscheidungen bzw. unterlassene Weichenstellungen zuständigen Agrarpolitiker.

Tabelle 1

Entwicklung des Deckungsbeitrages im Winterweizenanbau (jährl. amtliche Erntestatistik)

Bezeichnung	Einheit	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Ertrag ¹⁾ davon Verkaufsware Futterware	dt/ha % %	49,2 97 3	49,6 97 3	49,2 97 3	55,0 97 3	63,2 97 3	61,8 97 3
Bruttopreis Verkaufsware ²⁾ Futterware	DM/dt DM/dt DM/dt	49,20 49,40 43,40	49,40 49,60 42,10	51,60 51,80 45,60	50,40 50,60 45,10	47,50 47,60 44,70	44,00 44,10 ³⁾ 41,20
Leistungen	DM/ha	2.421,00	2.450,00	2.539,00	2.772,00	3.002,00	2.719,00
Saatgut zertifiziert	DM/ha	177,00	179,00	191,00	216,00	215,00	210,00
Pflanzenschutz	DM/ha	160,10	200,80	221,20	214,10	200,90	222,40
variable Maschinenkosten ⁴⁾	DM/ha	106,00	124,00	142,00	144,00	146,00	151,00
Maschinenring/Ernte ⁵⁾	DM/ha	195,00	195,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Summe flächengebundener variabler Kosten	DM/ha	638,10	698,80	754,20	774,10	761,90	783,40
Düngung ⁶⁾ Hagelversicherung ⁷⁾ Trocknung ⁸⁾	DM/dt DM/dt DM/dt	5,88 0,92 2,30	6,79 0,93 2,30	6,80 0,97 2,30	5,64 0,95 2,30	6,12 0,89 2,30	6,38 0,83 2,30
Summe ertragsabhängiger variabler Kosten	DM/dt	9,10	10,02	10,07	8,89	9,31	9,51
Summe ertragsabhängiger variabler Kosten	DM/ha	447,70	497,00	495,40	489,00	588,40	587,70
Summe variabler Kosten	DM/ha	1.085,80	1.195,80	1.249,60	1.263,10	1.350,30	1.371,10
Deckungsbeitrag	DM/ha	1.335,20	1.254,20	1.289,40	1.508,90	1.651,70	1.347,90

1) Ernteerträge von Bayern

2) Erzeugerpreise in Bayern

3) vorläufiger Erzeugerpreis, Stand Oktober 1985

4) nach KTBL-Datensammlung 1980/1982/1984 und Fortschreibung

5) Verrechnungssätze f. Maschinen- und Betriebsmittelfringe 1980/81 - 1984/85

6) Nährstoffentzugs- und bedarfswerte (LBA, April 1985); Preisentwicklung der mineral. Düngung (LBA, Okt. 1985)

7) Grundbetrag 1,50 DM/ 100 DM Versicherungswert und fruchtspez. Zuschläge

8) 50 % der Ernte (20 % Anfangsfeuchte)

Bayerische Landesanstalt

für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

Dr. W. Ruppert, W. Hösel Dezember 1985

Aus den gemachten Erfahrungen heraus sollten sich die Landwirte in der augenblicklichen Situation weniger auf die Hilfe der Agrarpolitik verlassen, sondern sich in erster Linie um die Ausnutzung betrieblicher Reserven bemühen, die vielfach noch im Bereich der Betriebsorganisation, der Festkosten, der Vermarktung und der Finanzierung liegen. Im Zusammenhang mit dem gestellten Thema sollen folgende Fragen näher erörtert werden:

- Umstellung im Anbau und in der Auswahl innerhalb der verschiedenen Getreidearten
- Umstellung auf Qualitätsproduktion
- Einschränkung des Getreideanbaues zugunsten anderer Marktfrüchte
- Optimierung der Produktionstechnik zur Nutzung von Rentabilitätsreserven.

Veränderungen in der Wettbewerbsfähigkeit innerhalb der Getreidearten

Da zwischen den verschiedenen Getreidearten keine wesentlichen Unterschiede in der Kostenstruktur bestehen, ergeben sich Verschiebungen in der Wettbewerbsfähigkeit in erster Linie aus Veränderungen in den Preis- und Ertragsrelationen.

Bei Betrachtung der Erzeugerpreise (s. Tabelle 2) haben sich im Vergleich zum Weizen die Erlöse für Brotroggen in den letzten drei Jahren verbessert, nachdem sie vorher ungefähr auf gleicher Höhe lagen. Die Braugerstenpreise sind als Folge der starken Konkurrenz anderer EG-Staaten starken jährlichen Schwankungen ausgesetzt. Der Preisunterschied zum Weizen reichte in den meisten Regionen mit Ausnahme der Wirtschaftsjahre 1983/84 und 1984/85 aber nicht aus, um mit der Braugerste entsprechende Deckungsbeiträge zu erwirtschaften. Die Preisrelation der Wintergerste zum Weizen hat sich in den letzten beiden Jahren nicht unwesentlich

Tabelle 2

Erzeugerpreise der Getreidearten in Bayern, DM/dt incl. MwSt.
relativ zu Mahlweizen = 100

Fruchtart	Mahlweizen DM/dt		Brotroggen		Brau- gerste		Futter- gerste WG, 2-z.		Futter- hafer		Körner- mais	
	netto	brutto	netto brutto	rel.	netto brutto	rel.	netto brutto	rel.	netto brutto	rel.	netto brutto	rel.
Jahr												
1975/76	42,77	46,62	43,47 47,38	101,6	45,00 49,05	105,2	38,51 41,98	90,1	38,97 42,48	91,1	43,27 47,16	101,2
1976/77	47,36	51,39	48,00 52,08	101,3	47,88 51,95	101,1	43,13 46,80	91,1	46,05 49,96	97,2	44,42 48,20	93,8
1977/78	44,27	47,81	44,43 47,98	100,4	45,90 49,57	103,7	39,89 43,08	90,1	42,49 45,89	96,0	43,80 47,30	98,9
1978/79	44,86	48,45	44,84 48,43	100,0	47,15 50,92	105,1	40,41 43,64	90,1	42,42 45,81	94,6	45,58 49,23	101,6
1979/80	45,07	48,68	44,76 48,34	99,3	46,98 50,74	104,2	41,26 44,56	91,5	41,09 44,38	91,2	46,37 50,04	102,8
1980/81	45,99	49,44	45,46 48,87	98,9	45,55 48,97	99,1	42,05 45,20	91,4	41,76 44,89	90,8	49,73 53,46	108,1
1981/82	46,33	49,57	45,03 48,18	97,2	50,12 53,63	108,2	41,02 43,89	88,5	41,67 44,59	90,0	49,28 52,73	106,4
1982/83	48,14	51,75	48,09 51,70	99,9	51,16 55,00	106,3	44,15 47,46	91,7	43,49 46,75	90,3	49,59 53,31	103,0
1983/84	46,82	50,57	48,91 52,82	104,4	52,98 57,22	113,2	43,49 46,97	92,9	44,68 48,25	95,4	53,07 57,25	113,2
1984/85	42,12	47,57	44,57 50,36	105,9	49,72 56,21	118,2	41,22 46,54	97,8	43,83 49,48	104,0	46,35 52,79	111,0
1985/86*	39,00	44,07	41,00 46,33	105,1	41,75 47,18	107,1	38,00 42,94	97,4	34,00 38,42	87,2	43,60 49,27	111,8

* vorläufig, Oktober 1985

LBA 1986

Tabelle 4

Wettbewerbsgleichheit von Winterweizen mit wichtigen Verkaufsfrüchten in Gegenüberstellung der

Ernte 1982 und 1985

Bezeichnung	Winterweizen Ernte 1982						Winterweizen Ernte 1985					
	45	50	55	60	65	70	45	50	55	60	65	70
Ertrag dt/ha	1115,-	1322,-	1530,-	1738,-	1945,-	2153,-	769,-	941,-	1114,-	1286,-	1458,-	1631,-
Deckungsbeitrag DM/ha	41,5	46,7	51,9	57,1	62,3	67,6	38,5	43,4	48,3	53,3	58,2	63,2
Winterroggen dt/ha	47,8	53,3	58,8	64,3	69,7	75,2	44,3	49,4	54,6	59,6	64,7	69,9
Wintergerste *	38,2	43,0	47,8	52,6	57,3	62,1	36,2	40,9	45,5	50,2	54,8	59,5
Braugerste *	48,7	54,8	60,8	66,9	72,9	79,0	46,4	52,0	57,6	63,2	68,7	74,3
Körnermais	20,8	23,3	25,8	28,3	30,8	33,3	17,4	19,5	21,6	23,6	25,7	27,8
Winterraps	28,0	31,3	34,7	38,1	41,4	44,8	24,7	27,6	30,5	33,5	36,4	39,3
Ackerbohnen	236,0	254,0	273,0	292,0	310,0	329,0	189,0	202,0	216,0	230,0	244,0	257,0
Zuckerrüben (A-Preis)												

* Bruttopreis (\bar{x} aus Vertragsware und freier Ware)
Kalkulationsgrundlagen s. Anhangstabelle 2 und 3

treidearten verschlechtert hat. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der oben dargestellten Verschiebungen der Ertragsrelationen sollte deshalb jeder Betrieb unter seinen Standortbedingungen überprüfen, wieweit sich die Wettbewerbsverhältnisse verschoben haben und dementsprechend Auswahl und Anteil der einzelnen Getreidearten der veränderten Situation anpassen.

Bei Betrachtung der Anbauentwicklung in Bayern zeigt sich, daß der Anteil des Getreides insgesamt an der Ackerfläche in den letzten 25 Jahren nur unwesentlich angestiegen ist. Die Veränderungen im Anteil der einzelnen Getreidearten an der Ackerfläche (Tabelle 5) folgen zwar in der Tendenz den sich wandelnden Relationen in der Wirtschaftlichkeit, einzelbetrieblich jedoch häufig nicht mit der erforderlichen Konsequenz. Das zeigt der weiter ansteigende Anteil des Winterweizens, die nicht gerechtfertigt anhaltend rückläufige Roggenfläche und der auf die gesamte bayerische Ackerfläche bezogen noch sehr große Sommergerstenanteil.

Umstellung auf Qualitätsproduktion

Daß es unter den schwieriger werdenden wirtschaftlichen Bedingungen immer wichtiger wird, bei allen Verkaufsfrüchten einwandfreie, der vorgesehenen Verwertung entsprechende Qualitäten zu erzeugen, um Preisabzüge zu vermeiden, bedarf keiner näheren Begründung. Dagegen ist die Frage, welche Weizensorten im Hinblick auf ihre unterschiedlichen Qualitätseigenschaften angebaut werden sollten, nicht generell zu beantworten, sondern kann nur unter Berücksichtigung der Ertragsdifferenzen sowie der erzielbaren Qualitätszuschläge bei der Bezahlung entschieden werden.

Der folgenden Darstellung (s. Tabelle 6) liegen die mehrjährigen Ergebnisse der bayerischen Landessortenversuche auf verschiedenen Standorten

Tabelle 5

Anbauflächenentwicklung in Bayern
in % der AF

	1950/51	1959/61	1969/71	1979/81	1984/85
Wi. Weizen	14,7	18,5	21,3	20,3	21,9
Wi. Roggen	15,6	12,0	5,0	3,2	2,8
Wi. Gerste	0,5	1,0	1,5	10,0	13,5
So. Gerste	12,0	16,5	17,7	14,6	12,0
K. Mais	0,0	0,1	1,9	2,3	2,2
Wi. Raps	0,3	0,1	0,3	0,8	2,4
A. Bohnen	0,2	0,1	0,3	0,0	0,2
Getr. + K. Mais	59,1	61,5	63,4	64,0	62,4
Getreide	59,1	61,5	61,5	61,7	60,2

Quelle: Bayer. Landesamt für
Statistik u. Datenverarbeitung

Bayerische Landesanstalt für
Betriebswirtschaft u. Agrarstruktur
München, 1986

Tabelle 6

Wettbewerbsvergleich von Grund- und Aufmischweizen

Bezeichnung	Winterweizen 12,2 % Eiweiß (Mehlware)					
	39,- (44,-)			41,- (46,30)		
Nettopreis DM/dt (Brutto-)						
Ertragsrelation (X Basalt,Kronjuwel,Granada, B4-B5)	103,3 %					
Ertrag dt/ha	50,0	60,0	70,0	50,0	60,0	70,0
Deckungsbeitrag DM/ha	941,-	1286,-	1631,-	1056,-	1424,-	1792,-
Ertragsrelation (Basalt)	106,8 %					
Ertrag dt/ha	51,7	62,0	72,4	51,7	62,0	72,4
Deckungsbeitrag DM/ha	1000,-	1355,-	1714,-	1119,-	1498,-	1880,-
Urban,Rektor/Ertragsrel.	97,3 %					
Ertragsdifferenz zu X von Basalt,Kronjuwel,Granada ./ 6,0%						
Ertrag dt/ha	47,1	56,5	65,9	47,1	56,5	65,9
erforderl.Bruttopreis DM/dt	47,12	47,09	47,06	49,56	49,53	49,51
erforderl.Nettoqualitätszuschl.DM/dt	2,76	2,73	2,71	2,88	2,86	2,84
Ertragsdifferenz zu Basalt./ 9,5 % erforderl.Bruttopreis DM/dt	48,37	48,31	48,31	50,90	50,84	50,84
erforderl.Nettoqualitätszuschl.DM/dt	3,87	3,81	3,81	4,07	4,02	4,02

Ertragsrelationen: Bayerische Landessorversuche 1982 - 1985 mit 9 - 15 Standorten.

Versuchsmittel = 100 %

Bayerische Landesanstalt

für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

Kalkulationsgrundlage s. Anhangstabelle 4

Dr. W. Ruppert; W. Hösel

November 1985

zugrunde. Aus ihnen gehen die bestehenden Ertragsunterschiede zwischen den Grundweizensorten und den Sorten mit Aufmischqualität eindeutig hervor. Um die niedrigeren Erträge der besten Aufmischweizensorten im Vergleich zu den hier herangezogenen B-Sorten rentabilitätsmäßig ausgleichen zu können, müßten die A-Sorten einen um ca. 2,75 DM/dt höheren Nettopreis (3,11 DM brutto) erzielen, wenn für die B-Qualität 44 DM/dt bezahlt wird. Bei einem Preis von 46,30 DM brutto für die B-Ware müßte der Nettoqualitätszuschlag mindestens 2,85 DM/dt (3,22 DM brutto) betragen, wenn sich eine Umstellung auf A-Sorten lohnen soll. Im Vergleich zu der besonders ertragsreichen B-Sorte Basalt müßte sich der Qualitätszuschlag sogar auf etwa 2,85 (4,35 brutto) bzw. 4,05 (4,58) DM/dt erhöhen. Vom Handel werden recht unterschiedliche Qualitätszuschläge gezahlt, wobei auch die angebotene Menge eine wesentliche Rolle spielt. Falls aber mit über der genannten Mindesthöhe liegenden Preisangeboten bzw. Qualitätszuschlägen gerechnet werden kann, sollte die darin liegende Möglichkeit zur Gewinnsteigerung mit einem Sortenwechsel genutzt werden.

Einschränkungen des Getreideanbaues zugunsten anderer Marktfrüchte

Entsprechende Überlegung wie zur Umstellung innerhalb des Getreideanbaues lohnen sich auch dahingehend auszudehnen, ob nicht andere Verkaufsfrüchte im Vergleich zum Getreide eine höhere Wettbewerbsfähigkeit erlangt haben und deshalb auf Kosten der Getreidefläche ausgedehnt oder überhaupt in die Bodennutzung eingezogen werden sollten. Die Hackfrüchte können dabei unberücksichtigt bleiben. Die Wirtschaftlichkeit des Kartoffelanbaues hat sich nicht verbessert. Die Zuckerrübe konnte als Folge der stärker rückläufigen Getreidepreise zwar ihren Wettbewerbsvorsprung noch weiter ausbauen, ihrer weiteren Flächenausdehnung steht aber die Kontingentierung entgegen. Der C-Rübenanbau ist selbst dem Getreide gegenüber nicht konkurrenzfähig.

Die weiteren Überlegungen konzentrieren sich deshalb auf den Winter-
raps, die Ackerbohnen und Körnererbsen. Bei diesen Früchten kann die
Nachfrage noch nicht aus der EG-Produktion gedeckt werden. Der Selbst-
versorgungsgrad bei pflanzlichen Fetten beträgt nur etwa 45 %; beim Fut-
tereisweiß besteht ebenfalls noch ein erhebliches Defizit. Der Anbau von
Öl- und Eiweißpflanzen wird deshalb seit 1983 aus EG-Mitteln finanziell
gefördert (s. Tabelle 7). Die Wettbewerbskraft dieser Früchte hat sich
dadurch im Vergleich zum Getreide entscheidend verbessert (s. Tab. 8).
Bei den augenblicklich gegebenen Preis-Kosten-Verhältnissen müßten
Winterweizen und Wintergerste einen Ertrag von 65,5 (72,8) dt/ha oder
Braugerste 55,4 (62,1) dt/ha erreichen, um einen gleichhohen Deckungs-
beitrag zu erzielen wie Winterraps mit einem Hektarertrag von 26 (29) dt.
Ein dementsprechend im Vergleich zum Winterraps 2,5 facher Ertrag bei
Winterweizen und Wintergerste, bzw. 2,15-facher Braugerstenertrag wird
aber nur in wenigen Ertragslagen einzubringen sein. Im bayerischen Durch-
schnitt der letzten vier Jahre (1982 - 1985) ergaben sich folgende Ertrags-
relationen

Winterraps	27,1 dt/ha	= 1 :
Winterweizen	57,3 dt/ha	2,11
Wintergerste	52,7 dt/ha	1,94
Braugerste	39,9 dt/ha	1,47

Die Aufnahme bzw. Ausdehnung des Rapsanbaues auf Kosten der Getreide-
fläche würde einzelbetrieblich auf vielen Standorten eine wirksame Maß-
nahme darstellen, um die nachteiligen Folgen der rückläufigen Getreide-
preisentwicklung teilweise abzufangen. Bisher wurde von dieser Möglich-
keit ein sehr unterschiedlicher Gebrauch gemacht. Die größte Anbauflä-
che an Winterraps in der EG ist in Frankreich festzustellen. Den höchsten
Raps- und Rübsenanteil an der Ackerfläche hatte aber 1985 Dänemark mit

Tabelle 7

Erzeugerpreise wichtiger Verkaufsfrüchte in Bayern

DM/dt incl. MwSt.

relativ zu Mahlweizen = 100

Fruchtart	Mahlweizen DM/dt = 100		Raps (Handel)		Ackerbohnen		Zucker- rüben (A-Rüben)		Speise- Kartoff		Stärke- Kartoff 17 %	
	netto	brutto	netto brutto	rel.	netto brutto	rel.	netto brutto	rel.	nello brutto	rel.	netto brutto	rel.
1975/76	42,77	46,62	78,21 85,25	182,9			9,03	19,4	18,59 20,26	43,5	11,91 12,98	27,8
1976/77	47,36	51,39	82,72 89,75	174,6			10,96	21,3	40,59 44,04	85,7	12,66 13,74	26,7
1977/78	44,27	47,81	84,16 90,89	190,1			10,59	22,2	9,59 10,36	21,7	12,91 13,94	29,2
1978/79	44,86	48,45	87,66 94,67	195,4	59,54 64,30	132,7	11,50	23,7	19,86 14,97	30,9	13,09 14,14	29,2
1979/80	45,07	48,68	88,59 95,68	196,6	59,70 64,48	132,5	12,06	24,8	19,84 14,95	30,7	13,12 14,17	29,1
1980/81	45,99	49,44	90,22 96,99	196,2	62,35 67,03	135,6	11,74	23,7	18,82 20,30	41,1	13,55 14,57	29,5
1981/82	46,33	49,57	94,66 101,29	204,3	65,01 69,56	140,3	11,26	22,7	17,00 18,19	36,7	14,13 15,12	30,5
1982/83	48,14	51,75	99,81 107,30	207,3	70,59 75,88	146,6	12,47	24,1	16,09 17,25	33,3	14,89 16,01	30,9
1983/84	46,82	50,57	104,47 112,85	223,1	73,48 79,27	156,8	14,68	29,0	30,66 33,11	65,5	15,21 16,43	32,5
1984/85	42,12	47,57	103,91 117,42	246,8	68,93 77,89	163,7	13,45	28,3	13,47 15,16	31,9	14,55 16,44	34,6
1985/86*	39,00	44,07	94,00 106,22	241,0	65,23 73,71	167,3	13,85	31,4	8,00 9,04	20,5	14,09 15,92	36,1

* vorläufig, Oktober 1985

LBA München - Dr. W. Ruppert

Tabelle 8

Wettbewerbsvergleich von Winterraps mit den einzelnen Getreidearten, Körnermais, Ackerbohnen und Zuckerrüben

Bezeichnung	W i n t e r r a p s				
	23	26	29	32	35
Ertrag dt/ha	1.232,-	1.480,-	1.728,-	1.975,-	2.223,-
Deckungsbeitrag	58,4	65,6	72,8	80,0	87,2
Winterweizen (Mahlware)	37,8	41,9	46,1	50,2	54,3
Durum	51,7	58,8	65,9	73,0	80,1
Winterroggen (Mahlware)	48,7	55,4	62,1	68,7	75,4
Sommergerste (Brauware)*	58,0	65,4	72,7	80,0	87,4
Wintergerste (Futter)	61,8	70,5	79,3	88,0	96,7
Hafer (Futter)	61,5	69,5	77,5	85,5	93,6
Körnermais	32,5	36,7	40,9	45,1	49,3
Ackerbohnen	225,6	245,4	265,2	284,9	304,6
Zuckerrüben (A-Preis)					

* Bruttopreis 46,00 DM (\bar{X} aus Vertragsware und freier Ware)

Bayerische Landesanstalt

für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Oktober 1985

Ausgangswerte s. Anhangstabelle 3 a u. 3 b

Dr. W. Ruppert, W. Anst.

7 %, es folgten das Vereinigte Königreich mit 3,8 % und die Bundesrepublik Deutschland mit 3,7 % (EUROSTAT, ZMP). In Bayern beträgt der Anbauumfang von Raps nur 2,4 % AF. Wieweit der Anteil von Rüböl an den pflanzlichen Fetten noch steigerungsfähig sein kann, ist zwar fraglich. Zumindest für die "Doppelnull"-Sorten mit niedrigem Glukosinatgehalt, deren Ölkuchen in größerem Umfang Futtermitteln beigemischt werden kann, sieht die EG-Kommission ab 1991 gegenüber den herkömmlichen Sorten einen Preisbonus von 1,25 ECU/dt (2,80 DM/dt) vor. Gleichgültig wie sich in weiterer Zukunft die Preisverhältnisse Raps zu Getreide verändern: solange die augenblicklichen Preisrelationen bestehen, sollte der Wettbewerbsvorteil des Rapsanbaues genutzt werden, zumal Änderungen im Anbauverhältnis, die sich im Rahmen der Fruchtfolgebegrenzungen bewegen, völlig unproblematisch und kurzfristig möglich sind.

Das hinsichtlich der Einschränkung des Getreidebaues zugunsten von Raps Gesagte gilt in ähnlicher Weise für Körnererbsen und Ackerbohnen (siehe Tabelle 9). Hier beträgt seit der Anbausubventionierung Wettbewerbsgleichheit zwischen Ackerbohnen und Winterweizen bei einem Ertragsverhältnis von 1 : 1,8. Im bayerischen Durchschnitt erreicht der Winterweizen aber nur den 1,6-fachen Hektarertrag der Ackerbohne, obwohl deren züchterische Bearbeitung lange vernachlässigt und für ihren Anbau in den meisten Betrieben keine Erfahrungen vorliegen. Mit ihrem Anbau sollte deshalb wenigstens versuchsweise auf zunächst kleinerer Fläche begonnen werden.

Optimierung der Produktionstechnik

In einer ausgefeilten Produktionstechnik liegen für viele Betriebe noch erhebliche Gewinnreserven. Sie zu mobilisieren ist angesichts der sich allgemein für die Landwirtschaft verschlechternden Rahmenbedingungen besonders vordringlich. Aus der Vielzahl der einzelnen ertrags-, qualitäts- und gewinnbeeinflussenden Maßnahmen wie Art und Zeitpunkt der Boden-

Tabelle 9

Wettbewerbsgleichheit von Ackerbohnen und Körnererbsen mit ausgewählten Vergleichsfrüchten

Vergleichsfrüchte	Ackerbohnen	Körnererbsen	Ackerbohnen	Körnererbsen	Ackerbohnen	Körnererbsen	Ackerbohnen	Körnererbsen
	45 dt/ha	45 dt/ha	40 dt/ha	40 dt/ha	35 dt/ha	35 dt/ha	30 dt/ha	30 dt/ha
Wettbewerbsgleich bei einem Ertrag von ... dt/ha								
Winterweizen	79,8	80,1	71,2	70,7	62,6	61,3	54,1	51,9
Durum	50,1	50,3	45,1	44,9	40,2	39,4	35,3	34,0
Braugerste*	68,6	68,9	60,6	60,1	52,6	51,4	44,7	42,6
Winterroggen	72,8	73,2	64,4	63,9	55,9	54,6	47,4	45,2
Wintergerste	79,8	80,2	71,1	70,6	62,3	61,0	53,6	51,4
Hafer	87,7	88,1	77,3	76,7	66,9	65,3	56,5	53,8
Winterraps	31,9	32,1	28,3	28,1	24,8	24,2	21,2	20,3

	Deckungsbeitrag DM/ha		
	45 dt/ha	40 dt/ha	35 dt/ha
Ackerbohnen	1968,-	1673,-	1377,-
Erbsen	1980,-	1656,-	1331,-
			30 dt/ha
			1082,-
			1006,-

* Bruttopreis 46,00 DM (X̄ aus Vertragsware und freier Ware)

LBA München Oktober 1985

Dr. W. Ruppert; W. Hösel

Ausgangsdaten s. Anhangstabelle 3 a und 3 b

vorbereitung, Sortenwahl, Saattermine, Pflanzenschutz, Pflegearbeiten, Erntezeitpunkt und -verfahren sowie der dabei gewählten Kombinationen soll hier exemplarisch nur der Bereich der Düngung herausgegriffen werden. Die dazu im folgenden dargestellten Beispiele und Aussagen basieren auf Aufzeichnungen bayerischer Schlagkarteien, die an der Bayerischen Landesanstalt für Betriebswirtschaft verarbeitet wurden.

Zunächst eine Auswertung aus über 3 300 Winterweizen-Schlagkarten zur Frage, inwieweit die Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern bei den P_2O_5 - und K_2O -Mineraldüngergaben berücksichtigt werden (siehe Tabelle 10). Dazu wurden die Schlagkarten gruppiert in Flächen ohne und mit steigenden Mengen organischer Dünger. Die Ergebnisse zeigen, daß die Bemessung der mineralischen Düngermengen sowohl bei der Phosphat- als auch bei der Kaligabe fast unabhängig von Umfang der zusätzlich ausgebrachten organischen Düngung erfolgte. Die Nährstofflieferung der organischen Düngung wurde nicht entsprechend berücksichtigt, und die damit insgesamt höheren Nährstoffgaben, die erheblich über den Entzugswerten von 62 - 66 kg P_2O_5 und 106 - 118 kg K_2O lagen, konnten sich demnach nicht mehr ertragssteigernd auswirken. Es hätten in erheblichem Umfang Düngerkosten gespart werden können.

Mit demselben Datenmaterial soll dem Problem der optimalen Stickstoffdüngung zu Winterweizen nachgegangen werden (s. Tabelle 11). Die Schlagkarten wurden dazu nach Ackerzahlen und steigenden N-Gaben geschichtet. Das Optimum der N-Düngung lag bei

Ackerzahlen unter 40	im Bereich	131 - 160 kg N/ha,
" 40 - 50	" "	161 - 190 kg N/ha,
" 50 - 60	" "	161 - 190 kg N/ha,
" über 60	" "	über 190 kg N/ha.

Tabelle 10

Winterweizen: Düngung mineralisch und gesamt (kg/ha),
Ertrag (dt/ha) und Ackerzahl
zu organischer Düngung (kg/ha)

Schichtungsmerkmal: Nährstoffmenge nutzbar aus org. Düngung, kg/ha	Nährstoffmenge kg/ha		Ertrag dt/ha	Acker- zahl	Anzahl Schläge
	mineral	insges.			
<u>Phosphat:</u> kg/ha					
keine org. Düngung	92	92	56	53	1733
< 25 , Ø 15	102	117	56	51	559
26 - 40, Ø 32	95	127	60	50	478
> 40 , Ø 69	85	154	59	55	559
<u>Kali:</u> kg/ha					
keine org. Düngung	128	128	56	53	1720
< 110 , Ø 61	142	204	56	50	515
111 - 190, Ø 145	127	272	56	49	524
> 190 , Ø 255	127	383	62	56	570

Schlagkarteierhebung in Bayern
Mittel der Jahre 1978 - 1983

LBA München
Dr. W. Ruppert; H. Prestele

Tabelle #1

Winterweizen: Ertrag (dt/ha), Stickstoffdüngung gesamt (kg/ha) zu Ackerzahl

Schichtungsmerkmal Ackerzahl	Stickstoffdüngung gesamt kg/ha														
	bis 100 kg		101 - 130 kg		131 - 160 kg		161 - 190 kg		über 190 kg		Ertrag dt/ha	Anzahl Schläge			
	Ertrag dt/ha	N kg/ha	Anzahl Schläge	Ertrag dt/ha	N kg/ha	Anzahl Schläge	Ertrag dt/ha	N kg/ha	Anzahl Schläge	Ertrag dt/ha			N kg/ha		
bis 40	43,7	74,7	144	49,4	117,6	150	53,1	148,4	204	54,5	175,2	174	55,1	211,3	120
40 - 50	48,1	73,3	132	55,0	117,5	222	57,9	146,6	222	59,3	174,2	246	59,7	222,2	192
50 - 60	55,0	77,3	162	56,5	116,8	192	60,9	146,6	198	64,1	174,7	222	65,3	219,5	276
über 60	57,0	71,8	156	62,6	117,7	210	64,2	147,7	198	67,5	174,5	234	69,2	224,4	234

schraffierter Bereich: optimale N-Intensität

Januar 1986

Schlagkarteierhebung in Bayern

1979 - 1984

Bayerische Landesanstalt
für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Dr. W. Ruppert, H. Prestele

Aus den Ergebnissen läßt sich folgendes ableiten:

- Mit steigender Gunst der natürlichen Standortverhältnisse lohnt sich bei Winterweizen eine höhere Intensität der Stickstoffdüngung.
- Von den 3 300 ausgewerteten Weizenschlägen wurden 60 % suboptimal mit Stickstoff versorgt; diese Betriebe haben einen Teil des möglichen Gewinns verschenkt. In etwa 15 % der Fälle war die Stickstoffintensität überzogen; die betreffenden Betriebe hätten Düngerkosten einsparen können. Nur etwa 25 % der untersuchten Schläge lagen im N-Düngungsoptimum.

Bei einer entsprechenden Auswertung zu Wintergerste erwies sich auf allen Standorten die höchste N-Intensitätsstufe als die wirtschaftlichste. Etwa 75 % der untersuchten Schläge blieben unterhalb des N-Optimums und verzichteten damit auf Gewinnreserven.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie beim Winterweizen führte die Auswertung eines - zahlenmäßig allerdings erheblich geringeren - Materials bei Winterraps (s. Tabelle 12). Hier sprachen höhere N-Gaben auf den schlechteren Standorten nicht mehr auf den Ertrag an, und der optimale Ertrag lag in der Betriebsgruppe mit weniger als 170 kg N (Ø 138) pro ha. 81 % bzw. 76 % der Schlagkartei-Betriebe auf den beiden ungünstigeren Standorten hatten die N-Düngung überzogen. Dagegen lohnte sich auf den guten Böden mit Ackerzahlen über 43 ein hoher N-Einsatz. 72 % der unter diesen günstigen Bedingungen wirtschaftenden Betriebe kamen nicht an die optimale Stickstoffdüngung heran.

Die an sich bekannte Tatsache, daß für die Höhe der Ertragsleistung nicht nur die absolute Stickstoffmenge, sondern außerdem deren Verteilung auf einzelne Wachstumsphasen entscheidend ist, kann auch anhand der vorliegenden Winterraps-Schlagkarten belegt werden (s. Tabelle 13).

Tabelle 12

Winterraps: Ertrag (dt/ha), zu Stickstoffdüngung gesamt (kg/ha), zu Ackerzahl

Schichtungsmerkmal	Ackerzahl							
	bis 35 $\bar{\phi}$ 31		35 - 43 $\bar{\phi}$ 39		43 - 51 $\bar{\phi}$ 48		über 51 $\bar{\phi}$ 60	
Stickstoffdüngung gesamt kg/ha	Ertrag dt/ha	Anz. %	Ertrag dt/ha	Anz. %	Ertrag dt/ha	Anz. %	Ertrag dt/ha	Anz. %
bis 170 $\bar{\phi}$ 138	28,1	19	27,9	24	27,8	27	28,0	25
170 - 195 $\bar{\phi}$ 185	24,6	31	27,1	25	26,1	23	29,6	23
195 - 220 $\bar{\phi}$ 207	27,2	25	27,3	22	29,7	21	30,7	24
über 220 $\bar{\phi}$ 247	28,7	25	27,0	29	30,7	28	33,0	28
Durchschnitt 196	27,0	149	27,3	157	28,7	145	30,4	167

Bayerische Landesanstalt
für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Dr. W. Ruppert; H. Prestele Jan. 1986

Schlagkarteierhebung in Bayern 1978 - 1984

Tabelle 13

Winterraps: Ertrag (dt/ha), zu Stickstoffgabe in Herbst, zu Ackerzahl

Schichtungsmerkmal	Ackerzahl							
	bis 35 ϕ 31		35 - 43 ϕ 39		43 - 51 ϕ 48		über 51 ϕ 60	
Stickstoffgabe Herbst	Ertrag dt/ha	Anz. %	Ertrag dt/ha	Anz. %	Ertrag dt/ha	Anz. %	Ertrag dt/ha	Anz. %
Nein	26,7	70	26,5	64	28,2	70	29,6	71
Ja	27,8	30	28,5	36	29,5	30	32,4	29
Durchschnitt	27,1		27,2		28,6		30,4	
Anzahl Schläge		148		160		146		167

Schlagkartenerhebungen in Bayern 1978 - 1984

Bayerische Landesanstalt
für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Dr. W. Ruppert; H. Prestele
Jan. 1986

Bei einer Aufteilung der Schläge in solche mit ungeteilter Frühjahrsstickstoffdüngung sowie andere mit geteilter N-Gabe im Herbst und Frühjahr zeigt sich eine eindeutige Überlegenheit zugunsten der geteilten Gabe. Von über zwei Drittel erfaßten Betriebe wurde diese Chance aber nicht genutzt.

Während abschließend zum Stickstoffeinsatz bei Getreide und mit Einschränkung auch bei Raps festzustellen ist, daß in den meisten Betrieben zu wenig gedüngt wird, ergibt die Auswertung der Schlagkarten bei Zuckerrüben ein völlig anderes Bild (s. Tabelle 14). Hier liegt die optimale N-Düngung auf allen Standorten zwischen 140 und 150 kg N/ha. Die Masse der Betriebe wirtschaftet aber mit überhöhter Düngerintensität und könnte erhebliche Kosten einsparen. Das gleiche ist auch für die Phosphorsäure- und Kali-Düngung festzustellen. Die organische Düngung wird auch hier bei der Bemessung der Mineraldüngermenge garnicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Das Material weist sonst keine wesentlichen ertragsbeeinflussenden Unterschiede auf.

Ähnlich liegen die Verhältnisse in vielen Betrieben beim Mais und im gesamten Futterbau.

Die vorstehend dargestellten Einzelbeispiele werden durch die Ergebnisse einer globalen Kalkulation bzw. Düngerbilanz für Gesamtbayern bestätigt, die an der Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur durchgeführt wurde. Unter Berücksichtigung der Nutzflächenzusammensetzung, der Ertragshöhe und des daraus folgenden Nährstoffentzuges einerseits, des Viehbesatzes mit der dabei anfallenden Nährstofflieferung andererseits, ergeben sich aus dem Vergleich der daraus errechneten erforderlichen Nährstoffzufuhr zur tatsächlichen Düngung Einsparungsmöglichkeiten bei der mineralischen Düngung von durchschnittlich mehr als 150 DM/ha.

Tabelle 14

Zuckerrüben: Ertrag (dt/ha), Polarisation (%), Aussaatag, Aufgang (%), Reihenschlußtag, Pflanzanzahl (Stück in T/ha), Wachstumsdauer (Tage), Düngung (kg/ha), : N, P₂O₅, K₂O gesamt und mineralisch, Betriebsgröße (ha LF), GV (Stck/ha LF) zu N gesamt kg/ha

N gesamt kg/ha	Ertrag dt/ha	Polar. %	Aus- saat Tag	Auf- gang %	Reihen- schluß Tag	Pflanz- zahl 1000 St/ha	Wachst- dauer Tage	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Betriebs- größe ha/LF	GV Stck/ha LF	Anzahl Schläge
								Insges. kg/ha	miner. kg/ha	Insges. kg/ha	miner. kg/ha	Insges. kg/ha	miner. kg/ha			
Ackerzahl < 52 Ø 44																
144	531	17,0	100	75	172	71,0	196	144	130	172	131	330	209	61	1,1	75
203	501	17,1	101	74	177	67,9	195	203	186	177	129	305	278	67	0,9	144
238	512	16,8	97	73	172	67,5	197	238	204	228	138	395	191	64	1,1	127
310	513	16,9	97	73	176	66,9	201	310	233	278	134	480	199	46	1,0	73
Ackerzahl 52 - 64 Ø 58																
139	590	16,8	98	77	174	72,4	197	139	120	180	115	375	222	65	1,1	100
201	569	16,8	100	77	170	70,4	194	201	184	199	139	390	243	71	1,1	135
240	572	16,7	98	76	170	72,1	197	240	209	237	162	429	250	65	1,2	146
304	541	16,6	98	76	170	70,4	192	304	231	288	150	475	239	50	1,3	83
Ackerzahl >= 64 Ø 72																
149	595	17,1	100	76	169	70,6	192	149	134	161	118	369	224	66	0,9	82
202	594	16,9	105	76	167	71,5	198	202	187	193	148	382	251	68	0,8	136
237	580	16,6	93	75	171	71,2	201	237	211	213	150	416	233	89	0,9	135
294	578	16,6	94	77	169	70,4	201	294	242	263	154	484	245	39	1,0	170

Schlußbetrachtung

Die in den letzten Jahren erreichte Marktsättigung bei den wichtigsten landwirtschaftlichen Produkten bietet keine Möglichkeiten für eine aktive Preispolitik und engt einzelbetrieblich den Spielraum für betriebsorganisatorische Änderungen ganz erheblich ein. Die aus der Buchführungsstatistik ersichtlichen erheblichen Gewinnunterschiede zwischen Betrieben gleicher Betriebsgröße und gleichen Betriebstyps lassen sich im wesentlichen aus einer unterschiedlichen Beherrschung der Produktionstechnik erklären. Das wurde an verschiedenen Beispielen aus der Bodenproduktion nachgewiesen. Entsprechendes gilt - sogar in noch stärkerem Maße - für die Veredelungswirtschaft.

Maßnahmen zur Optimierung der Ertrags-Kosten-Verhältnisse bei den verschiedenen Produktionsverfahren, zur Feinsteuerung des Anbauverhältnisses und Umfanges der Bodenproduktions- und Veredelungszweige sowie zur Umstellung auf Qualitätsproduktion, soweit diese entsprechend honoriert wird, erfordern laufende Aufzeichnungen und Auswertungen aller monetären und naturalen Daten im Verlauf der Produktionsperioden sowie eine ständige Marktbeobachtung. Sie bieten aber den Vorteil, daß daraus abgeleitete Anpassungsmaßnahmen keine zusätzlichen Investitionen erfordern und kurzfristig verwirklicht werden können.

Erzeugung und Intervention von Getreide* in Mio/tonne

	Erzeugung			absolut			Intervention		
	EG	Bundes- republik	Bayern	EG	Bayern	EG	Bundes- republik	Bayern	
1980/81	125.563	23.087	4.659	4.737 3.8 ¹⁾			1.398 6.1 ¹⁾	0.164 3.5 ¹⁾	
1981/82	123.136	22.826	4.738	2.431 2.0			1.047 4.6	0.192 4.1	
1982/83	132.831	24.625	4.882	8.066 6.0			2.176 8.8	0.177 3.6	
1983/84	124.746	23.011	6.102	4.043 3.2			1.444 6.2	0.338 5.5	
1984/85	151.763	26.489	7.151	13.337 8.8			3.514 13.3	0.617 8.6	
1985/86	140.380	25.322	7.000						
				relativ					
				Bundes- republik = 100	Bundes- republik = 100	Bundes- republik = 100	E G = 100	Bundes- republik = 100	
1980/81	18,4	20,2	20,2	29,5	11,7	11,7	29,5	11,7	
1981/82	18,5	20,8	20,8	43,1	18,3	18,3	43,1	18,3	
1982/83	18,5	19,8	19,8	27,0	8,1	8,1	27,0	8,1	
1983/84	18,4	26,5	26,5	35,7	23,4	23,4	35,7	23,4	
1984/85	17,5	27,0	27,0	26,3	17,6	17,6	26,3	17,6	
1985/86	18,0	27,6	27,6						

* incl. Körnermais und Reis

1) Anteil an der Erzeugung, relativ

Bayerische Landesanstalt

für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

Dr. W. Ruppert

Dezember 1985

Kalkulationsgrundlagen für Wettbewerbsvergleich Ernte 1982

Bezeichnung	Einheit	W.-Weizen Mahlware		W.-Roggen Mahlware		S.-Gerste Braucherste		W.-Gerste 2-zeilig		Körner- mais		Winter- rap		Acker- bohnen		Z.-Rüben (A-Preis)		
Ertrag																		
davon Verkaufsware	%	97		97		80		100		100		100		100		100		100
Futterware/Minderqualität	%	3		3		20		-		-		-		-		-		-
Bruttopreis (inkl. MwSt)	DM/dt	51,60		51,50		53,00 ⁵⁾		47,50		53,30		107,30		75,90		12,50		12,50
Verkaufsware	DM/dt	51,80		51,70		54,90		47,50		53,30		107,30		75,90		12,50		12,50
Futterware/Minderqualität	DM/dt	45,60		45,60		45,60		-		-		-		-		-		-
Leistungen	DM/ha																	
Saatgut zertifiziert	DM/ha	191,00		105,00		162,00		188,00		141,00		50,00		212,00		291,00		291,00
Pflanzenschutz	DM/ha	221,20		102,20		72,10		179,80		60,30		185,00		77,70		311,80		311,80
variable Maschinenkosten ¹⁾	DM/ha	142,00		131,00		115,00		132,00		117,00		135,00		117,00		372,00		372,00
Maschinenring/Ernte	DM/ha	200,00		200,00		200,00		200,00		240,00		230,00		200,00		540,00		540,00
Summe flächengebundener variabler Kosten ²⁾	DM/ha	754,20		538,20		549,10		699,80		558,30		600,00		606,70		1514,8		1514,8
Düngung	DM/dt	6,80		6,29		5,89		6,19		7,16		15,56		1,84		1,16		1,16
Hagelversicherung ³⁾	DM/dt	0,97		0,77		1,19		1,07		1,00		4,83		1,71		0,19		0,19
Trocknung ⁴⁾	DM/dt	2,30		4,60		2,30		2,30		10,80		4,30		6,12		-		-
Aufbereitung u. Lagerung	DM/dt	-		-		-		-		-		-		4,64		-		-
Summe ertragsabhängiger variabler Kosten	DM/dt	10,07		11,66		9,48		9,56		18,96		24,69		14,31		1,35		1,35

1) nach KIBL-Datensammlung 1982

2) $N = 2,02 \text{ DM/kg}$

$P_{205} = 1,75 \text{ DM/kg}$

$K_{20} = 0,69 \text{ DM/kg}$

3) 4) siehe Kalkulationsgrundlagen für Wettbewerbsvergleich Anhangstabelle 3

5) \bar{x} aus Vertragsware und freier Ware

Kalkulationsgrundlagen für Wettbewerbsvergleich Ernte 1985

Bezeichnung	Einheit	W.Weizen Mahlw.	Durum	W.Roggen Mahlr.	S.Gerste Braug.	W.Gerste 2-zeilig	Winter-raps
Ertrag	%	97	80	97	80	100	100
davon Verkaufsware	%	3	20	3	20	-	-
Futterware/Minderqualität							
Bruttopreis (13% MwSt.) *	DM/dt	44,00	73,20	46,10	47,60	44,40	106,20
Verkaufsware	DM/dt	44,10	77,40	46,30	49,20	45,20	106,20
Futterware/Minderqualität	DM/dt	41,20	56,50	41,20	41,20	41,20	-
Leistungen							
Saatgut zertifiziert	DM/ha	210,00	436,00	119,00	184,00	204,00	51,00
Pflanzenschutz	DM/ha	222,40	248,40	115,20	68,30	184,50	241,20
variable Maschinenkosten ¹⁾	DM/ha	151,00	141,00	139,00	123,00	141,00	144,00
Maschinenring/Ernte	DM/ha	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	230,00
Summe flächengebundener variabler Kosten	DM/ha	783,40	1025,40	573,20	575,30	729,50	666,20
Düngung ²⁾	DM/dt	6,38	7,45	5,91	5,66	5,84	14,57
Hagelversicherung ³⁾	DM/dt	0,83	1,38	0,69	0,97	0,97	4,78
Trocknung ⁴⁾	DM/dt	2,30	4,60	4,60	2,30	2,30	4,30
Summe ertragsabhängiger variabler Kosten	DM/dt	9,51	13,43	11,20	8,93	8,86	23,65

1) nach KTBL-Datensammlung 1984 fortgeschrieben (Schlepper+3,3 %; Maschinen, Geräte+3,7 %)

2) N = 1,80 DM/kg P₂O₅ = 1,88 DM/kg K₂ = 0,75 DM/kg (vorläufige Preise)

3) Grundbetrag 1,50 DM/100 DM Versicherungswert + fruchtspez. Zuschläge

4) Getreide (ohne W.Roggen, Durum) 50% der Ernte (20% Anfangsfeuchte)/Winterroggen, Durum 100% der Ernte (20% AF)/ Raps 100% der Ernte (16% AF)

5) Vertragsware bzw. freie Ware

*) Jeweils in der Ernte

Bayerische Landesanstalt
für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Februar 1986

Anhangstabelle 3 b

Kalkulationsgrundlagen für Wettbewerbsvergleich Ernte 1985

Bezeichnung	Einheit	Körnermais	Ackerbohnen	Körnererbsen	Zuckerrüben (A - Preis)
Ertrag davon verkaufbare Futterware	% %	100 -	100 -	100 -	100 -
Bruttopreis (13% MwSt.)* Verkaufsware Futterware	DM/dt DM/dt DM/dt	49,30 49,30 -	73,70 73,70 -	76,40 76,40 -	13,85 13,85 -
Leistungen	DM/ha				
Saat- bzw. Pflanzgut zertifiziert	DM/ha	248,00	235,00 ⁷⁾	500,00 ⁷⁾	302,00 ¹¹⁾
Pflanzenschutz	DM/ha	53,60	127,70	118,20	318,10
var. Maschinenkosten ¹⁾	DM/ha	125,00	126,00	125,00	407,00 ⁵⁾
Maschinenring/Ernte	DM/ha	240,00	200,00	200,00	570,00
Summe flächengebundener variabler Kosten	DM/ha	666,60	688,70	943,20	1597,10
Düngung ²⁾	DM/dt	6,66	2,14	1,36	1,10
Hagelversicherung ³⁾	DM/dt	0,93	1,66	2,29	0,21
Trocknung	DM/dt	10,80	6,18	3,09	-
Aufbereitung u. Lagerung	DM/dt	-	4,69 ⁹⁾	4,69 ⁹⁾	-
Summe ertragsabhängiger variabler Kosten	DM/dt	18,39	14,67	11,43	1,31

1) nach KfBL-Datensammlung 1984 fortgeschrieben (Schlepper+3,3%; Maschinen, Geräte+3,7%)
 2) N = 1,80 DM/kg P₂₀₅ = 1,88 DM/kg K₂₀ = 0,75 DM/kg (vorläufige Preise)
 N-Bedarfsfaktor 1,2
 3) Grundbetrag 1,50 DM/100 DM Versicherungswert + fruchtspez. Zuschläge
 4) Körnermais 100 % der Ernte (38% Anfangsfeuchte) / Ackerbohnen 100% der Ernte (20% AF) /
 Körnererbsen 50 % der Ernte (20 % AF)
 5) davon 202,00 DM für Handhacke 6) je 100 kStE 7) ungebeizt 8) Sortierung der Rohware
 9) Reinigung 1,50 DM/dt Feuchtware+MwSt./Lagerung 2,50 DM/dt Trocken-
 ware+MwSt.
 10) 21 % zertifiziertes Pflanzgut
 11) mit Mesuroil gebeizt
 Bayerische Landesanstalt
 für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
 Februar 1986

Kalkulationsgrundlagen für Wettbewerbsvergleich

Bezeichnung	Einheit	W.Weizen Mahlware	Aufmischweizen Qualitätsgruppe A 8 und A 9
Ertrag			
davon Verkaufsware	%	97	97
Futterware	%	3	3
Bruttopreis (13 % MwSt.)*	DM/dt	44,00	Grundpreis +
Verkaufsware	DM/dt	44,10	Qualitätszu-
Futterware	DM/dt	41,20	schlag
Leistungen	DM/ha		
Saatgut zertifiziert	DM/ha	210,00	219,00
Pflanzenschutz	DM/ha	222,40	222,40
variable Maschinenkosten ¹⁾	DM/ha	151,00	155,00
Maschinenring/Ernte	DM/ha	200,00	200,00
Summe flächengebundener variabler Kosten	DM/ha	783,40	796,40
Düngung ²⁾	DM/dt	6,38	7,10
Hagelversicherung ³⁾	DM/dt	0,83	0,83
Trocknung ⁴⁾	DM/dt	2,30	2,30
Summe ertragsabhängiger variabler Kosten	DM/dt	9,51	10,23
Summe variabler Kosten	DM/ha		
Deckungsbeitrag	DM/ha		

1) nach KTBL-Datensammlung 1984 fortgeschrieben (Schlepper • 3,3 %; Maschinen, Geräte • 3,7 %)

2) N = 1,80 DM/kg $P_{2,5} = 1,88$ DM/kg $K_{2,0} = 0,75$ DM/kg (vorläufige Preise)
N-Bedarfsfaktor 1,2

3) Grundbetrag 1,50 DM/100 DM Versicherungswert + fruchtspez. Zuschläge

4) 50 % der Ernte (20 % Anfangsfeuchte)

* zur Ernte 1985

Züchterische Tendenzen und Sortenwahl bei Getreide

von Prof. Dr. Klaus-Ulrich Heyland, Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bonn

Tendenzen einer prognostizierten Entwicklung werden in der Regel durch eine Untersuchung der Entwicklung in der Vergangenheit und deren Projektion in die Zukunft ermittelt. Ein solches Verfahren setzt voraus, daß die bisher wirkenden Einflußfaktoren sich nicht grundsätzlich ändern. Unterstellen wir also zunächst, daß dies auch für die Einflußfaktoren auf die Getreidezüchtung und den Getreideanbau zutrifft.

Wenisch (1983) hat die Ertragsstruktur der wichtigsten längerfristig angebauten Standardsorten in den Sortenversuchen zusammengestellt und in eine zeitliche Reihenfolge nach dem Alter der Sorten gebracht (Abb. 1). Es zeigt sich, daß sich die Gesamttrockenmasse des Sprosses (TM dt/ha) praktisch unverändert geblieben ist. Die Ursache für den steil ansteigenden Kornertrag (dt/ha) liegt also nicht in einer erhöhten Produktivität oder vermehrten Nutzung natürlicher Produktionsfaktoren wie etwa des Sonnenlichtes, sondern in einer Veränderung der innerpflanzlichen Verhältnisse. Entsprechend ist auch tatsächlich das Korn : Strohverhältnis enger geworden. Wir haben also weniger Stroh, aber mehr Korn je Flächeneinheit erzeugt. Aber wie?

Die sortentypische Bestandesdichte, d.h. die Zahl der Ähren je Quadratmeter ist Anfang der 60er Jahre deutlich um etwa 30 % gestiegen. Das Tausendkorngewicht (TKG) ist sogar geringfügig gefallen. Mithin bleibt als Ursache der Ertragserhöhung in den letzten eineinhalb Jahrzehnten nur eine Vermehrung der Kornzahl je Ähre, und diese ist dann auch um mehr als 30 % vom Züchter angehoben worden.

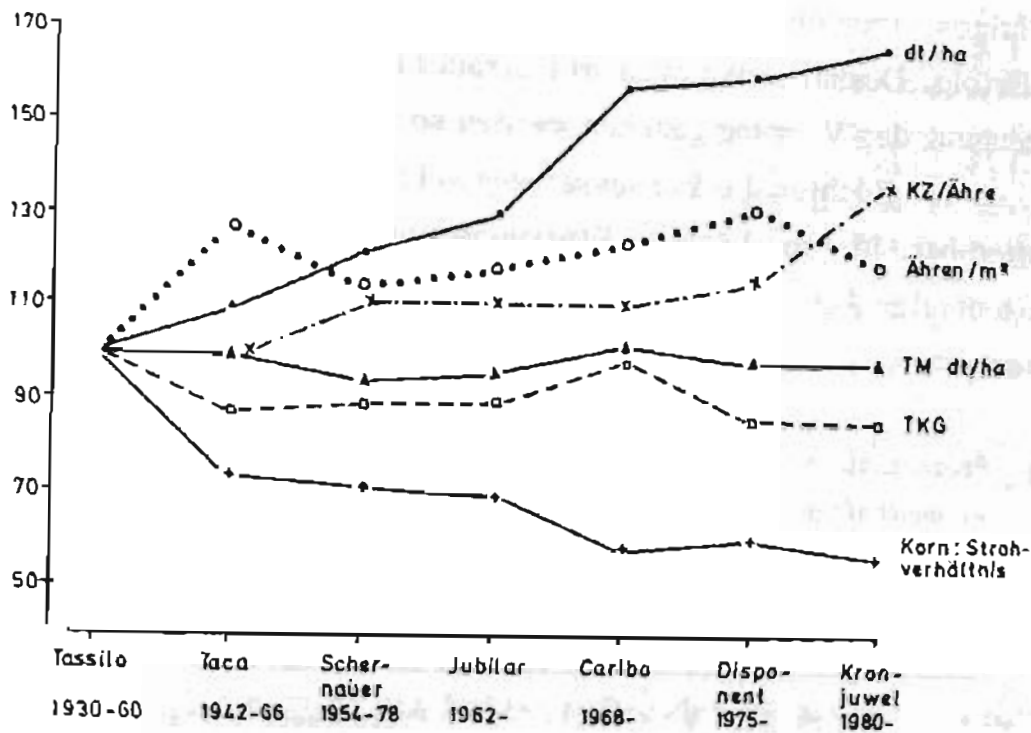


Abb 1 : ENTWICKLUNG DER ERTRAGSSTRUKTUR IN DER WEIZENZÜCHTUNG
(TASSILO = 100) (n. Wenisch, K. 1983)

LSPB
02.86
Wr

Was ist nun hieraus zu schließen? Zunächst muß festgehalten werden, daß es sich in der Abb. 1 um weit verbreitete, aber dennoch nur einzelne Sorten handelt. Sie spiegeln zwar den allgemeinen Trend wieder, was aber nicht ausschließt, daß im breiten Spektrum der zugelassenen Sorten auch Typen mit einer anderen Ertragsstruktur vorhanden sind. Folgt aber der einzelne Betriebsleiter bei seiner Sortenwahl diesem züchterischen Trend, so muß er auch sein Anbauverfahren entsprechend ändern, denn für diese Sorten ist der Zeitraum der Ährenanlage und -ausbildung besonders wichtig. Hier liegt der Grund, warum derartige Sorten im zeitigen Frühjahr nicht durch eine zu hohe Andüngung in eine zu starke Bestockung getrieben werden dürfen, bei der die vegetative Masse vieler Nachschosser mit der Ausbildung der Haupttriebähren konkurriert und diese behindert.

Nun ist die Ertragshöhe im Zeichen überfüllter Märkte zwar immer noch ein wichtiges, aber nicht mehr das wichtigste Kriterium für den wirtschaftlichen Erfolg. Deshalb wird allerorts darauf hingewiesen, daß der Qualitätserzeugung der Vorrang gegeben werden soll. Fragen wir deshalb zunächst, ob der Züchter die Voraussetzungen für eine Qualitätserzeugung geschaffen hat. In Tab. 1 ist die Eingruppierung der zugelassenen Sorten als prozentualer Anteil am jeweiligen Sortiment über 15 Jahre zurückverfolgt worden.

Tab. 1 Prozentsatz Sorten in den einzelnen Qualitätsgruppen bzw. Verwertungseigenschaften in den Jahren 1970, 1975, 1980, 1985

Qualitätsgruppe/ Verwertung als	Prozentsatz Sorten			
	1970	1975	1980	1985
<u>Winterweizen</u>				
A 6 - A 9 (A I, A II)	<u>55</u>	50	44	<u>42</u>
B 4, B 5 (B I)	<u>24</u>	16	35	<u>49</u>
B 3, C 1, C 2 (B II, C)	<u>21</u>	34	21	<u>9</u>
<u>Sommergerste</u>				
Braugerste	29	21	13	31
Kompromißgerste	<u>18</u>	14	30	<u>43</u>
Futtergerste	53	65	57	26

Quelle: Beschreibende Sortenliste

Demnach waren sowohl bei Weizen wie auch bei der Gerste 1970 rund doppelt soviel Sorten in der schlechtesten Qualitätsgruppe wie 1985. Der Anteil der besten Gruppe dagegen hat sich bei Gerste praktisch nicht verändert und bei Weizen sogar verringert.

Dies täuscht aber. Wir haben nämlich innerhalb der besseren Qualitätsgruppe, wie Tabelle 2 zeigt, eine Verschiebung. Diese machte es notwendig, den Schlüssel der Qualitätsgruppen zu ändern. Die ursprünglich 3 Qualitätsstufen A, B und C wurden zu AI, AII, BI, BII und C und diese 5 Stufen wurden schließlich 1982 weiter in 9 Stufen unterteilt, wovon 4 Stufen der ursprünglich höchsten Stufe A zugeordnet sind. Die Qualitätsansprüche stiegen also, und der Züchter konnte sie befriedigen, denn wir finden in der höchsten Stufe bereits 3 Sorten, deren Qualitätsniveau im deutschen Sortiment 1970 noch garnicht vorhanden war.

Tab. 2 Zuordnung der Sorten in Backqualitätsgruppen

	bis Mai 1982	ab Mai 1982	Sortenzahl
<u>Volumenausbeute</u>			
sehr hoch	A I	A 9	3
hoch bis sehr hoch		A 8	2
hoch	A II	A 7	4
mittel bis hoch		A 6	10
mittel		B 5	5
niedrig bis mittel	B I	B 4	15
niedrig		B 3	7
sehr niedrig bis niedrig	B II	C 2	1
sehr niedrig	C	C 1	1
<u>Aufmischeffekt</u>			
häufig	Q ⁺		
weniger häufig	Q		
<u>Oberflächenbeschaffenheit und Elastizität des Teiges</u>			
schmierig bzw. feucht und nachlassend	T-	T-	1
Quelle: Beschreibende Sortenliste			LSPB 0286 Ws

Für den wirtschaftlichen Erfolg ist aber die Tatsache des Vorhandenseins von Qualität nicht entscheidend. Sie muß vielmehr im Stückpreis honoriert werden. Dieser Erzeugerpreis muß im Minimum die Erzeugungskosten decken. Doch wird der Produzent nur dann die Qualitätssorte wählen, wenn das Kosten/Nutzen-Verhältnis gleich gut oder besser als bei der "Massenerzeugung" ist. Dieser Vergleich erübrigt sich natürlich, wenn Partien mit schlechter Qualität überhaupt nicht absetzbar sind, wie wir dies von liberalisierten Märkten kennen. Da wir beim Getreide eine mehr oder weniger funktionierende Intervention haben, wurden in Tabelle 3 die Erzeugerpreise unmittelbar nach der Ernte des vergangenen Jahres und im Februar 1986, bezogen auf den Preis des Weichweizens bei Ernte, laut Marktspiegel des Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblattes zusammengestellt. Demnach hätte der "Qualitäts"-Preis des Durums bei Verkauf kurz nach Ernte einen Minderertrag bzw. erhöhte Kosten gegenüber dem Weichweizen von 68,5 % ausgeglichen. Bei Verkauf im Februar lag diese Differenz nur noch bei ca. 42 %. Brachte die 2-zeilige Wintergerste bei der Ernte noch nahezu den gleichen Erlös wie der Weichweizen, so war er im Februar schon auf einen Mindererlös von fast 5 % gesunken. Die Erlösdifferenz zwischen Weich- und Qualitätsweizen stieg dagegen im gleichen Zeitraum von 7,7 % auf rund 10 %. Die Beispiele zeigen, daß je nach Produktionsziel nicht nur die Sortenwahl und die Produktionstechnik, sondern auch die Vermarktungsstrategie unterschiedlich sein muß.

Nun aber zu der entscheidenden Frage nach dem Vergleich zwischen der Ertrags- und der Preisdifferenz. In Tabelle 3 sind die Mittelwerte der Erträge der letzten drei Jahre, wie sie sich aus den bayerischen Landessortenversuchen ergeben, zusammengestellt. Dabei werden auch noch neben dem Sortenmittelwert die im Durchschnitt der drei Jahre beste Sorte mit aufgeführt. Bezugsgröße ist in allen Fällen das Sortenmittel der Weichweizen, dessen Kornertrag in dt/ha gleich 100 gesetzt wurde.

Tab. 3: Preis- und Leistungsvergleich der Getreidearten und -sorten in Bayern

	Erzeugerpreise in Bayern		Kornertrag \bar{x} 1983-1985	
	10.9.85 37.75 DM/dt=100	11.2.86	Sorten \bar{x} 80.6 dt/ha=100	beste Sorte
Weichweizen	100.0	113.4	100.0	107.2
Qualitätsweizen	107.7	123.2	97.2	97.3
Durum	168.5	155.9	76.7	79.3
Brotroggen	106.8	115.2	85.2	85.9
Braugerste	110.0	112.1	71.5	73.7
2 zeil. Wintergerste	98.8	108.9	90.0	91.9
Futtergerste	94.7	-	95.8	98.4
Hafer	96.7	97.7	82.0	85.5

Quellen: Bayr.L.Wochbl., BLP: Pflanzenbauversuche 1985

LSPB
0286
Co

Wir sehen, daß die Ertragsdifferenz zwischen der besten Sorte und dem Sortenmittel nur bei dem großen, stark variierenden Weichweizensortiment mit 7,2 % wirklich beachtlich ist. Dies zeigt, daß man als Betriebsleiter keineswegs hinter der Spitzensorte herjagen muß. Die Kenntnis der speziellen Ansprüche der jeweiligen Sorte ist wichtiger als jährlicher Sortenwechsel mit dem Ziel, stets die Spitzensorte im Anbau zu haben. Das gilt insbesondere bei der Qualitätserzeugung.

Vergleichen wir nun die Preisdifferenz mit der Ertragsdifferenz zwischen Qualitäts- und Weichweizen und unterstellen, daß die Produktionskosten gleich hoch waren, so ist der Erlös bezogen auf die Fläche beim Weichweizen nur, wenn die Spitzensorte gewählt wurde, geringfügig höher als beim Anbau der besten Qualitätssorte. Dies spricht bei der Einbeziehung von marktwirtschaftlichen Überlegungen für die Qualitätserzeugung. In die

gleiche Richtung deutet ganz besonders der Durum-Anbau, der bei einer Ertragsdifferenz von maximal -20,5% einen um bis zu 68% höheren Preis erzielt. Alle anderen Vergleiche gehen aber leider zu Gunsten des Weichweizens bzw. der ertragreicheren Art aus.

Doch gerade das scheinbar so gute Beispiel des Durum weist auf eine weitere Gefahr hin. Die in Tabelle 3 angegebenen Preise erzielt natürlich nur qualitativ einwandfreier Durum. Neben anderen strengen Qualitätskriterien muß dieser aber ganz besonders das der Glasigkeit erfüllen. Glasig wird er aber nur, wenn die Temperaturen während der Ausreifung stimmen, und dies trifft weder in allen Jahren noch auf allen Standorten zu. Werden die Qualitätsnormen nicht erreicht, dann kumuliert sich leider der Schaden, denn nun hat man schlechte Preise und niedrige Erträge.

Schließlich sollten wir aus der Vergangenheit lernen, daß eine wirkliche Qualitätsbezahlung nur erfolgt, wenn Qualität eine Mangelware ist. Dabei können auch ganz andere Faktoren als die Backfähigkeit eine Rolle spielen. So wurde für große einheitliche Partien der Sorte Caribo Ende der 60er Jahre Qualitätsprämien gezahlt. Ähnliches soll heute im Zeitalter der Spätdüngung und Eiweißanreicherung für eiweißarme, stärkereiche Weizen zur Weizenbierherstellung geschehen. Deshalb sollte man den Qualitätsanbau - was immer man unter Qualität versteht - grundsätzlich nur im Vertrag - mit mindestens 2/3 der Fläche - durchführen. Nur wenn Erzeugung und Nachfrage sich einigermaßen die Waage halten und Produzent, Handel und Verarbeiter den Markt pflegen, d.h. die gegenseitigen Wünsche akzeptieren, kann die Qualitätserzeugung auf Dauer als Produktionsziel angesehen werden. Hier können wir viel von den Holländern lernen.

Ein wichtiges Mittel für die Garantie der Erzeugung großer Partien einheitlicher Qualität ist die Forderung nach Aussaat von Z-Saatgut einer bestimmten Sorte. Hierdurch kann

1. die Erzeugungsfläche und damit die Produktionsmenge gesteuert,
2. die Einheitlichkeit des Verhältnisses der Inhaltsstoffe zueinander weitgehend vorgegeben, und
3. über die moderne Methodik der Sortenidentifikation am Einzelkorn durch Elektrophorese kontrolliert werden.

Alle drei Punkte sind Vorbedingungen für einen die Marktpartner auf Dauer befriedigenden Vertragsanbau.

Nun haben die Züchter natürlich nicht nur Ertrag und Qualität direkt zu verbessern versucht. Die gleichen Anstrengungen haben sie auch auf die ertragssichernden Merkmale verwandt. Hierzu gehören insbesondere Standfestigkeit und Resistenz gegen Schaderreger. In Abb. 2 und Tab. 4 sind zu diesem Fragenkomplex Versuchsergebnisse aus Bad Oldesloe und Baden-Württemberg dargestellt, die die heutige Situation recht typisch wiedergeben. Bei 5 von 8 Sorten der in Tab. 4 dargestellten Ergebnisse hat beim Sommerweizen die CCC-Behandlung Mindererlöse gebracht. Ganz ähnlich erreicht die Terpalbehandlung zu Wintergerste in Abb. 2 nur mit der gleichen Häufigkeit wie ohne Terpal den Höchstertragsbereich. Der Einsatz der Halmstabilisatoren ist offensichtlich beim derzeitigen Stand der Züchtung keine Notwendigkeit. Wenn er dennoch in der Regel erfolgt, so als reine Versicherung. Dies ist wichtig zu wissen, weil man derzeit mit dem Ziel der Verringerung der Überschußerzeugung plant, die Applikation von Halmstabilisatoren zu verbieten. Die Zuchtfortschritte machen diese Zielsetzung aber zunichte. Bei der heutigen Erntetechnik ist Lagergetreide auch erntbar, so daß die Einsparung der Halmverstärker lediglich das Risiko der Qualitätserzeugung erhöht. Eine Zielsetzung, die volkswirtschaftlich kaum vertretbar sein dürfte.

Bezüglich des Fungizideinsatzes sehen die Verhältnisse allerdings anders aus. Beim Sommerweizen in Tabelle 4 bringt die Fungizidbehandlung bei

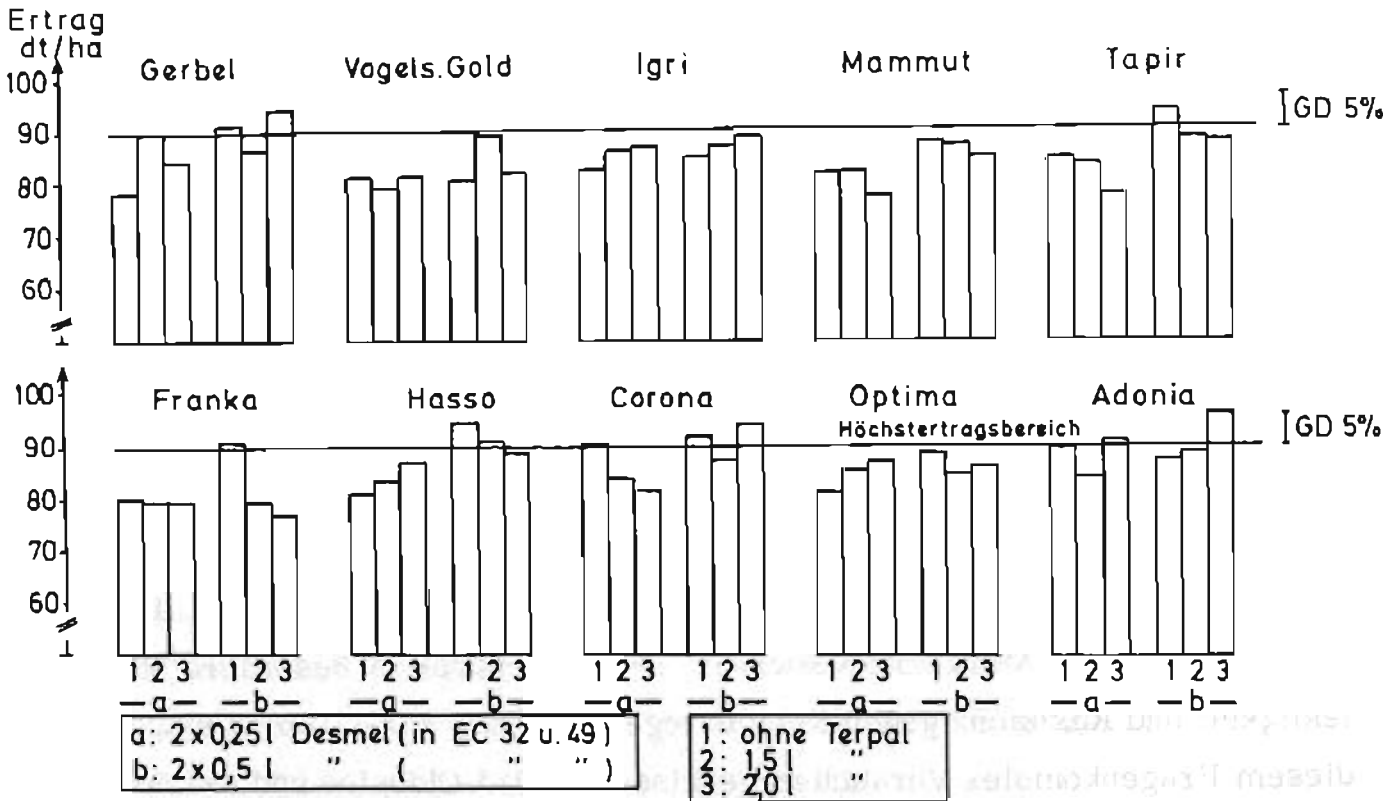


Abb 2 : Einfluß des Pflanzenschutzes auf die Ertragsleistung von W.-Gerste 1982 Ldw.Sch. Bad Oldesloe LSPB 08.82 G k

Tab. 4: Mehrertrag durch CCC- und Fungizidbehandlung bei einzelnen Sorten sowie Wirtschaftlichkeit der Behandlungen im Mittel von 1979-1981

	Koli- bri	Arkas	Schi- rokko	Sel- pek	Max	Her- mes	Oskar	Hori- zont	\bar{x} Sorten
CCC-Behandlung									
Mehrertrag dt/ha	2,1	0,9	0,6	2,3	1,9	0,7	-0,5	0,5	1,1
Mehrerlös DM/ha	105	45	30	115	95	35	-25	25	55
Kosten*) DM/ha	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Gewinn DM/ha	54	-6	-21	64	44	-16	-75	-26	4
Fungizidbehandlung									
Mehrertrag dt/ha	4,8	6,9	6,7	3,8	6,1	5,3	5,9	6,8	6,8
Mehrerlös DM/ha	240	345	335	190	305	265	295	340	290
Kosten*) DM/ha	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Gewinn DM/ha	100	205	195	50	165	125	155	200	150

*) Mittel- und Ausbringungskosten

allen Sorten Mehrerlöse, die allerdings zwischen 50 und 205 DM schwanken, und auch die Wintergerste in Abb. 2 erreicht bei dem geringeren Fungizidaufwand nur bei 3 Sorten gerade die Signifikanzschwelle zum Höchstertragsbereich, liegt ansonsten aber stets deutlich darunter. Die Rassenvielfalt der Pilzkrankheiten und ihre riesige Vermehrungsquote läßt rascher aggressive Pathotypen entstehen als mit der konventionellen Resistenzzüchtung Resistenzgene eingelagert werden können. Deshalb wird die Kombination von genetischer Resistenz mit gelegentlichem bzw. geringem Fungizideinsatz, derzeit im intensiven Getreidebau nicht zu umgehen sein.

Zur Verminderung des Biozideinsatzes allgemein wird nun derzeit häufig die Aussaat von Sortengemischen empfohlen. Man geht dabei davon aus, daß im Gemisch von Formen mit verschiedenen Resistenzgenen zum ersten ein Verdünnungseffekt auftritt, weil die Sporen von Schaderregern immer wieder auf resistente Formen treffen. Da sich aber alle Pathotypen vermehren können, haben aggressive Pathotypen relativ geringere Chancen, sich zu vermehren. Zweitens spricht man auch von einer induzierten Resistenz, die, ähnlich der Immunisierung im Gefolge einer Impfung mit schwach virulenten Krankheitserregern beim Menschen oder Tier, hier zwischen anfälligen und resistenten Nachbarpflanzen entsteht.

Zur Darstellung der Verhältnisse in einem Mischbestand und dessen Wirkung auf die Ertragsbildung haben wir mit einem Einzelkornsägerät zwei Sorten wie üblich als Reinsaat, von Reihe zu Reihe die Sorte wechselnd, alle zwei Reihen die Sorte wechselnd und schließlich das Sortengemisch ausgesät. Wie wir Abb. 3 entnehmen können, liegen die Erträge der beiden sortenreinen Parzellen und der Sortenmischung innerhalb der Signifikanzschwelle sehr nahe beieinander. Betrachten wir aber nun die Erträge der Reihen, die einseitig bzw. beidseitig an die jeweils andere Sorte grenzen, so ergeben sich gewaltige Unterschiede. Okapi zwischen zwei Kanz-

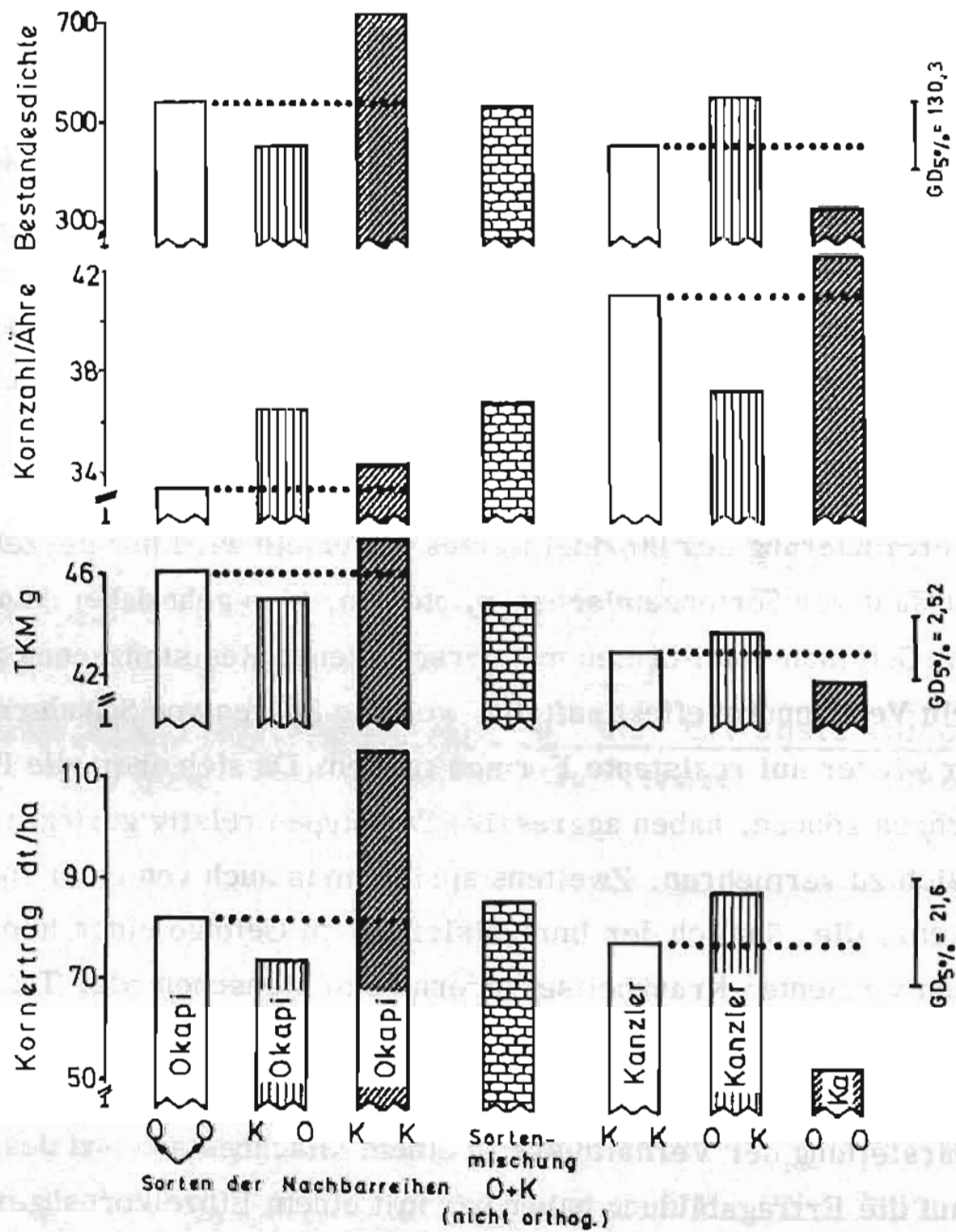


Abb.3 Die Ertragsstruktur von Winterweizen unter dem Einfluß von Sortenmischung

LSPB
01.85
Ws

lerreihen bringt rund ein Drittel mehr. Kanzler zwischen zwei Okapi-reihen ein Drittel weniger Ertrag. Ausschlaggebende Ertragskomponente ist die Bestandesdichte, d.h. die Ährenzahl je qm. Grenzen die Sorten nur einseitig an die andere, so dreht sich das Bild um. Kanzler erhöht sich und Okapi erniedrigt seinen Ertrag - allerdings bei beiden innerhalb der Grenzdifferenz. Die Konkurrenzverhältnisse zwischen diesen Genotypen, die in ihrer Ertragspotenz als gleichwertig angesehen werden, in der sortentypischen Ertragsstruktur aber differieren, sind also offensichtlich recht kompliziert, und ihre Reaktion ist je nach Mischungsverhältnis aus der Sicht des Ertrages unterschiedlich.

Da die Sorten Kanzler und Okapi sich zwar in der Ertragsstruktur, nicht aber in der Resistenz gegen die bei uns häufigste Krankheit, den Mehltau, unterscheiden, haben wir noch eine dritte Sorte, Kronjuwel, in den Versuch mit aufgenommen. Diese ist den beiden anderen Sorten im Ertrag deutlich unterlegen, deswegen werden hier die Ertragsergebnisse, die prinzipiell nicht von den o.a. Ergebnissen abweichen, nicht dargestellt. Kronjuwel ist bei uns aber noch weitgehend mehltausresistent gewesen. Wir haben nun über den Mischungsversuch eine intensive und eine extensive Pflanzenschutzbehandlung gelegt. In Abb. 4 sind die Differenzen der Mehltau- und Braunrost-Bonituren zwischen diesen beiden Pflanzenschutzvarianten dargestellt. Da die intensive Behandlung das Ziel hatte, die Pflanzen frei von Befall zu halten, und die extensive Behandlung den Bestand lediglich vor einem totalen Schaden bewahren sollte, sind die Differenzen in einer anfälligen Sorte groß und werden kleiner je resistenter der Bestand von Hause aus ist.

Abb. 5 zeigt, daß wider Erwarten in der Mischung Kronjuwel/Okapi die Differenz der Mehltaubonitur groß ist, obwohl Kronjuwel weder im Reibestand noch in der Reihensaat zwischen Okapi, Mehltaubefall aufwies.

I Schematischer Gang der Antherekultur am Beispiel der Kartoffel (WENZEL und FOUQUET-WENZEL, 1984 a)

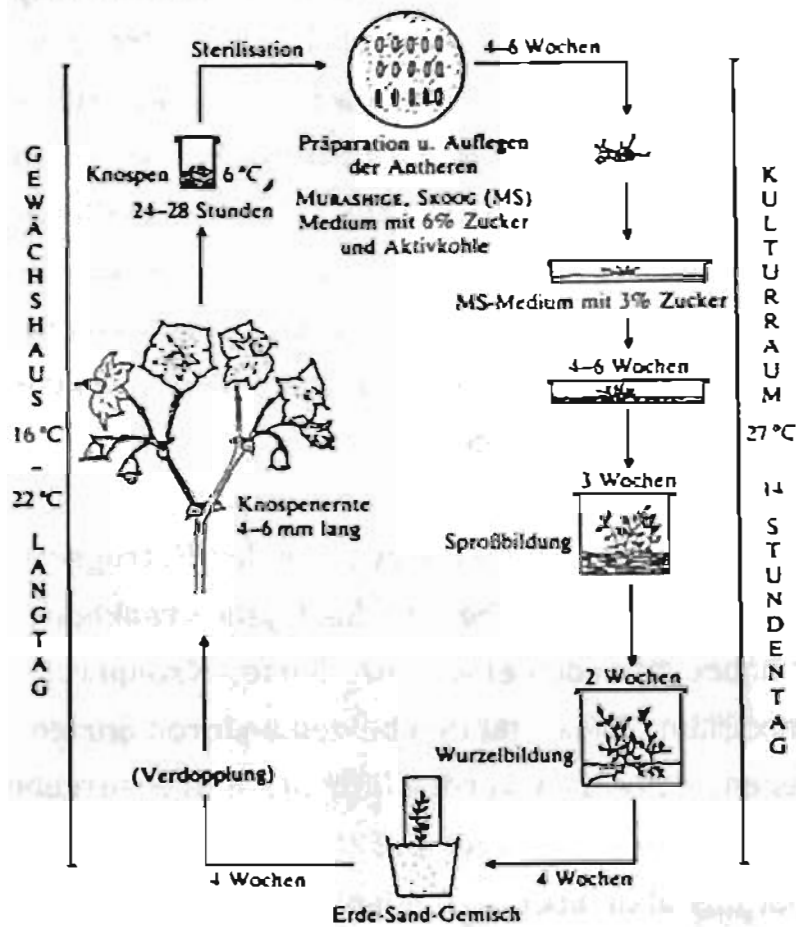
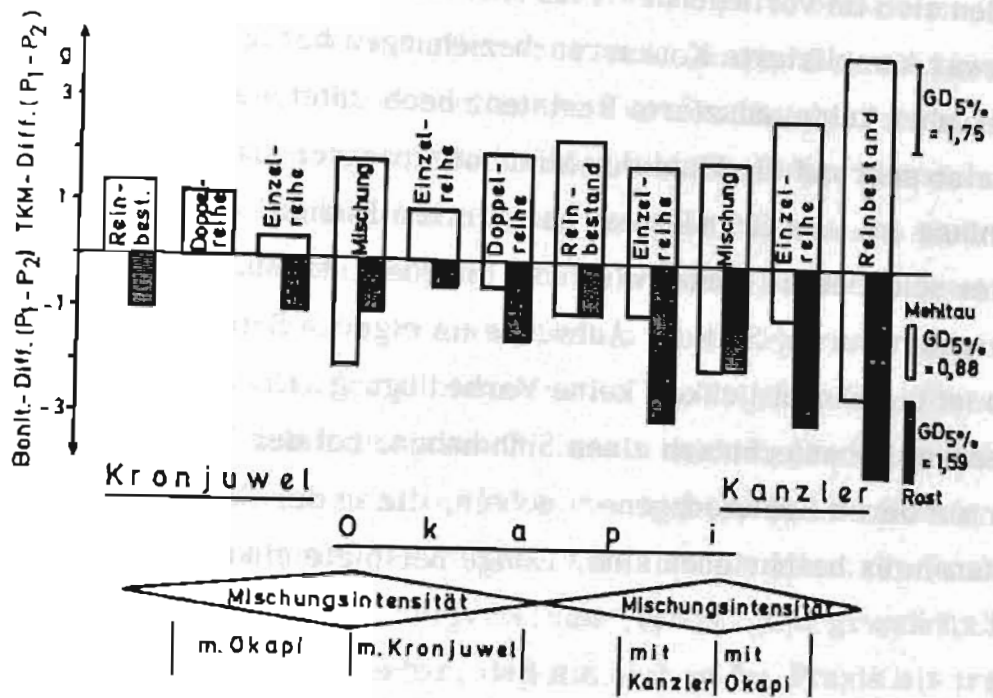


Abb. 4

Sowohl für Mehltau wie für Rost gilt, daß die Mischungen in der Bonitur-differenz etwa in der Mitte zwischen den Differenzen der Reihenbestände liegen, eine induzierte Resistenz also nicht zu beobachten war. In den Reihen ist die Differenz etwa gleich groß wie im Reinbestand. So weit Differenzen auftreten, liegen diese innerhalb der Grenzdifferenz. Allgemein war der Befall mit Mehltau aber nicht hoch.



P₁ = Intensiver Pflanzenschutz
 P₂ = Extensiver Pflanzenschutz

Abb 5: Die Bedeutung des Pflanzenschutzes für den Krankheitsbefall (Mehltau/Rost) und die TKM beim Anbau von Sortenmischungen in unterschiedlichen Mischungsintensitäten

LSPB
 11.85
 W 3

Nun korreliert das Schadbild mit dem tatsächlichen Schaden nicht. Deshalb ist in Abb. 5 die Differenz zwischen der intensiven und der extensiven Pflanzenschutzbehandlung beim Tausendkorngewicht dargestellt, dem vom Braunrost am stärksten betroffenen Ertragsstrukturfaktor. Diese Differenzen korrelieren weitgehend mit denen der Rostbonituren. Lediglich der Reinbestand der Sorte Okapi weicht hiervon ab - allerdings innerhalb der Signifikanzgrenze.

Wir finden also im vorliegenden Versuch, daß zwischen den verwendeten Sorten zwar komplizierte Konkurrenzbeziehungen bezüglich der Ertragsstruktur, aber keine induzierte Resistenz beobachtet werden konnte. Es kommt also sehr auf die Wahl der Mischungspartner und der Mischungsverhältnisse an. Aus Gründen der geforderten Einheitlichkeit des Ernteproduktes scheidet die Sortenmischung im Qualitätsanbau aus, wie schon oben dargetan wurde. Soll der Aufwuchs im eigenen Betrieb verfüttert werden, so ist die Einheitlichkeit keine Vorbedingung. Dann muß man, soll die Mischung anbautechnisch einen Sinn haben, bei der Wahl der Mischungspartner auf deren Resistenzgene achten, die in der Sortenliste des Bundesortenamtes beschrieben sind. Einige Beispiele sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5

Diese Sortenmischungen Futterweizen werden empfohlen		
je 25 Prozent	Mehltauresistenztyp	Bemerkungen
1		
Basalt	—	
Apollo	Triticale, Timopheevi, Blaukorn	für alle Lagen
Bert*)	Hindukusch, Timopheevi	
Kronjuwel	Blaukorn	
2		
Nimbus	—	
Ares	Hindukusch	für feuchtere Lagen
Granit	Triticale, Timopheevi	
Kronjuwel	Blaukorn	
3		
Okapi	—	
Ares	Hindukusch	für leichtere Lagen
Granit	Triticale, Timopheevi	
Apollo	Triticale, Timopheevi, Blaukorn	

*) Ersatzsorte ARES, soweit BERT-Saatgut nicht ausreicht

Alles, was bisher dargestellt wurde, entspricht dem Fortschritt der Züchtung bei Anwendung konventioneller Methoden. Tatsächlich sind aber die neuen Erkenntnisse der Biotechnologie und der Biochemie nicht spurlos an der Züchtung vorbeigegangen. Die hieraus resultierenden Trends unterliegen also nicht den eingangs zu Grunde gelegten Prämissen. Welche Auswirkungen diese Innovationen haben, ist mit wissenschaftlichen Methoden nicht vorherzusagen, weil man keine Trends berechnen, oder sonstige Erfahrung der Prognose zu Grunde legen kann. Die folgenden Ausführungen sind deshalb bis zu einem gewissen Grade spekulativ. Die vorgestellten Möglichkeiten haben sich zwar im Versuch ergeben, aber noch nicht in der Praxis bewährt. Sie können die Anbautechnik und vor allem die Produktionsziele, also auch die eingangs dargestellten Trends, ganz grundsätzlich verändern. Es ist aber auch denkbar, daß sie sich in der Praxis als irrelevant erweisen. Im Folgenden sei deshalb nur auf die beiden für die Pflanzenzüchtung wichtigsten Entwicklungsmöglichkeiten hingewiesen.

Vor einigen Jahren gelang es, aus einer einzelnen Zelle und aus kleinen Gewebestücken ganze Pflanzen zu ziehen. Diese Experimente dienten zum Nachweis, daß in jeder Körperzelle der gesamte Genbestand eines Organismus enthalten ist (nur unter dieser Bedingung kann aus z.B. einer Blattzelle wieder eine komplette Pflanze entstehen). Die Technik beruht darauf, daß die Wirkstoffe bekannt sind, die die Gene aktivieren. Die erste Konsequenz hieraus war, daß man auf diese Weise eine vegetative Vermehrung gewünschter Genotypen in großer Zahl, auf kleinstem Raum, z.B. in einem Reagenzglas, durchführte. Entsprechend diente diese Methode der Vermehrung z.B. von Forstpflanzen, Ölpalmen usw.. Auch aus Pflanzenteilen gewonnene Zellen, die von einer systemischen Krankheit, z.B. einer Virose, noch nicht befallen waren, konnten so gesunde Nachkommen erzeugen. Dies stellte z.B. die Obstbaumvermehrung auf eine völlig neue Basis.

Der nächste Schritt war die Verwendung von Geschlechtszellen zur Gewebekultur. Hier waren es vor allem die Antheren (Staubbeutel), die man ver-

wendete. In Abbildung 4 wird dies Verfahren am Beispiel der Kartoffel gezeigt. Die Antheren werden in einer Petrischale auf ein Nährmedium gebracht, dem Wirkstoffe (MS) zugesetzt werden. Nach insgesamt 21 Wochen können, entsprechend dem Pollen, aus dem sie gewonnen wurden, nur mit dem halben, d. h. haploiden, Chromosomensatz versehene kleinen Pflanzen in ein Erde-Sand-Gemisch pikiert werden. Verdoppelt man deren Chromosomensatz z. B. durch Cholchizinbehandlung, so gewinnt man reinerbige - weil ja 2 mal mit dem gleichen Chromosomensatz versehene - Pflanzen. Diese entsprechen den I-Linien in der Maisybridzüchtung, die konventionell hergestellt erst nach 5 - 6 Generationen homozygot vorliegen.

In der Gerstenzüchtung verwendet man zwar Embryonen im gleichen Verfahren, erstellt diese aber mit einer Wildform *Hordeum bulbosum*, die sich nicht mit der Kulturgerste paart, so daß auch diese Embryonen haploid sind (s. Abb. 6). Auch hier haben wir innerhalb von 2 Jahren homozygote Linien in der Leistungsprüfung stehen, die in einer klassischen Ramschzüchtung erst nach 6 Generationen geprüft werden können (Abb. 7).

Schließlich hat man gelernt (Abb. 8), die Trägersubstanz der Erbinformation, die DNA, herzustellen oder aus anderen Pflanzen als einzelnes Gen zu gewinnen, in Mikroorganismen zu vermehren und schließlich in die Zelle der höheren Pflanze, in unserem Beispiel die Gerste, einzuschleusen. Dies ist besonders interessant für den Einbau neuer Resistenzen. Der Züchter könnte nämlich auf diese Weise fast ebenso schnell, wie sich neue Pathotypen in der Natur bilden, Resistenzen einlagern. Die Pathotypen sind ja auf die Vegetationsdauer angewiesen, der Züchter bei dieser neuen Methode, wie dargestellt, nicht. Auch die genetische Vielfalt könnte durch Einlagerung mehrerer Resistenzen in verschiedene Pflanzen mit ansonst gleichem Genotyp erhalten und damit der gleiche Zweck wie o. a. bei Sortenmischung erreichbar werden, ohne die Nachteile der unterschiedlichen Qualität und Entwicklungsrhythmen in den Sortenmischungen in Kauf nehmen zu müssen.

Verfahren für die Herstellung haploider Gerste auf dem Weg über die Bestäubung mit *Hordeum bulbosum* Pollen (KASHA 1976, NITZSCHE u. WENZEL 1977)

Zeit		Vorgang
Monate	Tage	
1-4		Herstellung von F ₁ Saatgut
4		<ul style="list-style-type: none"> • Pflanzen der F₁ Hybriden • Pflanzen von <i>Hordeum bulbosum</i>
6	0	<ul style="list-style-type: none"> • Blühende Pflanzen • Blühende Pflanzen
		<ul style="list-style-type: none"> • Kastration • Sammlung von Pollen
	2	<ul style="list-style-type: none"> └─ Bestäubung ─┘
	3-5	<ul style="list-style-type: none"> • Gibberellinsäurebehandlung (1 Tropfen/Blüte; 75 mg/l GA₃)
	14-16	<ul style="list-style-type: none"> • Präparation der Embryonen und Kultur im Dunkeln
	22-28	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur der differenzierten Embryonen im 12-Stundentag
8		<ul style="list-style-type: none"> • Verdopplung der Haploiden mit Colchicin (0,1%, 5 Stunden)
11		<ul style="list-style-type: none"> • Ernte der Samen von verdoppelten Haploiden
11-14		<ul style="list-style-type: none"> • Fortführung des Programms über 3 Monate (100 Haploide/Woche)
14		<ul style="list-style-type: none"> • Wintergeneration
20		<ul style="list-style-type: none"> • Feldtest mit Wiederholungen
24		<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsprüfung
		Insgesamt 2 Jahre von den Eltern bis zur Leistungsprüfung von ca. 500 Linien

Abb. 6

Kombinationszüchtung unter Benutzung der Ramschmethode

1. Suche nach genetischer Varianz (Sortiment u. ä.)

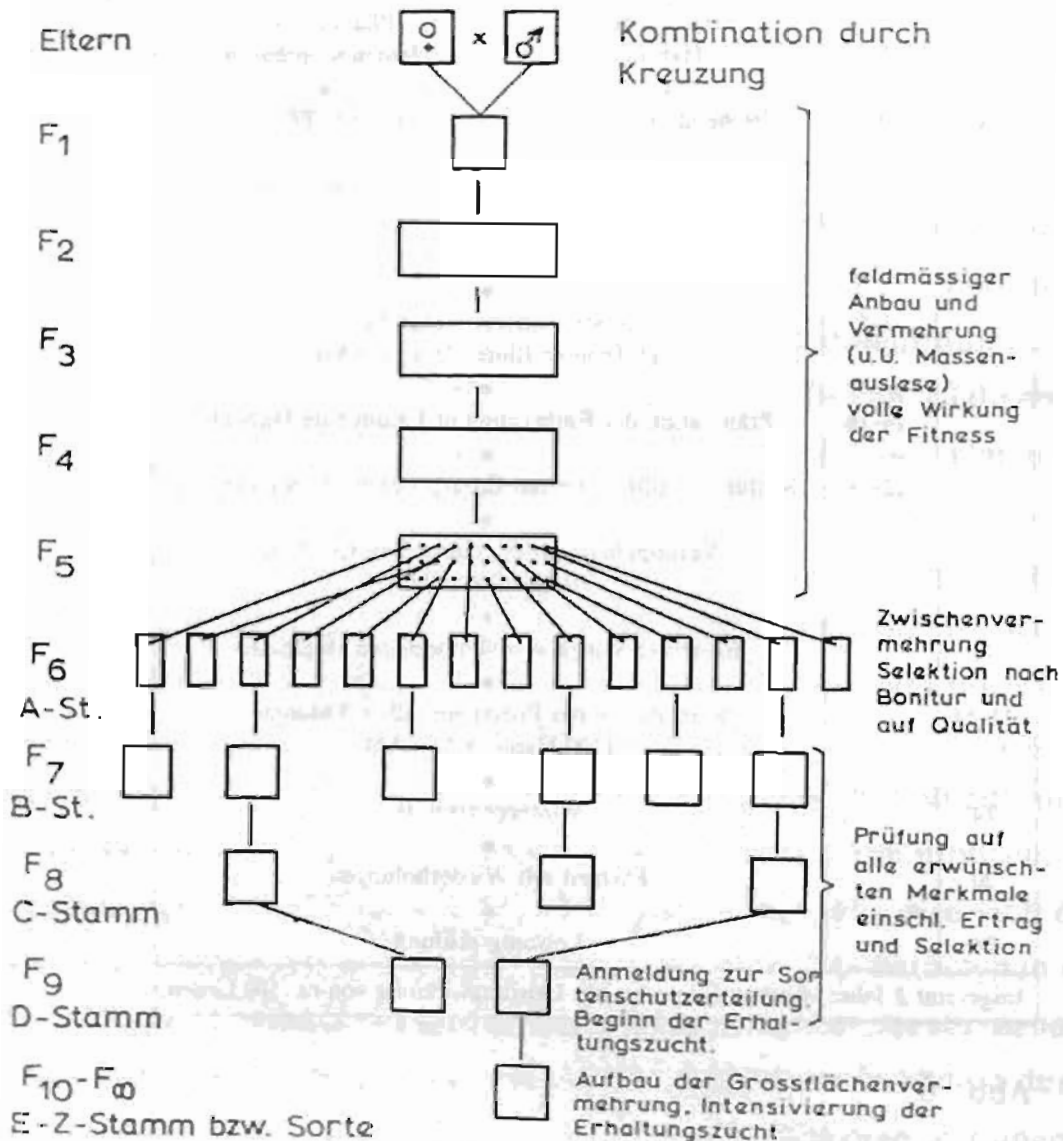
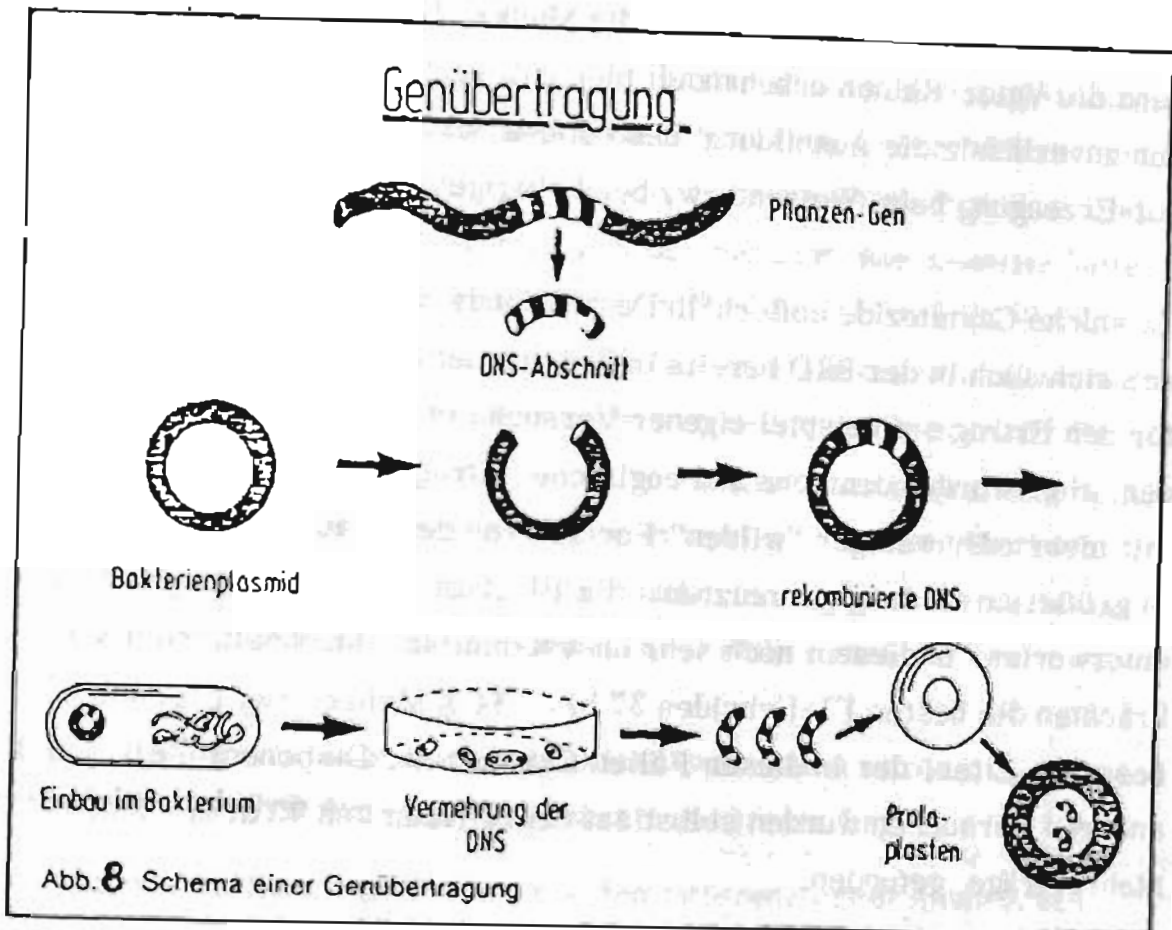


Abb. 7



Quelle: Dambroth 1984

Noch größere Veränderungen könnte die Entwicklung von Wachstumsregulatoren nach sich ziehen, die die Ausbildung der Pollen in der zwittrigen Blüte verhindern. Man hat ihnen den sachlich unzutreffenden Namen "Gametozyde" gegeben, weil sie im Endeffekt die Pflanze chemisch kastrieren. Wir wissen, daß zur Erzeugung von Maishybriden zwei I-Linien nebeneinander im Wechsel - etwa zwei Reihen Vater, 6 Reihen Mutter - angebaut werden. Dann entfährt, d. h. kastriert man die 6 Mutter-Reihen, auf denen später das Hybridsaatgut wächst. Bauen wir nun zwei Weizensorten in gleicher Weise nebeneinander an, so stieß bislang die Notwendigkeit der Kastration auf unüberwindliche Hindernisse. Hier bieten die Gametozyde einen neuen Weg. Diese werden einfach mit einer nicht wesentlich ver-

änderten Pflanzenschutzspritze auf die Mutter-Reihen ausgebracht, während die Vater-Reihen unbehandelt bleiben. Verhindern diese Gametozide nun zuverlässig die Ausbildung des Pollens, dann steht einer Hybridsaatgut-Erzeugung beim Weizen bzw. bei zwittrigen Pflanzen nichts im Wege.

Da solche Gametozide außerhalb Deutschlands bereits zugelassen sind und sich auch in der BRD bereits in Prüfung befinden, soll die Bedeutung für den Ertrag am Beispiel eigener Versuche in Tabelle 6 dargestellt werden. Hier wurden deutsche und englische Ertragssorten miteinander und mit mehr oder weniger "wilden" Formen von der Braunschweiger Genbank in größerem Umfang gekreuzt und die FI einer Ertragsleistungsprüfung unterworfen. In diesem noch sehr unsystematisch durchgeführten Versuch brachten die besten FI-Hybriden 37 bzw. 34 % Mehrertrag gegenüber dem besseren Elter, der in diesen Fällen Caribo bzw. Disponent hieß. Auch in anderen Versuchen wurden selbst auf dem Niveau von 90 dt/ha ähnliche Mehrerträge gefunden.

Tab. 6 Heterosis spezieller Kreuzungskombinationen bei Winterweizen und biochemische Verwandtschaft

Kombination	Ertrag/Pflanze		Kornzahl/Pfl.	TKG
	Eltern- mittel=100	bess.Elter =100	Eltern- mittel=100	Eltern- mittel=100
Caribo x Genbank 1	161	134	147	111
Disponent x M.Huntsman	150	137	152	102
Caribo x Genbank 2	146	111	144	100
Caribo x Genbank 3	146	116	147	101
M.Huntsman x Genbank 3	82	74	73	114
Genbank 1 x Genbank 2	80	77	70	113
Kormoran x Genbank 2	79	76	85	92
Okapi x Caribo	49	47	48	84

Scheer u. Jaenicke 1985

Besonders interessant an diesen Hybriden ist die Tatsache, daß der Mehrertrag zum weitaus überwiegenden Teil Stärke ist, also die Stickstoffdüngung nicht erhöht werden muß. Auch das Problem des Eiweißüberschusses stellt sich dementsprechend nicht oder doch zumindest nicht in der Schärfe, mit der man es angesichts der Höhe der Mehrerträge erwartet hatte. Diese Formen sind deshalb ideale Formen für eine industrielle Weiterverarbeitung der Stärke zu wertvollen Substanzen wie etwa der Zintronensäure. Der anfallende Kleber könnte zur Aufmischung kleberarmer Partien zur Brotherstellung dienen, weshalb diese Formen auch über eine gute Kleberqualität verfügen müssen. Dies alles entspringt nicht der Phantasie, vielmehr gibt es im Rheinland bereits Pilotfabriken, die diese Verfahren auf privatwirtschaftlicher Basis bislang mit Erfolg testen.

Dennoch muß abschließend auf Folgendes hingewiesen werden:

Unsere Züchter sind zwar durchaus bereit und in der Lage,

- durch Bereitstellung von Sorten, die den differenzierten Ansprüchen des Marktes entsprechen,
- dennoch auch hohe Erträge bringen oder
- durch Einlagerung von Resistenzgenen o. ä., die Betriebsmittelaufwendungen zu verringern, und damit
- die Marktstellung der Betriebe insgesamt auch im Zeichen der Überproduktion zu verbessern.

Dies sind aber nur verbesserte Voraussetzungen für das ökonomische Überleben. Wer diese Chancen nutzen will, muß sich marktgerecht verhalten und die Veränderungen, die sich aus den Fortschritten der Pflanzenzüchtung ergeben können, rechtzeitig erkennen und sowohl bei der Planung seines Betriebes als auch hinsichtlich der Auswirkungen auf die Einzelmaßnahmen zur Bestandesführung berücksichtigen.

Der zukünftige Getreidemarkt

von Prof. Dr. Winfried von Urff, Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarstruktur, Freising-Weihenstephan

Vorbemerkung

Eine Betrachtung der zukünftigen Entwicklung des Getreidemarktes erfordert zunächst einen Blick auf die Vergangenheit. Das folgende Referat beginnt mit einem solchen Blick, wobei als erstes auf die Entwicklung der Weltgetreideerzeugung eingegangen wird, sodann auf die Entwicklung des Weltgetreidehandels, dessen strukturelle Veränderungen die Entwicklung der Getreideproduktion in den verschiedenen Regionen der Welt ziemlich genau widerspiegeln. An die Entwicklung der Handelsströme schließt sich eine Betrachtung der Preisentwicklung an.

Da sich auf dem Weltgetreidemarkt mehr und mehr ein Konflikt zwischen der EG und den Vereinigten Staaten abzeichnet, erscheint es sinnvoll, einen Blick auf die wichtigsten Entwicklungen in den Vereinigten Staaten zu werfen. Dies gilt nicht zuletzt im Hinblick darauf, daß die EG-Kommission bereits seit Jahren mehr oder weniger deutlich das Ziel verfolgt, das Getreidepreisniveau in der EG an dasjenige der Vereinigten Staaten anzunähern. Darüber hinaus gewinnt die Frage an Bedeutung, ob nicht in der EG ähnliche Maßnahmen der Produktionsbeschränkung ergriffen werden müßten, wie sie in den Vereinigten Staaten seit Jahrzehnten praktiziert werden.

Der zweite Teil des Referates ist der Entwicklung des Getreidemarktes in der EG und in der Bundesrepublik gewidmet. Das Schwergewicht wird dabei auf den marktpolitischen Maßnahmen und ihrer Auswirkung in der Bundesrepublik liegen.

Zum Abschluß soll kurz auf die Modelle eingegangen werden, die innerhalb der EG z. Zt. diskutiert werden, um der Überschlußproblematik, insbesondere auf dem Getreidemarkt, Herr zu werden.

Entwicklung der Weltgetreideerzeugung

Die Entwicklung der Weltweizenproduktion (vgl. Tab. 1) läßt gegenüber dem Beginn der 60er Jahre eine Verdoppelung erkennen, was einem jährlichen Anstieg von 3,3 % entspricht. Diese Entwicklung verlief in Westeuropa, Osteuropa, den Vereinigten Staaten und Kanada etwa gleichmäßig, während in der Sowjetunion der jährliche Zuwachs mit 1,3 % wesentlich geringer war. Geradezu dramatische Produktionszuwächse hatten Indien und Pakistan mit 6,9 % p. a. und die Volksrepublik China mit 6,4 % zu verzeichnen.

Bei dem sonstigen Getreide, das alle übrige Getreidearten außer Reis umfaßt, war der Produktionsanstieg weniger stark ausgeprägt. Er erreichte hier pro Jahr nur 2,6 %. Hier konnten die Exportländer USA und Kanada ihre Produktion verdoppeln, während in West- und Osteuropa sowie in der Sowjetunion nur etwas geringere Produktionszunahmen erzielt wurden.

Nur am Rande sei hier auf die Produktion von Reis hingewiesen, die mit einer jährlichen Wachstumsrate von 2,9 % fast eine Verdoppelung erreichte. Besonders stark waren hier die Produktionszunahmen in Indien und der Volksrepublik China. Insgesamt trug die Entwicklung dazu bei, diese Länder unabhängiger von Getreideeinfuhren zu machen.

Entwicklung des Weltgetreidehandels

Betrachtet man die langfristige Entwicklung des Getreidehandels (vgl. Tab. 2), so ist bei Weizen und Weizenmehl etwa eine Verdoppelung des Handelsvolumens zu beobachten, bei Futtergetreide sogar eine Verdreifachung.

Tabelle 1:

Weltgetreideerzeugung (in Mio. t)

Region	Ø 1961- 1965	Ø 1971- 1975	1982	1983	1984	1985
	<u>Weizen</u>					
<u>Welt insgesamt</u>	254,4	360,7	485,2	495,5	521,3	517,3
darunter						
Westeuropa	44,6	56,7	73,6	73,7	92,8	82,9
Osteuropa	14,8	25,9	29,4	29,9	34,8	31,8
UdSSR	64,2	88,9	87,0	78,5	76,0	86,0
USA	33,0	47,8	75,3	65,9	70,6	65,8
Kanada	14,4	15,2	26,7	26,5	21,2	22,2
Indien u. Pakistan	13,3	31,4	48,8	55,2	56,0	57,6
VR China	22,2	38,6	68,4	81,4	87,8	86,0
	<u>Sonstiges Getreide (ohne Reis)</u>					
<u>Welt insgesamt</u>	480,2	674,8	797,6	691,3	798,5	837,0
darunter						
Westeuropa	63,3	92,1	106,1	98,1	116,0	112,3
Osteuropa	34,4	47,2	59,7	55,6	58,6	55,0
UdSSR	58,3	83,5	82,5	101,0	85,0	95,0
USA	133,0	179,0	255,0	137,1	237,1	268,5
Kanada	12,8	20,7	26,7	21,0	21,9	24,0
	<u>Reis</u>					
<u>Welt insgesamt</u>	253,2	318,8	423,0	449,4	469,8	472,0
darunter						
Indien	52,7	64,6	70,8	89,6	89,2	91,5
VR China	86,0	111,5	164,5	172,2	181,0	180,5

Quelle: Uhlmann, F., Die Märkte für Getreide und Kartoffeln, Agrarwirtschaft, H. 12, 1985.

Tabelle 2:

Weltgetreidehandel (in Mio. t Getreidewert)

	Ø 1961- 1965	Ø 1971- 1975	1982/ 1983	1983/ 1984	1984/ 1985	1985/ 1986
<u>Weizen und Weizenmehl</u>						
<u>Ausfuhren</u>						
USA	19,5	25,6	39,3	38,3	37,1	29,5
Kanada	11,1	12,8	21,1	21,2	19,2	16,0
Australien	6,2	7,5	8,5	11,6	15,1	15,0
Argentinien	2,7	2,0	7,5	9,6	7,9	8,0
EG-10 ¹⁾	3,5	6,1	14,1	15,0	16,7	15,5
Welt insgesamt	<u>48,3</u>	<u>60,3</u>	<u>96,1</u>	<u>100,4</u>	<u>103,5</u>	<u>92,0</u>
<u>Einfuhren</u>						
EG-10 ¹⁾	4,6	5,4	3,4	3,5	2,3	2,5
sonst. Westeuropa	7,5	3,5	1,5	2,1	1,2	1,7
Osteuropa	5,0	4,5	3,9	3,5	2,6	3,1
UdSSR	2,4	5,2	20,1	20,6	28,3	19,0
Entwicklungsl. ohne VR China	17,5	25,6	40,6	46,2	44,7	42,4
VR China	4,4	4,7	13,0	9,8	7,6	7,0
Japan	3,1	5,2	5,6	5,9	5,9	5,9
<u>Futtergetreide</u>						
<u>Ausfuhren</u>						
USA	14,9	30,9	52,5	55,5	58,4	49,5
Argentinien	3,7	7,0	10,7	12,0	10,6	11,5
EG-10 ¹⁾	2,2	3,2	3,8	3,0	8,0	5,5
Welt insgesamt	<u>32,3</u>	<u>54,8</u>	<u>87,5</u>	<u>89,6</u>	<u>101,7</u>	<u>91,0</u>
<u>Einfuhren</u>						
EG-10 ¹⁾	15,9	17,9	6,4	5,5	4,1	3,5
sonst. Westeuropa	3,3	6,1	10,1	8,4	6,3	6,4
Osteuropa	2,5	4,8	3,7	4,0	3,5	4,5
UdSSR	0,1	4,1	12,0	11,6	27,4	15,0
Japan	3,4	12,0	18,5	20,1	21,0	21,5

1) Ø 1961-1965 nur EG 6

Quelle: Uhlmann, F., Die Märkte für Getreide und Kartoffeln, Agrarwirtschaft, H. 12, 1985.

Von den Getreideaufuhren entfallen ungefähr 70 % auf die Vereinigten Staaten, Kanada und Australien, weitere 16 % auf die EG. Für die EG werden die stark zunehmenden Exporte deutlich. Die EG könnte aufgrund ihrer Produktion noch mehr exportieren, hat sich aber bereiterklärt, einen Anteil von 14 % an den Weltweizenaufuhren möglichst nicht zu überschreiten. Daß der tatsächliche Export höher liegt, ist auf den Export von Verarbeitungserzeugnissen zurückzuführen.

Ein Blick auf die Einfuhrländer zeigt, daß die EG als Importeur bis auf geringe Restmengen, die aus Qualitätsgründen importiert werden, praktisch ausgefallen ist. Auch die übrigen Länder Westeuropas spielen - im Gegensatz zum Beginn der 60er Jahre - als Importeure keine Rolle mehr. Starke Zunahmen weisen vor allem die Importe der Sowjetunion auf, die jedoch je nach Ernteaufall starken jährlichen Schwankungen unterliegen, da in der Sowjetunion der Getreidebau in marginale Gebiete ausgedehnt wurde, die sich durch eine hohe Unsicherheit der Ernte auszeichnen. Starke Zunahmen weisen außerdem die Importe der Entwicklungsländer auf, aber auch hier ist der Kulminationspunkt überschritten, nachdem Indien und Pakistan die volle Selbstversorgung mit Weizen erreicht haben und auch in der Volksrepublik China aufgrund der stark gestiegenen Eigenproduktion der Importe deutlich rückläufig sind.

Von den Futtergetreideexporten entfallen fast 60 % auf die Vereinigten Staaten, weitere 10 % auf Argentinien. Auch hier ist die EG, die noch in der ersten Hälfte der 70er Jahre einen Importbedarf von brutto 18 Mio. t und netto 15 Mio. t hatte, inzwischen in die Position eines Nettoexporteurs hineingewachsen. Anders als bei Weizen spielen die Importe der übrigen Länder Westeuropas noch eine gewisse Rolle. Hauptimporteur ist auch hier - mit stark schwankenden Mengen - die Sowjetunion, gefolgt von Japan. In der Tabelle nicht zum Ausdruck kommt eine zunehmende Nachfrage der ostasiatischen Schwellenländer, in denen die Nachfrage nach tierischen Veredelungsprodukten expandiert.

Vergleicht man die Erwartungen für 1985/86 mit dem Handelsvolumen von 1984/85, so ist sowohl bei Weizen als auch bei Futtergetreide ein Rückgang um jeweils etwa 10 Mio. t festzustellen. Darin kommt einmal eine relativ gute Ernte in den Hauptimportländern zum Ausdruck, zum anderen aber auch die Tatsache, daß, nachdem sich der Getreidehandel von Westeuropa auf die Sowjetunion, Japan und die Entwicklungsländer als Hauptabnehmer verlagert hatte, ein Teil der Entwicklungsländer seinen Einfuhrbedarf drastisch reduzieren konnte. Dies gilt für die asiatischen und lateinamerikanischen Entwicklungsländer, nicht jedoch für die Mehrzahl der afrikanischen Länder, in denen der Bedarf wächst, die aber nicht über die Kaufkraft verfügen, den wachsenden Bedarf durch kommerzielle Importe zu decken.

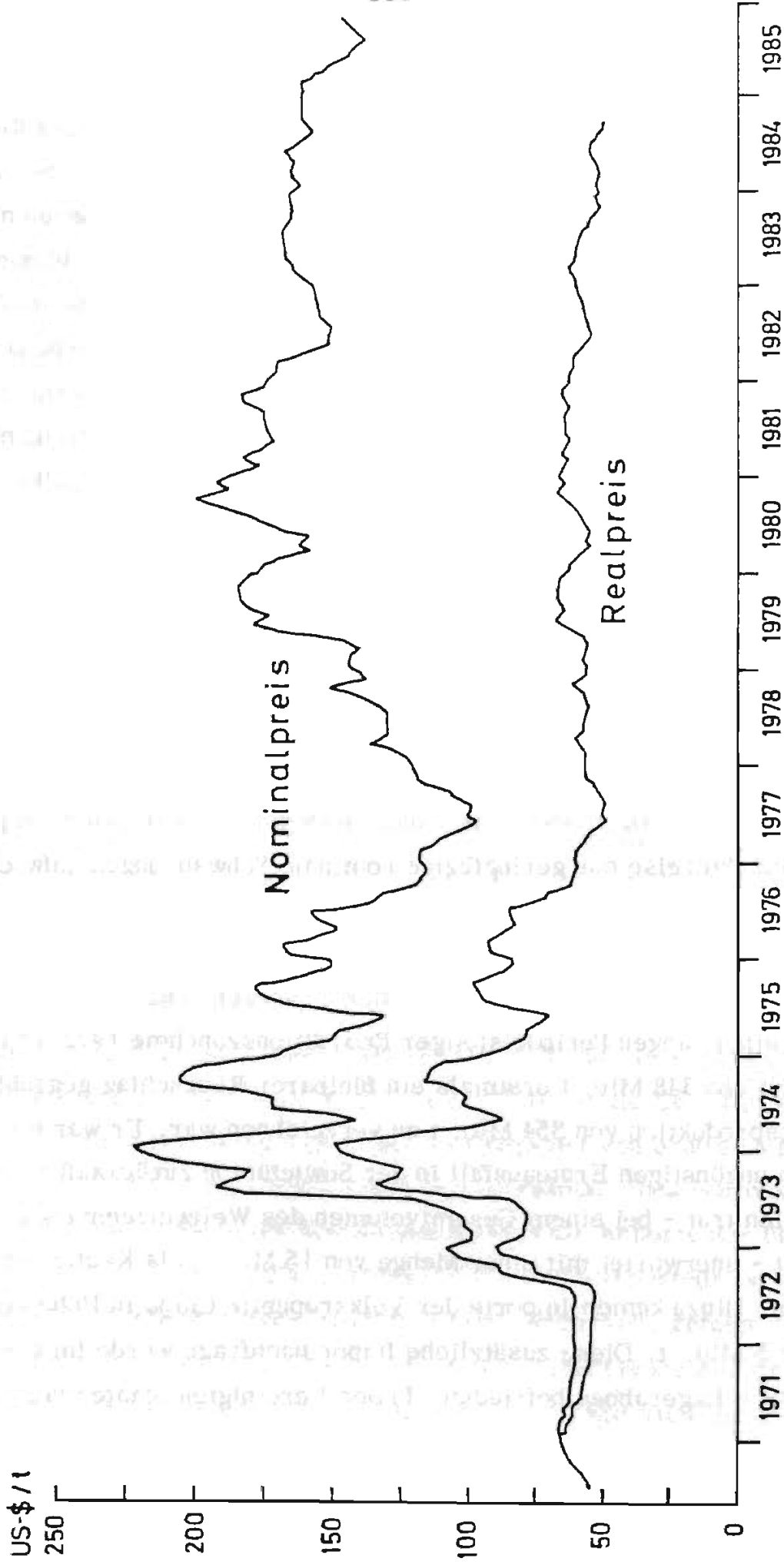
Entwicklung der Weltmarktpreise

Bei der Betrachtung der Entwicklung der Weltmarktpreise würde eine Beschränkung auf die letzten Jahre ein falsches Bild vermitteln. Es wird deshalb hier bewußt eine Darstellung verwendet, die den Zeitraum seit 1970 umfaßt. Weiter zurückzugehen war nicht notwendig, da in den 60er Jahren die Weltmarktpreise nur geringfügige nominale Schwankungen aufwiesen.

Der Weltmarktpreis für Weizen (vgl. Abbildung 1) hatte während der 60er Jahre ziemlich konstant bei etwa 65 Dollar/t gelegen. Dies änderte sich, als nach einer langen Periode stetiger Produktionszunahme 1972/73 mit einer Produktion von 348 Mio. t erstmals ein fühlbarer Rückschlag gegenüber der Vorjahresproduktion von 354 Mio. t zu verzeichnen war. Er war vor allem auf einen ungünstigen Ernteausschlag in der Sowjetunion zurückzuführen. Die Sowjetunion trat - bei einem Gesamtvolumen des Weltweizenmarktes von 67 Mio. t - unerwartet mit einer Menge von 15 Mio. t als Käufer am Weltmarkt auf. Hinzu kamen Importe der Volksrepublik China in Höhe von etwas über 5 Mio. t. Diese zusätzliche Importnachfrage wurde im wesentlichen durch Lagerabbau befriedigt. In den Vereinigten Staaten verminderten

Abb. 1: Entwicklung des Weltmarktpreises für Weizen

(International Price Indicator IWA)



1) deflationiert mit dem UN-Index of Export Unit Values of Manufactures (1970 = 100)

Quelle: Manegold, P., Getreidemarktpolitik in der EG und in den USA, Braunschweig 1983, ergänzt um eigene Berechnungen.

sich die Lagerbestände von 24 auf 12 Mio. t, in Kanada von 16 auf 10 Mio. t. Diese unerwartete Verminderung der Lagerbestände löste eine bis dahin nicht gekannte Preisentwicklung aus. Der Weltmarktpreis schnellte innerhalb eines Jahres auf ein Niveau von in der Spitze 240 Dollar/t.

In den folgenden Jahren fand - immer noch gekennzeichnet durch eine gewisse Unsicherheit, die sich in Preisausschlägen artikulierte - eine Entwicklung zurück zu der Niedrigpreissituation statt. 1977 erreichte der Weizenpreis mit 100 Dollar/t erneut einen Tiefstpunkt, wobei zu berücksichtigen ist, daß 100 Dollar in der Kaufkraft von 1977 ziemlich genau 50 Dollar in der Kaufkraft von 1970 entsprachen. Real war der Weizenpreis somit unter das Niveau der 60er Jahre abgesunken.

Die folgenden Jahre brachten - wiederum von Schwankungen begleitet - einen erneuten Anstieg des Weltweizenpreises, der Ende 1980 mit 200 Dollar/t seinen Gipfelpunkt erreichte. Diese Entwicklung ist aber fast ganz auf den Wertverlust des US-Dollars zurückzuführen. Betrachtet man die reale Preisentwicklung, so zeigt sich, daß der Weltmarktpreis gemessen in US-Dollar der Kaufkraft von 1970 um etwa 65 Dollar schwankte, d.h. den Wert, den er Anfang der 70er Jahre hatte.

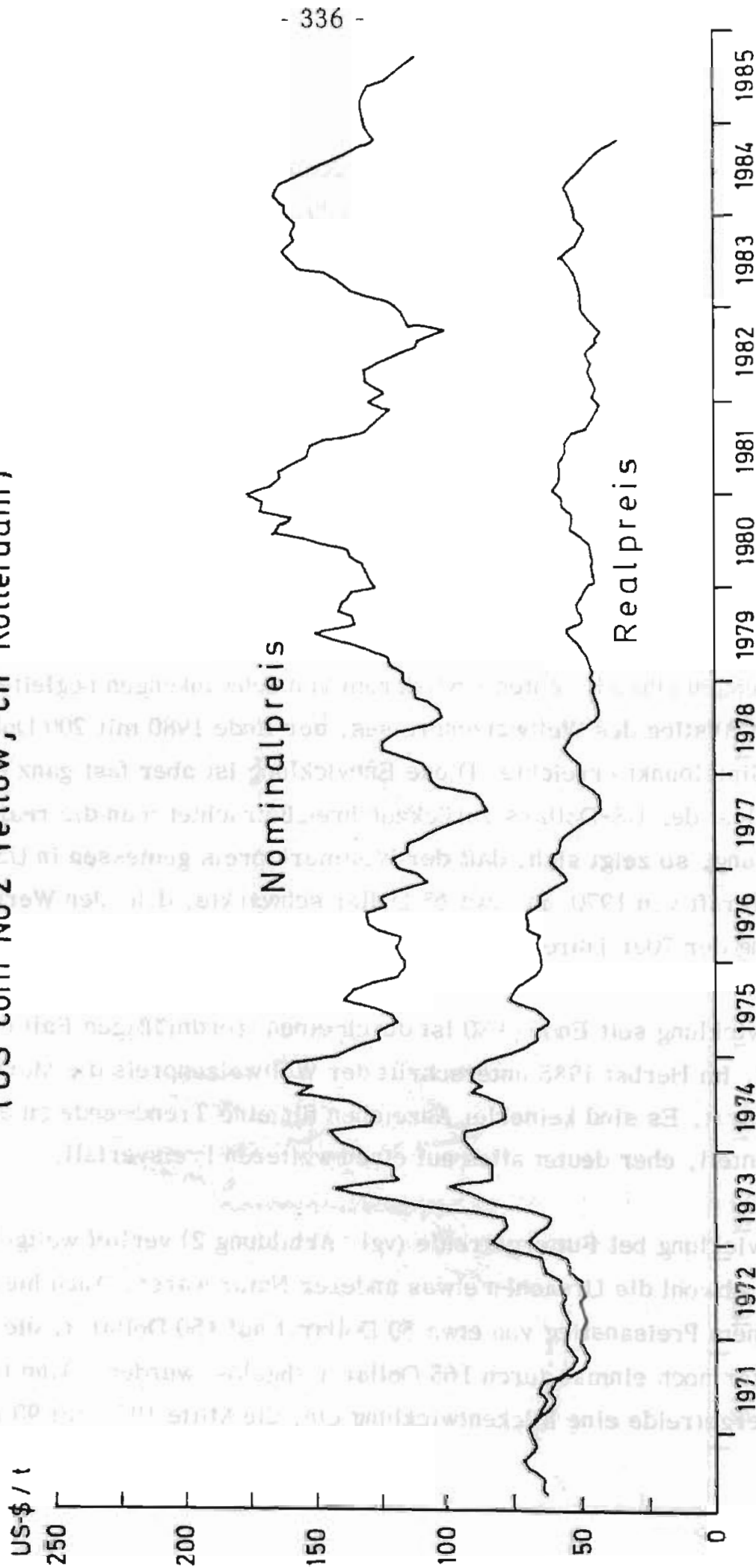
Die Entwicklung seit Ende 1980 ist durch einen trendmäßigen Fall gekennzeichnet. Im Herbst 1985 unterschritt der Weltweizenpreis die Marke von 150 Dollar/t. Es sind keinerlei Anzeichen für eine Trendwende zu erkennen. Im Gegenteil, eher deutet alles auf einen weiteren Preisverfall.

Die Entwicklung bei Futtergetreide (vgl. Abbildung 2) verlief weitgehend ähnlich, obwohl die Ursachen etwas anderer Natur waren. Auch hier kam es zu einem Preisanstieg von etwa 50 Dollar/t auf 150 Dollar/t, die Mitte 1974 sogar noch einmal durch 165 Dollar/t abgelöst wurden. Dann trat auch bei Futtergetreide eine Rückentwicklung ein, die Mitte 1977 mit 90 Dollar/t



Abb. 2: Entwicklung des Weltmarktpreises für Mais

(US corn No 2 Yellow, cif Rotterdam)



1) deflationiert mit dem UN-Index of Export Unit Values of Manufactures (1970 = 100)

Quelle: Manegold, P., Getreidemarktpolitik in der EG und in den USA, Braunschweig 1983, ergänzt um eigene Berechnungen.

ihren nominal niedrigsten Wert erreichte. Ähnlich wie bei Weizen wurde damit der reale Preis der Ausgangssituation unterschritten. Die Preisentwicklung danach, die sich durch Schwankungen um einen Mittelwert von real 60 Dollar/t beschreiben läßt, ist fast ganz auf die Entwicklung der Kaufkraft des Dollars zurückzuführen. Hier waren vor allem die beiden letzten Jahre durch Preisrückgänge gekennzeichnet, so daß zum Jahreswechsel etwa Preise von 100 Dollar/t zu verzeichnen waren. Auch hier sind auf eine Änderung hindeutende Faktoren nicht zu erkennen.

Die Getreidemarktpolitik der Vereinigten Staaten

Da sich bei Getreide mehr und mehr eine Konkurrenzsituation zwischen der EG und den Vereinigten Staaten abzeichnet, die so weit geht, daß die Gefahr eines Handelskrieges nicht völlig ausgeschlossen werden kann, ist es sinnvoll, einen Blick auf die Getreidemarktpolitik in den Vereinigten Staaten zu werfen. Dies ist auch deshalb lehrreich, weil die Vereinigten Staaten flächenbeschränkende Maßnahmen in der Getreideproduktion, wie sie innerhalb der EG zunehmend diskutiert werden, seit mehr als 50 Jahren praktizieren.

Für flächenbeschränkende Maßnahmen gibt es gegenwärtig zwei Formen: So ist der Landwirtschaftsminister ermächtigt, immer dann Anbauflächenbegrenzungen (Acreage Set Aside Programs) inkraft zu setzen, wenn zu erwarten ist, daß das Getreideangebot den Inlands- und Nettoausfuhrbedarf weit übersteigt. Farmer, die sich in solchen Überschußphasen gegen Preisverfall sichern wollen, müssen unentgeltlich einen bestimmten Anteil ihrer Anbaufläche aus der Produktion abziehen und zum Schutz gegen Verunkrautung und Erosion Leguminosen, Gras oder ähnliches anbauen.

Werden sehr hohe Überschüsse erwartet oder eine Überschußsituation zu spät erkannt, so kann ferner ein Flächenstilllegungsprogramm (Paid Acreage Diversion Program) inkraft gesetzt werden, um Farmer zu veranlassen,

freiwillig und gegen Entgelt zusätzlich Ackerland aus der Produktion zu nehmen. Solche Stilllegungsprämien kann im allgemeinen nur beantragen, wer die ordnungsgemäße Teilnahme an dem Acreage Set Side Program nachweist. Die Höhe der Prämie orientiert sich am entgangenen Deckungsbeitrag.

Die Ausgestaltung der Flächenstilllegung hat in den letzten Jahren durch das sogenannte Payment in Kind Program eine Weiterentwicklung erfahren. Danach können Farmer über die vorgeschriebene Anbauflächenbegrenzung hinaus bis zu einem Anteil von bis zu 50 % ihrer Grundanbaufläche für Getreide stilllegen, wobei für die freiwillig stillgelegte Fläche eine Naturalkompensation auf der Grundlage von 95 % des normalen Weizenertrages und von 80 % des Maisertrages gewährt wird. Auch die restlichen 50 % können zur Stilllegung angemeldet werden. Für diese Fläche müssen die Farmer die Höhe der Naturalentschädigung selbst vorschlagen, wobei der Staat denjenigen den Zuschlag erteilt, die die niedrigsten Forderungen stellen.

Farmer, die an der obligatorischen Anbauflächenbegrenzung teilnehmen, haben das Recht auf Teilnahme an den verschiedenen Preisstützungsprogrammen. Dazu gehört zunächst das Recht, sich die Ernte von der Commodity Credit Corporation beleihen zu lassen. Für die Beleihung wird der sogenannte Beleihungssatz (Loan Rate) zugrundegelegt. Sinkt der Marktpreis unter den Beleihungssatz, so können die Farmer den aufgenommenen Kredit durch Übereignung des beliehenen Getreides an die Commodity Credit Corporation tilgen. Der Beleihungssatz wirkt damit als Mindestpreis. Steigt der Marktpreis über den Beleihungssatz, so können die Farmer durch Rückzahlung des Kredites das beliehene Getreide auslösen und zum Marktpreis verkaufen.

Da es im Laufe der Zeit immer weniger möglich war, den Preis, der aus einkommenspolitischen Gründen für die Farmer als notwendig angesehen

wurde, über den Marktpreis zu erzielen, werden seit Anfang der 70er Jahre Preisausgleichszahlungen gewährt. Maßgeblich dafür sind die für die einzelnen Getreidearten festgesetzten Zielpreise (Target Prices). Liegt der Marktpreis über dem Beleihungssatz, so erhalten die Farmer die Differenz zwischen Zielpreis und Marktpreis erstattet. Sinkt der Marktpreis unter den Beleihungssatz, so wird die Differenz zwischen dem Beleihungssatz und dem Zielpreis als Ausgleichszahlung gewährt. Für die Höhe der Ausgleichszahlung werden bestimmte maximale Hektarerträge festgelegt und die Ausgleichszahlung nur für die innerhalb dieses Höchstsatzes liegenden Mengen gewährt.

Das geschilderte System der Anbauflächenbeschränkung in Verbindung mit der Preis- bzw. Einkommensstützung hat die Vereinigten Staaten nicht vor einer der größten Agrarkrisen, von der noch nicht sicher ist, ob sie bereits ihren Höhepunkt erreicht hat, bewahren können. Mit verursacht wurde diese Krise durch den hohen Außenwert des amerikanischen Dollar im Jahr 1985. Durch diesen Dollarkurs büßten die Vereinigten Staaten stark an Konkurrenzfähigkeit auf den Weltmärkten ein, mit dem Ergebnis, daß ihre Exporterlöse sanken und die Lagerbestände ungewollt zunahmen. Damit stiegen die öffentlichen Ausgaben für die Preisstützung.

Die Vereinigten Staaten haben vor allem der EG eine kräftige Mitschuld an dieser für sie unerfreulichen Entwicklung gegeben. Sie fühlten sich durch die mit hohen Erstattungen erfolgten Exporte der EG von traditionellen Absatzmärkten verdrängt und setzten deshalb zur Gegenoffensive an. Für die Zeit vom 1.6.1985 bis zum 31.5.1988 wurde ein Exportförderungsprogramm (Bonus Incentive Commodities Export Program (BICEP)) eingeführt. Das Programm, das zunächst nur für die Länder Ägypten und Marokko galt, inzwischen aber wohl auf weitere Länder ausgeweitet wurde, hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Payment in Kind-Programme. Exporteure, die Getreide aus den Lagerbeständen der CCC exportieren, erhalten zusätzlich zu

dem Getreide, das sie zum Marktpreis übernehmen müssen, eine Prämie in der Form einer ihnen unentgeltlich zur Verfügung gestellten Getreidemenge, womit sie in die Lage versetzt werden sollen, zu einem Mischpreis anzubieten, der unter dem Marktpreis liegt. Auch hier erfolgt die Abwicklung durch ein Ausschreibungsverfahren. Da für das Programm zunächst nur Finanzmittel in Höhe von 2 Mrd. Dollar bereitgestellt wurden, ist keine allzu große Wirkung zu erwarten, es sei denn die Regierung entschließt sich, die Mittel in den folgenden Jahren kräftig aufzustocken.

Die hohen Belastungen, die sich aus der Preisstützung für den Staatshaushalt der Vereinigten Staaten ergaben, waren Anlaß, bei der anstehenden Neuformulierung des dortigen Landwirtschaftsgesetzes, der Farm Bill 1985, drastische Preissenkungen vorzuschlagen. Nach dem im Frühjahr 1985 in das Gesetzgebungsverfahren eingebrachten Entwurf sollten die für die Farmer maßgeblichen Zielpreise bei Weizen um 50 % und bei Mais um 40 % gesenkt werden. In dem Entwurf, der schließlich im Dezember 1985 verabschiedet wurde, wurden die Zielpreise auf dem ursprünglichen Niveau belassen und nur die das Niveau der Marktpreise beeinflussenden Beleihungssätze der Commodity Credit Corporation gesenkt. Damit wurde zwar erreicht, die Wettbewerbsfähigkeit der amerikanischen Exporte zu verbessern, nicht jedoch das Ziel, das Staatsbudget zu entlasten. Für den Dreijahreszeitraum, für den das Gesetz verabschiedet wurde, wurden allein für die Preisstützung 52 Mrd. Dollar vorgesehen.

Der Grund für diese vorsichtige Haltung liegt in den sich häufenden Farmzusammenbrüchen, die man nicht noch weiter durch eine rigorose Preispolitik verschärfen will. Man schätzt, daß etwa ein Drittel der amerikanischen Farmer überschuldet sind und ein weiteres Drittel mit wirtschaftlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Zwangsversteigerungen von Farmen sind in den USA an der Tagesordnung. Nicht selten begehen die verzweifelten Eigentümer Selbstmord. Die Bodenwerte sind um 50 % gesunken, womit ein großer Teil der Kredite von insgesamt mehr als 200 Mrd. Dollar nicht mehr ausreichend gesichert ist.

Ein Preisvergleich zwischen der EG und den Vereinigten Staaten (vgl. Abbildung 3) gestaltet sich aufgrund der unterschiedlichen Systeme der Preisstützung und der hineinspielenden Wechselkursproblematik schwierig. Solange der Außenwert des Dollars niedrig war, d.h. etwa bis 1980, lagen die Referenzpreise für Weichweizen in der EG weit über dem amerikanischen Niveau. Danach verringerte sich der Abstand zusehends, was sowohl auf ein Anheben der amerikanischen Preise als auch auf das Anziehen der Wechselkurse des Dollars zurückzuführen war. 1985 lag der Referenzpreis für Weizen innerhalb der EG unter dem in den Vereinigten Staaten gültigen Zielpreis, aber noch deutlich über dem Beleihungssatz, der für die Stützung der Marktpreise maßgeblich ist. Die durchschnittlichen Erzeugerpreise waren sogar noch unter den Beleihungssatz abgesunken.

Bei einem Dollar-Kurs von 2,35 DM führt eine Umrechnung in D-Mark zu folgendem Ergebnis:

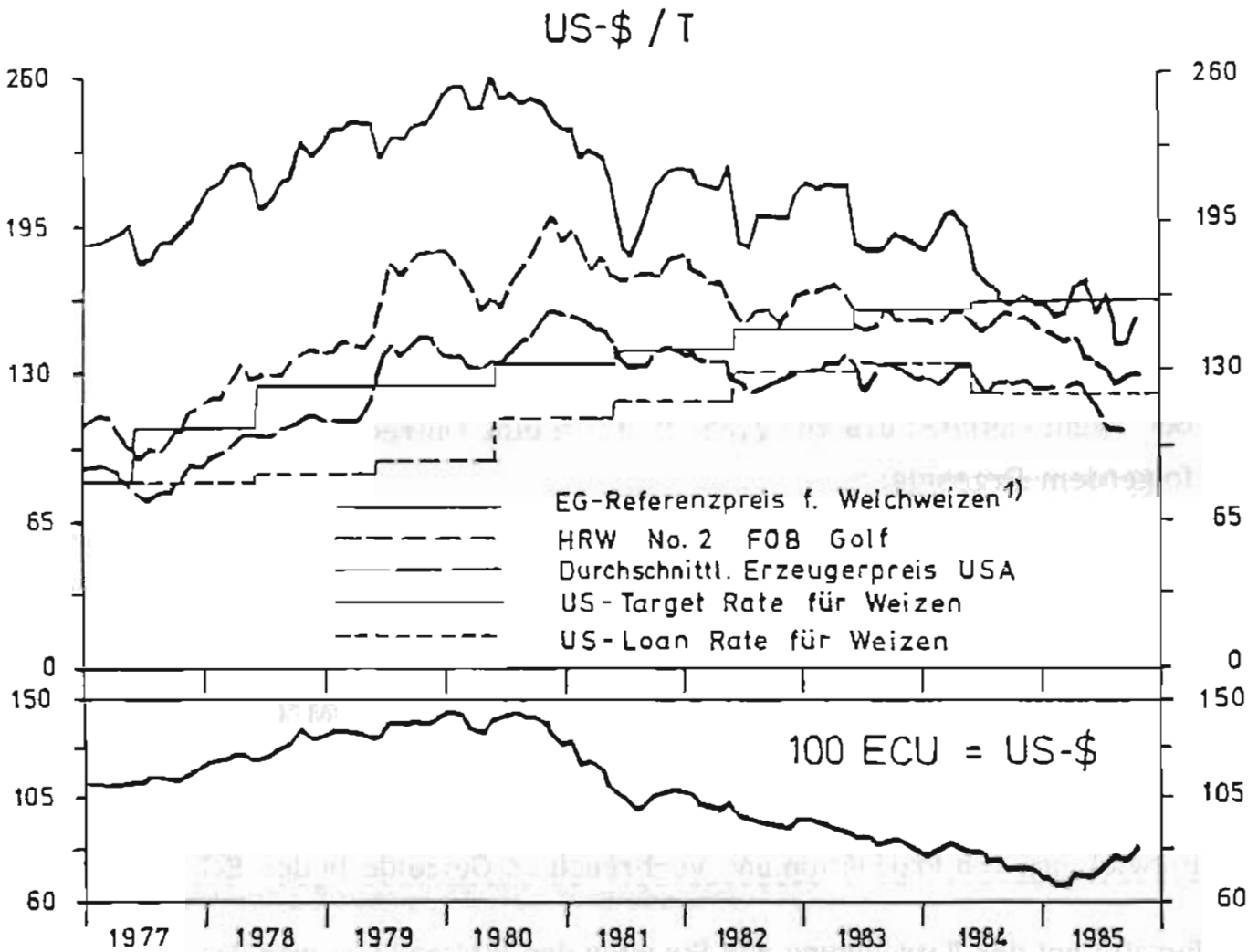
Weizen-Interventionspreis	430 DM/t
US-Zielpreis	385 DM/t
US-Exportpreis	305 DM/t
Beleihungssatz	290 DM/t
US-Erzeugerpreis	275 DM/t.

Entwicklung von Produktion und Verbrauch an Getreide in der EG

Bereits bei der Betrachtung der Struktur des Welthandels war das Überwechseln der EG von der Position eines Netto-Importeurs in diejenige eines Netto-Exporteurs deutlich geworden. Wir wollen uns diese Entwicklung nunmehr etwas genauer ansehen (vgl. Abbildung 4).

Umgerechnet auf das Gebiet der EG (10) blieb die Getreideproduktion bis 1978/79 deutlich hinter dem Verbrauch zurück. In ungünstigen Jahren konnte die Differenz bis zu 25 Mio. t betragen.

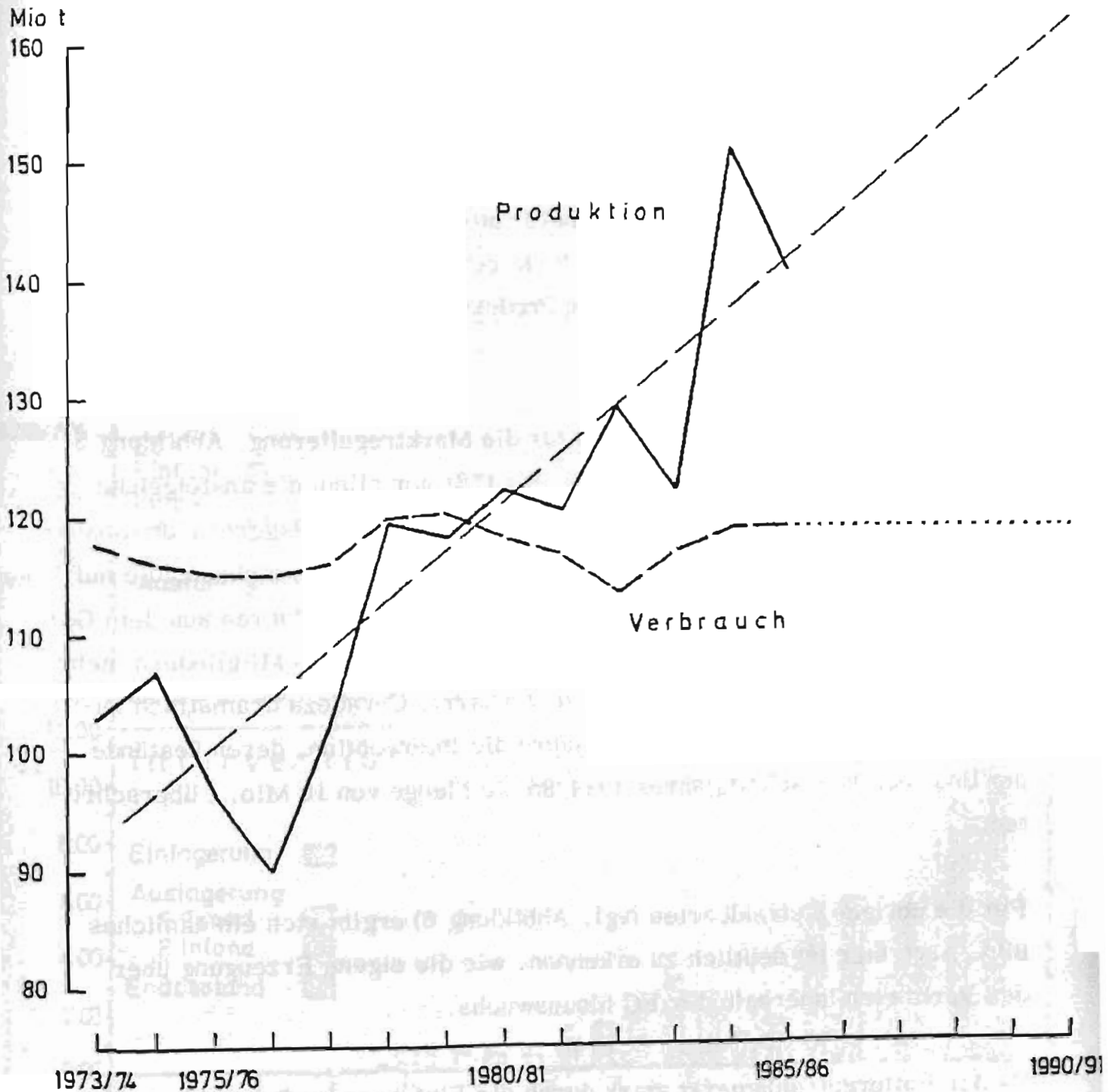
Abb.3: Marktpreise für Weizen der EG und der USA



1) ab August 1985 Interventionspreis

Quelle: Uhlmann, F, Die Märkte für Getreide und Kartoffeln, Agrarwirtschaft, Nr.12, 1985

Abb. 4: Produktion und Verbrauch von Getreide in der EG (10)



Quelle: eigene Zusammenstellung nach "Stat. Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten", versch. Jahrgänge

Das Ende der 70er Jahre erreichte Gleichgewicht zwischen der Produktion und dem Verbrauch war nur von kurzer Dauer. Danach stieg die Produktion weiterhin kräftig an, während der Verbrauch zunächst bis auf 114 Mio. t zurückfiel und sich danach auf einem Niveau von etwa 119 Mio. t stabilisierte. Diesem Verbrauch stand 1984 eine Produktion von 151 Mio. t gegenüber, d.h. die Produktion überschritt den Verbrauch um nicht weniger als 32 Mio. t. Selbst die vergleichsweise ungünstige Ernte des Jahres 1985 mit 141 Mio. t dürfte noch um 22 Mio. t über dem Verbrauch liegen.

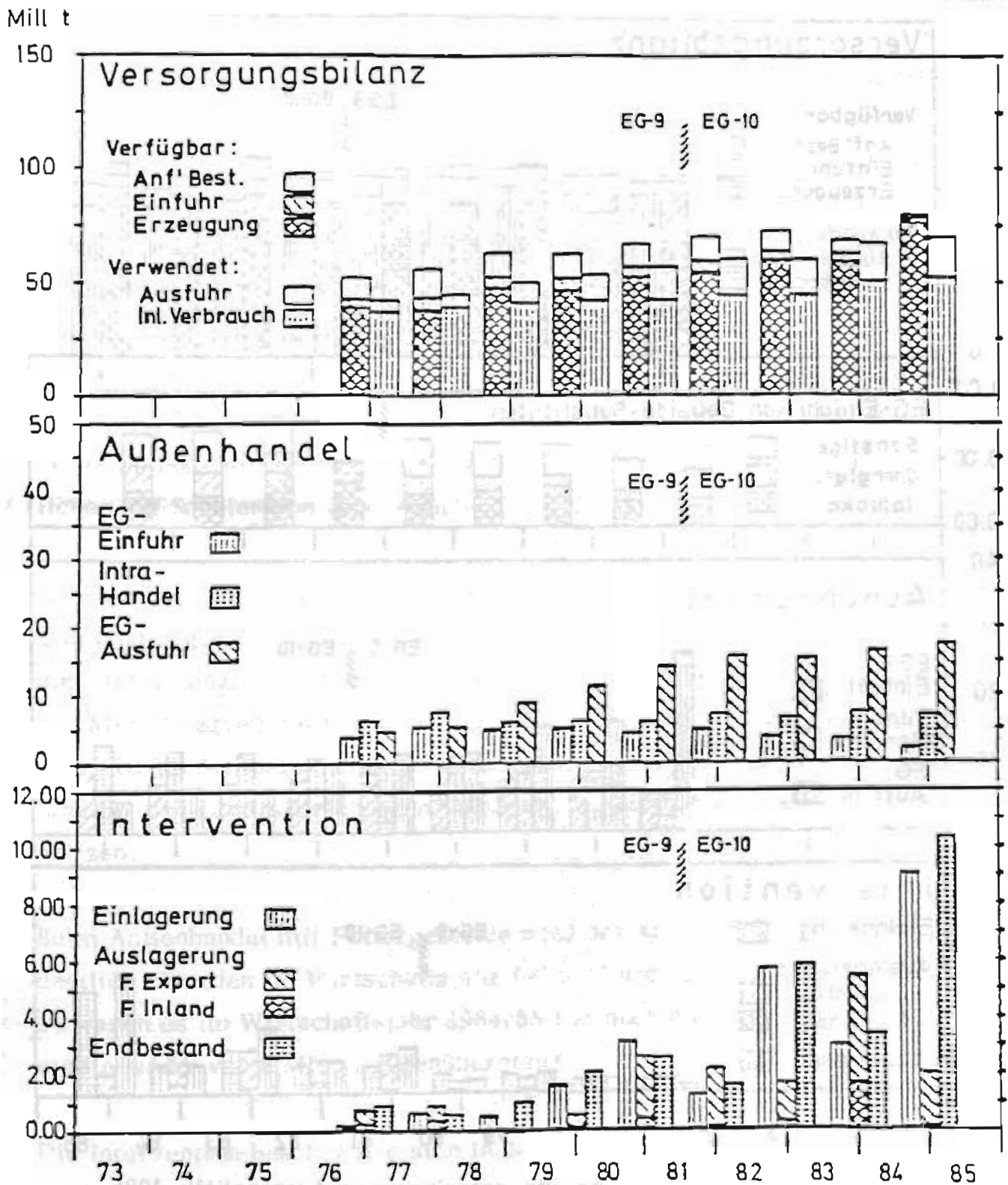
Hatten die Ausfuhren 1983/84 noch bei brutto 24 Mio. t und netto 15 Mio. t gelegen, so wurden 1984/85 brutto 28 Mio. t und netto 21 Mio. t exportiert, was weit hinter dem aus der eigenen Produktion angefallenen Überschuß zurückblieb.

Dies hatte erhebliche Konsequenzen für die Marktregulierung. Abbildung 5 verdeutlicht die Situation für Weizen. Sie läßt vor allem die ansteigenden Produktionsmengen erkennen, die deutlich über den Inlandsverbrauch hinausgehen. Als Konsequenz daraus ergeben sich rückläufige Einfuhren, die nur noch aus Qualitätsgründen erfolgen, und zunehmende Ausfuhren aus dem Gebiet der Gemeinschaft, während der Intrahandel unter den Mitgliedern mehr oder weniger auf dem gleichen Niveau verharrt. Geradezu dramatisch zugenommen hat während der letzten Jahre die Intervention, deren Bestände am Ende des Wirtschaftsjahres 1984/85 die Menge von 10 Mio. t überschritten.

Für die übrigen Getreidearten (vgl. Abbildung 6) ergibt sich ein ähnliches Bild. Auch hier ist deutlich zu erkennen, wie die eigene Erzeugung über den Verbrauch innerhalb der EG hinauswuchs.

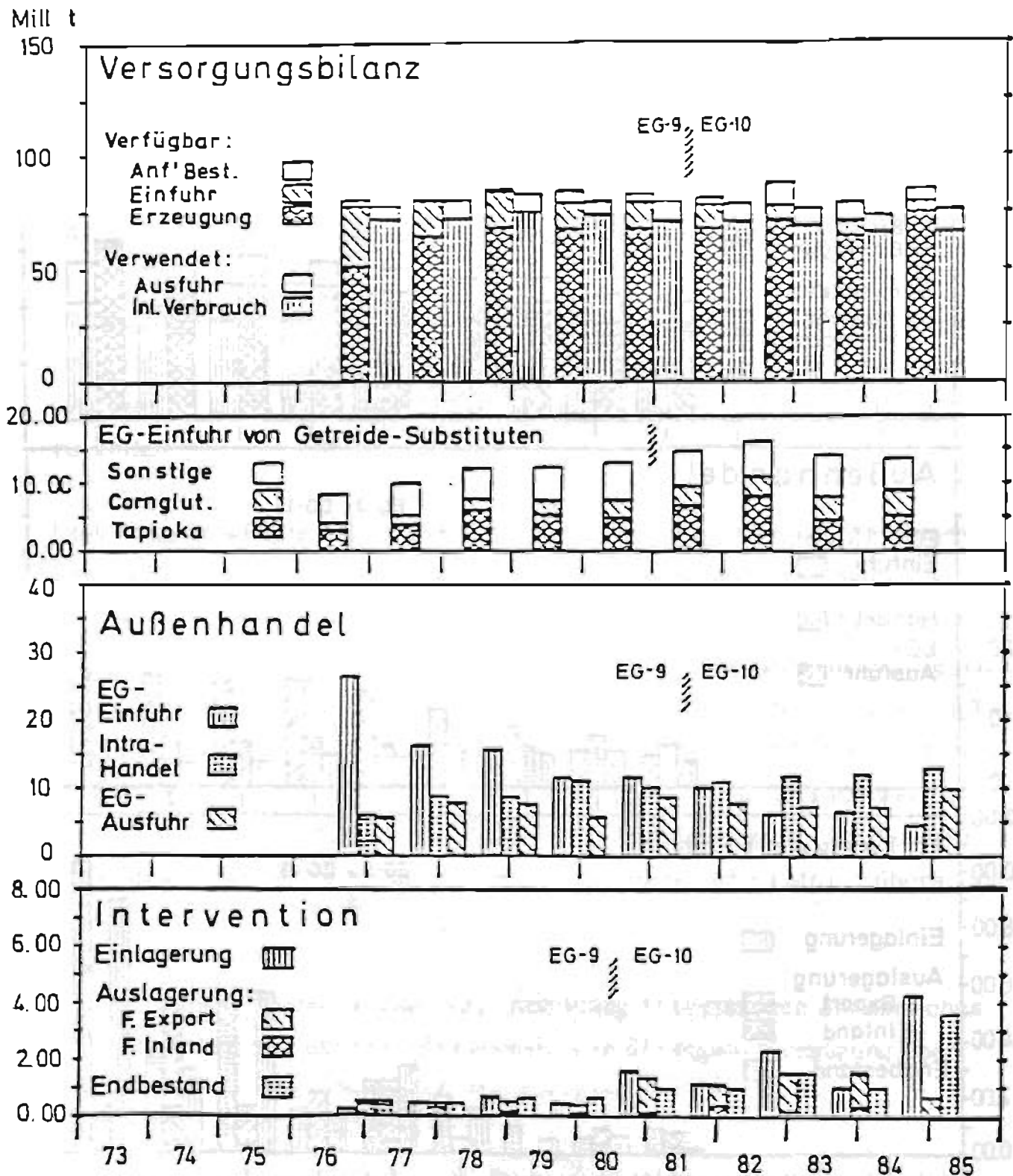
Da der Futtergetreidemarkt stark durch die Einfuhren an Getreidesubstituten belastet wird, dürfte es zweckmäßig sein, an dieser Stelle auf

Abb. 5: Der Markt der EG für Weizen



Quelle: Manegold, D., Aspekte gemeinsamer Agrarpolitik 1985, Agrarwirtschaft, H.12, 1985

Abb. 6: Der Markt der EG für sonstiges Getreide



Quelle: Manegold, D., Aspekte gemeinsamer Agrarpolitik 1985, Agrarwirtschaft, H12, 1985

die Problematik dieser Einfuhren einzugehen. Sie ist darin begründet, daß im Rahmen des allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens die EG gegen Zugeständnisse der übrigen Mitglieder einer Konsolidierung der Zollsätze für diese Produkte zugestimmt hat, wobei für Tapioka ein Zollsatz von 6%, für die übrigen Getreidesubstitute, mit Ausnahme von Kleie, ein Zollsatz von Null festgelegt wurde. Da diese Produkte bezogen auf den Futterwert preisgünstiger sind als das der Getreidemarktordnung unterliegende Futtergetreide, wurde Getreide mehr und mehr aus den Futtermischungen verdrängt, und die Einfuhr von Substituten nahm zu. Sie erreichte, was in der öffentlichen Diskussion leicht übersehen wird, 1982 mit 16,5 Mio. t ihren höchsten Wert und ist seither rückläufig. 1983 wurden noch 14,1 Mio. t importiert, 1984 13,6 Mio. t. An erster Stelle unter den Getreidesubstituten steht Tapioka mit Jahresmengen von 4,5 bis 5 Mio. t, an zweiter Stelle Maiskleberfutter mit 3,6 bis 3,7 Mio. t, der Rest entfällt im wesentlichen auf Schalen von Zitrusfrüchten und Kleie.

In den eher rückläufigen Einfuhren schlägt sich vor allem das 1982 mit Thailand abgeschlossene Selbstbeschränkungsabkommen nieder, nach dem die Liefermengen in den beiden ersten Jahren auf 5 Mio. t und danach auf 4,5 Mio. t begrenzt wurden, mit der Möglichkeit einer Aufstockung um jeweils 10 %. Als Gegenleistung verpflichtete sich die Gemeinschaft, Thailand bei der Diversifizierung seiner Landwirtschaft finanziell zu unterstützen.

Beim Außenhandel mit Futtergetreide wird der abnehmende Einfuhrbedarf deutlich. Wurden im Wirtschaftsjahr 1976/77 noch 26 Mio. t importiert, so waren es im Wirtschaftsjahr 1984/85 nur noch 4 Mio. t, denen bereits eine Ausfuhr von 8 Mio. t gegenüberstand.

Die Intervention beschränkte sich in der Vergangenheit weitgehend auf die Herausnahme gelegentlich auftretender Spitzen, so wie es die Absicht der

Getreidemarktordnung war. 1984/85 mußten jedoch auch bei Futtergetreide größere Mengen interveniert werden, wovon nur ein kleiner Teil in den Export abgegeben werden konnte, während sich der überwiegende Teil am Ende des Wirtschaftsjahres noch in den Lägern befand.

Natürlich konnten die zunehmenden Überschüsse nicht ohne Auswirkungen auf die Kosten der Getreidemarktordnung bleiben. Hatren Sie 1974 noch bei 400 000 ERE gelegen, so waren es 1985 bereits 2,3 Mrd. ECU, oder 5,3 Mrd. DM. Im laufenden Jahr werden die Kosten der Getreidemarktordnung mit 3 Mrd. ECU, das sind 6,8 Mrd. DM veranschlagt. Davon entfallen 3,5 Mrd. DM auf Erstattungen und 3,3 Mrd. DM auf Interventionen.

Analysiert man die Ursachen der Steigerung der Getreideproduktion, so ist festzustellen, daß während der letzten fünf Jahre weder in der EG noch in der Bundesrepublik die Anbauflächen ausgedehnt wurden (vgl. Tabelle 3). Auch die Verlagerung zu ertragsreicheren Getreidearten, insbesondere die Expansion der Wintergerste, scheint zu einem gewissen Abschluß gekommen zu sein. Lediglich bei Körnermais ist in der EG noch eine Ausdehnung zu Lasten anderer Getreidearten festzustellen.

Motor des Produktionsanstieges ist der Anstieg der Hektarerträge, die sich in der EG zwischen 1981 und 1984 im Durchschnitt aller Getreidearten von rund 44 dt/ha auf 54 dt/ha erhöhten und auch in dem ungünstigeren Jahr 1985 nicht wesentlich unter das Vorjahr zurückfielen. Bei Weizen folgte zwischen 1981 und 1984 ein Anstieg von 43 dt/ha auf 56 dt/ha.

In der Bundesrepublik ergeben sich für Getreide insgesamt nur geringe Abweichungen gegenüber der Gemeinschaft insgesamt. Bei Weizen erfolgte zwischen 1981 und 1984 ein Anstieg von rund 51 dt/ha auf fast 63 dt/ha, und auch hier wurde das Rekordniveau 1985 nur geringfügig unterschritten.

Tabelle 3: Anbauflächen, Erträge und Ernten von Getreide und Kartoffeln in der EG-10 und der BR Deutschland

Einheit	EG-10					Veränderung 1985 : 1984 In %		darunter BR Deutschland					Veränderung 1985 : 1984 In %	
	1981	1982	1983	1984 1)	1985 2)	1985 : 1984 In %	1981	1982	1983	1984	1985 1)	1985 : 1984 In %		
1000 ha	12697	12991	13170	13622	13150	-3,5	1632	1578	1655	1634	1611	-1,4		
dt/ha	42,8	46,1	45,1	56,0	51,9	-7,3	50,9	54,7	54,4	62,6	60,8	-2,9		
1000 t	54312	59895	59397	76232	68300	-10,4	8313	8632	8998	10223	9792	-4,2		
1000 ha	712	634	677	716	697	-2,7	500	422	457	450	437	-2,9		
dt/ha	34,7	38,1	35,2	43,0	42,3	-1,6	35,9	40,3	36,0	44,0	42,9	-2,5		
1000 t	2474	2413	2380	3081	2950	-4,3	1793	1702	1646	1981	1877	-5,2		
1000 ha	9690	9304	8900	8536	8480	-0,6	2044	2021	2035	2006	1949	-2,8		
dt/ha	40,8	44,6	40,7	51,8	49,1	-5,2	42,5	46,8	44,0	51,3	49,7	-3,1		
1000 t	39542	41481	36228	44250	41600	-6,0	8687	9460	8944	10284	9690	-5,8		
1000 ha	2019	2088	1748	1674	1692	+1,1	825	888	729	669	695	+3,9		
dt/ha	35,1	36,9	31,3	40,9	40,5	-1,0	38,8	42,5	34,1	44,5	47,3	+6,3		
1000 t	7131	7702	5470	6854	6850	+0	3200	3777	2489	2973	3290	+10,7		
1000 ha	2868	2986	3014	3082	3160	+2,5	129	160	169	182	177	-2,3		
dt/ha	64,6	66,3	65,9	65,2	66,8	+2,4	64,6	65,8	55,3	57,0	62,5	+9,6		
1000 t	18517	19796	19852	20095	21100	+5,0	832	1054	934	1026	1109	+8,0		
1000 ha	28086	28096	27614	27757	27340	-1,5	5130	5069	5044	4941	4871	-1,4		
dt/ha	43,6	46,9	44,8	54,4	51,7	-5,0	44,5	48,6	45,6	53,6	52,9	-1,3		
1000 t	122450	131713	123773	151068	141300	-6,5	22826	24625	23011	26487	25758	-2,8		

1) vorläufig.- 2) geschätzt.- 3) einschl. Sorghum und Hirse.

Quelle: Uhlmann, F., Die Märkte für Getreide und Kartoffeln, Agrarwirtschaft, II, 12, 1985.

Neuere Entwicklung der EG-Markt- und Preispolitik für Getreide

Die in der EG-Getreidemarktordnung für die einzelnen Getreidearten festgelegten Richtpreise waren ursprünglich als Zielgrößen für die Einkaufspreise des Großhandels gedacht. Aufgrund der durch Überschüsse geprägten Marktsituation, bei der die Preise sehr viel mehr durch die Interventionspreise und -bedingungen bestimmt werden, haben sie diese Funktion jedoch weitgehend verloren. Sie sind heute im Grunde genommen nur noch Ausgangsgröße für die Berechnung der Schwellenpreise. Maßgeblich sind die für alle Getreidearten einheitlichen Interventionspreise.

Etwas komplizierter ist der im Rahmen des Silomodells erstmals 1977/78 eingeführte Referenzpreis für "zur Brotherstellung geeignetem Weichweizen" (Backweizen). Der Referenzpreis, der fälschlicherweise immer als eine Art "vollwertiger Interventionspreis auf einem etwas höheren Niveau" interpretiert wird, gilt für eine sogenannte "mittlere Qualität" und eine sogenannte "Mindestqualität". Für die Intervention maßgeblich ist der Referenzpreis für die Mindestqualität. Er liegt z. Zt. noch um 5 % über dem einheitlichen Interventionspreis, nachdem der ursprüngliche Preisabstand einmal 15 % betragen hatte. Die Intervention von Brotweizen zum Referenzpreis ist zeitlich und mengenmäßig begrenzt. In den beiden letzten Jahren erfolgte nur eine Anfangsintervention, während der ersten drei Monate nach der Ernte, und auch diese nur bis zu einer Gesamtmenge von 3 Mio. t.

Was die Höhe der Marktordnungspreise (vgl. Tabelle 4) betrifft, so verfolgt die Kommission seit 1976 eine vorsichtige Preispolitik. Sie wurde in den letzten Jahren deutlich verschärft. Für 1984/85 wurden die Interventionspreise für Weichweizen und Futtergetreide, ausgedrückt in ECU, um 1 % gesenkt. Beim Referenzpreis für Backweizen der Mindestqualität ergab sich unter Berücksichtigung der Annäherung an den Interventionspreis sogar eine Senkung um 4 %.

Tabelle 4:

Preise der EG-Getreidemarktordnung

GWJ	ECU/t	DM/t	Veränderung 1985/86 gegenüber ...	
			DM/t	%
<u>Interventionspreis für Weichweizen, Gerste und Mais</u>				
1983/84	184,58	466,76	-36,48	-7,8
1984/85 (bis 31.12.84)	182,73	462,08	-31,80	-6,9
1984/85 (ab 1.1.85)	182,73	438,17	- 7,89	-1,8
1985/86	179,44	430,28		
<u>Referenzpreis für Backweizen der Mindestqualität</u>				
1983/84	203,67	515,03	-63,24	-12,3
1984/85 (bis 31.12.84)	195,52	494,42	-42,63	-8,6
1984/85 (ab 1.1.85)	195,52	468,84	-17,05	-3,6
1985/86	188,41	451,79		
<u>Roggen ohne Brotroggenzuschlag</u>				
1983/84	184,58	466,76	-32,18	-6,9
1984/85 (bis 31.12.84)	184,58	466,76	-32,18	-6,9
1984/85 (ab 1.1.85)	184,58	442,61	- 8,03	-1,8
1985/86	181,23	434,58		
<u>Roggen mit Brotroggenzuschlag</u>				
1983/84	192,02	485,57	-33,15	-6,8
1984/85 (bis 31.12.84)	192,02	485,57	-33,15	-6,8
1984/85 (ab 1.1.85)	192,02	460,45	- 8,03	-1,7
1985/86	188,67	452,42		
<u>Reports</u>		<u>Umrechnungskurse (1 ECU = ...)</u>		
2,57 ECU/t		1983/84 2,52875 DM		
bis 31.12.1984 6,50 DM/t		1984/85 (bis 31.12.84) 2,52875 DM		
ab 01.01.1985 6,16 DM/t		1984/85 (ab 01.01.85) 2,39792 DM		
		1985/86 2,39792 DM		

Besonders dramatisch gestaltete sich die Preistrunde für das Jahr 1985/86.

Um einem Ausufern der Getreideproduktion durch eine restriktive Preispolitik entgegenzuwirken, hatte der EG-Ministerrat erstmals für 1982/83 die Anwendung einer Produktionsschwelle beschlossen. Sofern die Getreideproduktion im Durchschnitt der letzten drei Jahre eine bestimmte Menge überschritt, sollte die Anhebung der Getreidepreise im folgenden Jahr je 1 Mio. Tonnen Überschreitungsmenge im 1 %-Punkt gekürzt werden. Die Garantieschwelle erhöhte sich automatisch um die 15 Mio. t überschreitende Menge der Einfuhren an Getreidesubstituten. Die Kürzung der Preisanhebungen wurde auf maximal 5 %-Punkte begrenzt.

Die Produktionsschwelle 1984/85 betrug 121,3 Mio. t. Infolge der Rekord-ernte von 1984 ergab sich für den Dreijahresdurchschnitt 1982 bis 1984 eine durchschnittliche Produktion von 128 Mio. t, die die Produktionsschwelle um fast 7 Mio. t überschritt. Da die Substituteneinfuhr im Referenzjahr unter die Schwelle von 15 Mio. t zurückgegangen war, hätte aufgrund des vom Ministerrat beschlossenen Regelmechanismus im Wirtschaftsjahr 1985/86 die Anhebung der Getreidepreise um den Höchstsatz von 5 %-Punkten gekürzt werden müssen.

Die Kommission trug dieser Entwicklung in ihren Preisvorschlägen für das Wirtschaftsjahr 1985/86 Rechnung, indem sie für Getreide Preissenkungen von 3,6 % vorschlug. Dies löste in der Bundesrepublik eine heftige Gegenreaktion aus, durch die der früher vom Ministerrat beschlossene Regelmechanismus zunächst infrage gestellt und schließlich außer Kraft gesetzt wurde. Im Laufe der Verhandlungen wurde der Kommissionsvorschlag aufgrund des deutschen Widerstandes auf eine Preissenkung von 1,8 % zurückgenommen. Gegen diese Preissenkung legte der deutsche Landwirtschaftsminister bekanntlich ein Veto ein. Da aufgrund des deutschen Vetos kein Ministerratsbeschluß zustande kam, die Kommission jedoch für den Voll-

zug der Marktordnungen verantwortlich war, setzte sie im Rahmen ihrer Verantwortung die Richtpreise, Interventionspreise und Schwellenpreise so fest, daß sie ihren Vorschlägen in der letzten Verhandlungsrunde entsprachen.

Die harte Haltung des Bundeslandwirtschaftsministers hat der Landwirtschaft kaum die erhofften Vorteile gebracht, zumal nach der Ernte deutlich wurde, daß die tatsächlichen Marktpreise praktisch kaum noch in einer Beziehung zu den Ministerratsbeschlüssen standen. Getreide wurde gegenüber dem Vorjahr unmittelbar nach der Ernte nur zu etwa um 10 % verminderten Preisen aufgenommen, Braugerste sogar nur zu einem um etwa 15 % niedrigeren Preis. Damit gingen die Preisenkungen erheblich über die 5 % hinaus, die der deutschen Landwirtschaft im Vorgriff auf den zum 1. Januar 1985 beschlossenen Abbau des Währungsausgleichs seit Beginn des Wirtschaftsjahres 1984/85 zugestanden worden waren.

Für den Verfall der Getreidepreise unmittelbar nach der letztjährigen Ernte gibt es mehrere Gründe. Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß durch den Währungsausgleich zwischen der Bundesrepublik und Frankreich nicht die gesamte Preisdifferenz ausgeglichen wird, da der positive deutsche Währungsausgleich um 1 Prozentpunkt, der negative französische Währungsausgleich um 1,5 Prozentpunkte gekürzt wird, was französischen Getreidelieferungen in der Bundesrepublik bereits einen Preisvorteil von 2,5 % einräumte. Hinzu kommt, daß in Frankreich die Interventionsbedingungen ungünstiger sind, so daß ein Absatz in der Bundesrepublik für den französischen Handel vorteilhafter ist als eine Andienung zur Intervention in Frankreich. An sich müßten diese Vorteile durch die höheren Frachtkosten ausgeglichen werden, jedoch sind die Frachtraten für den internationalen Verkehr in Frankreich - wahrscheinlich aufgrund von Subventionen - so niedrig, daß sie diese Ausgleichsfunktion nicht erfüllen.

Besonders destabilisierend wirkte sich die Tatsache aus, daß für das Wirtschaftsjahr 1985/86 die Anfangsintervention für Backweizen durch eine Schlußintervention ersetzt worden war. Die Tatsache, daß Weizen nur während der drei letzten Monate des Wirtschaftsjahres in die Intervention gegeben werden kann, verunsicherte den Handel dermaßen, daß er zu Beginn des Wirtschaftsjahres nur bereit war, Weizen zu niedrigsten Preisen aufzunehmen.

Erst einige Wochen nach der Ernte stabilisierten sich die Getreidepreise des letzten Jahres, als deutlich wurde, daß in Großbritannien aufgrund der schlechten Qualität des dort geernteten Weizens - in Großbritannien werden weitgehend nicht-backfähige Massenweizen angebaut - größere Mengen an Aufmischweizen benötigt wurden, für deren Lieferung sich vor allem die Ernte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen anboten. Als weitere Hilfe kam das Niedrigwasser auf dem Rhein hinzu, durch das französische Getreidelieferungen in die Bundesrepublik zunächst verteuert, später weitgehend unmöglich gemacht wurden. Erst das Zusammenwirken dieser Faktoren bewirkte, daß es in den letzten Wochen zu einem Preisanstieg auf den Getreidemärkten kam, durch die die unmittelbar nach der Ernte eingetretenen Preissenkungen weitgehend wettgemacht wurden.

Das Memorandum der EG-Kommission zur Reform der Getreidemarktordnung

Die EG-Kommission ist sich darüber **im klaren, daß auf dem Getreidemarkt bald etwas geschehen muß, wenn ein weiteres Ausufern der Produktion verhindert werden soll. Sie hat daher im November letzten Jahres ein Memorandum zur Reform des Getreidemarktes vorgelegt, mit dem sie sich deutlich von früheren Vorschlägen, wie sie beispielsweise noch in ihrem "Grünbuch" vom Juli letzten Jahres enthalten waren, unterscheidet.**

Nach ihren jüngsten Vorstellungen hält die Kommission Preissenkungen als alleiniges Instrument für die Herbeiführung eines Marktgleichgewichtes für ebensowenig realisierbar wie die Einführung eines Quotensystems. Nach ihrer Auffassung müßten Preissenkungen eine Größenordnung von etwa 20% erreichen, wenn ein weiteres Anwachsen der Überschüsse verhindert werden soll, was für nicht zumutbar gehalten wird.

Stattdessen hat die Kommission vorgeschlagen, eine Mitverantwortungsabgabe für Getreide einzuführen. Sie soll langfristig so ausgerichtet werden, daß die Finanzierung der Überschüsse daraus bestritten werden kann. Zu diesem Zweck soll zunächst eine Referenzmenge festgelegt werden, die sich aus der auf dem Binnenmarkt ohne Subventionen absetzbaren Getreidemenge zuzüglich der Importe an Getreidesubstituten ergibt. Für die darüber hinausgehende Menge sollen die Kosten für den Absatz auf dem Weltmarkt allmählich von den Erzeugern selbst aufgebracht werden.

Nach den bisher vorliegenden Berechnungen müßte zur Unterbringung der über die Referenzmenge hinausgehenden Getreidemenge am Weltmarkt eine Abgabe von 6 % auf die verkaufte Getreidemenge erhoben werden. Die Kommission hat vorgeschlagen, zunächst die Hälfte dieses Satzes anzuwenden, d.h. Getreideverkäufe mit einer Abgabe von 3 % zu belasten. Zur Entlastung von Kleinbetrieben soll die Abgabe nur erhoben werden, soweit die Verkäufe eine Freimenge von 25 t je Betrieb übersteigen.

Ergänzend zu der Mitverantwortungsabgabe hat die Kommission vorgeschlagen, die Interventionsbedingungen für Getreide drastisch zu verschärfen. Dieser Vorschlag ist in ihren Anfang Februar der Öffentlichkeit übergebenen Preisvorschlägen für das Wirtschaftsjahr 1986/87 näher ausgeführt worden. Nach den Vorstellungen der Kommission soll die besondere Stützung für Brotweizen, die bislang über die Intervention zum Referenzpreis gewährt wurde, entfallen. Stattdessen sollen die Qualitätskriterien für Backweizen

allgemein für Weichweizen angewandt werden, der den Marktordnungsstellen angeboten wird. Weizen, der den Teigttest nicht besteht oder eine Fallzahl von weniger als 220 Sec. hat, soll mit einem Preisabschlag von 5 % belegt werden. Darüber hinaus soll es Preisabzüge in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt geben. Sofern dieser die Richtmarke von 11,5 % unterschreitet, soll je halben Prozentpunkt Mindergehalt eine Preiskürzung um 1 % vorgenommen werden. Hier ist ebenfalls eine maximale Abzugsrate von 5 % vorgesehen, die bei einem Eiweißgehalt von weniger als 9,5 % erreicht würde. Die Abzüge für Teigttest, Fallzahl und Eiweißgehalt sollen nicht kumulativ erfolgen. Zusätzliche Abzüge soll es jedoch geben, wenn das Standard-Hektolitergewicht nicht erreicht wird, das für Weizen von bisher 75 kg/hl auf 76 kg/hl angehoben werden soll, während die Kommission das Mindestgewicht von 68 kg/hl auf 72 kg/hl erhöhen möchte. Zwischen Standard- und Mindestgewicht soll pro fehlendem kg ein Preisabzug von 0,5 % berechnet werden.

Mit der Umstellung der Qualitätspolitik bei Weichweizen begründet die Kommission ihre Absicht, auch für Gerste mit einem niedrigeren Hektolitergewicht als 69 kg/hl bei der Intervention Preisabzüge vorzunehmen. Die Kommission hat eine Skala vorgeschlagen, die mit einer Preiskürzung um 1,5 % bei einem Hektolitergewicht 69 kg und 68 kg beginnt und mit einer Verringerung um 9 % bei einem Hektolitergewicht zwischen 64 kg und 63 kg endet. Dazwischen erhöht sich der Abschlag pro kg Mindergehalt um jeweils 1,5 %. Schließlich soll noch die ganzjährige Intervention durch eine auf den Zeitraum 1. Dezember bis 30. April beschränkte Intervention ersetzt werden.

Als allgemein gravierende Verschärfung für sämtliche Getreidearten kommt schließlich noch eine Herabsetzung des bei der Intervention zulässigen Feuchtigkeitsgehalts von 16 % auf 14 % hinzu. Außerdem soll der erlaubte Auswuchsanteil von 8 % auf 6 % verringert werden.

Abweichend von der letztjährigen Preisrunde verfolgt die Kommission in diesem Jahr die Strategie, für die nominalen Interventionspreise eine Null-Runde vorzuschlagen, mit Ausnahme von Roggen, für den der Interventionspreis um 1 % gesenkt werden soll. Dafür sollen jedoch die Interventionsbedingungen sehr drastisch geändert werden, was für den Erzeuger Preis-senkungen zur Folge hat, deren Höhe inzwischen mit etwa 12 - 14 % beziffert wurden.

Daß dieser Kommissionsvorschlag bei den Landwirten auf heftige Kritik gestoßen ist, ist sicher verständlich. Vor allem wehrt man sich gegen die Aushöhlung der Intervention, während man sich mit der Mitverantwortungsabgabe allein wohl noch abfinden könnte, zumal in der Bundesrepublik aufgrund der Freimengenregelung weniger als die Hälfte der Betriebe davon betroffen würde. Daß die Erzeuger auch die Mitverantwortungsabgabe nur ungern akzeptieren, versteht sich von selbst. Die Kommission hat jedoch angedeutet, daß sie bei einer Ablehnung der Mitverantwortungsabgabe eine Senkung der Interventionspreise um etwa 5 % vorschlagen müßte.

Vorschläge zur Eindämmung der Überschüsse insbesondere auf dem Getreidemarkt

Unabhängig von den jüngsten Kommissionsvorschlägen sind in der letzten Zeit unterschiedliche Modelle zur Eindämmung der Überschüsse diskutiert worden. Sie sollen hier wenigstens genannt werden, auch wenn die verfügbare Zeit es nur erlaubt, einige Stichworte dazu zu sagen.

1. Flächenstilllegungsprämien:

Flächenstilllegungsprämien sind in verschiedenen Formen vorgeschlagen worden: Als Angebot an alle Landwirte, auf die Bestellung eines Teils ihrer Fläche (vor allem bei Getreide) gegen Gewährung einer Prämie zu verzich-

ten und als Angebot an ältere Landwirte ohne Hofnachfolger, ihre gesamte Nutzfläche gegen ein vorgezogenes Altersgeld in Verbindung mit einer flächenbezogenen Prämie Zwecken des Naturschutzes oder des ökologischen Ausgleichs zuzuführen. Grundsätzlich wären bei der derzeitigen Marktsituation solche Prämien billiger als die Verwertung der Überschüsse, die auf den betreffenden Flächen erzeugt werden. Untersuchungen in Schleswig-Holstein haben gezeigt, daß dort bei betriebswirtschaftlich richtigem Verhalten der Landwirte eine Prämie von 800 DM/ha eine Verringerung der Getreidefläche um 16 % und der Getreideproduktion um 10 % auslösen könnte, da für Landwirte, die einen geringeren Deckungsbeitrag erzielen, die Inanspruchnahme der Prämie günstiger wäre. Für die öffentliche Hand wäre die Gewährung der Prämie billiger, da bisher je Hektar überschüssiger Getreidefläche etwa 850 DM gezahlt werden mußten, bei den gegenwärtigen Preisverhältnissen sind es sogar 1 200 DM. Ungelöst ist das Problem, daß bei hohen Stilllegungsprämien das Angebot an Pachtland zum Erliegen käme.

Bei der zweiten Form von Stilllegungsprämien, so wie sie in dem vom Bundeslandwirtschaftsminister vorgeschlagenen "Sozialen Marktentlastungsprogramm" vorgesehen sind, stellt sich das Problem, daß sie wahrscheinlich vor allem in Regionen mit ungünstigen Standortbedingungen in Anspruch genommen werden, d. h. dort, wo die Landwirtschaft noch relativ extensiv betrieben wird und ein gesellschaftliches Interesse an der Weiterführung dieser Landwirtschaft besteht, durch das die Gewährung der Ausgleichszulage nach dem Bergbauernprogramm begründet wird. Selbst wenn es gelänge, innerhalb der EG einige Jahre nach Anlaufen eines solchen Programms 5 Mio. ha stillzulegen, würde das nur eine vorübergehende Entlastung darstellen, da bei unverminderter Wirksamkeit des technischen Fortschritts die stillzulegende Fläche Jahr für Jahr um 0,7 Mio. ha erhöht werden müßte.

2. Umwidmung von Flächen für Produkte, an denen die EG einen Einfuhrbedarf hat:

Maßnahmen dieser Art erscheinen plausibel, jedoch darf nicht vergessen werden, daß bei den gegenwärtigen Preisverhältnissen damit Marktordnungskosten verbunden sind, die höher liegen als die Marktordnungskosten für einen Hektar überschüssiger Getreidefläche. Für Raps müssen gegenwärtig Beihilfen in Höhe von 1.600 DM/ha gezahlt werden, für Ackerbohnen 1.200 DM/ha, da diese Produkte ohne Zollbelastung eingeführt werden können und daher vom Markt nur aufgenommen werden, wenn sie so weit verbilligt werden, daß sie gegenüber den unbelasteten Einfuhren konkurrenzfähig sind.

3. Produktion nachwachsender Rohstoffe:

Angesichts der überfüllten Märkte erscheint dies als verlockende Alternative. Dabei ist sowohl an Rohstoffe für die industrielltechnische Verarbeitung als auch an Rohstoffe zur Energieerzeugung zu denken. Innerhalb der EG werden nicht unbeträchtliche Mengen an Zucker, Stärke und Pflanzenölen als Grundstoffe für die chemische Industrie gebraucht. Sie werden allerdings nur aufgenommen, wenn sie zu Weltmarktbedingungen zur Verfügung stehen, d.h. es muß auch in diesem Fall eine Verbilligung auf das Weltmarktniveau erfolgen. Sie ist trotzdem weniger problematisch als Exporterstattungen, da damit zumindest der Weltmarkt nicht zusätzlich belastet wird. Nachwachsende Rohstoffe zur Energieerzeugung sind z. Z. noch nicht konkurrenzfähig, auch dann nicht, wenn die eingesparten Marktordnungskosten zu ihrer Verbilligung eingesetzt werden. Dies kann sich jedoch ändern, wenn bei weiter sinkenden Weltmarktpreisen die pro Einheit notwendigen Exporterstattungen zunehmen, die Erdölpreise wieder steigen und es gelingt, durch höhere Erträge in Verbindung mit effizienteren Konversionsverfahren die Produktionskosten zu senken. Es ist sicher richtig, den

dafür notwendigen Forschungsaufwand jetzt zu erhöhen, auch wenn innerhalb der nächsten fünf Jahre von dieser Seite keine fühlbare Marktentlastung zu erwarten ist.

4. Kontingentierung:

Sofern die bisher genannten Maßnahmen nicht ausreichen, die Überschüsse auf ein erträgliches Maß zurückzuführen, stellt sich die Kernfrage, ob man nicht zu Maßnahmen Zuflucht nehmen muß, die auch vor dem Mittel des Zwangs nicht zurückschrecken. Unter den Landwirten wächst die Bereitschaft, Maßnahmen dieser Art nicht auszuschließen. Der Bauernverband hat angedeutet, daß er, wenn alle anderen Mittel versagen, bereit wäre, eine Ausdehnung der Kontingentierung über die Märkte für Milch und Zucker hinaus in Kauf zu nehmen, um damit der Preispolitik wieder Spielraum zu verschaffen.

Bei Getreide wäre die Kontingentierung verwaltungsmäßig nur schwer einzuführen, da ein Flaschenhals in der Vermarktung fehlt. Sie müßte im übrigen auch die Anbaufläche bzw. die Gesamtproduktion betreffen und nicht die vermarktete Produktion, da sonst ein Anreiz geschaffen würde, stärker in die Veredelungsproduktion auszuweichen, womit das Problem nur auf einen anderen Markt verlagert würde. Kontingentierungen, die an der Fläche ansetzen, wären mit einem hohen Überwachungsaufwand verbunden, wobei ein wesentlicher Teil der Überwachung durch die Landwirte selbst erfolgen müßte. Daß dies mit erheblichen Belastungen des sozialen Klimas in den Dörfern verbunden wäre, bedarf sicher keiner Betonung.

5. Preissenkungen:

Von Ökonomen und Agrarpolitikern der liberalen Schule wird vorgeschlagen, die Preisstützung innerhalb der EG abzubauen und somit das Preisniveau an

das des Weltmarktes anzunähern. Es ist zu vermuten, daß die von der Natur begünstigten Agrargebiete auch zu diesen Bedingungen noch mithalten können, allerdings mit einer gegenüber der heutigen deutlich veränderten Agrarstruktur. Unter ungünstigen Bedingungen käme die landwirtschaftliche Produktion wahrscheinlich weitgehend zum Erliegen. Es wäre jedoch nicht sinnvoll, wenn die Landwirtschaft dort, wo sie in einer vergleichsweise extensiven Form integraler Bestandteil des Ökosystems ist, aufgegeben würde, während auf den begünstigten Standorten die Produktion in großbetrieblicher Form mit hoher Intensität weiter betrieben würde. Auch eine starke Freisetzung von Arbeitskräften kann in der gegenwärtigen gesamtwirtschaftlichen Situation nicht sinnvoll sein.

6. Restriktive Preispolitik in Verbindung mit Ausgleichszahlungen:

Da der Preis nicht gleichzeitig die Funktion erfüllen kann, ein Gleichgewicht auf den Agrarmärkten und eine Sicherung der landwirtschaftlichen Einkommen zu gewährleisten, wurde von Wissenschaftlern schon seit langem der Vorschlag gemacht, den Preis wieder stärker in den Dienst des Marktgleichgewichtes zu stellen und zur Sicherung der landwirtschaftlichen Einkommen direkte Ausgleichszahlungen einzusetzen. Von den Trägern der Agrarpolitik wurde dieser Vorschlag nicht aufgegriffen. Angesichts der weitgehenden Handlungsunfähigkeit der Preispolitik ist unter den Landwirten die Bereitschaft deutlich größer geworden, unvoreingenommen über direkte Ausgleichszahlungen zu diskutieren.

Das Argument, sie seien nicht zu finanzieren, gilt nur insoweit, als die dafür erforderlichen Mittel nicht ausschließlich durch Umschichtung innerhalb des gegebenen Haushaltsvolumens mobilisiert werden können. Es läßt sich jedoch nachweisen, daß eine Finanzierung sehr wohl gegeben ist, wenn es gelingt, einen Teil der Mittel, die die Verbraucher bei der Verwirklichung des gleichen Einkommenszieles über die Preispolitik aufbringen

müßten, in öffentliche Einnahmen umzuwandeln. Das Odium einer Sozialhilfe könnte direkten Einkommensübertragungen genommen werden, wenn in der Öffentlichkeit deutlich gemacht wird, daß es sich dabei um ein Entgelt für von der Landwirtschaft erbrachte Wohlfahrtsleistungen handelt. Von den drei Leistungen, die die Landwirtschaft erbringt, die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln, die Erhaltung funktionsfähiger ländlicher Räume und die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen, wird bislang nur die Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse vergütet. Die beiden übrigen Leistungen fielen als externe Effekte mehr oder weniger automatisch mit an. Je weniger es möglich und sinnvoll ist, alle Leistungen der Landwirtschaft über den Preis für Nahrungsmittel abzugelten, desto notwendiger wird es, die übrigen Leistungen, für die ein hoher gesellschaftlicher Bedarf vorliegt, der sich aber nicht in einer marktmäßigen Nachfrage artikulieren kann, direkt zu vergüten.

7. Verteuerung des Produktionsmitteleinsatzes (Stickstoffsteuer):

Zu den harten Maßnahmen, die zur Begrenzung der Produktion vorgeschlagen werden, gehört auch die in letzter Zeit wieder diskutierte Verteuerung der Produktionsmittel, insbesondere die Einführung einer Abgabe für Stickstoff. Wenn eine solche Verteuerung und die damit verbundene Änderung des Verhältnisses zwischen dem Preis des Stickstoffdüngers und dem Preis der landwirtschaftlichen Erzeugnisse, insbesondere des Getreides, stark genug ist, verschiebt sich das Optimum der Düngung in den Bereich einer geringeren Intensität. Natürlich hätte dies erhebliche Folgen für die landwirtschaftlichen Einkommen. Um diese zu vermeiden, bedarf es einer differenzierten Ausgestaltung.

Es wurde vorgeschlagen, eine **drastische Erhöhung** des Stickstoffpreises nur für die Mengen vorzunehmen, die eine bestimmte Intensität übersteigen. Als Größenordnung wurde dafür ein Satz von 80 kg N/ha genannt. Die

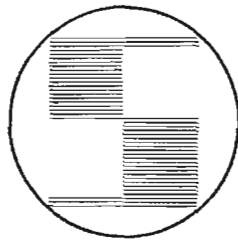
praktische Durchführung könnte im Rahmen einer Rückvergütung erfolgen. Der bei der Verteuerung der Spritzmenge für die Landwirtschaft entstehende Einkommensverlust könnte ausgeglichen werden, indem das Aufkommen aus der Stickstoffsteuer den Landwirten in Form eines Sockelbetrages je Hektar zurückerstattet wird.

Schlußbetrachtung

Es besteht weitgehende Übereinstimmung darin, daß etwas getan werden muß, um ein weiteres Ausufern der Getreideproduktion innerhalb der EG zu verhindern. Dies gilt, solange im Nicht-Nahrungsmittelbereich noch keine wirtschaftlichen Alternativen für die Verwendung von Getreide in großem Maßstab zur Verfügung stehen.

Unter den Maßnahmen zur Produktionsverringering verdienen solche, die auf Freiwilligkeit beruhen, eindeutig den Vorzug. Ob sie ausreichen werden, den gewünschten Effekt herbeizuführen, ist fraglich. Maßnahmen, die auf Zwang beruhen oder verschärfte Eingriffe in das Marktgeschehen beinhalten, sind grundsätzlich bedenklich. Wenn sie nicht ausgeschlossen werden können, so geht es darum, das kleinste Übel zu wählen.

Für die nächsten Jahre mit steigenden Preisen auf dem Getreidemarkt zu rechnen, wäre wenig realistisch. Für die Landwirtschaft kommt es deshalb darauf an, noch stärker als bisher Möglichkeiten zur Kostensenkung auszunutzen.



Motorenfabrik Anton Schlüter München · Werk Freising