

# Landtechnik von morgen

Folge

17

Vortrag von Dipl. Ing. Dr. h.c. Anton Schlüter anlässlich der 75-Jahr-Feier der landtechnischen Lehre und Forschung an der Technischen Universität Berlin am Freitag, den 28. Oktober 1977, Seite 2

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern auf der 20. Landtechnischen Informationstagung auf Gut Schlüterhof am 4. Oktober 1977 gehalten wurden.

1. Wirtschaftliche Möglichkeiten verstärkter Mechanisierung in größeren Betrieben; von Prof. Dr. Günther Steffen, Direktor des Institutes für landwirtschaftliche Betriebslehre Bonn, und Dipl.-Ing. agr. K.-H. Summermann, Seite 5
2. Wirtschaftliche Mechanisierung in jugoslawischen Großkombinaten; von Prof. Dr. Ing. Josip Bričić, Direktor des Institutes für Mechanisation der landwirtschaftlichen Fakultät, Zagreb und Dr. mr. Ing. Iwan Piria, Direktor des Institutes für Landmaschinen, Zagreb, Seite 22
3. Der Schwergrubber - ein Spezial- oder Universalgerät für die Bodenbearbeitung; von Universitäts-Dozent Dr. habil. Manfred Estler und Dipl. Ing. agr. Anton Perwanger, Institut für Landtechnik Weihenstephan, Seite 30
4. Anwendungsbereiche der Solartechnik in der Landwirtschaft; von RD Dr. Heinz Schulz, Landtechnik Weihenstephan, Seite 44

Herausgegeben von der  
MOTORENFABRIK ANTON SCHLÜTER MÜNCHEN — WERK FREISING



**Vortrag von Dipl. Ing. Dr. h. c. Anton Schlüter anlässlich der 75-Jahr-Feier der Landtechnischen Lehre und Forschung an der Technischen Universität Berlin am Freitag, den 28. Oktober 1977**

**Magnifizienz, Spektabilität, meine sehr verehrten Damen, meine Herren!**

Die heutige Feier zum 75-jährigen Jubiläum der Landtechnischen Lehre und Forschung an der Technischen Universität in Berlin ist für uns alle eine Stunde stolzer Erinnerungen an die großen Persönlichkeiten der Wissenschaft, die schon Anfang dieses Jahrhunderts die Forschung und Lehre für die Landtechnik ins Leben gerufen haben.

Diese würdige Feierstunde läßt uns auch so schnell nicht vergessen, daß gerade hier in Berlin schon seit 75 Jahren auf dem Gebiet der Lehre und Forschung für die Landtechnik immer eine hervorragende wissenschaftliche Arbeit geleistet wurde, und daß das heutige Lehr- und Forschungsinstitut für Landtechnik unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Göhlich zusammen mit über 30 wissenschaftlichen Mitarbeitern dem Ruf und der Verpflichtung, die der Nestor der deutschen landtechnischen Wissenschaft, Herr Geheimrat Dr. Gustav Fischer, hinterlassen hat, durch seine erfolgreiche Tätigkeit große Ehre macht.

Ich möchte Ihnen, sehr geehrter Herr Professor Göhlich, und allen Ihren Mitarbeitern persönlich sowie im Namen der Landmaschinen- und Ackerschleppervereinigung sehr herzlich zu diesem stolzen und ehrenvollen Jubiläum gratulieren und Sie zu Ihren Erfolgen beglückwünschen.

Ich habe die große Ehre, Ihnen die Grüße des Vorsitzenden des Vorstandes der LAV, Herrn Hans Hauser, sowie aller Vorstandsmitglieder und Mitgliedsfirmen zu übermitteln.

Diese Feierstunde gibt mir aber auch die willkommene Gelegenheit, im besonderen daran zu erinnern, daß die wissenschaftliche Tätigkeit auf dem Gebiet der Lehre und der Forschung in ständig

steigendem Maße die Entwicklungen der Landmaschinen- und Schlepperindustrie erfolgreich beeinflußt, und ich möchte an dieser Stelle für die vorbildliche Zusammenarbeit, die sich zwischen der landtechnischen Wissenschaft und unserer Industrie von Jahr zu Jahr immer enger entwickelt, aufrichtig danken.

Wir erinnern uns bei solchen Anlässen immer gerne an die sogenannte "gute, alte Zeit", in der Landwirtschaft als mehr oder weniger schöne Lebensform galt und in der auf vielen Bauernhöfen die Worte "Wissenschaft" und "Professor" gleich nach dem lieben Gott kamen, und der war unerreichbar weit weg.

Auch die beinahe avantgardistische Entwicklung von 200 und 250 PS-Dampfplügen, die in der Mitte des vorigen Jahrhunderts von England aus ging, und das große Engagement eines Max Eyth bei der Einführung dieser damaligen Super-Technik in Deutschland änderten wenig an den sonstigen einfachen und extensiven Techniken, mit denen die Landwirtschaft arbeitete und für die man zunächst wenigstens in der landwirtschaftlichen Praxis, aber auch in der damaligen Industrie, wissenschaftliche Forschung für nicht unbedingt nötig hielt.

Umso mehr bewundern wir heute den Gründer dieses ältesten deutschen Zentrums Landtechnischer Wissenschaft und seine Nachfolger, die mit einem für damalige Zeiten ungewöhnlichen Weitblick und der daraus resultierenden Überzeugung zu Beginn dieses Jahrhunderts anfangen, landtechnische Entwicklungen mit wissenschaftlichen Prüfungen zu begleiten, und damit die ersten Grundlagen für eine landtechnische Forschung zu schaffen, die heute, ebenso wie die damals schon begonnene wissenschaftliche Ausbildung landtechnischer Ingenieure, für die Industrie unentbehrlich geworden ist.

Es war immer schon eine der vornehmsten Aufgaben der Industrie, die zur Erhöhung des Lebensstandards und zur Verbesserung der Lebensqualität notwendige Technik zu entwickeln. In der Landwirtschaft wird z.B. heute mit Hilfe der modernen Landtechnik von einer Arbeitskraft allein ein Produktionsvolumen auf humanen Arbeitsplätzen erzielt, das noch vor einigen Jahren selbst für eine voll arbeitende Bauernfamilie unter härtesten Um-

weltbedingungen unerreichbar war. Und diese Entwicklung geht mit steigender Intensität weiter.

Aber die Lebenserwartungen der Menschen von heute und erst recht die Forderungen der Generation von morgen können nicht mehr allein mit den Erkenntnissen und Arbeitsmethoden von gestern in Erfüllung gehen. So wertvoll in der Vergangenheit gerade in der Landwirtschaft die Erfahrungen der Praktiker und ihr sicheres Gefühl für die richtige Methode zur richtigen Zeit waren und heute immer noch sind, so kann doch in Zukunft eine Verbesserung der Arbeitstechnik und der Arbeitsverfahren und damit eine Steigerung der Produktivität auch in der Landwirtschaft nur noch mit den exakten Ergebnissen einer fundierten Grundlagenforschung und mit dem wissenschaftlichen Nachweis praxisnaher Versuche erreicht werden.

Auch in der Landtechnik ist die Entwicklung so weit fortgeschritten, daß nur noch mit Hilfe einer gründlichen wissenschaftlichen Vorarbeit bei der Suche nach besseren technischen und physikalischen Grundlagen und mit wissenschaftlicher Unterstützung bei der Erprobung neuer Arbeitsverfahren weitere Fortschritte erzielt werden können. Die Zeit der rein empirischen Entwicklungen ist auf allen Gebieten der hochproduktiven Landtechnik vorbei.

Dies alles erfordert natürlich gleichzeitig auch eine verstärkte Aktivität **in der** Wissenschaft und **für** die Wissenschaft. Wir alle müssen uns klar darüber sein, daß die Zukunft der Landtechnik von Morgen und ebenso die Absicherung eines ausreichenden Wohlstandes in der Landwirtschaft für die kommenden Zeiten weitgehend von den Mitteln abhängen, die heute für die wissenschaftliche Forschung im Agrarbereich ausgegeben werden. Dabei brauchen wir ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Förderung der Grundlagenforschung und der Pflege der angewandten wissenschaftlichen Untersuchungen.

Eine besonders aktuelle Entwicklung unseres technischen Zeitalters macht die Integration wissenschaftlicher Arbeitsmethodik und wissenschaftlichen Denkens in die industrielle Produktion von Tag zu Tag unentbehrlicher: Alles machbar zu machen, ist die ehrgeizige Zielvorstellung der Menschen in diesem Jahrhundert der technischen Revolutionen, und sogar die Landtechnik hat mit

manchmal nicht problemlosen Ideen diese Fata Morgana vor Augen.

Heute schon z.B. wäre es möglich, die beinahe perfekte Produktivität industrieller Transferstraßen auch für landwirtschaftliche Arbeitsverfahren zu entwickeln und die technischen Vorteile moderner Hydraulik, Pneumatik und Elektronik in landwirtschaftliche Maschinen und Geräte zu integrieren. Die moderne Landtechnik ist absolut in der Lage, für alle Bereiche der landwirtschaftlichen Produktion den heutigen Stand der gesamttechnischen Entwicklungen anzubieten.

Doch die Produktivität in der Landwirtschaft hat ihre eigenen Gesetze: Auf dem Bauernhof hängt der Erfolg der menschlichen Arbeitskraft und das Ergebnis in der tierischen Produktion und bei der Ernte auf dem Feld nicht allein ab von der technischen Perfektion der verwendeten Betriebsmittel, sondern ebenso stark von der Rücksichtnahme auf ökologische Grenzen und Gesetzmäßigkeit.

In der Landwirtschaft genügt es nicht allein, so wie in der Industrie, nur die Produktivität der menschlichen Arbeitskraft zu steigern und deren Leistung mit Hilfe von Motoren und Maschinenteknik zu multiplizieren. Das allein wäre zu wenig, um im Agrarbereich alle Möglichkeiten zur Verbesserung der Produktivität auszuschöpfen.

Die Landwirtschaft hat es mit 3 lebenden Faktoren zu tun, deren Effektivität durch Leben schützende und leistungsfördernde Maßnahmen zugleich motiviert und deren Produktivität damit gesteigert werden kann. Auf dem Bauernhof gehören neben dem Menschen auch die Tiere und der Boden zu den Lebewesen, deren produktives Verhalten beeinflussbar ist.

Auch hier ist ein weites Feld, auf dem die wissenschaftliche Forschung im technischen und biologischen Bereich die industriellen Entwicklungen begleiten sollte, um wirkungsvoll dafür sorgen zu können, daß die Vorstellungen von machbarer Wirtschaftlichkeit mit Hilfe technischer Perfektion durch das Regulativ wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse über ökologische Vorgänge und deren Beachtung am Ende doch zu den gewünschten ökonomischen Ergebnissen in der landwirtschaftlichen Produktion führen.

Ohne die Hilfe wissenschaftlicher Forschung nach ständig neuen Erkenntnissen über die Auswirkung machbarer Technik auf Leben und Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze könnte so manche moderne Technologie leichter zu einem tödlichen Eingriff, als zu einer gesundheits- und leistungsfördernden Therapie werden.

Deswegen wird es in der Zukunft noch mehr wie in der Vergangenheit eine der vorrangigen Aufgaben für die landwirtschaftliche und landtechnische Forschung und Lehre sein, die wissenschaftliche Tätigkeit für ein gesundes Eingreifen der Technik auf allen Gebieten des Agrarbereichs zu intensivieren und dabei die ökonomischen Wünsche mit den ökologischen Forderungen im Gleichgewicht zu halten.

So gesehen ist die wissenschaftliche Ausbildung von Agraringenieuren, denen außer den Kenntnissen im allgemeinen Maschinenbau vor allem das spezielle Wissen für den zweckmäßigen Einsatz der Technik in der Landwirtschaft vermittelt wird, ein großes Anliegen der Landmaschinen- und Schlepperindustrie.

Der Einsatz der top-Technik in der Landwirtschaft erfordert in Zukunft den top-fitten Spezialingenieur im Landmaschinenbereich, dem aus Lehre und Praxis neben seinem Ingenieurwissen auch die Kriterien der Technik für die Landwirtschaft ausreichend bekannt sind.

Der wissenschaftliche Sachverstand der Landtechnischen Lehre und Forschung zur Unterstützung der Industrie gegenüber Behörden und Prüfstellen bei der Ausarbeitung neuer Normen und Vorschriften ist für die Landmaschinen- und Schlepperindustrie schon lange unentbehrlich geworden.

Die Entwicklung notwendiger Technologien für die Landwirtschaft wird immer häufiger durch subjektive Wunschvorstellungen anderer Interessengruppen erschwert.

Der wissenschaftliche Nachweis für Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit neuer Techniken im Interesse der Landwirtschaft wird deswegen auch für die Landmaschinen- und Schlepperindustrie von immer größerer Bedeutung.

Außerdem ist die im Agrarbereich tätige Wissenschaft im Interesse der Landwirtschaft immer eine Garantie dafür, daß keine nur von Behörden oder allein von der Industrie gewünschten Entscheidungen getroffen werden.

Die Landtechnischen Institute und Forschungsanstalten bieten hier schon seit vielen Jahrzehnten hervorragende Mitarbeit, ohne die so manche erfolgreiche Entwicklung in der Landtechnik nicht oder nicht so schnell möglich gewesen wäre. Gerade das Berliner Institut geht dabei mit gutem Beispiel voran und leistet unter erschwerten Bedingungen auf der "Berliner Insel im Roten Meer" eine besonders wertvolle wissenschaftliche Unterstützung für die Landmaschinen- und Schlepperindustrie auf dem bundesrepublikanischen Festland.

Die Weiterentwicklung der heute schon hochproduktiven Arbeitsverfahren zu noch besserer wirtschaftlicher Effektivität und die Suche nach neuen Innovationen über den hohen Stand der heutigen Landtechnik hinaus überfordern in vielen Fällen auch die Entwicklungsabteilungen und Forschungszentren großer Industriebetriebe.

Wenn der Weg der Landtechnik trotzdem sinnvoll weiter aufwärts gehen soll, wird Lehre und Forschung auf dem Gebiet der landtechnischen und landwirtschaftlichen Wissenschaften in immer stärkerem Maße die industriellen Entwicklungsversuche nicht nur prüftechnisch begleiten, sondern auch kreativ unterstützen müssen, weil in Zukunft nur noch die gemeinsame Kooperation zwischen Industrie, Wissenschaft und Praxis auch auf diesem Gebiet eine ausreichende Garantie für den echten Fortschritt sein wird. Dafür gibt es ein gutes Beispiel, das in den letzten 15 Jahren gewachsen und weit über die Grenzen unseres Landes auch international bekannt geworden ist:

Als in der Bundesrepublik Deutschland Anfang der 60iger Jahre der damals auch in Europa noch weitgehend unterentwickelte Markt für leistungsstarke Schlepper aufgebaut werden mußte, war das größte Problem die Entwicklung der dazu passenden Landmaschinen und Geräte im eigenen Land. Aus dieser Situation heraus entstand die Idee und die Form der heute zur festen Institution gewordenen Informationstagung "Landtechnik von Morgen" und der daran anschließenden Großvorführung in Freising/Weihenstephan, an der sich fast die gesamte Landmaschinen- und Geräteindustrie Jahr für Jahr mit großem Interesse beteiligt und die

zum internationalen Treffpunkt von Industrie, Wissenschaft und landwirtschaftlicher Praxis geworden ist.

Es war vor allem die Landtechnische Wissenschaft, die hier der Industrie freiwillig und großzügig die Hand zu einer Kooperation reichte, durch die der landtechnische Fortschritt, insbesondere auf dem Gebiet hochproduktiver Arbeitsverfahren, praxisnah und wissenschaftlich fundiert entscheidend gefördert werden konnte.

Auch in der Landwirtschaft liegt weltweit noch manches im argen. Vor allem in den Entwicklungsländern wächst der Hunger immer noch schneller als die landwirtschaftliche Produktion.

Die Landmaschinen- und Schlepperindustrie braucht auf dem Weg in die Zukunft an ihrer Seite mehr denn je und auf allen Gebieten die Unterstützung der Wissenschaft und die enge Zusammenarbeit mit der landtechnischen Forschung und Lehre, damit jeder weitere technische Fortschritt ein Segen für die Landwirtschaft wird und der Wohlstand bei allen Völkern dieser Welt die Oberhand behält.

## **Wirtschaftliche Möglichkeiten verstärkter Mechanisierung in größeren Betrieben<sup>1</sup>**

von Prof. Dr. Günther Steffen, Direktor des Institutes für landwirtschaftliche Betriebslehre Bonn und Dipl.-Ing. agr. K.-H. Sümmermann<sup>2</sup>.

Die landtechnische **Entwicklung** der letzten Zeit ist weniger durch die Entwicklung neuer Arbeitsverfahren als durch das Angebot größerer Schlepper und Maschinen gleicher Verfahrenstechnik gekennzeichnet. Dieser Prozeß des Größenwachstums der Technik hat zu einer weiteren Senkung des AKh-Bedarfs je Produktionseinheit, möglicherweise jedoch in kleineren Abnahmeraten als in der Zeit der Entwicklung neuer Verfahrenstechniken geführt. Dieser Effekt mußte mit einem steigenden Kapitalbedarf erkaufte werden.

Parallel zur technischen Entwicklung ist es im Zuge des wirtschaftlichen und sozialen Wandels zu einem ständigen Anstieg der **Lohnkosten** und Lohnansprüche gekommen, die die Lebensverhältnisse im ländlichen Raum entscheidend verbessert haben. Der technische Fortschritt hat dazu einen entscheidenden Beitrag geleistet.

Dieser Entwicklungsprozeß hat zwar - bedingt durch die Rezession und die Verlagerung der Wertmaßstäbe - durch stärkere Betonung nichtökonomischer Größen eine Abwandlung erfahren. In der Grundtendenz scheint er jedoch, wenn auch verlangsamt, fortzuschreiten.

Es ist aus diesem Grunde notwendig, sich auch in Zukunft mit der Frage zu beschäftigen, welchen Beitrag die fortschreitende technische Entwicklung zur Verbesserung der sozialen und wirtschaftlichen Situation der in der Landwirtschaft tätigen Menschen leisten kann.

Im Rahmen des Referates soll auf 4 größere Fragenkomplexe eingegangen werden, die neben rein ökonomischen Betrachtungen auch Diskussionen beinhalten, die im außerökonomischen Bereich liegen. Diese Kombination einer ökonomischen Bewertung, verbunden mit Kriterien, die mehr im menschlichen Bereich liegen, erscheint für eine wirklichkeitsnahe Beurteilung der Mechanisierung sinnvoll und notwendig.

Es sollen folgende mögliche Wirkungen einer höheren Mechanisierung untersucht werden:

1. Lohnersparnis,
2. Ertragssteigerung,
3. Risikoverminderung,
4. gesteigertes Freizeitangebot.

- 1) Bei der Durchführung der umfangreichen Kalkulation halfen Dipl.-Ing. agr. R. Küst und Ing. agr. J. Lampe
- 2) Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Bonn, Lehrstuhl für angewandte landwirtschaftliche Betriebslehre

Das Referat kann in diesem Rahmen keine Einzelfälle behandeln; es muß sich darauf beschränken, allgemeine Zusammenhänge und Bedingungen aufzuzeigen, die bei der Beurteilung einer höheren Mechanisierung gesehen werden müssen. Der Einzelne kann dann positive oder negative Folgerungen für seinen Betrieb ziehen, je nach den Vorstellungen, an denen er die Bewirtschaftung seines Betriebes ausrichtet.

### 1. Wirtschaftlichkeit durch Lohnersparnis

Außer der innerbetrieblichen Ausnutzung freigesetzter Zeit durch eine Flächen- und Viehaufstockung zählt die Senkung des AK-Besatzes primär in den Lohnarbeitsbetrieben zu den wirtschaftlichsten Anpassungsmaßnahmen. Dieses Problem soll hier im Mittelpunkt stehen.

**Zur Zeit** arbeiten die Lohnarbeitsbetriebe über 100 ha in den verschiedenen Bundesländern je nach Betriebssystem mit 2,6 - 3,4 **AK/100 ha**, die in den letzten 5 Jahren noch ein Niveau von 3,8 - 4,0 AK/ha aufwiesen. Parallel dazu ist der **Schlepperbesatz** regional differenziert von 160 - 200 auf derzeit 200 - 250 PS/100 ha angestiegen (1, 2, 3). Durchgeführte Kalkulationen (Tabelle 1) für Zuckerrübenbaubetriebe zeigen, daß **zukünftig** rein technisch eine Reduzierung auf 1 bis 2 AK/100 ha möglich ist. Bei Einsatz von 100 - 200 PS-Schleppern mit entsprechenden Erntemaschinen und Transportsystemen würden z.B. 3 AK bis zu 300 ha LF bewirtschaften können. Die hohe Leistungsfähigkeit der modernen Landtechnik wird damit deutlich (4).

Das **Tempo** der weiteren Freisetzung wird entscheidend von der **Lohnhöhe**, der Auslastung der ständigen Arbeitskräfte und der Bereitschaft bestimmt, auch im Lohnarbeitsbetrieb Maschinen überbetrieblich zu nutzen.

Zunächst einige Bemerkungen zur Lohnhöhe, die heute im Lohnarbeitsbetrieb ein Niveau von 20 000 - 30 000 DM/AK erreicht hat. Bei einer weiteren Lohnsteigerung von nominal /3 - 5 %/Jahr wird man in etwa 10 Jahren mit einem Lohnniveau von ca. 40 000 DM/AK rechnen müssen.

Die Höhe der Mechanisierung bei verschiedenem Lohnniveau soll anhand einiger **Beispiele** gezeigt werden. Geht man von einem

**100 ha-Getreide/Körnermaisbetrieb** mit 2 AK aus, der mit 3 voll funktionsfähigen Schleppern bis 100 PS, 3 m Mähdrescher sowie 4-reihigem Pflücker arbeitet, so ist die Einsparung **einer** Arbeitskraft technisch möglich, wenn Schlepper bis 150 PS und 4 m-Mähdrescher eingesetzt werden. Allerdings werden dann in diesem Einmann-Betrieb nichtständige Arbeitskräfte in den Arbeitsspitzen erforderlich (Tabelle 2).

Ein derartiger Übergang ist bereits bei einem niedrigen **Lohnniveau von 20 000 DM/AK** sinnvoll, weil 2 ständige Arbeitskräfte bei reiner Bodenproduktion nicht ausgelastet sind und im Einmann-Betrieb die Arbeitsspitzen durch die Mechanisierung kostengünstig abgebaut werden können. Hinzu kommt, daß die zusätzlichen Kosten der Mechanisierung bei Einsatz der genannten Technik relativ gering sind.

Anders kann das Bild in einem **200 ha-Betrieb** ohne Hackfrüchte aussehen, der zur Zeit mit 3 AK in der Bodenproduktion auskommen kann, wenn Schlepper bis 120 PS, 4 m-Mähdrescher und 6-reihige Pflücker eingesetzt werden. Bei guter Auslastung der ständigen Arbeitskräfte ist eine stärkere Mechanisierung mit Schleppern bis 200 PS und 5 m-Mähdreschern nur bei einem Lohnniveau von 30 000 DM/AK vertretbar. Allerdings sind dann nur noch 2 Arbeitskräfte ausgelastet.

Dieser erforderliche höhere Lohnsatz ist dadurch zu erklären, daß die gewählte Mechanisierung in dieser Betriebsgröße relativ hohe zusätzliche Kosten verursacht.

Würde dieser Betrieb auf einem **niedrigen Lohnniveau** von 20 000 DM/AK bereits die höhere Mechanisierung wählen, so würde durch die Mechanisierung bedingt, ein Verlust von 50 DM/ha = 10 000 DM entstehen. Ebenso wenig sinnvoll ist es, die Anpassung in einem 200 ha-Betrieb bei einem Lohnniveau von 30 000 DM/AK über 200 PS hinaus zu steigern, es sei denn, daß durch die hohe Schlagkraft auf extremen Standorten hohe Ertragsvorteile erwirtschaftet werden.

Ähnliche Überlegungen gelten für den **Zuckerrübenbaubetrieb** (Tabelle 3). Auch hier ist im 100 ha-Betrieb mit 3 AK die Freisetzung einer Arbeitskraft durch den Übergang zu 100 - 150 PS-Schleppern, 4 m-Mähdreschern und 2-reihigen Bunkerköpfrudern technisch möglich und bereits bei einer Lohnhöhe von 20 000 DM

ökonomisch sinnvoll. Zwei ständige Arbeitskräfte mit 2 - 3 Schleppern von 100 - 150 PS bilden den Kern der schlagkräftigen Mechanisierung.

Auch im **200** ha-Zuckerrübenbaubetrieb, der im Augenblick möglicherweise mit 4 - 5 AK in der Bodenproduktion und 4 - 5 Schleppern zwischen 60 und 120 PS sowie einem 4 m-Mähdrescher und 2-reihigen Bunkerköpfrödnern arbeitet, ist der Übergang zu 3 - 4 Schleppern zwischen 100 bis 200 PS sowie einem 5,5 m-Mähdrescher erst bei einem Lohnniveau von ca. 40 000 DM/AK sinnvoll, d.h. nicht im Laufe der nächsten 5 Jahre angebracht.

Dieses **Ergebnis** ist ebenfalls darauf zurückzuführen, daß die genannte sehr leistungsfähige Mechanisierung relativ hohe zusätzliche Kosten verursacht, denen nur eine Ersparnis von 1 AK gegenübersteht.

**TABELLE 1: TECHNISCH MÖGLICHE LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZFLÄCHE BEI VERSCHIEDENEN MECHANISIERUNGSSTUFEN IN ZUCKERRÜBENBAUBETRIEBEN MIT 3 AK**

MECHANISIERUNGSSTUFE	I	II	III
	SCHLEPPER 100 PS, 60 PS 45 PS	SCHLEPPER 120 PS, 80 PS, 60 PS	SCHLEPPER 150 PS, 100 PS, 95 PS
<b>A. BEI AUSSCHLIESSLICHER EIGENABFUHR</b>			
LANDW. NUTZFLÄCHE (HA)	139	151	171
AK/100 HA	2	2	1,8
PS/100 HA	148	172	202
<b>B. BEI FREMDABFUHR</b>			
LANDW. NUTZFLÄCHE (HA)	160	225	290
AK/100 HA	1,9	1,3	1
PS/100 HA	128	116	119

Für die ökonomische **Gestaltung** der Hochmechanisierung ist es wichtig, nicht schematisch die Auswahl der verschiedenen Maschinengrößen vorzunehmen. Bei relativ differenziertem Angebot an Schlepper- und Maschinengrößen muß eine betriebsindividuellere Auswahl erfolgen. Früher hat man zwischen Schleppern von 40 - 80 PS entschieden, heute verlagert sich der Leistungsbereich in höhere PS-Klassen mit angepaßten Geräten und Maschinen, die eine kritische Auswahl erfordern.

Besonders gilt dies für **hackfruchtstarke Betriebe** mit Zuckerrüben und verstärkt, wenn zusätzlich Kartoffeln angebaut werden. In diesen Betrieben muß der Besatz an ständigen Arbeitskräften und Maschinen oft auf die Arbeitsspitze im Herbst ausgerichtet werden. Eine schlagkräftige Mechanisierung trägt entscheidend dazu bei, daß hohe Zuckerrüben- und Kartoffelanbauanteile bewältigt und mit wirtschaftlichem Erfolg angebaut werden können. Denkbar ungünstige Preisentwicklungen bei Zuckerrüben und Kartoffeln (höhere B-Rübenanteile und niedrigere Alkoholpreise) machen es erforderlich, **Anbauspitzen**, besonders dann, wenn sie mit zusätzlichen Maschinen- und Arbeitskosten belastet sind, kritisch auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Dabei kann es sich ergeben, daß bei Ausrichtung des ständigen AK- und Schlepperbesatzes auf diese Arbeitsspitze hohe Anbauanteile von z.B. 30 - 40 % Zuckerrüben bei Eigenmechanisierung nicht mehr wirtschaftlich sind.

**Überbetriebliche Lösungen**, die zum Abbau von ständigen Arbeitskräften führen, können dagegen entscheidend dazu beitragen, Arbeitsspitzen abzubauen und damit hohe Anbauanteile beizubehalten. Im **Zuckerrübenbau** kann dies auf der ersten Stufe durch Herausverlagern des Abtransportes der Rüben und durch Ausgliederung eines Teils der Rübenernte an den Lohnunternehmer oder Maschinenring erfolgen. Die überbetriebliche Maschinennutzung stellt somit auch für den Lohnarbeitsbetrieb eine notwendige Ergänzung seiner Arbeitswirtschaft dar. Zusammen mit der Ertragssteigerung/ha wird sie zu einer entscheidenden Maßnahme, die Gewinnsituation real konstant zu halten.

Tabelle 2: Höhe der Mechanisierung bei unterschiedlichem Lohnniveau im Getreide-Körnermaisbetrieb

Ackerfläche (ha)	100						200					
	I			II			I			II		
Mechanisierungsstufe	2 AK, 3 Schlepper (100 PS, 80 PS, 60 PS)			1 AK, 2 Schlepper (150 PS, 100 PS)			3 AK, 5 Schlepper (120 PS, 100 PS, 80 PS, 60 PS 2 x)			2 AK, 3 Schlepper (200 PS, 150 PS, 100 PS)		
Lohnniveau (DM/AK)	20000	30000	40000	20000	30000	40000	20000	30000	40000	20000	30000	40000
Lohnkosten (DM)												
Ständige AK	40000	60000	80000	20000	30000	40000	60000	90000	120000	40000	60000	80000
Nichtst. AK	—	—	—	700	700	700	—	—	—	—	—	—
Maschinenkosten (DM)		82500			95300			128000			158000	
Kosten gesamt (DM)	122500	142500	162500	116000	126000	136000	188000	218000	248000	198000	218000	238000
Zusätzliche Kosten/ Kostensparnis (DM)	—	—	—	— 6500	—16500	—26500	—	—	—	+ 10000	± 0	+ 10000

Mit dem Übergang zu größeren Schleppern und Erntemaschinen ergibt sich eine Reihe von **Problemen**, die besonders im Bereich der Arbeitswirtschaft und der Finanzierung des Landmaschineneinsatzes liegen. Die weitere Reduzierung des **AK-Besatzes** im Lohnarbeitsbetrieb kann zu arbeitstechnischen Erschwernissen, einer starken Belastung des Betriebsleiters sowie größeren Risiken der sicheren Arbeitsdurchführung führen.

Als **Gegenmaßnahme** ist einmal der stärkere Einbau überbetrieblicher Arbeit nicht nur für die Arbeitsspitze, sondern auch für die Basismechanisierung zu nennen. Die Zusammenarbeit von Lohnarbeitsbetrieben und Familienbetrieben mit Arbeitsüberhang können eine Lösung darstellen.

Der **zweite Weg** stellt die vielfach bevorzugte **Produktionsausdehnung** unter Beibehaltung des bisherigen Arbeitspotentials bei höherer Mechanisierung dar. Sie muß sich auf die Flächenausdehnung konzentrieren, da die Ausnutzung der in der Bodenproduk-

tion entlasteten Arbeitskräfte durch eine stärkere Tierproduktion nur begrenzt gelingt, weil bei weiterer Spezialisierung die Auslastung von Spezialarbeitskräften in der Tierproduktion angestrebt wird.

Ein zweites Problem ergibt sich durch die Reduzierung der **Zahl der Schlepper** bei Einsatz PS-starker Maschinen, die mit der Senkung des AK-Besatzes einhergehen. Stehen einem 100 ha-Betrieb mit 3 AK in der Bodenproduktion z.Z. noch 3 - 4 vollwertige Schlepper bis 100 PS zur Verfügung, so kann es im 2 AK-Betrieb zu einer Verminderung auf 2 - 3 Schlepper bis 150 PS kommen. Es kann zu Risiken in Arbeitsspitzen kommen, die durch den Ausfall eines Schleppers entstehen. Ein Risikoausgleich durch Reserveschlepper erscheint dann eine Hilfe, über deren zusätzliche Kosten man sich allerdings bewußt sein muß.

Das dritte Problem entsteht dadurch, daß die großen leistungsstarken Schlepper häufig eine **geringe jährliche Ausnutzung** erfah-

Tabelle 2: Höhe der Mechanisierung bei unterschiedlichem Lohnniveau im Getreide-Körnermaisbetrieb

Ackerfläche (ha)	100						200					
	I			II			I			II		
Arbeitskräfte und Schlepperbesatz	2 AK, 3 Schlepper (100 PS, 80 PS, 60 PS)			1 AK, 2 Schlepper (150 PS, 100 PS)			3 AK, 5 Schlepper (120 PS, 100 PS, 80 PS, 60 PS 2 x)			2 AK, 3 Schlepper (200 PS, 150 PS, 100 PS)		
Lohnniveau (DM/AK)	20000	30000	40000	20000	30000	40000	20000	30000	40000	20000	30000	40000
Lohnkosten (DM)												
Ständige AK	40000	60000	80000	20000	30000	40000	60000	90000	120000	40000	60000	80000
Nichtst. AK	—	—	—	700	700	700	—	—	—	—	—	—
Maschinenkosten (DM)		82500			95300			128000			158000	
Kosten gesamt (DM)	122500	142500	162500	116000	126000	136000	188000	218000	248000	198000	218000	238000
Zusätzliche Kosten/ Kostensparnis (DM)	—	—	—	— 6500	—16500	—26500	—	—	—	+ 10000	± 0	+ 10000

Mit dem Übergang zu größeren Schleppern und Erntemaschinen ergibt sich eine Reihe von **Problemen**, die besonders im Bereich der Arbeitswirtschaft und der Finanzierung des Landmaschineneinsatzes liegen. Die weitere Reduzierung des **AK-Besatzes** im Lohnarbeitsbetrieb kann zu arbeitstechnischen Erschwernissen, einer starken Belastung des Betriebsleiters sowie größeren Risiken der sicheren Arbeitsdurchführung führen.

Als **Gegenmaßnahme** ist einmal der stärkere Einbau überbetrieblicher Arbeit nicht nur für die Arbeitsspitze, sondern auch für die Basismechanisierung zu nennen. Die Zusammenarbeit von Lohnarbeitsbetrieben und Familienbetrieben mit Arbeitsüberhang können eine Lösung darstellen.

Der **zweite Weg** stellt die vielfach bevorzugte **Produktionsausdehnung** unter Beibehaltung des bisherigen Arbeitspotentials bei höherer Mechanisierung dar. Sie muß sich auf die Flächenausdehnung konzentrieren, da die Ausnutzung der in der Bodenproduk-

tion entlasteten Arbeitskräfte durch eine stärkere Tierproduktion nur begrenzt gelingt, weil bei weiterer Spezialisierung die Auslastung von Spezialarbeitskräften in der Tierproduktion angestrebt wird.

Ein zweites Problem ergibt sich durch die Reduzierung der **Zahl der Schlepper** bei Einsatz PS-starker Maschinen, die mit der Senkung des AK-Besatzes einhergehen. Stehen einem 100 ha-Betrieb mit 3 AK in der Bodenproduktion z.Z. noch 3 - 4 vollwertige Schlepper bis 100 PS zur Verfügung, so kann es im 2 AK-Betrieb zu einer Verminderung auf 2 - 3 Schlepper bis 150 PS kommen. Es kann zu Risiken in Arbeitsspitzen kommen, die durch den Ausfall eines Schleppers entstehen. Ein Risikoausgleich durch Reserveschlepper erscheint dann eine Hilfe, über deren zusätzliche Kosten man sich allerdings bewußt sein muß.

Das dritte Problem entsteht dadurch, daß die großen leistungsstarken Schlepper häufig eine **geringe jährliche Ausnutzung** erfah-

Von der **Pflanzenbauforschung** wird betont, daß das Ertragspotential der Kulturpflanzen noch nicht voll ausgeschöpft ist und durch zusätzliche Maßnahmen eine weitere Steigerung möglich erscheint. Allerdings wird zum Ausdruck gebracht, daß der Ertragszuwachs je Jahr kleiner werden kann, weil eine größere Zahl von Einflußgrößen aufeinander abgestimmt werden muß (5). Die zeitgerechte Bestellung, Pflege und Ernte ist hier angesprochen. Die **ökonomische Bedeutung** der Ertragssteigerung für den Gewinn landwirtschaftlicher Unternehmen muß um so mehr betont werden, je geringer der Beitrag von Produktpreissteigerung und Flächenmobilität - bedingt durch Rezession und schwache AK-Abwanderung - ist. Die Ertragssteigerung muß außerdem um so mehr herausgestellt werden, je begrenzter eine Leistungssteigerung im Ackerbau mit Hilfe einer Vergrößerung des Zuckerrüben- und Kartoffelbaus gelingt, weil fehlende Marktkapazitäten dies verhindern oder sinkende Preise dies nicht sinnvoll erscheinen lassen.

Auf zwei bedeutungsvoll erscheinende **Einflußgrößen** zur Ertragssteigerung soll hier eingegangen werden, die in enger Verbindung mit der Höhe der Mechanisierung stehen:

1. ökonomische und ökologische Einsatzmengen von Handelsdünger- und Pflanzenschutzmitteln,
2. zeitgerechte Durchführung der Bestell- und Erntearbeiten.

#### **Zu 1.:**

Es steht außer Zweifel, daß der Aufbau einer erhöhten organischen Masse nicht ohne die Zufuhr erhöhter **Handelsdüngermengen** gelingt. Probleme ergeben sich vielmehr hinsichtlich der Mengen, über die aus ökonomischer und ökologischer Sicht unterschiedliche Vorstellungen bestehen.

Geht man davon aus, daß mit der Verknappung der Energie auch landwirtschaftliche **Produktionsmittel** im **Preis** ansteigen, so wird man nach energiesparenden Verfahren Ausschau halten. Vielseitigere Fruchtfolgen können mit zu einer Dünger- und Pflanzenschutzmittelsparnis beitragen. Hinzu kommt, daß die Wirksamkeit der Betriebsmittel durch zeitgerechte Bearbeitungsmaßnahmen gesteigert werden. Ökonomisch notwendig sind diese Methoden jedoch erst bei einem kräftigen Anstieg der Handelsdüngerkosten.

Zu einer **Beschränkung** der Dünger- und Pflanzenschutzmittelmengen kann auch die Umweltbelastung Anlaß geben, wenn Rückstände innerhalb der Produkte nachgewiesen werden sollten. Stärker biologisch ausgerichtete Verfahren könnten dann an die Stelle der bisher stärker auf den Einsatz von Agrochemikalien ausgerichteten Wirtschaftsweisen treten.

Durchgeführte Kalkulationen (8) zeigen jedoch, daß eine Reduzierung von Handelsdünger- und Pflanzenschutzmitteln bei unveränderten Produktionspreisen, z.B. beim Winterweizen, zu einer Senkung der Deckungsbeiträge von 100 - 150 DM/ha führen würde, einem Wert, der in absehbarer Zeit kaum über den Preis ausgeglichen werden kann, so daß dieses Verfahren in größerem Umfang nicht ökonomisch erscheint.

Nicht unterschätzt werden darf jedoch die **Signalwirkung**, die von den biologischen Verfahren in Richtung einer umweltfreundlichen Produktion ausgeht. Nicht überchemisierte Produktionsverfahren, sondern Methoden mit kontrolliertem und zeitgerechtem Einsatz, die durch leistungsfähige mechanische Pflegegeräte unterstützt werden, stellen ein realistisches Ziel dar.

#### **Zu 2.:**

Außer durch die Steigerung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln kann eine erhöhte **Mechanisierung** zu einer Ertragssteigerung beitragen. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, daß die Durchführung der Bestell-, Pflege- und Erntearbeiten zu einem für einen maximalen Ertrag geeigneten Zeitpunkt geschieht. Das Erschließen eines größeren Wachstumsraumes für die Pflanze durch eine tiefere Bodenbearbeitung mit leistungsstärkeren Schleppern kann ebenfalls eine Voraussetzung für steigende Erträge sein.

Anhand einiger **Beispiele** für die Winterweizenbestellung, die Zuckerrüben- und Getreideernte soll der Zusammenhang zwischen erhöhter Mechanisierung, zeitgerechter Arbeitserledigung und erhöhtem Ertrag dargestellt werden.

### **2.1 Winterweizenbestellung**

Bei der Winterweizenbestellung (Tabelle 4) steigt der **Kapitalbedarf** für Schlepper zur Bodenbearbeitung sowie für Bestellgeräte

bei einer Mechanisierung, die durch Schlepper bis maximal 80 PS gekennzeichnet ist, um ca. 90 000 DM an, wenn zu Schleppern von 100 - 150 PS übergegangen wird. Es kommt schließlich zu einem weiteren Kapitalbedarf um ca. 170 000 DM, wenn Maschinen bis maximal 250 PS eingesetzt werden.

Tabelle 4: **Kapitalbedarf, Maschinen- und Arbeitskosten und notwendiger Ertragsanstieg für verschiedene Mechanisierungsstufen der Arbeiten zur Winterweizenbestellung**

Mechanisierungsstufe	I	II		III
	Schlepper 50 PS, 65 PS, 80 PS	Schlepper 65 PS, 100 PS, 150 PS		Schlepper 95 PS, 150 PS, 250 PS
<b>Kapitalbedarf (DM)</b> zus. Kapitalbedarf für höher. Mechanisierung (DM)	146 000 -	235 600 + 89 600		403 400 + 167 800
<b>Zusätzliche Maschinen- u. Arbeitskosten durch die höhere Mechanisierung</b>  - Variable Spezialkosten (DM/ha) kurzfristig  - Variable Spezialkosten (DM/ha) langfristig bei verschiedener Kosten- zuordnung zum Winterweizen  a) 100 %  b) 30 %	30	Winterweizenfläche (ha) 30      60		60
	126	105	105	90
	-	+ 446	-	+ 485
	-	+ 119	-	+ 135
<b>Notw. Ertragsanstieg</b> a) 100 % (dt/ha) b) 30 %	- -	8,9 2,4	- -	9,7 2,7

Mit dem Übergang zur höheren Mechanisierung sinken die kurzfristig variablen **Maschinen- und Arbeitskosten** von 126 DM/ha auf 105 bzw. 90 DM/ha Winterweizenfläche. Dieser Abfall ist darauf zurückzuführen, daß die höhere Mechanisierung zwar steigende Treibstoff- und Reparaturkosten/Einsatzstunde verursacht, die jedoch zu nahezu konstanten Kosten je Flächeneinheit führen. Ihnen stehen sinkende Lohnkosten pro Flächeneinheit gegenüber. Die Untersuchung der Auswirkungen einer erhöhten Mechanisierung ist in einer **langfristigen** Betrachtung nur dann vollständig, wenn alle Kostenarten der größeren Maschinen mit in die Betrachtung einbezogen werden. Ihre Berücksichtigung führt zum Problem der Zuteilung der zusätzlichen Kosten der höheren Mechanisierung auf die Anbauflächen. Es ist zu unterscheiden, durch welches Produkt die Anschaffung der größeren Maschine, von der ein Ertragsanstieg erwartet wird, ausgelöst wurde. Weiterhin ist zu prüfen, in welchem Umfange die Kosten einzelner Produktionsverfahren zuzuordnen sind.

Im Rahmen der hier angestellten Betrachtungen einer Frucht, nämlich des Winterweizens, sollen drei unterschiedliche **Bedingungen** angenommen werden (Tab. 4):

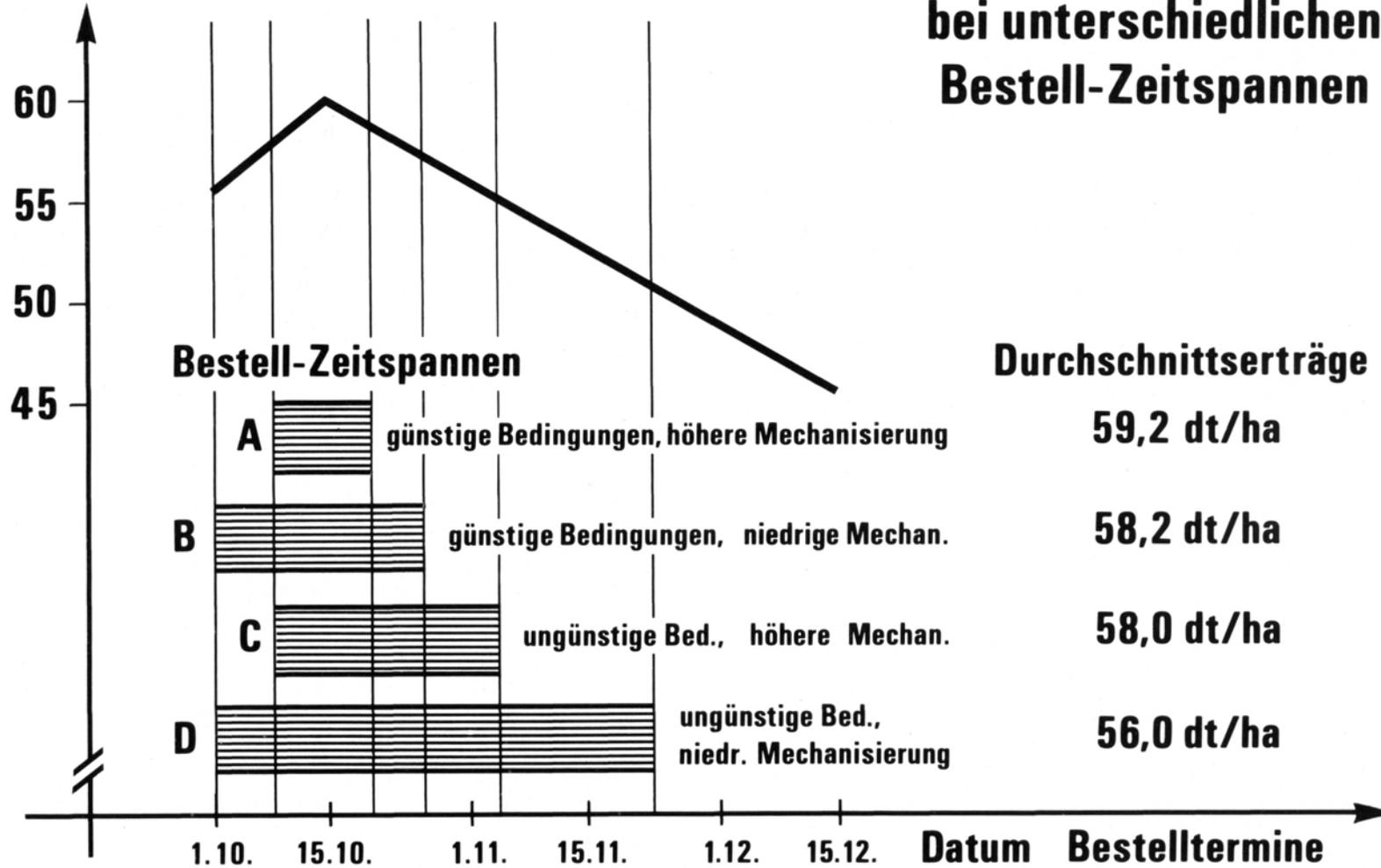
Im ersten **Fall (A)** werden die zusätzlichen Gesamtkosten zu 100% dem Winterweizen zugeordnet, weil die Anschaffung durch dieses Produkt ausgelöst wurde, um einen höheren Ertrag zu erwirtschaften. Der Übergang von der Mechanisierungsstufe I zu II führt bei einer Anbaufläche von 30 ha zu einer Kostenerhöhung von 446 DM/ha Winterweizenfläche. Bei einer Anbaufläche von 60 ha ergeben sich beim Überwechseln von der Mechanisierungsstufe II nach III zusätzliche Kosten von 485 DM/ha.

Sehr viel realistischer ist jedoch die Annahme, daß auch **andere Früchte** die Anschaffung der größeren Maschinen mit bewirkt haben. Die Gesamtkosten der höheren Mechanisierung sind dann der gesamten Ackerfläche, z.B. 100 ha, zuzuteilen, von der die einzelnen Früchte verschiedene Anbauanteile in Anspruch nehmen. Es wird unterstellt, daß die Kosten dem Anbauanteil entsprechend auf die Ackerfläche verteilt werden. Bei dieser Annahme ergeben sich im **Fall B** bei einem Anbauverhältnis von 30 % Winterweizen und 70 % anderen Früchten bei

Abb. 1

dt/ha Ertrag

# Winterweizenertrag bei unterschiedlichen Bestell-Zeitspannen



einer Anbaufläche von 30 ha und dem Übergang von der Mechanisierungsstufe I nach II zusätzliche Kosten von 119 DM/ha Winterweizenfläche. Auf einer Anbaufläche von 60 ha führt die Erhöhung der Mechanisierung von Stufe II auf Stufe III zu einer Kostensteigerung von 135 DM/ha Anbaufläche.

Stellt man eine **Beziehung** zwischen den zusätzlichen Maschinen- und Lohnkosten und dem Ertrag/ha her, so läßt sich der **notwendige Ertragsanstieg** errechnen, der zum Kostenausgleich notwendig ist. Aus Tab. 2 ergibt sich, daß bei einer Zuteilung der Gesamtkosten zum Winterweizen der Übergang von der Mechanisierungsstufe I zur Mechanisierungsstufe II einen Ertragsanstieg von 8,9 dt/ha verlangt.

Unterstellt man, daß auch andere Produktionsverfahren einen Beitrag zur Ertragssteigerung leisten, so ergibt sich bei einem **Anbauanteil** von 30 % auf der Winterweizenfläche beim Übergang von der Mechanisierungsstufe I nach II ein notwendiger Ertragszuwachs/Jahr von 2,4 dt/ha. Niedriger liegt dem gegenüber der Wert einer Fläche von 60 ha. Hier sind dann bei einer Mechanisierung von Stufe II nach III 2,7 dt/ha zusätzlicher Ertrag notwendig.

In weiteren Überlegungen ist nun zu prüfen, inwieweit durch eine zeitgerechtere Durchführung der Bestellung dieser geforderte Ertrag **erreicht** werden kann. Leider fehlen aussagefähige Daten über die tatsächliche, ertragssteigernde Wirkung leistungsfähiger Maschinen. Aus diesem Grunde ist es lediglich möglich, sehr grobe Angaben zu machen, die weniger in der absoluten Höhe als in der Tendenz zu werten sind (11).

In Abb. 1 ist eine **Funktion** aufgezeichnet, die einen möglichen Verlauf des Winterweizenertrages in Abhängigkeit vom Saattermin aufzeigt. Es wird von der Annahme ausgegangen, daß bei einer Bestellung bis zum 15.10. ein Ertragsanstieg eintritt und danach ein stetiger Abfall erfolgt. Je nach Standort- und Klimaverhältnissen kann mit einer Vielzahl weiterer möglicher Zeit-Ertragsfunktionen gerechnet werden. So kann das dargestellte Ertragsmaximum z.B. zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt erreicht werden.

Außerdem können auch nichtlineare oder nicht stetige Beziehungen den Ertragsverlauf charakterisieren.

In Abhängigkeit von der **Höhe der Mechanisierung** ergeben sich verschieden lange **Bestellzeitspannen**, die beeinflußt werden durch die Standortbedingungen. Günstige Verhältnisse sind dadurch gekennzeichnet, daß viele Schönwettertage verfügbar sind. Demgegenüber zwingen die ungünstigen Bedingungen dazu, eine längere Zeitspanne in Betracht zu ziehen. Setzt man die Zahl der Bestelltage und den Verlauf der Ertrags-Zeit-Funktion einander in Verbindung, so läßt sich der Durchschnittsertrag für eine verschieden hohe Mechanisierung auf unterschiedlichen Standorten errechnen.

In Abb. 1 sind die **Durchschnittserträge** für eine Ertrags-Zeit-Funktion auf günstigen und ungünstigen Standorten dargestellt. Betrachtet man die Ertragszeitfunktion, so ergibt sich für die **günstigen** Bedingungen, daß durch die Verkürzung der Bestellzeitspanne, d.h. durch eine höhere Mechanisierung, der Ertrag um 1 dt/ha gesteigert werden kann. Auf **ungünstigen** Standorten dagegen erhöht sich verständlicherweise dieser Effekt der höheren Mechanisierung. Hier ist bei der unterstellten Ertrags-Zeit-Funktion eine Ertragserhöhung von 2 dt/ha gegenüber der niedrigen Mechanisierung möglich.

Durchgeführte Berechnungen mit **veränderten Annahmen** zum Ertragsverlauf bei unterschiedlichen Saatterminen weisen je nach Funktion abweichende Ergebnisse auf. So führt die Verlagerung des Ertragsmaximums in die erste Novemberhälfte zu einer verstärkten Wirkung der termingerechten Bestellung, weil sowohl ein zu früher als auch ein zu später Saattermin erhebliche Ertragseinbußen verursacht. Der auf die zusätzliche Schlagkraft zurückzuführende Mehrertrag kann in diesem Fall bis zu 3 dt/ha ausmachen.

Demgegenüber zeigt eine andere Alternativrechnung, bei der sich der maximale Ertrag über einen Zeitraum von **zwei** Wochen erreichen läßt, nur relativ schwache Auswirkungen auf den durchschnittlich zu erzielenden Ertrag. Als Grund hierfür ist der relativ lange Zeitraum für einen Höchstertrag zu sehen. Der Mehrertrag durch eine gute Anpassung der Bestellzeitspanne beträgt maximal 0,7 dt/ha.

**Vergleicht** man nun die geforderte Ertragssteigerung mit der zu erwartenden Ertragserhöhung durch eine zeitgerechte Bestellung, so ergibt sich, daß der geforderte Mehrertrag nur unter schlechten Boden- und Klimaverhältnissen erzielt werden dürfte. Unter normalen bis günstigen Verhältnissen kann die Wirtschaftlichkeit der höheren Schlagkraft nicht allein durch den Mehrertrag hergestellt werden. Andere Vorteile müssen zu einer positiveren Beurteilung der schlagkräftigen Bestelltechnik herangezogen werden.

## 2.2 Getreideernte

Einen weiteren Bereich möglicher Ertragssteigerungen durch erhöhte Mechanisierung stellt die Getreideernte dar. In der Tab. 3 sind unterschiedliche Mechanisierungsstufen bei verschiedener Getreidefläche im Hinblick auf einige Merkmale der Wirtschaftlichkeit zusammengestellt worden.

Der **Kapitalbedarf** steigt beim Übergang von einem 3 m-Mähdrescher auf einen 3,9 m breiten Mähdrescher um 26 500 DM an. Ein weiterer Sprung zu einer noch höheren Mechanisierung erfordert weitere 31 000 DM zur Finanzierung der größeren Schlagkraft (Tabelle 5).

Bei einer höheren Mechanisierung ist mit abnehmenden, **kurzfristig** variablen Kosten zu rechnen, da sich in einer kurzfristigen Betrachtung die Lohnkosten/ha stärker senken, als die Maschinenkosten/ha ansteigen.

In einer **langfristigen** Betrachtung müssen alle Maschinenkosten in die Betrachtung einbezogen werden. Es zeigt sich, daß beim Übergang von einem 3 m-Mähdrescher zum 3,9 m-Mähdrescher bei einer gesamten Getreidefläche von nur 60 ha zusätzliche Kosten in Höhe von 33 DM/ha entstehen. Bei einer Fläche von 150 ha verringert sich dieser Betrag auf nur 7 DM/ha. Der Übergang von dem 3,9 m-Mähdrescher zum 5,5 m-Mähdrescher läßt bei 100 ha Arbeitsfläche 45 DM/ha erwarten und erfordert auch bei 200 ha immerhin noch 19 DM/ha.

Der **notwendige Ertragsanstieg** beträgt bei Übergang von Stufe I auf II und 60 ha Fläche 0,7 dt/ha und verringert sich auf ca. 0,2 dt/ha bei 150 ha. Wird von einem 3,9 m breiten Mähdrescher zu einem 5,5 m breiten Mähdrescher gewechselt, so sind minde-

Tabelle 5: **Kapitalbedarf, Maschinen- und Arbeitskosten und notwendiger Ertragsanstieg für verschiedene Mechanisierungsstufen der Getreideernte**

Mechanisierungsstufe	I			II				III		
	3 m-MD			3,9 m-MD				5,5 m-MD		
<b>Kapitalbedarf (DM)</b>	82 500			109 000				140 000		
zus. Kapitalbedarf für höhere Mechanisierung (DM)	-			+ 26 500				+ 31 000		
<b>Zusätzliche Maschinen- u. Arbeitskosten infolge der höheren Mechanisierung</b>				GETREIDEFLÄCHE (ha)						
	60	100	150	60	100	150	200	100	150	200
- Variable Spezialkosten kurzfristig (DM/ha)	68	68	68	58	58	58	58	52	52	52
- Variable Spezialkosten langfristig (DM/ha)										
Mech.-Stufe I	-	-	-	+ 33	+ 16	+ 7	-	-	-	-
b) im Vergleich zu Mech.-Stufe II	-	-	-	-	-	-	-	+ 45	+ 28	+ 19
<b>Notwendiger Ertragsanstieg (dt/h)</b>										
a) im Vergleich zu Mech.-Stufe I	-	-	-	0,7	0,33	0,16	-	-	-	-
b) im Vergleich zu Mech.-Stufe II	-	-	-	-	-	-	-	1,0	0,6	0,4

stens 0,4 dt/ha erforderlich, wenn 200 ha Getreide geerntet werden.

Es zeigt sich, daß der notwendige Ertragsanstieg für die Wahl einer höheren Mechanisierung auch bei einer kleineren Getreidefläche vergleichsweise gering ist. Somit erscheint der Einsatz größerer Maschinen schon bei geringem Ertragszuwachs sinnvoll, der in Form von höheren Naturalerträgen durch geringere Feldverluste, aber auch durch höhere Produktpreise bei entsprechender Qualitätsverbesserung erreichbar ist.

Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die gesamten Kosten pro ha schon bei der Mechanisierungsstufe I bei 60 ha Anbaufläche 281 DM/ha, bei 100 ha 196 DM/ha, bei 150 ha 153 DM/ha betragen. Daher sollte vor der Überlegung der richtigen Kapazität untersucht werden, ob ein überbetrieblicher Einsatz nicht noch sinnvoll ist.

### 2.3 Zuckerrübenerte

Ähnliche Überlegungen wie für die Winterweizenbestellung kann man für die Zuckerrübenerte anstellen (Tabelle 6). Hier führt der Übergang vom einreihigen Bunkerköpfröder zu zweireihigen Maschinen zu einem Kapitalmehrbedarf von 25 000 DM, der zusätzliche Maschinen- und Arbeitskosten von 130 DM/ha zur Folge hat.

Zum Ausgleich sind hierfür Mehrerträge von 13 dt/ha Zuckerrüben notwendig. Ähnliche Werte ergeben sich für größere Anbauflächen beim Übergang vom zweireihigen Bunkerköpfröder zum sechsreihigen zweiphasigen Rodeverfahren.

Im Unterschied zum Winterweizen gibt es für die Zuckerrüben statistisch gesicherte **Ertrags-Zeit-Funktionen** (9). In Abb. 2 ist eine solche Funktion dargestellt, der eine mehrjährige Datenreihe für das Rheinland zugrunde liegt (12). Der Ertrag erreicht in der ersten Novemberhälfte das Maximum und steigt von Anfang Oktober bis Anfang November um ca. 80 dt/ha an. Eine allgemeinere Aussage ist hier durchaus möglich, da Untersuchungen zeigen, daß die Ertragszuwächse auch bei niedrigeren Ertragsniveaus sehr ähnlich sind.

In der Abb. 2 sind neben der Ertrags-Zeit-Funktion **Erntezeitspannen** dargestellt, die zum einen für günstige Bedingungen, d.h. viele Feldarbeitstage, und zum anderen für ungünstige Bedingungen, d.h. einen geringen Anteil möglicher Feldarbeitstage, Gültigkeit besitzen. Mit unterschiedlich langen Erntezeitspannen sind auch verschiedene Durchschnittserträge zu erwarten.

Neben günstigen und ungünstigen Erntebedingungen sind die Durchschnittserträge entscheidend von der gewählten **Mechanisierung** abhängig. Die höhere Mechanisierung ermöglicht einen späteren Erntebeginn und damit als Folge der Ertragsentwicklung einen höheren Durchschnittsertrag. Der Möglichkeit des späteren

Tabelle 6: **Kapitalbedarf, Maschinen- und Arbeitskosten und notwendiger Ertragsanstieg für verschiedene Mechanisierungsstufen der Arbeiten zur Zuckerrübenerte**

Mechanisierungsstufe	I	II		III	
	1-Reih. Bunkerköpfröder	2-reih. Bunkerköpfröder		6-reih. zweiphasiges Rodeverfahren	
<b>Kapitalbedarf</b> (DM)	35 000	60 400		86 400	
zus. Kapitalbedarf für höhere Mechanisierung (DM)	—	+ 25 000		+ 26 400	
<b>Zusätzliche Maschinen- u. Arbeitskosten infolge der höheren Mechanisierung</b>	Zuckerrübenfläche (ha)				
	30	30	70	70	
	- Variable Spezialkosten kurzfristig (DM/ha)	162	122	122	212
	- Variable Spezialkosten langfristig (DM/ha)	—	+ 132	—	+ 156
<b>Notwendiger Ertragsanstieg</b> (dt/ha)	—	13	—	16	

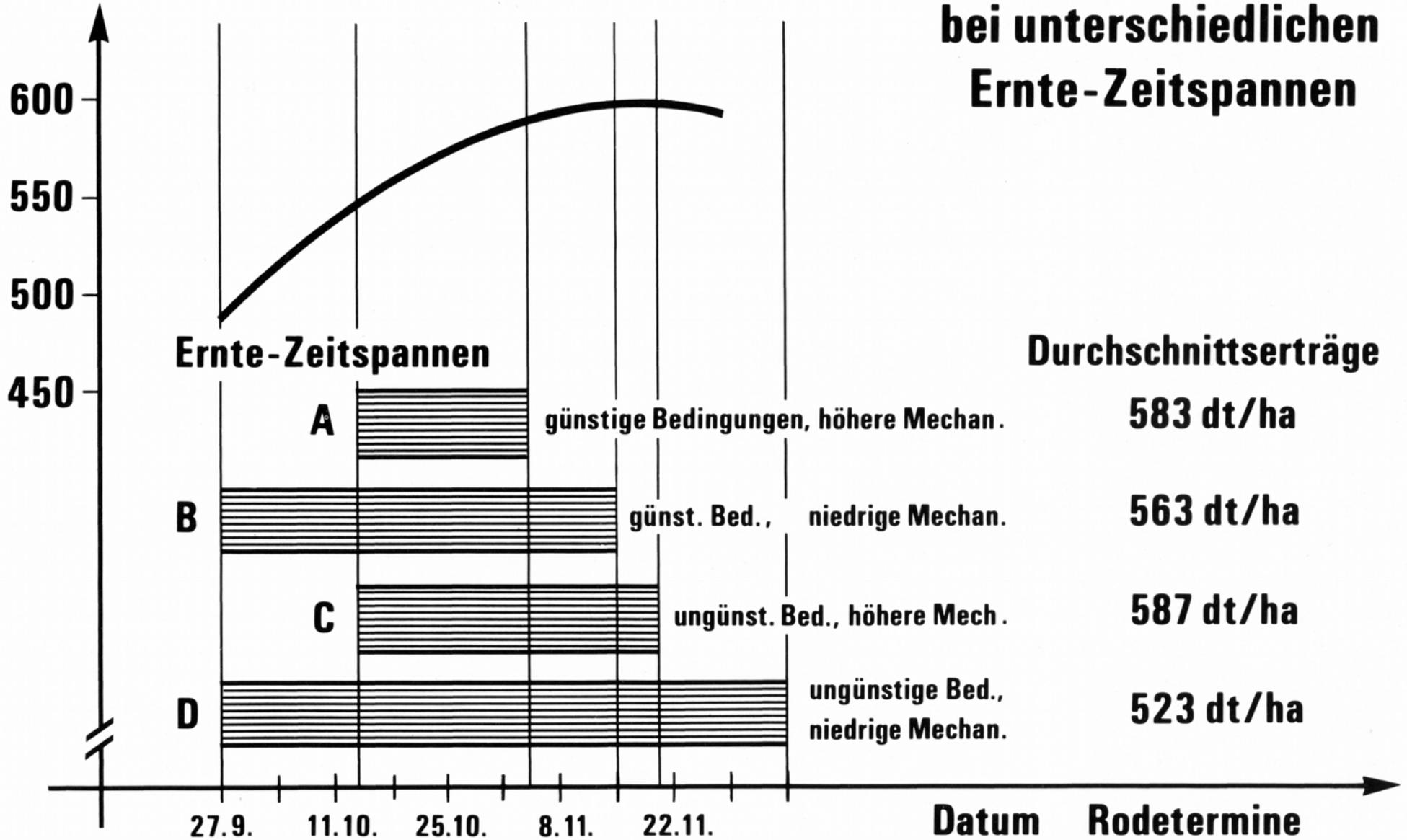
Erntebeginns liegt die Bedingung zugrunde, daß die Lieferung der Zuckerrüben auch in der kürzeren Zeit problemlos ist und keine Beeinträchtigung durch Lieferstops oder andere vertraglich bedingte Einschränkungen vorliegen.

Der Fall A der Ernte bei **günstigen** Bedingungen und der höheren Mechanisierung zeigt einen Ertragsvorteil gegenüber Fall B von 20 dt/ha. Damit wird der bei Übergang vom 1-reihigen Bunkerköpfröder zum 2-reihigen Bunkerköpfröder geforderte Mehrertrag von 13 dt/ha um 7 dt/ha übertroffen. Die Unterschiede werden noch erheblich größer, wenn mit **schlechteren** Erntebedingungen gerechnet werden muß. Hier ist der Fall C dem Fall D um ca. 65 dt/ha überlegen, so daß eine höhere Mechanisierung in jedem Fall gerechtfertigt ist.

Abb. 2

dt/ha Ertrag

# Zuckerrübenenertrag bei unterschiedlichen Ernte-Zeitspannen



### 3. Risikoverminderung durch höhere Mechanisierung

Bei vielen Landwirten kann man davon ausgehen, daß ein **Bewirtschaftungsziel** darin besteht, einen Gewinn zu erwirtschaften, der von Jahr zu Jahr möglichst gering schwankt. Bei der engen Beziehung zwischen Flächenertrag und dem Gewinn, besonders in nicht veredlungsstarken Betrieben, hat dies zur Folge, daß eine möglichst hohe Ertragskonstanz über die Zeit hin angestrebt wird. Die **Realisierung** dieses Zieles wird in starkem Maße erschwert durch die Witterungsschwankungen, die zu einer verschiedenen großen Zahl von Feldarbeitstagen führt, an denen man Winterweizen bestellen oder Getreide und Zuckerrüben mit möglichst hohem Ertrag ernten kann. Ein weiteres Risiko besteht darin, daß bei schlechtem Wetter die Gefahr höherer Maschinenkosten und des Maschinenausfalls entsteht (10).

Sein Ziel ist es, in möglichst vielen Jahren einen maximalen Ertrag zu erreichen und die Kosten möglichst niedrig zu halten. Im Gegensatz dazu steht der risikofreudige Landwirt. Er kalkuliert möglicherweise zu etwa gleichen Anteilen auch die Wahrscheinlichkeit von schlechtem Wetter mit ein. Die Folge ist, daß er weniger schlagkräftig sein muß, aber gleichzeitig auch bereit sein sollte, in bestimmten Jahren zu ungünstigen Witterungsbedingungen bei geringerem Ertrag bestellen und ernten zu müssen. Geringere Maschinenkosten kennzeichnen diese Situation.

Zur Verminderung dieses Risikos trägt eine schlagkräftige **Mechanisierung** bei, um an wenigen guten Bestell- und Erntetagen mit Sicherheit die Arbeiten durchführen zu können. Diese hohe Mechanisierung erfüllt dem Landwirt außerdem den Wunsch, positiv reagieren zu können, wenn ungünstiges Wetter droht; sein Arbeitsspielraum wird durch die Mechanisierung vergrößert.

Zur Darstellung des Problems sollen zwei verschiedene **Unternehmertypen** gekennzeichnet werden, die eine unterschiedliche Einstellung zum Risiko haben. Der **risikoscheue Unternehmer** wird nur mit den Feldarbeitstagen rechnen, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eintreffen. Er nimmt außerdem an, daß das Eintreffen vieler Schlechtwettertage auf seinem Standort sehr wahrscheinlich ist.

Anhand einiger Beispiele sollen die ökonomischen Auswirkungen unterschiedlichen Risikoverhaltens von Landwirten aufgezeigt werden. Die Berechnung erfolgt für die Winterweizenbestellung, die Getreideernte und die Zuckerrübenernte.

#### 3.1. Winterweizenbestellung

In der Winterweizenbestellung (Tabelle 7) muß der **risikoscheue** Landwirt, um in einer großen Zahl von Jahren bei gutem Wetter die Arbeiten durchführen zu können, die Hochmechanisierung wählen. Der erwartete Ertrag, mit Hilfe der beschriebenen Ertrags-Zeit-Funktion errechnet, erreicht 59,2 dt/ha. Im ungünstigen Jahr ist bei einer nicht termingerechten Durchführung trotz der Hochmechanisierung ein niedriger Betrag von 58 dt/ha hinzunehmen. Dieser Ertrag, in Geld bewertet, muß mit den Maschinen- und Arbeitskosten für die Hochmechanisierung in Verbindung gebracht werden. Diese Kosten können im Vergleich zu einer Berechnung ohne Winterweizenbestellung interpretiert werden. Sie erreichen je nach Anbauverhältnis und Kostenverteilung ein Niveau zwischen 493 DM/ha und 1 400 DM/ha. Die Leistungs - Kosten-Differenz (erwarteter Ertrag x Produktpreis abzüglich der Maschinen- und Arbeitskosten) liegt je nach Anbauverhältnis in einer Schwankungsbreite von 1 554 bis 2 461 DM/ha.

Der **risikofreudige Landwirt** dagegen, der günstige Arbeitsbedingungen nur in 5 von 10 Jahren anstrebt, kommt mit der niedrigeren Mechanisierung aus. Allerdings liegt der erwartete Ertrag in den 5 günstigen Jahren nur bei 58,2 dt/ha, in den 5 ungünstigen Jahren mit einer längeren Bestell-Zeitspanne bei 56 dt/ha. Infolge des niedrigen Mechanisierungsgrades werden für den risikofreudigen Landwirt auch geringere Maschinen- und Arbeitskosten als vergleichsweise für den risikoscheuen Landwirt ausgewiesen. Sie schwanken im Bereich von 374 bis 953 DM/ha. Als Leistungs-Kosten-Differenz errechnen sich Werte im Bereich von 1 946 bis 2 525 DM/ha.

**Vergleicht** man den Gewinn/ha Weizenfläche der beiden Unternehmer miteinander, so ergibt sich, daß der risikoscheue Unternehmer sein Verhalten mit einer Gewinneinbuße von 20 - 400 DM/ha bezahlen muß. Positiver ist das Ergebnis unter extremeren

Tabelle 7:

**Höhe der Mechanisierung in Abhängigkeit von der Risikoeinstellung des Landwirts**

Risikoeinstellung	Notwendige Mechanisierung (Stufe)	Erwarteter Ertrag (dt/ha)	Maschinen- und Arbeitskosten bei verschiedener Kostenzuordnung zum Winterweizen (DM/ha)		Leistungs-Kosten-Differenz bei verschiedener Kostenzuordnung zum Winterweizen DM/ha	
			30 %	100 %	30 %	100 %
<b>1. Scheut Risiko</b>						
a) 9 von 10 Jahren Bestellung bei günstigen Bedingungen	II (hoch)	59,2				
			493	1 400	2 461	1 554
b) 1 von 10 Jahren Bestellung bei ungünstigen Bedingungen	II (hoch)	58,0				
<b>2. Nimmt Risiko auf sich</b>						
a) 5 von 10 Jahren Bestellung bei günstigen Bedingungen	I (niedrig)	58,2				
			374	953	2 525	1 946
b) 5 von 10 Jahren Bestellung bei ungünstigen Bedingungen	I (niedrig)	56,0				

Bedingungen, wenn ein starker Ertragsabfall in mehreren ungünstigen Jahren eintritt. Dann kann der risikoscheue, stark mechanisierte Landwirt auch ökonomisch im Vorteil sein.

**3.2 Zuckerrübenenernte**

Ähnliche Überlegungen lassen sich für die Zuckerrübenenernte anstellen, die eine sichere Ertragsprognose für die Ertrags-Zeit-Funktion zulässt, weil der Ertragsverlauf in der Erntecampagne nicht so stark schwankt. In Tabelle 8 sind die Daten zur Beurteilung eines unterschiedlichen Risikoverhaltens von Landwirten aufgeführt.

Der **risikoscheue Landwirt**, der den Wunsch hat, mit maximalem Ertrag möglichst nur an Schönwettertagen in einer kurzen Zeitspanne die Ernte durchzuführen, ist bei einer Anbaufläche von 30 ha auf Mechanisierungsstufe II (zweireihiger Bunkerköpfröder) angewiesen. Bei einer Anbaufläche von 70 ha ist die Mechanisierungsstufe III (sechsheihiges mehrphasiges Verfahren) notwendig. Der erwartete **Zuckerrübenenertrag** erreicht bei höherer Mechanisie-

Tabelle 8:

**Höhe der Mechanisierung in Abhängigkeit von der Risikoeinstellung des Landwirtes**

Risikoeinstellung	Notwendige Mechanisierung (Stufe)		Erwarteter Ertrag (DT/HA)		Maschinen- und Arbeitskosten(DM/HA)		Leistungs-Kosten-Differenz (DM/HA)	
	30	70	30	70	30	70	30	70
<b>1. Scheut Risiko</b>								
a) 9 von 10 Jahren Ernte bei günstigen Bedingungen	II	III	583	584				
					449	423	5 420	5 455
b) 1 von 10 Jahren Ernte bei ungünstigen Bedingungen	II	III	587	587				
<b>2. Nimmt Risiko auf sich</b>								
a) 5 von 10 Jahren Ernte bei günstigen Bedingungen	I	II	563	568				
					403	262	5 059	4 869
b) 5 von 10 Jahren Ernte bei ungünstigen Bedingungen	I	II	523	452				

rung unter günstigen Bedingungen 583 dt/ha, im ungünstigen Jahr steigt der Wert sogar auf 587 dt/ha an, da die längere Erntezeitspanne eine bessere Anpassung an die Zeit-Ertrags-Funktion im Hinblick auf den Maximalertrag ermöglicht. Die Maschinen- und Arbeitskosten bei einem Lohnkostenniveau von 12 DM/Std. erreichen bei der Mechanisierungsstufe II 449 DM/ha, bei der Mechanisierungsstufe III 423 DM/ha. Für diesen Unternehmer errechnet sich eine Leistungs-Kosten-Differenz von 5 420 DM/ha bei 30 ha und 5 455 DM/ha bei 70 ha Zuckerrübenfläche.

Ein anderes Ergebnis errechnet sich für den **risikobereiten Landwirt**. Bei 30 ha reicht Mechanisierungsstufe I (einreihiger Bunkerköpfröder) aus, bei 70 ha genügt ein zweireihiger Roder.

Das erwartete **Ertragsniveau** liegt niedriger. In den 5 günstigen Jahren erreicht es 563 dt/ha, in den 5 ungünstigen Jahren dagegen nur 523 dt/ha beim einreihigen Roder und 568 bzw. nur 452 dt/ha bei der zweireihigen Maschine. Nach Bewertung der Erträge mit dem Preis und Abzug der Maschinen- und Arbeitskosten ergibt

sich die Leistungs-Kosten-Differenz, die bei 30 ha Anbaufläche 5059 DM/ha und bei 70 ha 4 869 DM/ha beträgt.

Ein **Vergleich** des unterschiedlichen Risikoverhaltens führt dazu, daß bei 30 ha Anbaufläche der risikoscheue Unternehmer mit einer schlagkräftigen Erntetechnik ca. 500 DM/ha Gewinn aus Zuckerrüben mehr erwirtschaftet als der risikofreudige Unternehmer. Bei 70 ha Anbaufläche steigt die Gewinndifferenz auf einen Wert von fast 600 DM/ha. Hieraus ist zu folgern, daß das Abdecken des Risikos damit nicht zu höheren Kosten führen muß.

**Probleme** der Ausnutzung dieser ökonomischen Vorteile ergeben sich dadurch, daß der Lieferplan eine längere Erntezeit vorsieht, so daß bei kurzer Erntezeit unter Umständen auf dem Betrieb zwischengelagert werden muß. Hinzu kommt das Wetterrisiko einer späteren Ernte und einer verspäteten Winterweizenbestellung.

### 3.3 Getreideernte

Für die Getreideernte sind Verluste in Abhängigkeit von einem verspäteten Erntetermin ermittelt worden (6). Ergänzend werden auch Trocknungskosten berücksichtigt, die vom Zeitpunkt der Totreife auf der Grundlage von Annahmen abgeleitet werden. Diese beiden terminabhängigen Kostengrößen werden in ihrer Höhe weitgehend von der erforderlichen Länge der Erntezeitspanne bestimmt. Die Wahl einer schlagkräftigen Mechanisierung bietet die Möglichkeit, Risiken, die durch die Witterung verursacht werden, abzubauen und somit auch Verluste und Trocknungskosten zu reduzieren. Diesen Vorteilen stehen die Kosten für die größere Maschine gegenüber.

In Tabelle 9 ist die Höhe der Mechanisierung in der Getreideernte in Abhängigkeit von der Risikoeinstellung des Landwirtes dargestellt worden. Es wird auch hier jeweils ein Unternehmer charakterisiert, der das Risiko scheut oder es auf sich nimmt.

Der **risikoscheue Landwirt** muß auf einer Getreidefläche von 100 ha die Mechanisierungsstufe II und bei 150 ha die Stufe III einsetzen, um seine Zielvorstellungen realisieren zu können. Der mögliche Höchstertrag, der mit 55 dt/ha zum Zeitpunkt der Totreife angenommen wurde, wird infolge der ausreichenden Maschinenkapazitäten kaum geschmälert. Die die erzielbare Leistung reduzierenden Kosten durch nicht termingerechte Ernte, d.h. Kosten in-

folge von Verlusten und Trocknungskosten belaufen sich auf 100 bis 135 DM/ha. Die Maschinen- und Arbeitskosten müssen mit 212 bzw. 188 DM/ha Getreidefläche veranschlagt werden. Die Leistungs-Kosten-Differenz unterscheidet sich bei 100 und 150 ha Fläche nur um ca. 20 DM/ha.

Der **risikofreudige Landwirt** benötigt eine weniger schlagkräftige Mechanisierung, die zugleich aber auch höhere terminabhängige Kosten für die nicht zeitgerechte Ernte erwarten läßt. Diese liegen bis zu 66 DM/ha über den vergleichbaren Größen bei einer höheren Mechanisierung. Dem stehen aber geringere Maschinen- und Arbeitskosten gegenüber. Mit 196 bzw. 160 DM/ha wird ein Niveau erreicht, das auch häufig von Lohnunternehmen und Maschinenringen angesetzt wird. Die Leistungs-Kosten-Differenz weist Werte von 2 278 DM/ha bei 100 ha und 2 319 DM/ha bei 150 ha Getreidefläche aus.

Der **Vergleich** zwischen den beiden Risikoeinstellungen zeigt, daß ein Vorteil für den risikoscheuen Landwirt zu verzeichnen ist, der infolge einer schlagkräftigeren Mechanisierung einen zusätzlichen Gewinn von 25 bis ca. 50 DM/ha erzielen kann.

### 4. Mehr Freizeit durch höhere Mechanisierung

Innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes gelingt eine Beurteilung der Mechanisierung nur dann wirklichkeitsnah, wenn neben dem Gewinn, auf den kein Unternehmer verzichten kann, auch Ziele berücksichtigt werden, die primär im menschlichen Bereich liegen. In einer Zeit, in der der größte Teil der landwirtschaftlichen Unternehmer weit über dem Existenzminimum lebt, rücken diese Ziele stärker als bisher in den Vordergrund.

Dazu einige **Beispiele**: Die Freude an einem schönen Produkt führt bewußt oder unbewußt bei vielen Landwirten dazu, gut aussehende Pflanzenbestände anzustreben, die gleichzeitig sein Ansehen als tüchtiger Landwirt heben.

In den **Familienbetrieben** konzentriert sich die Arbeitserledigung auf die familieneigenen Arbeitskräfte. Das hat dazu geführt, daß in diesen Betrieben der Wunsch nach einer hohen Schlagkraft laut wird, um bestimmte Arbeiten in kurzer Zeit erledigen zu können. Hinzu kommt oft die Freude an einem sichtbaren Arbeitserfolg, der mit leistungsfähigen Maschinen eher deutlich wird.

Verstärkt wird sowohl im Lohnarbeits- als im Familienbetrieb der Wunsch nach **angenehmen Arbeitsbedingungen** bei Einsatz von Schleppern und Maschinen unter ungünstigen Witterungsbedingungen geäußert. Hieraus erklärt sich das Interesse an Investitionen für hohen Fahrkomfort.

In enger Verbindung damit steht der Wunsch nach mehr Freizeit, der in vielen anderen Schichten der Gesellschaft stark betont wird und an der auch der Landwirt teilhaben möchte.

Zur **Realisierung** der genannten Ziele kann die Mechanisierung einen entscheidenden Beitrag leisten. Anhand einiger Beispiele (Tabelle 10) soll aufgezeigt werden, in welchem Umfange durch steigenden Maschineneinsatz Unabhängigkeit und Freizeit erreicht werden können. Gleichzeitig soll jedoch auf die Kosten hingewiesen werden, die die Realisierung dieser Ziele verursacht.

Tabelle 9: **Höhe der Mechanisierung in der Getreideernte in Abhängigkeit von der Risikoeinstellung des Landwirtes**

Risikoeinstellung	Notwendige Mechanisierungsstufe	Kosten infolge nicht zeitgerechter Ernte (DM/ha) (Verluste u. Trocknungskosten)				Maschinen- und Arbeitskosten (DM/ha)		Leistungs-Kosten-Differenz (DM/ha)	
		GETREIDEFLÄCHE (ha)							
		100	150	100	150	100	150	100	150
<b>1. Scheut Risiko</b>									
a) 9 von 10 Jahren Ernte bei günstigen Bedingungen	II	III	100	105	212	188	2 325	2 344	
b) 1 von 10 Jahren Ernte bei ungünstigen Bedingungen	II	III	130	135					
<b>2. Nimmt Risiko auf sich</b>									
a) 5 von 10 Jahren Ernte bei günstigen Bedingungen	I	II	136	129	196	160	2 278	2 319	
b) 5 von 10 Jahren Ernte bei ungünstigen Bedingungen	I	II	196	194					

In einem 50 ha-Zuckerrübenbaubetrieb mit 1,5 AK reicht bei sehr **niedrigen Freizeitansprüchen**, die dadurch gekennzeichnet sind, daß ein 9 - 10-Studentag akzeptiert und kein freier Samstag beansprucht wird, eine auf einen 60 PS-Schlepper aufbauende Mechanisierung aus.

Wird von einem 9-Studentag auf einen 8-Studentag übergegangen, so hat dies zur Folge, daß ein 80 PS-Schlepper eingesetzt werden muß. Dieser Übergang führt im Falle der Eigenmechanisierung zu zusätzlichen Kosten von ca. 8000 DM. Bezieht man die zusätzlichen Maschinenkosten auf die freigesetzte Arbeitszeit, so ergibt sich ein Freizeitwert von ca. 55 DM/Std.

Besteht weiterhin der Wunsch, auch samstags nicht mehr mit eingesparten Maschinen zu arbeiten, so ist der Übergang vom 80 PS-Schlepper zu einem 100 PS-Schlepper notwendig. Die Konsequenz hieraus ist eine weitere Erhöhung der Maschinenkosten von ca. 13 000 DM. Verteilt man sie auf die zusätzlich eingesparte Arbeitszeit von 65 AKh, so erhöht sich der Freizeitwert auf ca. 200 DM/Std.

Wird schließlich eine weitere Ausdehnung der Freizeit, in diesem Fall der Übergang zum 7-Studentag jeweils mit freien Samstagen angestrebt, so verlangt die termingerechte Arbeitserledigung einen 150 PS-Schlepper, dessen Freizeitwert gegenüber dem 100 PS-Schlepper bei ca. 160 DM/Std. liegt.

Zu sehr viel niedrigeren Freizeitkosten durch die höhere Mechanisierung gelangt man in **gemeinschaftlichem Maschineneinsatz** von einem 100 PS- bzw. 150 PS-Schlepper. Der Freizeitwert der eingesparten Stunde erreicht dann Größenordnungen von 60-170 DM/Std. Die große Bedeutung des überbetrieblichen Maschineneinsatzes wird damit nochmals unterstrichen.

Sicherlich ist dieser Austauschprozeß zwischen Einkommen und Freizeit nicht jedem Landwirt in dieser dargestellten Form, in der Einkommen und Freizeit als gleichwertige Güter betrachtet werden, bewußt. Man muß sie jedoch mit in die Betrachtung einbeziehen, um zu einer wirklichkeitsnahen Beurteilung der Mechanisierungskosten zu gelangen. Die Nichtberücksichtigung von Kennwerten aus dem außerökonomischen Bereich hat dazu geführt, daß man in vielen Betrieben von einer Übermechanisierung ge-

**Tabelle 10: Der Einfluß unterschiedlicher Freizeitansprüche auf Mechanisierung und Maschinenkosten in Ackerbaubetrieben (Produktionsstruktur: je 1/3 Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste)**

Betriebsgröße	Freizeitansprüche	AKh pro Tag	freier Samstag	notw. Schlepperleistung	Reduzierung d. AKh	Eigenmechanisierung			gemeinschaftliche Maschinennutzung		
						Maschinenkosten/Betrieb	Veränderung der Maschinenkosten	zus. Maschinenkosten/Std. zus. Freizeit	Maschinenkosten/Betrieb	Veränderung der Maschinenkosten	zus. Maschinenkosten/Std. zus. Freizeit
ha		Std.		PS	Std.	DM	DM	DM	DM	DM	DM
50	sehr niedrig	9	nein	60		42383			42383		
50	niedrig	8	nein	80	149	50550	+ 8167	55	50550	+ 8167	55
50	mittel	8	ja	100	65	63633	+ 13113	202	61512	+ 10962	169
50	hoch	7	ja	150	113	81638	+ 17975	159	73900	+ 12388	57

prochen hat, die oft bei rein ökonomischer Betrachtung errechnet wird.

Bei einer engen Verbindung zwischen Arbeits- und Lebensbereich primär innerhalb des Familienbetriebes ist jedoch eine Verbindung ökonomischer und außerökonomischer Kennwerte notwendig. Eine derartige Betrachtung entkräftet gleichzeitig den vielfach gemachten Vorwurf, daß Betriebswirte Technokraten und Ökonomen seien, die die Wirklichkeit nicht richtig beurteilen würden.

### Schlußbetrachtung

Die Landtechnik hat mit der Entwicklung großer Schlepper und Erntemaschinen den technischen Fortschritt einen sehr großen Schritt nach vorne getrieben. Dem Landwirt ist mit dieser Technik ein Potential in die Hand gegeben, das er jetzt sinnvoll und kritisch nutzen muß, um weiter am wirtschaftlichen und sozialen Wandel teilnehmen zu können.

Der bisherige Strukturwandel, der durch die Landtechnik mit ermöglicht wurde, hat entscheidend zu einer Einkommenssteigerung beigetragen. Dieser Prozeß muß fortschreiten, wenn auch möglicherweise mit einem verlangsamten Tempo, da bisher keine

anderen Konzepte bestehen, ohne Produktivitätszuwachs zu einem steigenden Lebensstandard zu gelangen.

Am Schluß steht der Wunsch, daß es zu einem überlegten kritischen Einsatz der Landtechnik kommt, der Landwirt und Landmaschinenindustrie in gleichem Maße befriedigt. Dabei sollte die Ökonomik so stark betont werden, wie zur Befriedigung eines steigenden Einkommensanspruchs notwendig; die menschlichen und sozialen Bedürfnisse sollten aber soweit wie möglich Berücksichtigung finden.

### Literaturverzeichnis

1. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Buchführungsergebnisse der Wirtschaftsjahre 1971/72 - 1975/76
2. Landwirtschaftskammer Rheinland (Hrsg.): Betriebsergebnisse buchführender Betriebe, Jg. 1971/72 - 1975/76
3. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.): Betriebsergebnisse buchführender Betriebe, Jg. 1971/72 - 1975/76
4. Budde, F.J., Schlüter-Craes, F., Steffen, G., Sümmermann, K.-H.: Der Einfluß des technischen Fortschrittes auf die Entwicklung von Zuckerrübenbaubetrieben, in: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 54, 1976, H. 3, S. 410 - 440
5. Fischbeck, G.: Faktoren, die den Betrieb von morgen gestalten im Bereich des Ackerbaus. Pflanzenbauliche und züchterische Tendenzen, in: Faktoren,

- die den Betrieb von morgen bestimmen, DLG-Archiv, Bd. 58, Frankfurt 1976
6. Keilner, L.: Die Planung von Mährescherkapazitäten bei unsicheren Erntedaten, Diss. Bonn 1975
  7. Meinhold, K.: Probleme von Schleppern höherer Leistungsklassen, in: Betriebswirtschaftliche Mitteilungen für den Wirtschaftsberater, LK Schleswig-Holstein (Hrsg.), Kiel, H. 255 und 256, 1976
  8. Steffen, G., Berg, E.: Einfluß von Begrenzungen beim Einsatz von Umweltchemikalien auf den Gewinn landwirtschaftlicher Unternehmen, in: Materialien zur Umweltforschung, Hrsg.: Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Wiesbaden 1977
  9. Sümmermann, K.-H.: Optimale Arbeitsstrategien beim Einsatz verschiedener Maschinenkapazitäten (vorl. Arbeitstitel), Bonner Diss., in Vorbereitung
  10. Wieneke, F.: Abbau von Produktionskosten und -risiko durch eine höhere Maschinenkapazität? In: Landtechnik, H. 7/8, 1975, S. 330 - 332
  11. Wissing, P.: Die Ermittlung optimaler Arbeitszeitspannen in der Pflanzenproduktion, in: Feldwirtschaft, 13, 1972, S. 58 - 61
  12. Rheinischer Rübenbauer-Verband (Hrsg.): Wöchentliche Rübenuntersuchungen, Jg. 1965 - 1975, Bonn
  13. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Reihe 1, Fachserie 3, 1976

## **Wirtschaftliche Mechanisierung in jugoslawischen Großkombinaten**

von Prof. Dr. Ing. Josip Bričić, Direktor des Institutes für Mechanisation der landwirtschaftlichen Fakultät, Zagreb und Dr. mr. Ing. Ivan Piria, Direktor des Institutes für Landmaschinen, Zagreb.

### **Anwendung von Radschleppern mit großer Leistung in Jugoslawien**

Die technologischen Vorgänge in der pflanzlichen Produktion erfordern ein Arbeitsverfahren in mehreren Arbeitsgängen. Im letzten Jahrzehnt geht die Tendenz dahin, daß die Anzahl der Arbeitsgänge verringert wird. Allerdings muß dabei die Qualität der Bearbeitung wie bisher beibehalten werden.

Die Arbeiten in der Landwirtschaft werden in einer relativ langen Zeitperiode durchgeführt, d.h. vom frühen Frühjahr bis in den späten Herbst. Die Beendigung aller Arbeiten ist saisonbedingt und

wird zeitlich ununterbrochen erledigt mit der größten Intensivität im Frühjahr und im Herbst. Wegen dieser Belastungen im Frühjahr und im Herbst werden im allgemeinen Anschaffungen bezüglich der Mechanisation getätigt. Hervorzuheben wäre dabei auch die Wichtigkeit, daß die Arbeiten in einem optimalen Zeitraum, der der Landwirtschaft zur Verfügung steht, beendet werden mit dem Ziel, den Zeitraum immer noch abzukürzen.

Dabei entsteht die Frage, wie man dieses Ziel erreichen kann, ohne daß die landwirtschaftlichen Güter mit einer Anhäufung von zu großen technischen Mitteln rechnen müssen, zugleich aber die Arbeiten mit dem geringsten Zeitaufwand erledigt werden. Da sich der technologische Arbeitsprozeß nicht kontinuierlich abwickelt, muß eine größere Wirtschaftlichkeit gefunden werden mit der Anwendung von produktiven Maschinen und deren rationellem Einsatz, sowie die Verringerung der Arbeitsgänge beim Bearbeiten des Bodens und bei Arbeiten während der Ernte.

Die Verringerung der Arbeitsgänge kommt nur da in Frage, wo die Arbeiten zeitlich zusammenhängen. Das ist bei der Bearbeitung des Bodens, einem Teil der Düngung und bei der Saat der Fall. Die restlichen landwirtschaftlichen Arbeiten sind zeitlich nicht zusammenhängend. Wenn man die bestehende Technologie auf den jugoslawischen landwirtschaftlichen Gütern analysiert, kann man sagen, daß die erwähnten Tendenzen vorhanden sind. Des Weiteren kann gesagt werden, daß Mais, Weizen und Sonnenblumen in einem Arbeitsgang mit dem Mährescher geerntet werden, ebenso Soja und trockene Bohnen. Eine Ausnahme bildet die Zuckerrübe, die in mehreren Phasen abgeerntet wird.

Mit größter Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, daß in naher Zukunft wesentliche Änderungen der Mechanisierung bezüglich der Bodenbearbeitung zu erwarten sind. Dieser Prozeß wird erreicht durch Verringerung der Bearbeitungsgänge mit dem Bestreben, Arbeitsgänge zusammenzulegen, d.h. in einem Durchgang Oberflächenbearbeitung mit Saat und Düngung zu erledigen. Wenn diese Arbeiten alle in einem Durchgang erledigt werden, kann ein nochmaliges Überfahren des Feldes vermieden werden, da zusätzlicher Pflanzenschutz und Düngung durch Flugzeuge erledigt werden können.

In der heutigen Bearbeitung der Oberfläche durch mehrere Arbeitsgänge gibt es einige Mängel, die gelöst werden müssen: Das Überfahren und somit die Verdichtung der Erde durch den Schlepper. Dies wiederholt sich in einer Saison 5 bis 10 mal. Dadurch wird der Boden in den ursprünglichen Zustand versetzt, bevor er gepflügt wurde, außer der oberen Schicht von ca. 10 cm, die in einem lockeren Zustand bleibt.

In der bisherigen Bearbeitungsart des Bodens wird die vorhandene Kraft über das Getriebe des Schleppers auf die Räder und von dort auf den Boden gebracht. Vom Boden her geht die Kraft auf das Gerät, welches die Arbeit verrichtet. Bei diesem System der Kraftübertragung kommt es zum Kraftverlust durch das Getriebe, durch Schlupf- und Reibwert für die eigene Bewegung. Bei günstigen Arbeitsverhältnissen können 60 %, bei weichem Untergrund nur 50 % der vorhandenen Kraft übertragen werden. Bei sehr schlechten Bodenverhältnissen ist der Schlupf so groß, daß die ganze Motorkraft verloren geht.

Wenn man nur die beiden unbefriedigenden Punkte der bisherigen Bodenbearbeitung betrachtet, wird es augenscheinlich, daß die Mechanisierung eine Veränderung durchmachen muß. Am wahrscheinlichsten wird es bei den Traktoren zu einer Änderung kommen, in dem Sinn, daß der Antrieb über die Räder nur zum Fahren, die wirkliche Übertragung der Kraft jedoch über eine oder mehrere Zapfwellen erfolgen wird.

Heute ist es sehr schwierig zu sagen, wann diese Änderung eintreten wird, denn auf dem Markt wird bis jetzt ausschließlich die bisherige Lösung angeboten.

### **Strukturen der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Jugoslawien**

Jugoslawien hat 14,5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Davon sind ca. 8,5 Mio. ha bearbeitet. Die landwirtschaftlichen Flächen in Jugoslawien können in vier typische Bezirke eingegliedert werden: Ebene, hügeliges, bergiges und mediterranes Gelände. Die ebenen Flächen erfassen über 75% der landwirtschaftlich ge-

nutzten Fläche. Darauf leben ca. 15 % der gesamten Bevölkerung. In diesen Bezirken reifen überwiegend landwirtschaftliche Kulturen wie Weizen, Mais, Sonnenblumen, Zuckerrüben und dergl. Dazu kommt eine ausgeprägte und intensive Viehhaltung. In dieser Ebene liegt auch der allergrößte Teil der Genossenschaften (Landwirtschaftliche Kombinate) und ca. 450 000 Einzelgüter.

Auf dem hügeligen Gelände gedeien verschiedenartige landwirtschaftliche Erzeugnisse, neben diversen Getreidearten, vor allen Dingen Obstanbau, Weinbau und Viehhaltung. In diesem Bezirk leben 42 % der Einwohner, und es befinden sich dort ca. 1.190 000, bzw. 45 % der Gesamtzahl aller selbständigen landwirtschaftlichen Güter. Den Gesellschaftskreis bilden überwiegend die Genossenschaften; in der Nähe von größeren Städten gibt es aber auch größere landwirtschaftliche Industriekombinate. Das bergige Gelände umfaßt 44 % der gesamten Fläche Jugoslawiens, und hier leben 32 % der Gesamtbevölkerung dieses Landes. In diesem Bezirk gibt es 790 000 landwirtschaftliche Unternehmen oder 30 % der Gesamtzahl. Der Schwerpunkt bei der landwirtschaftlichen Produktion liegt im bergigen Gelände bei der Viehhaltung, danach kommt der Ackerbau, der Obst- und Weinbau. Die selbständigen Güter belegen in diesem Gebiet 95 % der Ackerfläche.

Das Mediterran-Gebiet umfaßt ca. 15 % der Gesamtfläche; hier leben 11 % der Einwohner. In diesem Bezirk sind einige größere landwirtschaftliche Kombinate sowie eine größere Anzahl von Genossenschaften und 280 000 selbständige landwirtschaftliche Güter. Der Gesellschaftssektor umfaßt ca. 15 % der Ackerfläche.

Durch diese kurze Beschreibung der landwirtschaftlichen Bezirke kann man auch die Gebiete erkennen, in denen ein Bedarf an Traktoren mit einer großen Leistung benötigt wird, d.h. man benötigt sie in 1. Linie in den ebenen landwirtschaftlichen Flächen dieses Landes. Allerdings muß gesagt werden, daß nicht alle diese Flächen für die intensive Mechanisierung geeignet sind, denn ein großer Teil der Fläche ist in den Händen von unabhängigen Landwir-

ten mit kleinen Parzellen. Die Gesellschaftsgüter in den ebenen Bezirken besitzen ca. 33 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche und ca. 28 % der Ackerfläche. Wenn alle Gesellschaftsgüter geordnete Produktionsflächen hätten, könnte man die zeitgemäße Mechanisation auf allen Ackerflächen dieses ebenen Bezirkes benützen.

In Jugoslawien gibt es ca. 1 745 verschiedene gesellschaftliche Organisationen mit einer gesamten landwirtschaftlichen Fläche von 2 157 000 ha. Von dieser Zahl haben 1 225 Organisationen eine kleinere Fläche als 500 ha, bzw. 520 landwirtschaftliche Güter haben größere Flächen als 500 ha.

Eine hochproduktive Mechanisation befindet sich auf dem richtigen Platz auf einem landwirtschaftlichen Gut, das mindestens 500 ha bearbeitungsfähige Fläche hat. Je größer die Güter sind, umso günstiger ist es, eine solche Mechanisation anzulegen. Güter unter 500 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche befinden sich zum größten Teil in der Hand von Genossenschaften mit einer sehr gut entwickelten und modernen Technologie, ebenso mit einer neuzeitlichen Mechanisation.

Sehr wichtig ist es für den Fortschritt der landwirtschaftlichen Produktion, im Zusammenhang mit der Möglichkeit hochproduktive Mechanisation anzuwenden, daß den Feldern eine systematische Bodenverbesserung zuteil wird. Beim produktiven Boden muß in erster Linie die Entwässerung und danach, damit man diesen Boden auch mit einer hochproduktiven Mechanisation bearbeiten kann, die Flurbereinigung gut gelöst sein. Unabhängig davon ist es wichtig, wie groß die einzelnen Parzellen sind und wie das Wegenetz auf dem Gut gelöst ist. Durch diese Melioration und Flurbereinigung ist das Risiko geringer in schlechten Jahren, insbesondere dann, wenn es ein extrem nasses Jahr ist.

Man kann sagen, daß fast in allen jugoslawischen landwirtschaftlichen Kombinatn diese Probleme besonders ins Auge gefaßt werden. D.h. man beachtet insbesondere die Melioration und die Flurbereinigung sowie den Ausbau des Wegenetzes. Dadurch wird jedes Jahr die produktive Anbaufläche in erheblichem Maße vergrößert.

Nachdem jedoch die Melioration und die Flurbereinigung der Felder, sowie der Ausbau des Straßennetzes große finanzielle Belastungen darstellen, dauert es selbstverständlich etwas länger, bis einzelne Projekte verwirklicht werden. Auf vielen Kombinatn sind die Arbeiten der Reorganisation und der Modernisierung durchgeführt, so z.B. die Zusammenlegung von produktiven Flächen, Formierung der Parzellen, der Ausbau von Kanälen, Straßen und dergl.

Die landwirtschaftlichen Kombinate in der Vojvodina haben im Durchschnitt die besthergerichteten landwirtschaftlichen Flächen. Auf den Kombinatn in Slavonien sind die Parzellen etwas kleiner und bewegen sich in den Grenzen von 20 bis 150 ha. Allerdings sind auch hier einzelne Kombinate, die Parzellen zwischen 200 und 400 ha haben. Im Durchschnitt liegen die Größen der Parzellen in Slavonien und Vojvodina zwischen 50 und 100 ha.

#### **Ausrüstung der Kombinate mit Traktoren und Anschlußgeräten**

Als man Daten für die hochproduktive Mechanisation sammelte, hat man Rechnung getragen, daß diese Daten zum größten Teil von dem ebenen Bezirk stammen, d.h. man suchte typische landwirtschaftliche Flächen, an denen diese hochproduktive Mechanisation eingesetzt werden kann. Das sind die Bezirke Slavonien, Baranja und Vojvodina. Hier dominieren die großen Genossenschaftsgüter, die einen bedeutenden Traktoren- und Gerätepark besitzen. Mittlerweile haben die Kombinate, die produktive Anbauflächen geordnet und einen größeren spezifischen Bodenwert haben, sich auf schwerere Traktoren umgestellt.

Auf den landwirtschaftlichen Kombinatn in Slavonien und Baranja, die sich vereint haben in gleichförmige Organisationen (landwirtschaftliches Ernährungssystem), sind verschiedene Arten und Kategorien von Traktoren vertreten.

Bei P.P.S. (landwirtschaftliches Ernährungssystem) waren im Jahre 1975 2 470 Radschlepper und im Jahre 1976 nur 2 402 Stück im Einsatz. Obwohl sich die Zahl der Traktoren verringert hat, hat sich die PS-Zahl von 200 652 auf 213 596 erhöht. Die

Durchschnittsstärke der Traktoren lag im Jahr 1975 bei 81,2 PS. im Jahr 1976 bereits bei 88,9 PS. Vergleicht man diese Zahlen mit der Ackerfläche der Kombinate, so erhält man folgendes Bild:

1975 0,94 PS/ha

1976 1,00 PS/ha

1976 hatte P.P.S. 137 Raupenfahrzeuge mit insgesamt 11 525 PS. Im Jahre 1976 hatten sie 110 Stück mit insgesamt 9 470 PS. Im Durchschnitt hatte also eine Raupe 85 PS.

Charakteristisch ist es, daß auf den landwirtschaftlichen Kombi-naten sowohl die Zahl der Traktoren als auch die der Raupen ver-ringert wird, die PS-Stärke jedoch erhöht wurde. Die Radschlepper auf den Kombinaten dienen für die landwirtschaftlichen Arbeiten und Transporte. Die Raupenschlepper sind für landwirtschaftliche Arbeiten, Meliorationen und Bauarbeiten bestimmt. Der Anteil der Raupenschlepper auf den Kombinaten ist im Vergleich zu den an-deren Zugfahrzeugen klein. Wenn man als Grundlage die Erzeu-gung nimmt, beträgt das Verhältnis der Radschlepper zu den Rau-penschleppern 22:1.

Die in den landwirtschaftlichen Kombinaten Slavoniens und Ba-ranjas 1975 und 1976 vertretenen Traktoren sind geordnet in Ka-tegorien in der Tabelle 1 aufgezeigt.

Schlepper zwischen 35 und 45 PS werden auf den Kombinaten als Hilfsfahrzeuge benützt und zwar als Transportfahrzeuge und für leichteste Arbeiten auf dem Feld. Diese Traktorenkategorie wird in den nächsten Jahren mit 4 bis 5 % vertreten sein.

Am zahlreichsten sind die Traktoren in der Kategorie von 50 bis 77 PS. Ihre Zahl verringert sich jedoch ständig. Verwendung fin-den diese Maschinen in erster Linie für Transporte, aber auch für leichte Arbeiten auf dem Feld. Mit der Verringerung der Anzahl dieser Traktoren ist es erforderlich, daß die Kraft der Transport-schlepper erhöht wird. Das bedingt auch, daß größere Anhänge-geräte und Anbaugeräte für leichtere Feldarbeiten in der Arbeits-breite vergrößert werden, die allerdings eine etwas größere Kraft erfordern, so daß allmählich diese Arbeiten von Traktoren der Gruppe zwischen 80 und 114 PS übernommen werden.

Diese Traktoren zwischen 80 und 114 PS lassen sich auch gut für Transportarbeiten auf den Parzellen und für Transporte für gerin-gere Entfernungen verwenden. Auf den Parzellen werden schon vielfach Transporteinheiten und Container verwendet. Bei beson-ders schlechten Einsatzverhältnissen zeigt es sich, daß hier bei den Transportarbeiten die größere Traktorenstärke gute Dienste leistet. Ein Teil dieser Traktoren ergänzt die Kombination zwis-chen schweren und superschweren Traktoren. Diese Schlepper können auch für schwerste Arbeiten, wie z.B. Pflügen bei Tiefen von 30 cm und noch mehr, verwendet werden.

Traktoren in der Gruppe von 125 bis 160 PS werden hauptsäch-lich in der klassischen Ausführung gebaut, mit oder ohne Allradan-trieb, so daß sie trotz der groß installierten Kraft sehr wendig sind. Sie können deshalb sehr verschiedenartig eingesetzt und auch mit den superschweren Traktoren kombiniert werden. Vom Jahr 1975 auf 1976 ist die Zahl dieser Traktoren entscheidend gestie-gen, und sie wird noch weiter steigen, so daß sie zusammen mit den superschweren Schleppern die Grundlage für die neuzeitliche Produktion auf den Kombinaten bilden.

Die superschweren Traktoren mit 175 bis 300 PS haben ebenso maßgebend in der installierten Kraft vom Jahr 1975 bis 1976 zu-genommen. Viele Traktoren werden für die allerschwersten Arbei-ten wie Pflügen, Untergrundlockern, Arbeiten mit kombinierten Aggregaten und für die Saatbeetvorbereitung verwendet. In den meisten Fällen handelt es sich hier um knickgelenkte Schlepper mit acht Rädern auf eine große Länge und Breite, so daß sie den geringsten Bodendruck erzeugen. Andererseits erreichen sie mit der großen Auflage einen maximalen Wirkungsgrad und deshalb haben sie eine sehr hohe Zugkraft, die nötig ist, um breite Aggre-gate erfolgreich zu ziehen. Für die Zukunft kann erwartet werden, daß sich die Zahl dieser Schlepper auf den großen landwirtschaft-lichen Kombinaten erhöht.

Die größte Zahl der Traktoren auf den Kombinaten der Vojvodina hat 50 bis 80 PS. Man stellt aber ein sehr schnelles Wachstum der Radschlepper mit einer PS-Zahl von 90 bis 130 PS fest, die die Raupenschlepper verdrängen.

Der Traktor als Energiepaket ist allein für sich kaum verwendbar,

vielmehr muß er für alle Arten von Arbeiten mit den richtigen Anbaugeräten kombiniert werden. Von der Anzahl der Anbau- und Anhängengeräte hängt es ab, ob ein Traktor im Laufe des Jahres mehr oder weniger eingesetzt wird. Außer der Zahl der Anbaugeräte ist auch deren Charakteristik wichtig, denn nur mit einem passenden und qualitativen Anbaugerät kann man eine gute Wirtschaftlichkeit erwarten.

Da es sehr viele verschiedenartige Anhänge- und Anbaugeräte gibt und ebenso verschiedenartige Kategorien von Traktoren, die zum Teil nur bedingt für alle Arbeiten verwendbar sind, ist es schwer, eine Durchschnittsausrüstung von Anbau- und Anhängengeräten zu definieren, die ein Traktor haben sollte. Betrachtet man jedoch die allerwichtigsten Anhänge- bzw. Anbaugeräte für die normalen und Zusatzarbeiten auf dem Feld, sowie die Kategorie der Traktoren, welche für diese Arbeiten vorgesehen sind, so bekommt man ein abgerundetes Bild von der gewünschten Anschaffung und Anzahl der Geräte. Im Bereich der Kombinate Slavoniens und Baranjas sind alle schwereren Radschlepper mit Pflügen ausgerüstet, zusätzlich ca. 50 % mit Scheibeneggen und 40 % mit Kombinationen für die Oberflächenbearbeitung. In letzter Zeit wird auch mehr mit Untergrundlockerern und Tiefengrubbern gearbeitet. Neben der sehr wertvollen Wirkung bezüglich der Bodenbearbeitung mit diesen Geräten kann zugleich eine optimalere Ausnützung der Traktoren im Vergleich mit dem Pflug festgestellt werden. Außerdem kann leicht die Anzahl der Arbeitsorgane gewechselt werden, so daß die Arbeitsbreite verändert wird.

Gemäß den von uns durchgeführten Prüfungen hat es sich gezeigt, daß der Tiefengrubber, mit dem man ja zwischen 8 bis 10 km/h fahren soll, pro Zinken einen Kraftbedarf von 8 bis 15 PS bei mittelschweren Einsätzen erfordert. Tiefengrubber mit einer großen Arbeitsbreite haben im allgemeinen 13 bis 15 Zinken. Vereinzelt können Probleme mit dem Tiefengrubber entstehen, da oft größere Mengen Pflanzenreste wie Maisstroh, Stroh, Blatt und Köpfe der Zuckerrübe usw. eingepflügt werden. Wo jedoch keine Pflanzenreste vorhanden sind, kann auch der Tiefengrubber mit Erfolg den Pflug ersetzen. Eine der Arbeiten, welche sich hier an-

bieten, ist das Bearbeiten des Bodens nach der Beseitigung, bzw. nach dem Abbrennen des Strohs.

Der Kraftbedarf für einen Arm beim Untergrundlockerer bei einer Arbeitstiefe von 60 cm bei mittelschweren Bodenverhältnissen beträgt 35 bis 75 PS, so daß diese nur gezogen werden können mit sehr starken Traktoren. Die Prüfungen, die durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß der Hauptvorteil darin besteht, daß die Boden-Bearbeitung, die eine tiefe Furche erfordert, durch den Untergrundlockerer und später mit einer nicht so tiefen Furche ersetzt werden kann. Das Pflügen kann bereits bei einer Tiefe von 40 cm nur mit einem Spezialpflug durchgeführt werden, der jedoch teurer ist als ein Untergrundlockerer. Was die nötige Energie betrifft, so ist diese beim Untergrundlockern und anschließendem Schälen geringer als beim sehr tiefen Pflügen.

Bezüglich einer wirtschaftlichen Nutzung der Traktoren mit großer Kraft müssen zwei Vorteile bei der Verwendung von Untergrundlockerern gesehen werden:

1. Der Untergrundlockerer hat einen wesentlichen Einfluß auf die Vergrößerung der Bodenhaftung.
2. Man arbeitet mit dem Untergrundlockerer in der Sommerperiode, wenn die Traktoren der großen PS-Klasse nicht genügend anderweitig genutzt werden.

### **Technische Nutzbarmachung der Eigenschaften von Radschleppern**

In den letzten zehn Jahren wurden sehr umfangreiche Prüfungen bezüglich der Nutzung aller Traktoren, die auf dem europäischen Markt angeboten werden, durchgeführt. Wir möchten hier einige Resultate und Erfahrungen vorbringen. Wir möchten dazu vermerken, daß die Prüfungen bei normalen Einsatzverhältnissen durchgeführt wurden und mit Hilfe von neuzeitlichen elektronischen Geräten.

Der optimale Bereich der Nutzung erreicht den höchsten Punkt der Kurve beim Koeffizienten der verwendbaren Leistung da, wo der Schlepper die größte Kraft abgibt und die größte Arbeitswirkung erreicht. Dabei muß die Zugkraft und die Geschwindigkeit in ei-

nem entsprechenden Verhältnis stehen, dann erst kann von einer optimalen Zugkraft und einer optimalen Geschwindigkeit gesprochen werden.

Der Koeffizient der verwendbaren Leistung unterscheidet sich absolut von den Möglichkeiten der einzelnen Schlepperkategorien. So wurde festgestellt, daß von den kleinsten Schlepperkategorien bis zur Kategorie von 90 bis 100 PS ein ausgeprägtes Wachstum vorhanden ist. Hier wird ein Koeffizient erreicht, der bis 0,71 beträgt, d.h. man erreicht eine Nutzung der Motorkraft von 71 %. Bei Traktoren mit größerer Kraft notiert man kleinere Koeffizientenwerte. Hier waren es 60 bis 65 %. Demzufolge erreichen Schlepperkategorien von 90 bis 120 PS die wirtschaftlichste Arbeit. Zumindest erreichen die meisten Schlepper dieser Kategorie annähernd diese Werte. Es muß noch erwähnt werden, daß der höchste Zahlenfaktor der verwertbaren Leistung bei den klassischen Traktoren mit vier Antriebsrädern und beim Arbeiten mit Anbaugeräten festgestellt wurde.

Einen interessanten Vergleich gibt die Zugkraft, deren optimale Höhe annähernd linear mit dem Ansteigen der installierten Kraft wächst. Aus unseren Prüfungen ist ersichtlich, daß erst bei einem Traktor von 250 bis 300 PS die nominale Zugkraft von 6000 bis 8000 kp erreicht wird, die nötig ist, um einen 5- bis 8-Schar-Pflug auf mittelschweren und schweren Böden zu ziehen.

Für das Pflügen wurden Geschwindigkeiten zwischen 7 und 9 km/h, für die Oberflächenbearbeitung 8 bis 13 km/ha gewählt. Die Höhe der Zugkraft und die Arbeitsgeschwindigkeit, die der Schlepper dabei erreicht, ergeben zusammen die Produktivität. Den zuverlässigsten Faktor der Produktivität des Traktors bildet die technische Leistung. Diese besteht aus der echten Leistung ohne Organisationsverluste, die von der Arbeitszeit abgehen, d.h. eingeschlossen sind nur die Verluste, welche an den technologischen Prozeß und für Arbeiten am Gerät auftauchen. Für die wirtschaftliche Arbeit des Schleppers ist der spezifische Brennstoffverbrauch wichtig und der Verbrauch von Brennstoff für die ein-

TABELLE 1

PS-Stärke	Stand im Jahr 1975				Stand im Jahr 1976			
	Stück-Zahl	%	PS	%	Stückzahl	%	PS	%
35-45	294	11,9	10990	5,5	271	11,3	10070	4,7
50-77	1318	53,4	75817	37,8	1119	46,6	65238	30,5
80-114	442	17,9	46715	23,3	447	18,6	42460	19,9
125-160	272	11,0	37235	18,5	359	14,9	49563	23,2
175-300	144	5,8	29895	14,9	206	8,6	46265	21,7
Gesamt	2470	100,0	200652	100,0	2402	100,0	213596	100,0

TABELLE 2

#### Vergleiche der Produktivität und Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Traktorkategorien

Vorhandene Kraft	PS	40	70	100	127	177	218	278
Index		1,00	1,75	2,50	3,17	4,42	5,45	6,95
Furchentiefe	cm	30,3	32,4	30,0	29,2	33,0	31,0	32,0
Index		1,00	1,07	0,99	0,96	1,09	1,02	1,06
Arbeitsleistung	ha/h	0,30	0,56	0,75	1,09	1,31	1,62	2,09
Index		1,00	1,88	2,52	3,63	4,36	5,40	6,96
Kraftstoffverbrauch	kp/ha	21,3	16,2	16,6	16,7	20,0	17,9	18,6
Index		1,00	0,76	0,92	0,78	0,94	0,84	0,87
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	p / P S / h	347	297	260	289	299	245	269
Index		1,00	0,84	0,75	0,83	0,86	0,71	0,77

zelenen Parzellen. Zur bildlichen Untermalung zeigt unsere Tabelle 2 den Vergleich der Produktivität und Wirtschaftlichkeit, die wir bei unseren Prüfungen ermittelten.

Die neuzeitliche Technologie der landwirtschaftlichen Produktion wird darin begründet, daß Geräte mit einer hohen Produktivität zur Anwendung kommen, die es vor allen Dingen ermöglichen, daß die Arbeiten mit erhöhten Geschwindigkeiten erledigt werden.

Dies bringt eine höhere Leistung, bzw. größeren Erfolg und eine bessere Bearbeitung des Bodens. Allerdings sind viele der Anbaugeräte nicht für eine große Geschwindigkeit vorgesehen, sowohl in der Arbeitsqualität als auch in der Konstruktion bezüglich einer hohen Lebensdauer. Abgrenzende Faktoren bilden auch geordnete Parzellen und der Stand der Mikroreliefs. Größere und häufigere Unebenheiten verursachen Schwingungen, die das Material der Anhänger- bzw. Anbaugeräte der Traktoren in Mitleidenschaft ziehen. Außerdem wird dadurch eine frühzeitige Ermüdung des Fahrers verursacht.

Die Anhänger- bzw. Anbaugeräte müssen deshalb so angepaßt sein, daß sie in ihrem Bereich der Geschwindigkeit und Belastbarkeit den optimalen Bereichen der Zugmaschine entsprechen. Nur dort, wo die geringste Abweichung der Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der anderen Faktoren erreicht wird, besteht die Möglichkeit der maximalen Nutzung der verfügbaren Kapazität an Anbaugeräten.

In der Anwendung der Traktoren überwiegen heute die klassischen und die knickgelenkten Traktoren. Vergleichsprüfungen wurden durchgeführt an drei Radschleppertypen.

- a.) ohne Vorderradantrieb
- b.) mit Vierradantrieb
- c.) knickgelenkte Traktoren mit acht Antriebsrädern
- d.) Raupenschlepper

Radschlepper haben untereinander verschiedene technische Charakteristiken, liegen aber in der Konzeption doch sehr nahe beisammen. Der Raupenschlepper erreicht seinen optimalen Bereich der nutzbaren Leistung mit einem Koeffizienten von 0,7 bis 0,75 unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit, die zwischen 2 und 4 km/h liegt. Bei einer Geschwindigkeit von ca. 5 km/h fällt der Koeffizient der nutzbaren Leistung auf 0,6 bis 0,65 und gleicht sich den Werten an, die die Radschlepper haben.

Radschlepper ohne Allradantrieb haben einen sehr niedrigen Koeffizienten der nutzbaren Leistung gezeigt. Dieser liegt in den Grenzen von 0,55 bis 0,60. Allerdings haben sie mit der Geschwindigkeit von 6 bis 12 km/h einen breiten Nutzungsbereich. Aufgrund des erwähnten Geschwindigkeitsbereiches beinhalten sie einen

Koeffizienten der nutzbaren Leistung, der einen Wert erreicht, der nahe an das Maximale grenzt. Traktoren mit einem Vierradantrieb in der klassischen Bauweise haben einen höheren Koeffizienten der nutzbaren Leistung erreicht, als die Traktoren ohne Vorderradantrieb, er beträgt 0,60 bis 0,70. Der Geschwindigkeitsbereich, ausreichend für eine gute Produktion, hat sich etwas nach unten verschoben und zwar auf 5,5 bis 9 km/h.

Ähnliche Charakteristiken haben auch die knickgelenkten Traktoren mit acht Rädern erreicht. Der nutzbare Leistungskoeffizient liegt etwas günstiger, aber der optimale Geschwindigkeitsbereich der Nutzung ist noch geringer und liegt bei 4,5 bis 9 km/h.

Erwähnt werden muß, daß die knickgelenkten und restlichen vier- radangetriebenen Schlepper im Bereich von größeren Geschwindigkeiten erfolgreich verwendet werden können. In diesem Fall ist die Wirksamkeit nicht größer als bei Traktoren ohne Vorderradantrieb.

Nachdem man den Nutzungsbereich verschiedener Traktorentypen und Kategorien gut kennt, ist es möglich, eine entsprechende Konzeption von Traktoren für eine entsprechende technologische Form auf den einzelnen Kombinate zu bestimmen. Auf diese Art nimmt unser Institut und das Wissenschaftliche Forschungsamt indirekt teil an der Auswahl von Traktoren und Anbau- bzw. Anhängergeräten für die landwirtschaftlichen Kombinate. Wir betrachten es als sehr nützlich und notwendig, daß eine Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis auf diesem Gebiet erfolgt, und wir können auch sehr erfolgversprechende Resultate feststellen.

Es ist bekannt, daß die Verdichtung des Bodens als Folge vom Befahren mit den Schlepperreifen einen bedeutenden Einfluß auf die Entwicklung des Wurzelsystems, der Fruchtbarkeit des Bodens und auf den Ertrag verschiedener Kulturen hat. Außerdem werden öfter öffentliche Einwände laut, daß mit den schweren Radschleppern große Schäden durch Bodenverdichtung entstehen.

Die Größe des spezifischen Bodendruckes hängt von der Dimension der Reifen, vom Luftdruck und von der vertikalen Belastung des Reifens ab. Bei den Prüfungen über die Auswirkung der Bodenverdichtung mit den Rädern bei verschiedenen Schleppertypen und

Kategorien wurden die Deformationen mit einem Profilograph und die Verdichtung mit einem Penotograph festgehalten. Die erhaltenen Resultate haben einen relativen Wert. Man sieht aber, daß bei Zwillingsbereifung die Bodenverdichtung sich um 52 % verringert.

### **Diskussion und Abschluß**

In dieser Studie sind die bis heute ausgearbeiteten Ergebnisse vom Institut für Mechanisation, statistische Ergebnisse und Ergebnisse, die man auf den Kombinatensammelungen gesammelt hat, verwendet.

Die Entwicklung der Technik und Technologie auf den landwirtschaftlichen Kombinatensammelungen in Jugoslawien ist sehr schnell und dynamisch. Wir meinen deshalb, daß die Wissenschaft noch sehr viel zu tun hat, damit sie sich in diesem Prozeß mit noch mehr konkreten Vorschlägen einbezieht. Mit solchen Problemen beschäftigt sich unser Institut schon eine Reihe von Jahren.

Zu dem größten Dilemma auf den Kombinatensammelungen kommt es, wenn von den Traktoren gesprochen wird, hier vor allen Dingen über die installierte Kraft, die Kategorie der Traktoren, welche auf einzelnen Kombinatensammelungen ausgetauscht werden, die einzelnen Verhältnisse zueinander und zum Schluß von der Wirtschaftlichkeit bei der Anwendung der einzelnen Traktorkategorien.

Die Verwendung von hochproduktiven Traktoren und Anbaugeräten ist berechtigt auf Gütern, die Flächen über 500 ha bei geordneten Bodenverhältnissen und geraden Parzellen haben. Auf Kombinatensammelungen über 1 000 ha können auch erfolgreich Traktoren mit der größten Kraft, d.h. die mit 300 PS eingesetzt werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß Parzellen von 50 bis 200 ha Größe, mit einer Länge von 500 bis 1 500 m dafür besonders geeignet sind. Auf den Kombinatensammelungen verfügt man über Traktorenstärken von 0,8 bis 1,3 PS/ha. Die Unterschiede resultieren aus den verschiedenen Bodenarten. Auf Gütern, die einen mittelschweren und schweren Boden haben, wird 1 bis 1,2 PS/ha empfohlen.

Die Prüfungen auf der Basis einer größeren Anzahl von Traktoren zeigt, daß eine gute technische Lösung und Ausführung dazu beiträgt, daß die Produktivität parallel mit der installierten Motorkraft

steigt. Die Produktivität des Schleppers hängt von der technischen Wirksamkeit der Konzeption der Nutzbarmachung und organisatorischen Faktoren ab.

In Anbetracht der Bodenverdichtung haben knickgelenkte oder Compact-Schlepper mit vier Zwillingsrädern unbestritten einen Vorteil, da sie den spezifischen Druck auf den Boden um die Hälfte mindern, im Vergleich zu den klassischen Traktoren mit vier Rädern. Außerdem wird durch den Anbau von Geräten mit sehr großer Arbeitsbreite das Überfahren des Bodens und somit ebenfalls die Verdichtung des Bodens vermindert.

Die größte Wirtschaftlichkeit der Traktoren wird durch eine große Nutzungsmöglichkeit und somit eine hohe Arbeitsstundenzahl im Lauf des Jahres erreicht. In der breiten Praxis hat es sich gezeigt, daß die schweren Traktoren 1000 bis 1400 Arbeitsstunden jährlich eingesetzt sind. Wir glauben, daß diese Arbeitsleistung noch gesteigert werden müßte und zwar auf 1750 Stunden. Daß dies möglich ist, hat die Praxis bei einigen Kombinatensammelungen gezeigt, welche mit ihren Traktoren zwischen 1880 und 2500 Betriebs-Stunden jährlich arbeiten. Die Überwachung einer größeren Anzahl von verschiedenen Schlepperkategorien über mehrere Jahre hindurch hat gezeigt, daß annähernd alle die gleiche jährliche Einsatzzeit erreichen.

Ein wichtiger Faktor bezüglich der Wirtschaftlichkeit und der Rentabilität eines Schleppers ist der Einkaufspreis. Die billigsten Traktoren bezüglich der installierten Kraft, der Zugkraft und des Schleppergewichtes sind die klassischen Traktoren ohne Vorderantrieb.

Die Tendenz zeigt, daß fast alle Kombinate schwerere Schlepper bevorzugen. Aus diesem Grunde wird es nötig sein, große Aufmerksamkeit auf die bessere Ausbildung der Traktoristen zu legen, die mit solchen hochproduktiven, aber teureren Geräten arbeiten.

### Literatur

Bričić - Piria Investigation of technical and explostational characteristica of Tyre-mounted tractors with high output engines. Archiv für landwirtschaftliche Wissenschaft 1974.

Piria - Camdić Stufe der Rentabilität und Nutzbarmachung verschiedener Kategorien von Radschleppern und das Verhältnis zwischen ihnen als Vorschlag für Genossenschaften, Zagreb 1976

Sammelband für Arbeiten von 1973, 1974, 1975 und 1976. Optimale Vergleiche von landwirtschaftlichen Traktoren bezüglich der Bodenbearbeitung, Novi Sad 1976.

## Der Schwergrubber- ein Spezial- oder Universalgerät für die Bodenbearbeitung?

von Universitätsdozent Dr. habil Manfred Estler und Dipl.Ing. agr. Anton Perwanger, Institut für Landtechnik Weihenstephan.

Wohl selten zuvor hat ein Bodenbearbeitungsgerät in einem solchen Maße Befürworter, Skeptiker und offensichtliche Gegner gleichermaßen hervorgebracht wie der Schwergrubber. Und obwohl er seit mehreren Jahren auch bei uns fest Fuß gefaßt hat, wird immer noch die Frage diskutiert, ob er denn nun wirklich eine Revolution der Bodenbearbeitung in allen ihren Bereichen bewirkt hat bzw. bewirken kann. Oder ob er sich einreihet in die lange Liste der Geräte, die nur in sehr speziellen Einsatzbereichen eine wirklich optimale Wirkung erzielen können. Die ebenso interessante wie heikle Frage also: Ist der Schwergrubber ein echtes Universalgerät oder nur ein Spezialgerät für die Bodenbearbeitung.

Will man diese Frage objektiv und emotionslos beantworten, dann muß man zwangsläufig etwas systematisieren. Dabei gilt es, in einem ersten Schritt die Aufgaben zu fixieren, die von den Bodenbearbeitungsgeräten in den verschiedenen Einsatzbereichen und Einsatzzeitspannen zu erfüllen sind. Drei wesentliche Einsatzbereiche sollen dabei betrachtet werden:

1. Saatbettbereitung
2. Stoppelbearbeitung
3. Grund-Bodenbearbeitung.

In einem zweiten Schritt wäre dann die Frage zu untersuchen, welche konstruktiven Merkmale und betriebstechnischen Kenndaten ein Schwergrubber aufweisen müßte, wenn er als Universalgerät verwendbar sein sollte.

Vorab jedoch zur Skizzierung der Situation ein kurzer Blick auf die derzeitigen Schwergrubber-Konzeptionen (Abb. 1). Die wichtigsten Konstruktionsmerkmale, die nicht so sehr von einer rationellen Fertigung, sondern vorrangig von der einwandfreien Gerätefunktion bestimmt werden sind:

- der Aufbau des Gerätes, insbesondere die Anzahl der Zinkenträger
- der seitliche und diagonale Zinkenabstand (Zinkendurchgang).
- der Strichabstand
- die Rahmenhöhe, also die lichte Weite zwischen Scharspitze und Rahmenunterkante
- unterschiedliche Zinkenformen mit spezifischem Scharwinkel
- verschiedene Formen von schmal oder breiter schneidenden Scharen

Anzahl der Zinkenträger, Zinkendurchgang und Strichabstand stehen in einer direkten Wechselbeziehung zueinander. Die Zielvorstellung lautet, daß auch bei engen Strichabständen durch das Verwenden von Rahmen mit 3 bis 4 Reihen von Zinkenträgern ein ausreichender Zinkendurchgang und damit eine verstopfungsfreie Arbeit auch bei der Einarbeitung hoher Mengen organischer Substanzen gewährleistet ist. Die Rahmenhöhe hat sich ebenfalls nach den Forderungen einer verstopfungsfreien Arbeit zu richten, wobei je nach Einsatzbereich und eingehaltener Arbeitstiefe unterschiedliche Maße (70 bis 90 cm) derzeit angeboten werden. Bauweise, Form und Anstellwinkel der Grubberzinken sind sehr unterschiedlich. Generell gilt, daß für die flache Einarbeitung von Stopeln und Ernterückständen steil angestellte Zinken mit etwa 60° Scharwinkel bevorzugt werden. Zinken mit sehr flachem Anstellwinkel (ca. 30 - 35°) werden für die Lockerung des Bodens auf volle Krumentiefe verwendet. Auch bei den Scharformen ergibt sich eine eindeutige Trennung in solche, die für die flache Bearbeitung (Doppelherzschar, "Breitschar"), und für eine tiefere Bearbeitung (Schmalschar, Spitzschar) angeboten werden (Abb. 2-4).

## Konstruktionsmerkmale von Schwergrubbern

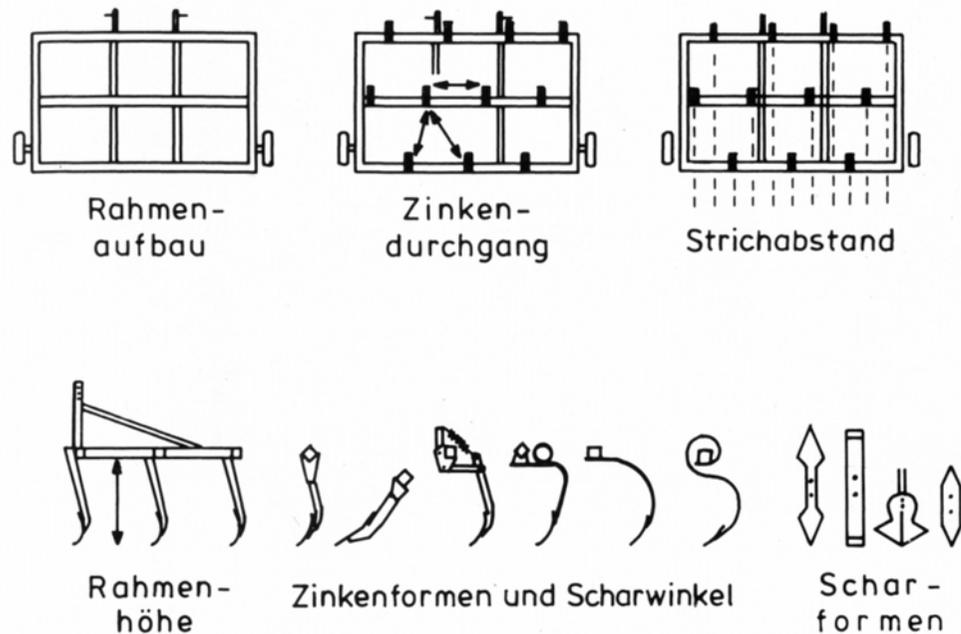


Abb. 1. Einige wesentliche Konstruktionsmerkmale beeinflussen den technischen Aufbau und die Funktion des Schwergrubbers

Die aus diesen bekannten Einzelementen realisierbaren konstruktiven Lösungen haben in der Vergangenheit zu einer Vielfalt unterschiedlicher und in der Zwischenzeit bewährter Schwergrubber-Bauformen geführt.

Mehr noch als die spezielle Bauweise des Schwergrubbers selbst haben in letzter Zeit die daran angelegten Nachläufer seine Funktion verbessert und die Einsatzmöglichkeiten variabler gestaltet. Die Initialzündung hierzu gab ganz eindeutig die Praxis. Sie erkannte sehr rasch, daß die anfangs empfohlenen zwei Arbeitsgänge zum Erzielen eines befriedigenden Arbeitsergebnisses aus meh-

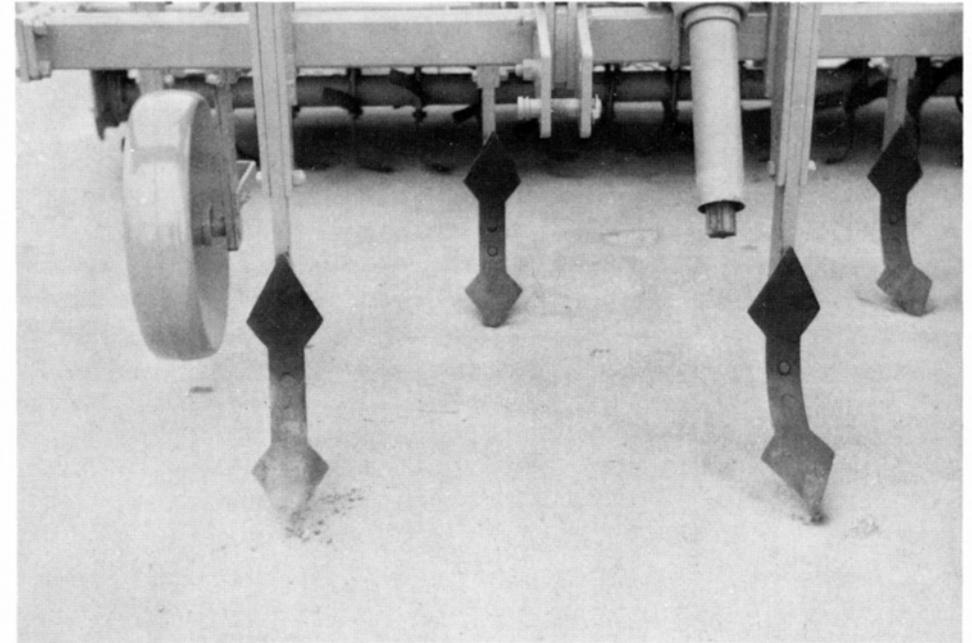


Abb. 2. Das Doppelherzschar mit ca. 180 mm Schnittbreite stellt derzeit eine Art "Universalschar" dar. Es wird aber vorwiegend für Stoppelumbruch und Stroheinarbeitung verwendet

rerer Gründen sehr problematisch sind: Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen, wegen der oftmals vorhandenen ungünstigen Schlagformen und -größen, aber auch im Hinblick auf die hohe physische Belastung der Schlepperfahrer. Die Aufgabe des Nachläufers ist also vorrangig darin zu sehen, diesen zweiten Arbeitsgang wenn irgend möglich einzusparen.

Die Nachläufer (Abb. 5) sollen die Funktion des Schwergrubbers in folgenden Effekten ergänzen bzw. unterstützen:

- einebnen
- krümeln
- packen
- mischen.



Abb. 3. Gänsefuß-Breitschare mit ca. 250 mm Schnittbreite werden für die flache Stoppelbearbeitung bevorzugt

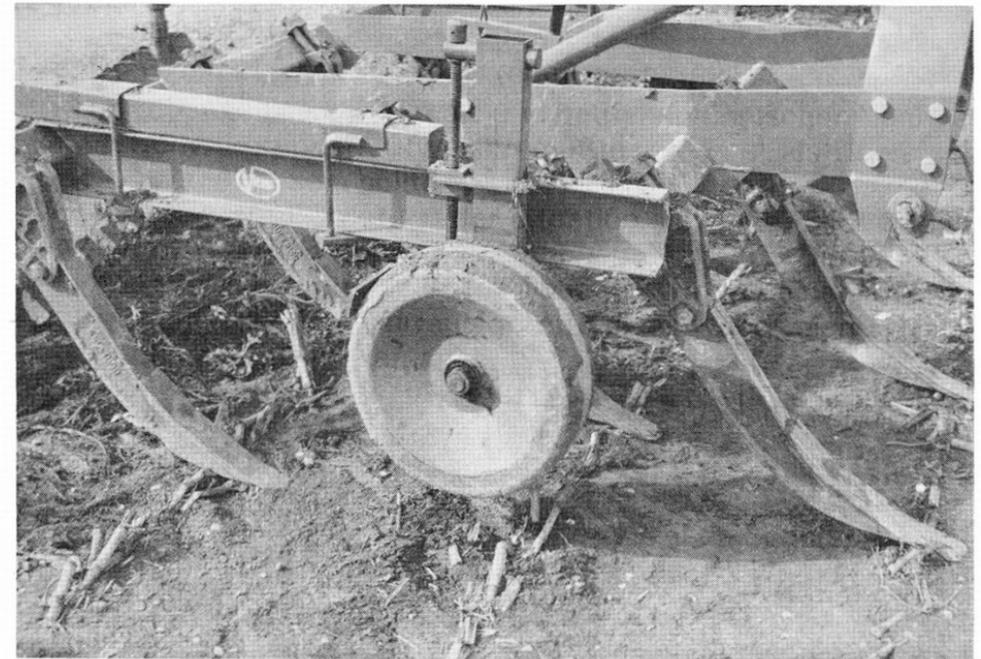


Abb. 4. Schmalschare und Spitzschare mit ca. 60 mm Schnittbreite haben ihren bevorzugten Einsatzbereich bei der Bodenlockerung auf Krumentiefe

Es ist bezeichnend, daß nahezu die gesamte Palette der bekannten und bewährten Oberflächen-Nachbearbeitungswerkzeuge als Schwergrubber-Nachläufer anzutreffen ist. Je nach Bauweise können sie nur einen der genannten Effekte erfüllen, größtenteils kombinieren sie jedoch zwei Einzeleffekte (packen und krümeln, krümeln und mischen). Was sie aber im Hinblick auf eine optimale Bearbeitungswirkung und insbesondere vom Blickpunkt eines universelleren Einsatzes des kompletten Schwergrubbers besonders auszeichnet ist, daß sie höhenverstellbar, belastbar, austauschbar und kombinierbar sind. Gerade in dieser Austauschbarkeit und Kombinierbarkeit liegt eine der großen Chancen, das Ziel "Univer-

salgerät" zu realisieren (Abb. 6 - 14).

Doch zurück zur Einordnung des Schwergrubbers in die vorab genannten, drei wesentlichen Einsatzbereiche.

#### **Saatbettbereitung**

Die Funktion der Geräte für die Bearbeitung eines flachen Bodenhorizontes, in welchen nachfolgend das Saatgut abgelegt werden soll, hat sich vor allem nach acker- und pflanzenbaulichen, aber auch an verfahrenstechnischen Kriterien zu orientieren:

- das flache Lockern und gezielte d.h. je nach Standort und Fruchtart mehr oder minder intensive Krümeln des Bodens
- das Herstellen eines ausreichenden Bodenschlusses

## Nachläufer zum Schwergrubber

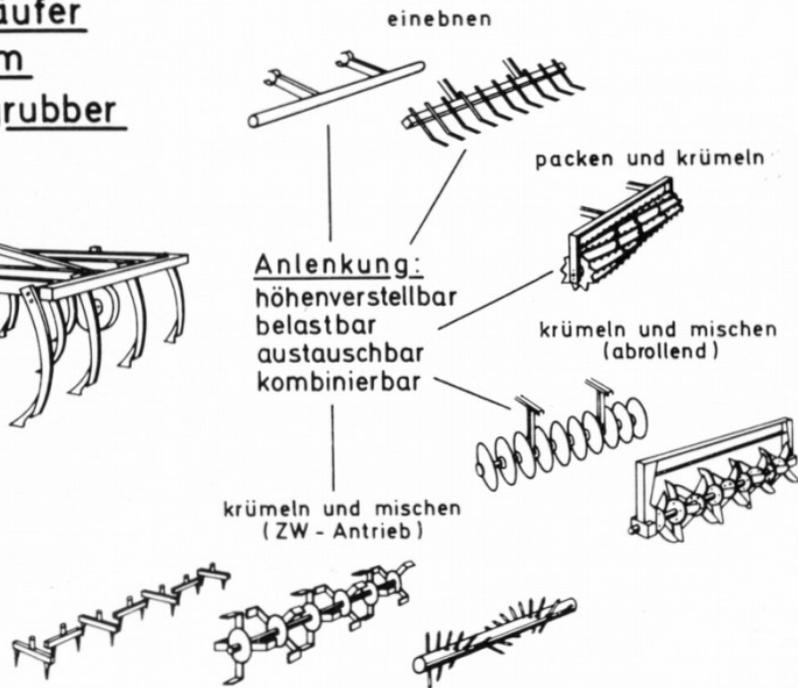
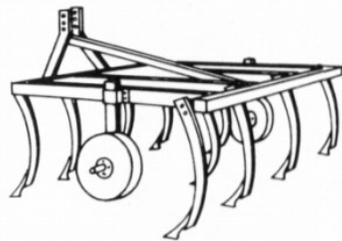


Abb. 5. Übersicht über die zum Schwergrubber angebotenen Nachläufer

- das Einmischen von z.B. oberflächlich aufgebrachtem Mineraldünger, von Bodenherbiziden etc.
- eine hohe Flächenleistung als Voraussetzung für eine hohe Schlagkraft bei der gesamten Feldbestellung, um nur einige wichtige Gesichtspunkte zu nennen. Jedes neue Gerät und somit auch der Schwergrubber ist in seiner Wirkung zwangsläufig zu messen an vorhandenen, bewährten und in ihrer Wirkung bekannten Geräten und Werkzeugen. In diesem Fall sind es zweifellos die modernen Gerätekombinationen und die zapfwellenbetriebenen Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte, die den derzeitigen Stand der Technik und Gerätefunktion dokumentieren. Bei einer Verwendung des Schwergrubbers für die Saatbettberei-

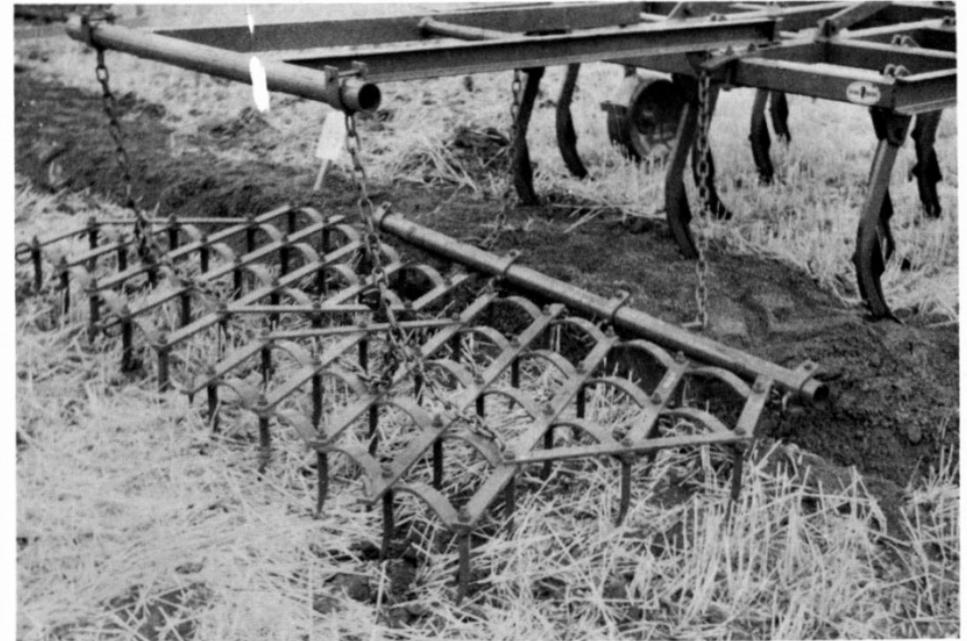


Abb. 6. Normale Zinkeneggen am Schwergrubber sind nur auf leichteren Böden und bei Vorhandensein geringer Mengen an Ernterückständen für eine Einebnung und Krümelung verwendbar

tung (Abb. 15) zeigt sich erstmals sehr deutlich der Einfluß der eingangs genannten Konstruktionskriterien. Unterstellt man die bekannten, zwar stark stilisierten und nur in bestimmten Bodenfeuchtebereichen gültigen Grundsätze des sogenannten "Böschungswinkels" in bearbeitetem Boden (ca. 50 - 60°), dann ergibt sich folgendes: Bei einer unterstellten Gesamt-Bearbeitungstiefe von ca. 5 - 6 cm ist ein Gänsefuß-Breitschar mit ca. 25 cm Breite in der Lage, ein ausreichend flaches Saatbett mit einem relativ ebenen Bearbeitungshorizont herzurichten. Der dabei entstehende Strichabstand von ca. 30 cm ist aus einsatztechnischer Sicht (Zinkendurchgang, geringe Verstopfungsanfälligkeit) mehr als ausreichend. Problematisch ist dagegen die Ver-



Abb. 7. Federzinken in mehrreihiger Anordnung sollen gleichzeitig einebnen und krümeln

wendung solcher Schare zweifellos bei feuchten Bodenverhältnissen, wie sie vor allem bei der Herbstbestellung, aber auch im Frühjahr oftmals vorliegen. Durch die große Schneidkantenlänge kann eine Art "Sohlenbildung" mit all ihren negativen Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung und Bodenstruktur hervorgerufen werden. Außerdem wird durch den starken Seitentransport des gelockerten Bodens das Verwenden eines wirksamen Einebnungswerkzeuges erforderlich.

Anders sieht es dagegen bei der Verwendung des Doppelherzschares aus, welches derzeit als Universalform angesehen wird. Um einen ähnlich ebenen Bearbeitungshorizont wie beim Gänsefuß-Breitschar zu erreichen, wäre ein Strichabstand von ca.

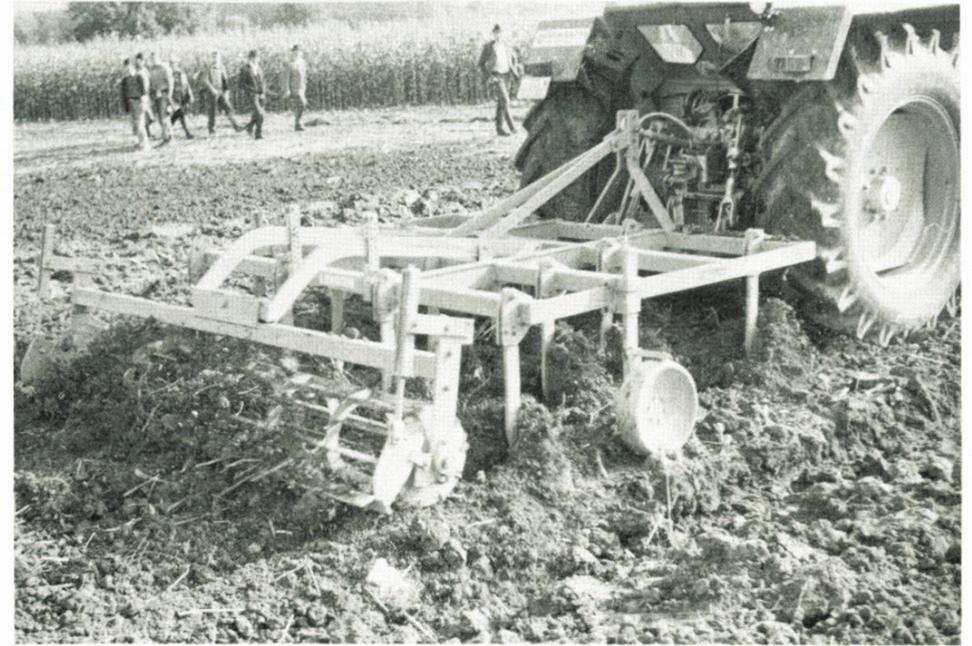


Abb. 8. Nachgeschaltete Krümel- und Packerwalzen krümeln und verdichten die oberste Bodenschicht, ihre einebnende Wirkung ist jedoch begrenzt

6 cm erforderlich. Dies ist weder konstruktiv und zu vernünftigen Kosten realisierbar, noch im Hinblick auf die dann zu erwartende Verstopfungsanfälligkeit zu akzeptieren.

Eine Alternative könnte sich bieten, wenn Doppelherzschare in Verbindung mit einem "schneidenden Nachläufer", also z.B. einer mit Winkelmessern ausgerüsteten Bodenfräse kombiniert werden (Abb. 16). Dann könnte trotz eines Strichabstandes von 20 cm eine flache Bearbeitung und ein relativ ebener Bearbeitungshorizont erzielt werden.

In beiden Fällen ist also im Hinblick auf einen möglichst ebenen Bearbeitungshorizont, ein gezieltes Krümeln und ausreichendes



Abb. 9. Eine häufig verwendete Kombination von Nachläufern: Federzinkenrechen (u.U. mit abgewinkelten Werkzeugen) zum Einebnen, Krümelwalze zum Krümeln und Verdichten

Verfestigen des Bodens im Saathorizont das Verwenden eines geeigneten Nachläufers unerlässlich. Die Hauptwirkung ist hier primär vom Nachläufer zu tragen.

Dennoch sind ernsthafte Zweifel anzumelden, ob der Schwergrubber - in welcher Ausstattung und in welcher Kombination mit Nachlaufgeräten auch immer - in der Lage sein wird, in vergleichbar guter und variabler Weise wie die heute bevorzugten Nachbearbeitungsgeräte die Saatbettbereitung zufriedenstellend zu erledigen. Und noch etwas: Die Gesamtarbeitsbreite des Schwergrubbers ist in der Regel vorgegeben. Sie hat sich nach dem Einsatzbereich mit dem höchsten Anspruch an die Schlepper-Motorleistung zu richten. Die flache Bearbeitung verlangt einen wesentlich gerin-

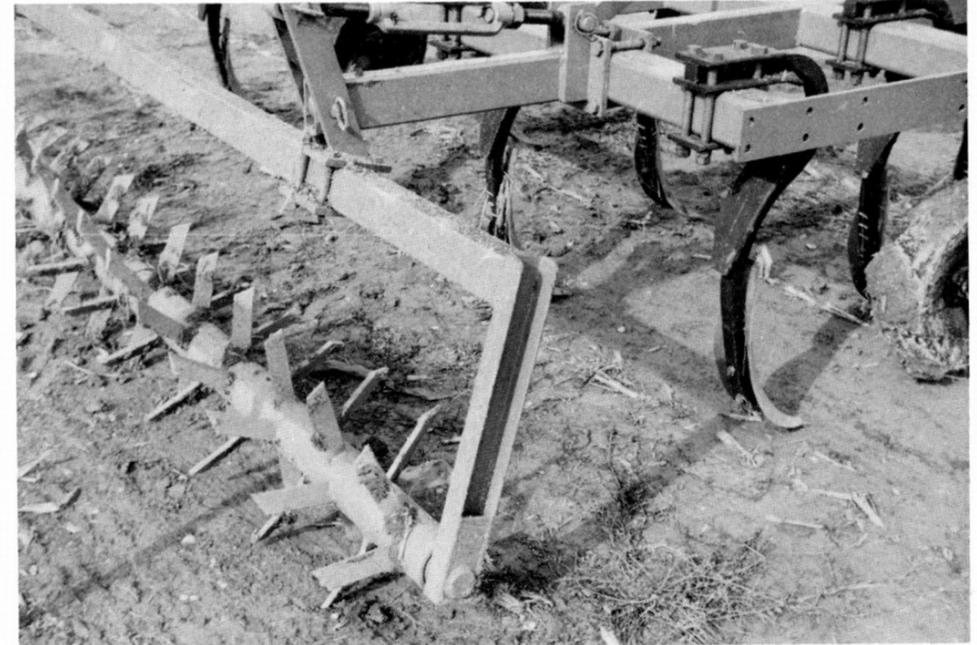


Abb. 10. Einfache Messerswalzen können grobscholligen Boden zerteilen, der Einmischeffekt ist begrenzt

geren spezifischen Leistungsbedarf. Die Folge davon ist, daß der Schlepper nicht voll ausgelastet ist. Die Möglichkeit, fehlende Arbeitsbreite durch eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit zu substituieren, ist jedoch begrenzt. Technische Möglichkeiten für eine kurzfristige Verbreiterung des Schwergrubbers sind derzeit nicht vorhanden, eine Verwirklichung ist aufgrund der vorgenannten, unterschiedlichen Gründe wohl auch kaum empfehlenswert.

### **Stoppelbearbeitung**

Mit dem Begriff der Stoppelbearbeitung, also der Nachbearbeitung abgeernteter Getreidefelder verbindet sich neben der Bodenbearbeitung als solches ganz logisch und zwangsläufig die Notwendigkeit, organische Substanzen in den jeweiligen Bearbei-



Abb. 11. Die Spatenrolle mit zwei Messerwellen soll die Einmischung des Strohs in den Boden unterstützen. Eine Anstellung der Messerwellen schräg zur Fahrtrichtung verbessert die Wirkung

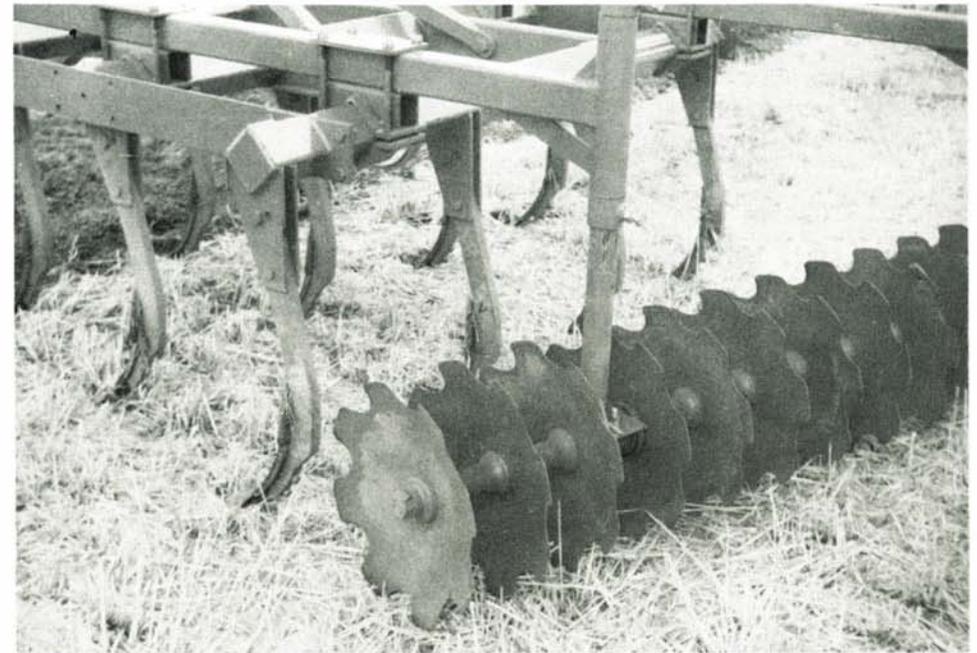


Abb. 12. Scheibeneggen-Nachläufer werden bevorzugt mit gezackten Scheiben ausgestattet. Bei neueren Konstruktionen bearbeiten die Scheiben den zwischen zwei Zinkenbahnen stehenbleibenden Bodenbereich

tungshorizont einzubringen. Das Spektrum der Substanzen reicht dabei von Flüssigmist über Ernterückstände (Stoppeln, Stroh) bis hin zu massigen Aufwüchsen von Zwischenfruchtpflanzen.

Die Zielsetzung in diesem Einsatzbereich ist klar umrissen:

1. gleichmäßiges Einbringen der Substanzen in die gewünschten Tiefen oder Bodenschichten
2. intensives Vermischen von Stroh und Boden
3. gezieltes Lockern und Krümeln des Bodens
4. Wiederverfestigen der obersten Bodenschicht dann, wenn eine Zwischenfruchtbestellung folgen soll.

Die Erfahrungen und eingehenden Untersuchungen der letzten Jahre, nicht zuletzt aber auch die Tatsache, daß derzeit schätzungsweise 70 - 80 % aller Schwergrubber vorwiegend für den Stoppelumbruch eingesetzt werden, dokumentieren die Überlegenheit des Schwergrubbers in diesem Einsatzbereich gegenüber anderen Geräten.

Er hat auch in Gebieten, in denen bisher die Sommer-Tieffurche dominierte, diese weitgehend verdrängt. Hierzu sollen einige wichtig erscheinende Zusammenhänge kurz skizziert werden.

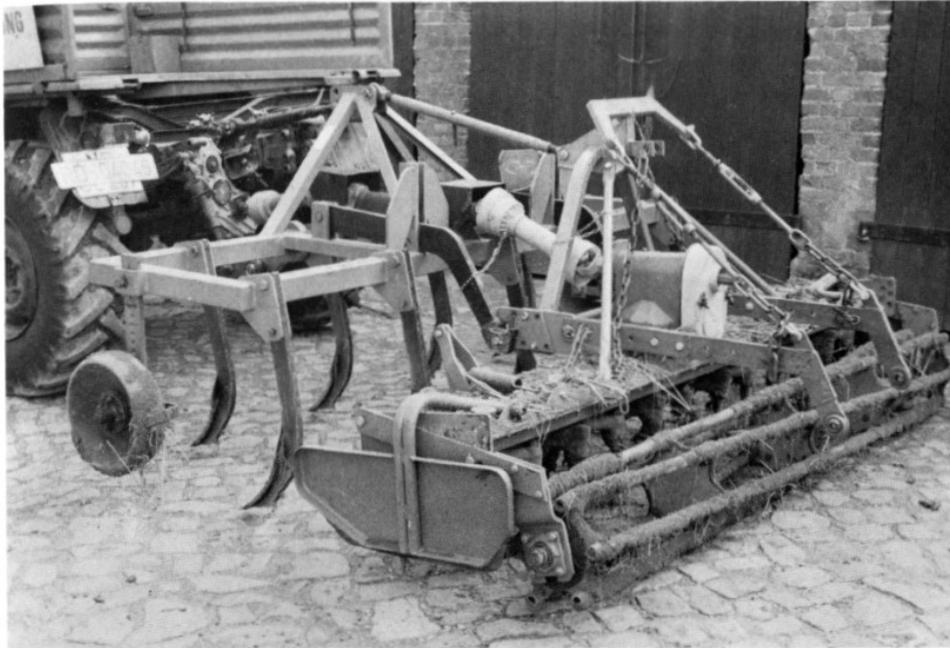


Abb. 13. Zapfwelleneggen als Schwergrubber-Nachläufer sollen eine besonders intensive Durchmischung von Stroh und Boden bewirken. Der Schwergrubber übernimmt hier infolge geringer Zinkenzahlen und großer Strichabstände nur eine grob lockernde Wirkung.

Bei der "mitteltiefen" Stoppelbearbeitung (vgl. Abb. 15) hat das Doppelherzschar seinen bevorzugten Einsatzbereich. Bei Strichabständen von etwa 20 cm und dem unterstellten Boden-Böschungswinkel von 50 - 60° wird bei Arbeitstiefen von 15 - 20 cm eine ordnungsgemäße Durcharbeitung des Bodens und gute Vermischung von Stroh und Boden erzielt. Da die Stoppelbearbeitung in der Regel bei trockenen Bodenverhältnissen, zumindest in einem gut abgesetzten Boden durchgeführt wird, ist der Bearbeitungshorizont nicht mit so ausgeprägten Unebenheiten versehen, wie dies die schematische Darstellung veranschaulicht. Die dächerförmigen Zwischenräume zwischen den Scharen werden



Abb. 14. Die Kombination von Bodenfräse und Schwergrubber leistet bei der Stroheinmischung den besten Effekt bei gleichzeitig relativ geringem Leistungsbedarf

durch den seitlichen Flankendruck der Schare weggebrochen, so daß ein relativ ebener Bearbeitungshorizont entsteht. Hinsichtlich der Strohverteilung im Boden lassen Untersuchungen von KÖLLER erkennen (Abb. 17), daß auch bei ungleichmäßiger Strohverteilung gut konstruierte Grubber in ihrer Wirkung der Ideallinie (gestrichelte Linie) relativ nahe kommen. Allerdings zeigt sich, daß im gesamten Schwergrubber-Angebot eine relativ große Streubreite hinsichtlich des erzielbaren Einarbeitungseffektes besteht. Das Abweichen des "schlechtesten" Grubbers von der Ideallinie dokumentiert dies nachdrücklich. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen decken sich weitgehend mit hiesigen Versuchsergebnissen.

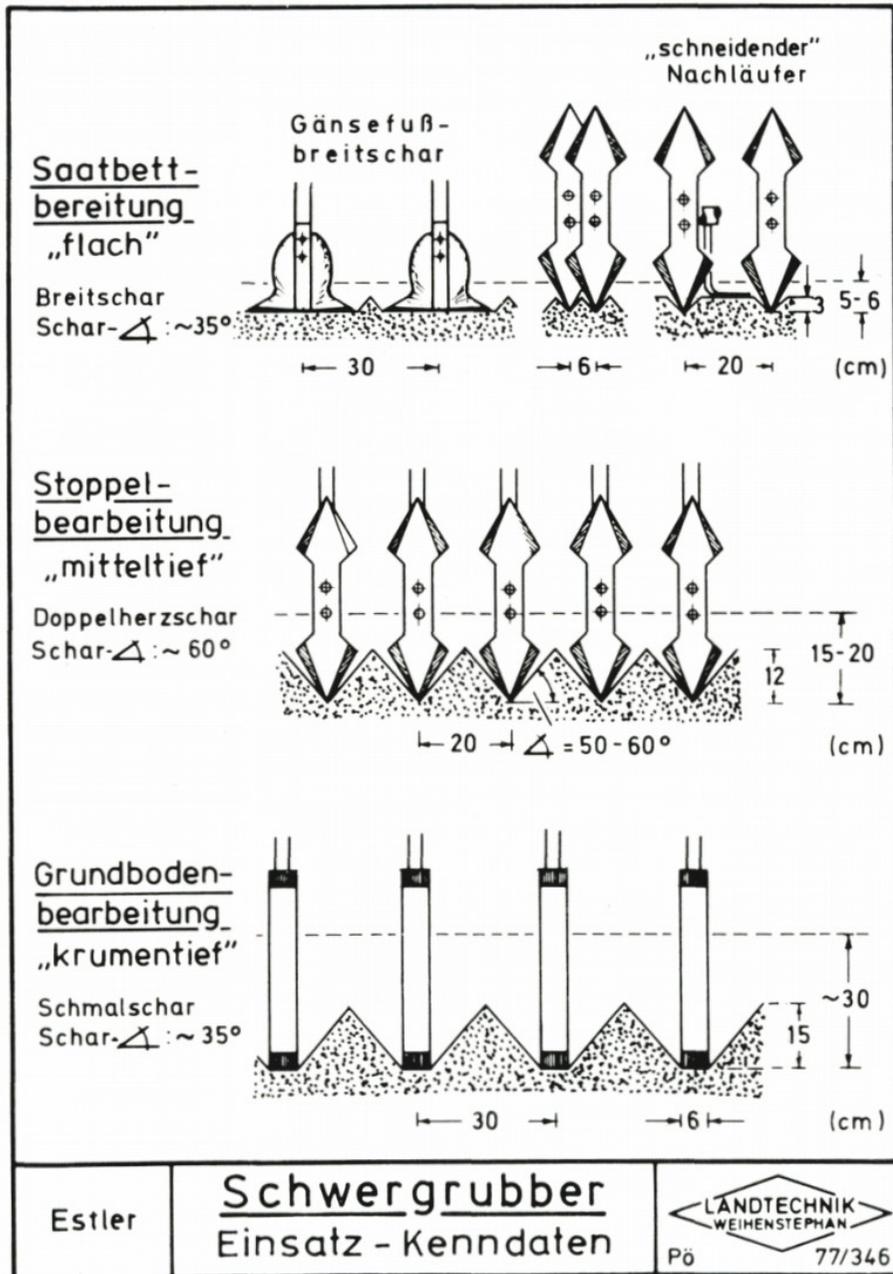


Abb. 15. Schematische Darstellung der Wirkung des Schwergrubbers in den 3 Einsatzbereichen Saatbettbereitung, Stoppelbearbeitung und Grundbodenbearbeitung

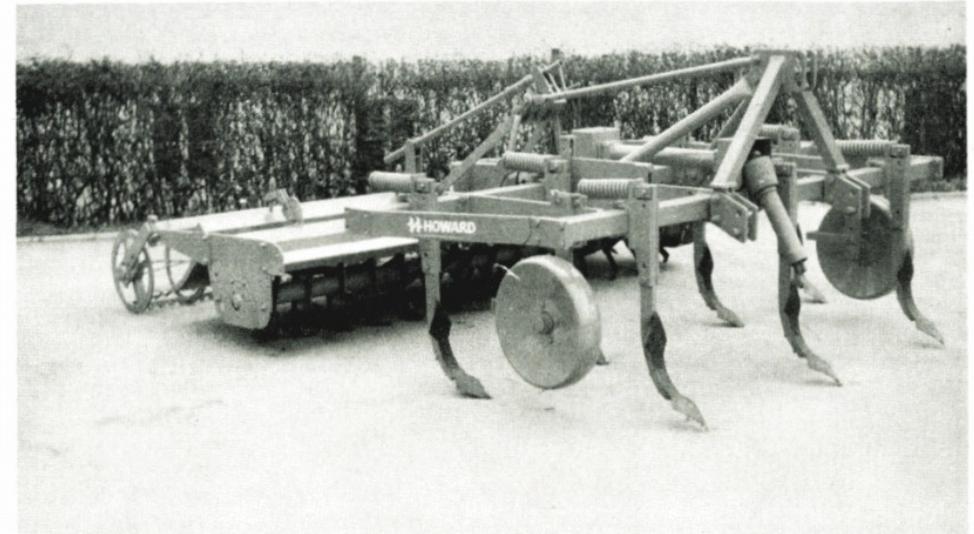
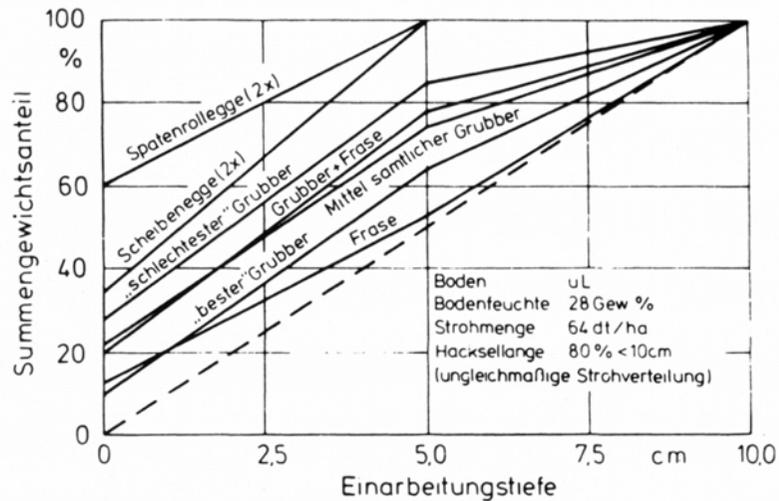
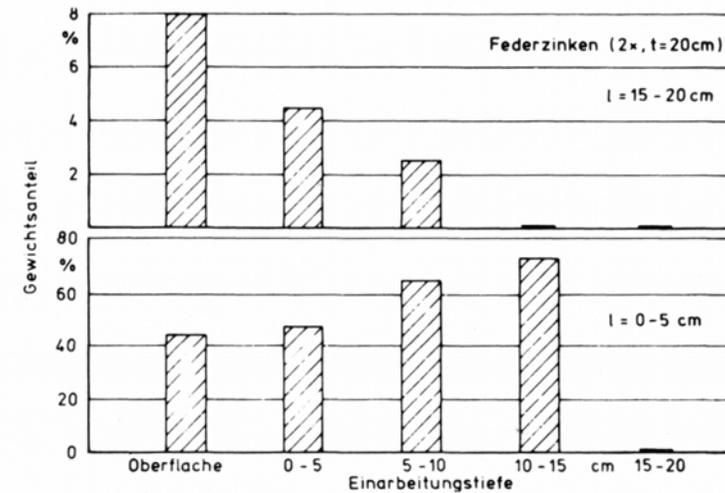


Abb. 16. Bei der Grubberfräse lockern und krümeln die Fräswerkzeuge die bei großen Strichabständen stehenbleibenden Bodenstege

Eindeutige Wechselwirkungen bestehen zwischen Bauweise bzw. Anstellwinkel der Grubberzinken und den wichtigsten Arbeitseffekten. Die Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß mit steil angestellten, starren Zinken eine relativ gleichmäßige Verteilung des Strohes im Boden bis auf ca. 15 cm Bearbeitungstiefe erzielt werden kann (Abb. 19). Voll gefederte Zinken erreichen diese günstige Strohverteilung nicht, hier ist der größte Teil des Strohes nur bis auf Arbeitstiefen von maximal 9 cm eingebracht. Eine konträre Situation ergibt sich hinsichtlich der Zerkleinerungswirkung im Boden (ausgedrückt in "gewogenem mittlerem Durchmesser") der Bodenaggregate. Voll gefederte Zinken verursachen eine feinere Krümelung des Bodens, währenddessen der steil an-



Strohverteilung im Boden nach dem Einarbeiten mit verschiedenen Geräten



Einfluß der Häcksellänge auf die Einarbeitungstiefe beim Einsatz des Grubbers 2)

Abb. 17. Die unterschiedlichen Stroeinarbeitungsgeräte bewirken eine z. T. nur sehr flache Einmischung des Strohes in den Boden (nach KÖLLER)

Abb. 18. Das exakt-kurze Häckseln des Strohes ist eine wesentliche Voraussetzung für die saubere Einarbeitung (nach KÖLLER)

gestellte, starre Zinken einen relativ groben Bearbeitungseffekt bewirkt. Die Schlußfolgerungen hieraus lauten: Zinken, die eine gute Einmischung, aber zu geringe Krümelung des Bodens verursachen, sollten mit einem Nachläufer kombiniert werden, der einen stark krümelnden Effekt aufweist. Andererseits sollten Zinken mit guter Lockerung aber unbefriedigender Stroheinmischung mit einem vorzugsweise mischenden Nachläufer kombiniert werden.

Insgesamt bestätigt sich aufgrund dieser Überlegungen die Vorzüglichkeit des Schwergrubbers für den Einsatz bei der Stoppelbearbeitung und Stroeinarbeitung. Aber auch in diesem Einsatzbereich zeigt sich die zentrale Stellung des Nachläufers, vor allem im Hinblick auf die Einebnung der entstehenden Dämme nach der letzten Zinkenreihe, die zusätzliche Vermischung von Stroh und Boden und eine ausreichende Bodenkrümelung.

Hinsichtlich des spezifischen Leistungsbedarfes der Zinken ergeben sich bei gleichem Schar-Anstellwinkel (ca. 60°) nur sehr geringfügige Unterschiede zwischen den verschiedenen Zinkenbauformen (4,0 bis 5,4 kW/Zinken). Lediglich das sehr flach angestellte Meißelschar (31° Anstellwinkel) verursacht einen deutlich geringeren spezifischen Leistungsbedarf von nur 3,0 kW je Zinken.

### Grund-Bodenbearbeitung

In den USA und England, den "klassischen" Ländern des Schwergrubbereinsatzes gehört die Bearbeitung des Bodens bis auf volle Krumentiefe mit zu den wesentlichen Aufgaben des Schwergrubbers. Er hat dort vielfach den Pflug verdrängt.

Unter unseren Einsatzbedingungen, bei welchen hinsichtlich der angestrebten Arbeitsqualität zweifellos ein höherer Maßstab angelegt wird, hat sich dieses Verfahren bislang nur zögernd und in

Strichabstand cm	Werkzeugform	Nicht gelockerter Bodenanteil bei Arbeitstiefe	
		12 cm %	18 cm %
20	starr, DH	11 - 12	12 - 17
24	starr, DH	23	20
	federnd, DH	16	25
25	federnd, Löffel	22	36
29	starr, Meißel	25	20

Bodenart: LS

Bodenfeuchte: 15 % H<sub>2</sub>O

Abb. 19. Ergebnisse von DLG-Prüfungen hinsichtlich des Anteils an unge-lockertem Boden bei verschiedenen Strichabständen und Arbeitstiefen

einzelnen Fällen eingeführt. Denn in der Grundbodenbearbeitung steht der Schwergrubber ganz eindeutig in einer Wettbewerbssituation zum Pflug. Seine Wirkung hat sich an den positiven Effekten des Pfluges, aber auch an den grundlegenden Zielen einer Bearbeitung des Bodens auf volle Krumentiefe zu orientieren:

1. Auflockern und grobes Krümeln des Bodens auf volle Krumentiefe
2. Wenden des Bodens mit dem Ziel, eine mechanische Unkrautbekämpfung durchzuführen und oberflächennahe Schichten auf größere Tiefen zu verlagern (bzw. umgekehrt)
3. Im gesamten Krumenbereich verschiedene Bodenschichten miteinander zu vermischen.

## Leistungsbedarf von Schwergrubbern

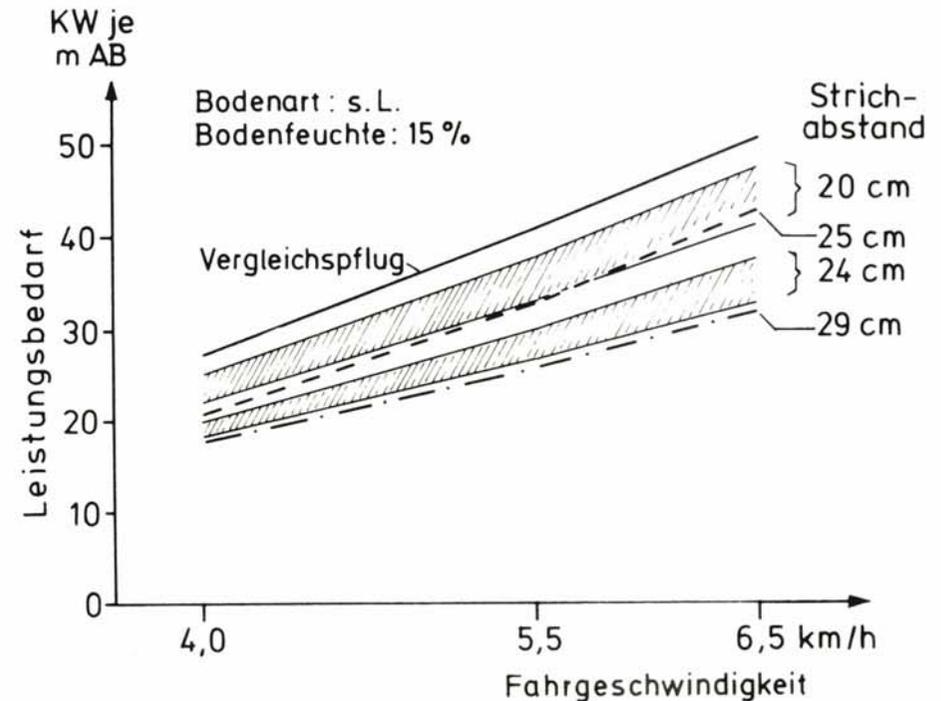


Abb. 20. Mit größerem Strichabstand und schmalere Scharen sinkt der spezifische Leistungsbedarf der Schwergrubber

Wenn daher die Wirkung des Schwergrubbers am herkömmlichen Pflug gemessen wird, dann ist festzuhalten, daß der konventionelle Streichblechpflug zwar das Lockern, Krümeln und insbesondere das Wenden als wesentliche, positive Effekte aufweist. Er erreicht aber bekanntlich so gut wie keine Mischwirkung, d.h. er mischt weder den Boden noch das Eingepflügte mit dem Boden. Soll der Schwergrubber für die Grundbodenbearbeitung eingesetzt wer-

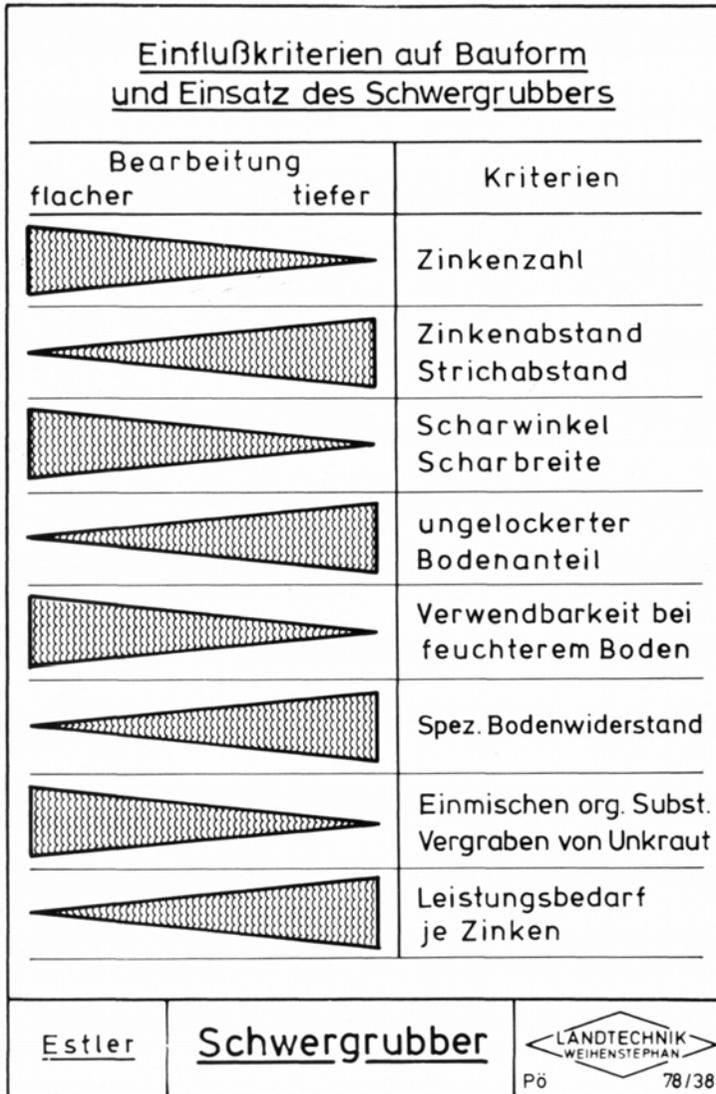


Abb. 21. Auswirkungen verschiedener Kriterien auf Bauform und Einsatz des Schwergrubbers bei flacher und tiefer Bearbeitung

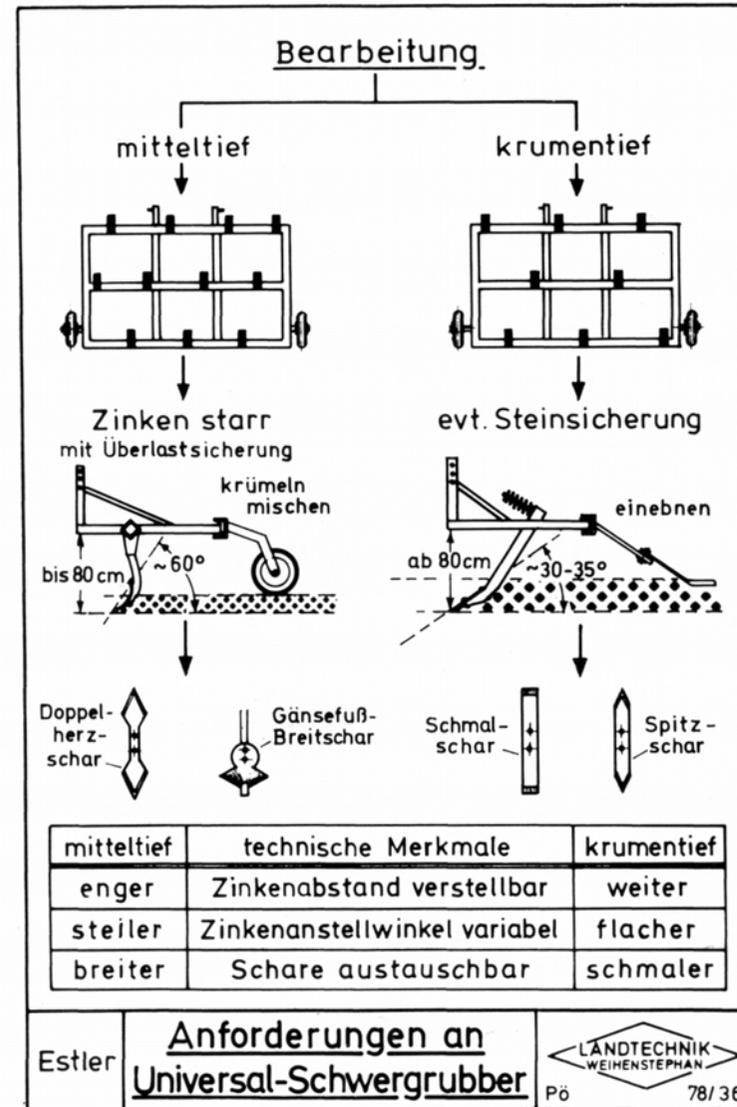


Abb. 22. Soll der Schwergrubber universell eingesetzt werden, dann ergeben sich sehr unterschiedliche Anforderungen an die Konstruktion und Anwendung

den, so ist zu fordern, daß eine Bearbeitungstiefe von ca. 30 - 40 cm sicher eingehalten werden kann. Um dann den Bedarf an Schlepper-Motorleistung noch in tragbaren Grenzen zu halten, ist eine Reduzierung der Zinkenzahl, das Verwenden von Zinken mit flachem Anstellwinkel und speziellen Schmalscharen erforderlich. Dies wird bereits bei entsprechenden Bauformen praktiziert. Ähnliche Maßnahmen sind anzuwenden, wenn eine grobere Lockerung und Krümelung angestrebt wird. Eine geringere Zinkenzahl bedeutet zwar größere Zinkendurchgänge und damit geringere Verstopfungsanfälligkeit. Sie bewirkt aber auch einen größeren Strichabstand und damit einen stärkeren Bodenaufwurf zwischen den Zinken des letzten Zinkenträgers.

Bei einer Bearbeitung des Bodens auf volle Krumentiefe mit Schmalscharen (6 cm Breite) und einem Schar-Anstellwinkel von 35° läßt sich bei Arbeitstiefen von ca. 30 cm ein ausreichender Bearbeitungseffekt im Boden erwarten (vgl. Abb. 15). Allerdings entsteht ein relativ unebener Bearbeitungshorizont, insbesondere beim Einsatz unter feuchteren Bodenverhältnissen. Der Vergleich mit dem Pflug fällt in diesem Punkt auf den ersten Blick eindeutig zu Ungunsten des Schwergrubbers aus. Denn diese unebene Ausformung des Bearbeitungshorizontes äußert sich in einem wesentlichen Anteil nicht gelockerten Bodens. Diese Auswirkungen wurden auch bei DLG-Prüfungen von Schwergrubbern ermittelt. Die Tabelle (Abb. 19) zeigt, daß bei unterschiedlichen Arbeitstiefen, Strichabständen und Werkzeugformen z.T. relativ hohe Anteile nicht gelockerten Bodens auftreten. Während bei starren Zinken mit Doppelherzschar die Unterschiede zwischen 12 cm und 18 cm Bearbeitungstiefe relativ gering sind, ist bei federnden Zinken und größerer Arbeitstiefe ein wesentlich höherer Anteil nicht gelockerten Bodens festzustellen. Beim starren Zinken mit flach angestelltem Meißelschar ergibt sich trotz des hohen Strichabstandes bei größerer Arbeitstiefe ein geringerer Anteil nicht gelockerten Bodens im Vergleich zu 12 cm Arbeitstiefe.

Aber nicht nur die Unebenheit des Bearbeitungshorizontes allein, sondern auch die von der letzten Zinkenreihe hervorgerufene, ausgeprägte Dammbildung macht den Einsatz des Schwergrubbers auf volle Krumentiefe problematisch. Dies vor allem dann, wenn

die Verwendung eines Nachläufers nicht gewünscht wird, z.B. weil über eine Vergrößerung der Bodenoberfläche die Wirkung der Frostgare voll ausgeschöpft werden soll.

Der Bearbeitungserfolg ist aber auch ganz eindeutig eine Frage des "zweckorientierten Einsatzes". Wie alle Bodenbearbeitungsgeräte reagiert auch der Schwergrubber in seinen wesentlichen Funktionen sehr genau auf unterschiedliche Bodenfeuchten, Bodenarten und Fahrgeschwindigkeiten. Der Einsatz auf trockenem Boden bei hoher Fahrgeschwindigkeit (ca. 8 - 10 km/h) ist gleichbedeutend mit einem geringeren Anteil unbearbeiteten Bodens, mit einer besseren Krümelung und besseren Mischwirkung. Dagegen schwächen sich beim Einsatz auf feuchtem Boden diese Vorteile deutlich ab. Hinsichtlich der Lockerung der gesamten bearbeiteten Bodenschicht dürfte aber, wie vorliegende Untersuchungsergebnisse zeigen, der Schwergrubber dem Pflug nicht nachstehen. Den beim Pflug fehlenden Mischeffekt vermag der Schwergrubber nur in bezug auf die Mischung des Bodens als solches zu realisieren. Das Einbringen oberflächlich abgelegter Substanzen auf volle Krumentiefe ist dagegen nur bedingt zufriedenstellend. Alle vorliegenden Untersuchungsergebnisse über die Einmischung des Strohes in den Boden zeigen, daß auch bei relativ großen Arbeitstiefen von 20 cm und darüber der Hauptanteil des Strohes lediglich auf ca. 15 cm Tiefe eingemischt wird. Mit anderen Worten: Eine mechanische Unkrautbekämpfung durch "Vergraben" von Samenunkräutern in möglichst tiefe Schichten ist mit dem Schwergrubber nur sehr bedingt möglich. In der Regel werden die Unkrautsamen in oberflächennahe Schichten eingemischt und können dort u.U. rasch wieder keimen. Dagegen stellt die Bekämpfung von Wurzelunkräutern bekanntlich eine der Paradedisziplinen des Schwergrubbers dar.

Wie stellt sich der Schwergrubber-Einsatz im verfahrenstechnischen Bereich, insbesondere hinsichtlich des erforderlichen Schlepper-Leistungsbedarfes dar? Auch hierfür sollen einige Daten aus DLG-Prüfberichten herangezogen werden (Abb. 20). Als "tiefe" Bearbeitung ist zwar lediglich eine Arbeitstiefe von 18 cm ausgewiesen, hiesige Untersuchungen bestätigen aber in der Tendenz diese Ergebnisse auch für größere Arbeitstiefen.

In etwas vereinfachter Form wurden Schwergrubber mit 20 cm, 24 cm, 25 cm und 29 cm Strichabstand den Ergebnissen eines Vergleichspfluges gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, daß der Vergleichspflug einen deutlich höheren Leistungsbedarf je m Arbeitsbreite verursacht als die Schwergrubber. Erwartungsgemäß ist bei geringem Strichabstand mit einem sehr hohen Leistungsbedarf zu rechnen, während z.B. der Grubber mit 29 cm Strichabstand (allerdings mit sehr flach angestellten Meißelscharen) einen nur unwesentlich höheren Leistungsbedarf verursacht als Grubber mit 24 cm Strichabstand.

Welche Quintessenz ergibt sich nun im Sinne der Fragestellung: Kann der Schwergrubber ein Universalgerät darstellen? Die Antwort ist einmal hinsichtlich des Maschinensatzes, zum anderen bezüglich der Gerätekonstruktion zu formulieren.

Ohne Zweifel kann sich ein "universeller" Einsatz nur auf die beiden Einsatzbereiche "Stoppelbearbeitung" und "Grundbodenbearbeitung" beziehen. Wie bei allen anderen Bodenbearbeitungsmaßnahmen haben sich auch beim Schwergrubber Auswahl und Einsatz in jedem einzelnen Fall danach zu richten, welcher der verschiedenen Effekte vorrangig erfüllt werden muß. Um eine richtige Auswahl zu treffen ist es notwendig, die wichtigsten Einflußkriterien nochmals zu skizzieren und zu werten (Abb. 21).

Dabei zeigt sich, daß bei der Bearbeitung auf volle Krumentiefe gewisse Parallelen zum Pflug bestehen. Ebenso wie dort auf leichteren Böden steile Streichblechformen, auf den schwereren, bindigen Böden gestrecktere Streichbleche bevorzugt werden, gilt dies beim Schwergrubber für den Zinken-Anstellwinkel: steilere Winkel und breitere Scharformen auf den leichteren Böden, flachere Winkel und schmalere Schare auf den schwereren Böden.

Andererseits hat der Schwergrubber im Vergleich zum Pflug deutliche Vorteile beim Einsatz auf ungünstig geformten Schlägen, in Hanglagen etc. Der Vorteil des geringeren Gewichtes und der günstigeren Schwerpunktlage zum Schlepper gilt jedoch nicht mehr, wenn schwergewichtige Nachläufer (z.B. Fräsen, Kreiseleggen etc.) verwendet werden. Ausreichende Hubkräfte am Schlepper-Kraftheber sind dann auch beim Schwergrubbereinsatz unerlässlich.

Welche Schlußfolgerungen ergeben sich nun für die konstruktive Gestaltung eines Universal-Schwergrubber? Für die mitteltiefe Bearbeitung (Abb. 22) sind genügend enge Strichabstände erforderlich, bei gleichzeitig ausreichendem Zinkendurchgang. Steil angestellte, starre Zinken mit steilem Anstellwinkel von ca.  $60^\circ$  und eine Rahmenhöhe bis ca. 80 cm sind für eine befriedigende Lockerung des Bodens, Vermischung von Stroh und Boden und weitgehende Verstopfungs-Unanfälligkeit erforderlich. Dagegen ist bei der tiefen Bearbeitung ein deutlich weiterer Strichabstand zu wählen. Durch die Verwendung von Zinken mit flachem Anstellwinkel (ca.  $30^\circ$ ) und schmalen Scharen wird auch bei größeren Arbeitstiefen ein spezifischer Zugkraftbedarf pro Zinken erreicht, der in etwa dem eines steil angestellten, starren Zinkens bei 15-20 cm Tiefgang vergleichbar ist.

Mit ausschlaggebend für den Bearbeitungserfolg im praktischen Einsatz wird sein, daß die wesentlichen verfahrenstechnischen Grundsätze befolgt werden. Die heute angebotenen, hohen Schleppermotorleistungen erlauben es, mit dem Schwergrubber eine hohe Flächenleistung zu erreichen. Besonderes Augenmerk ist aber auf die richtige Fahrgeschwindigkeit zu legen. Bei konstanter Zinkenzahl ist zwar eine geringe Fahrgeschwindigkeit gleichbedeutend mit einem geringeren Bedarf an Schleppermotorleistung. Ähnlich wie bei anderen Bodenbearbeitungsgeräten ist aber auch beim Schwergrubber der optimale Bearbeitungseffekt erst beim Einhalten entsprechend hoher Fahrgeschwindigkeiten (ab ca. 7 bis 8 km/h) zu erzielen. Deshalb ist bei der Anpassung des Schwergrubbers an einen vorhandenen Schlepper besonderer Wert auf die richtige Abstimmung von Arbeitsbreite und Schlepper-Motorleistung zu legen.

Eine hohe Flächenleistung erlaubt das Ausnutzen der günstigsten Einsatzzeitspanne und damit eine termingerechte Arbeitserledigung. Trockener Boden "bricht" in tieferen Schichten, die vorher geschilderten, relativ hohen Werte unbearbeiteten Bodens verringern sich deutlich. Andererseits ist bei zu feuchten Arbeitsbedingungen, vor allem auf den schweren, plastisch verformbaren Böden zu befürchten, daß die aufgezeigten Böschungswinkel noch steiler, der Anteil unbearbeiteten Bodens also noch größer wird.

Ein Aspekt soll zumindest nicht unerwähnt bleiben. Die Blickrichtung "Universalgerät" läßt ganz zwangsläufig auch die Zielvorstellung aufkommen, den Schwergrubber mit einer Sävorrichtung zu kombinieren, um Bodenbearbeitung und Saat in einem Arbeitsgang zusammenzufassen. Erste Ansätze im Bereich der Zwischenfruchtbestellung bestehen bereits.

Ganz sicher wird es auch eine Frage der jeweiligen Randbedingungen und speziellen Einflußkriterien sein (Klimaverlauf, Fruchtfolge, Unkrautwüchsigkeit), ob und inwieweit der Schwergrubber universell eingesetzt werden und die Stelle anderer Bodenbearbeitungsgeräte einnehmen kann. Hierüber liegen noch nicht in ausreichendem Maße und vor allem entsprechend abgesicherte Daten vor. Fertige Rezepte, das wissen gerade die Praktiker sehr genau, kann man in diesem von Betrieb zu Betrieb so variablen Faktorenviereck "Boden-Pflanze-Mensch-Technik" nicht geben. Die Aussagen sind auch deshalb so schwierig, weil die technische Entwicklung noch längst nicht am Ende ist und eine ständige Anpassung des Erkenntnisstandes fordert.

Eine zentrale Zielsetzung muß es aber auch sein, den Schwergrubber nicht isoliert zu betrachten, sondern als Teil eines kompletten Bodenbearbeitungs- und Bestellsystems anzusehen. Eines Systems, das in der Einführung und in der permanenten Anwendung ein hohes Maß an Wissen und Beobachtungsgabe über die bodenkundlichen, ackerbaulichen und pflanzenbaulichen Vorgänge, sowie deren Wechselwirkungen mit dem Einsatz technischer Hilfsmittel verlangt. Die relativ geringe Zahl an Betrieben, bei welchen der Schwergrubber derzeit die Schlüsselmaschine in der gesamten Bodenbearbeitung darstellt, haben sich diesen Erkenntnisstand angeeignet. Wer also den Schwergrubber universell und mit nachhaltigem Erfolg einsetzen möchte, muß selbst einiges an geistiger Arbeit investieren.

Zum Abschluß noch ein Gedanke. 1943 veröffentlichte FAULKNER in den USA sein Buch "Die Torheit des Pflügens". Einige Jahre später konnte ein anderer amerikanischer Autor nach ausgiebigen Versuchen ein anderes Buch herausgeben. Sein Titel

lautete: "Die Weisheit des Pflügens". Man sollte sich heute vor einer ähnlichen, "entweder- oder -Argumentation" hüten, nicht etwa auch die Torheit oder Weisheit des Schwergrubbers nachweisen zu wollen. Das Ziel muß lauten: Die Zweckmäßigkeit des Schwergrubbereinsatzes zu erfassen und folgerichtig in die Praxis umzusetzen.

## **Anwendungsbereiche der Solartechnik in der Landwirtschaft**

von LD Dr. Heinz Schulz, Landtechnik Weißenstephan

Die zunehmende Verknappung und Verteuerung wichtiger Energieträger trifft die Landwirtschaft besonders hart. Zwar erzeugt die Landwirtschaft durch ihre Pflanzenproduktion große Energiemengen selbst, hat aber andererseits auch einen hohen und jährlich steigenden Energiebedarf. So verdreifachten sich die Ausgaben der Landwirtschaft für Energie in den letzten 10 Jahren. Jährlich gibt die Landwirtschaft etwa 2,6 Milliarden DM für Energieträger in Form von Treibstoffen, Heizöl, festen Brennstoffen und vor allem elektr. Strom aus. Insbesondere der Heizölverbrauch müßte in Zukunft verringert werden. Wir sollten nämlich die zur Neige gehenden Erdölvorräte nicht mehr verschwenderisch verheizen, sondern möglichst rationell einsetzen, um Kunststoffe, Arzneimittel, Chemierohstoffe und vorerst auch noch Dieselkraftstoffe daraus zu gewinnen.

Da die Landwirtschaft einen großen Teil ihres Energieverbrauches für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme zur Luft- und Wasserwärmung unter 100° C verwendet, könnte hier die Solartechnik, also die technische Nutzung von Sonnenenergie besonders gut eingesetzt werden.

Solartechnik zur Wärmeerzeugung ist heute keine Utopie mehr, sondern Wirklichkeit und ein außerordentlich stark expandierendes Gebiet. Zahlreiche Firmen befassen sich ernsthaft damit und immer mehr Anlagen entstehen in der Praxis, bisher allerdings vorwiegend im privaten Bereich für Brauchwasserversorgung, Schwimmbecken- und Hausheizung.

Sowohl die Landwirtschaft, als auch die solartechnische Industrie können aber gegenwärtig noch nicht die Chancen und Anwendungsgebiete der Solartechnik in der Landwirtschaft erkennen. Deshalb sind wir an der Landtechnik Weihenstephan auf diesem Gebiet tätig geworden, um sinnvolle Einsatzmöglichkeiten zur Sonnenenergienutzung zu finden, das Angebot der solartechnischen Industrie auf Brauchbarkeit unter landwirtschaftlichen Bedingungen zu prüfen sowie Entwicklungs- und Demonstrationsaufgaben über einfache und kostengünstige Lösungen durchzuführen.

Die Landwirtschaft bietet nämlich günstige Voraussetzungen zur technischen Nutzung von Sonnenenergie:

- Große Dach- und Grundflächen zur Unterbringung von Kollektoren und Speichern
- Hoher Wärmebedarf für Trocknung und Wassererwärmung im Sommer, wenn die Sonne große Energiemengen liefert
- Kostensenkung durch Eigenleistung

Um die Lichtstrahlen der Sonne, die bei klarem Himmel eine Leistung von bis zu 1 000 Watt/m<sup>2</sup> haben können, in Wärme umzuwandeln, braucht man Kollektoren. Konzentrierende Kollektoren bündeln das Licht mit Spiegeln oder Linsen und erreichen Temperaturen bis zu 4 000°. Sie können nur direktes Sonnenlicht verarbeiten und müssen dem Sonnenstand nachgeführt werden.

Für landwirtschaftliche Zwecke sind vor allem Flachkollektoren interessant, die auch noch bei hellem bedecktem Himmel arbeiten, natürlich mit verringerter Leistung (Abb. 1). Sie haben schwarze oder speziell beschichtete Flächen als sogenannte Absorber, die sich bei Lichteinfall erwärmen und Wasser, Luft oder andere Medien aufheizen. Eine oder mehrere Abdeckscheiben sowie die Iso-

lierung des Kollektorkastens verringern Wärmeverluste. Die Kollektoren unterscheiden sich sehr stark durch die Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe wie Stahl, Leichtmetall, Glas, Kunststoffe und neuerdings auch Holzwerkstoffe sowie durch Art und Anordnung des Absorbers. Marktbeherrschend sind zur Zeit industriell gefertigte Flüssigkeitskollektoren, die je nach Ausführung zwischen 300 bis 700 DM/m<sup>2</sup> kosten (Abb. 2).

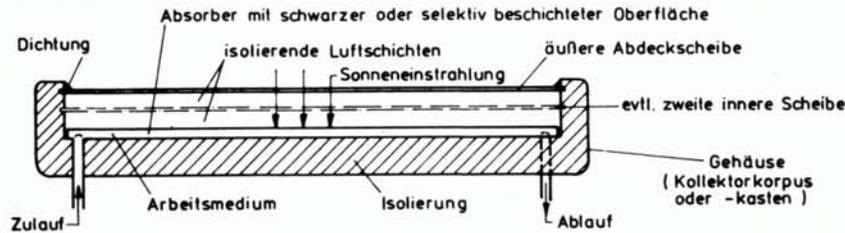
Sie kommen vor allem für die Brauchwasserversorgung in Kombination mit Wärmespeichern infrage, die das bis zu etwa 70° erwärmte Wasser für 1 bis 2 sonnenarme Tage bevorraten. Bleibt die Sonne länger aus, wird meist elektrisch nachgeheizt.

Es gibt schon einbaufertige, elektronisch gesteuerte und kompakte solare Brauchwasseranlagen, die für einen 3-Personenhaushalt zwischen 6.000 und 12.000 DM kosten. Trotz dieser zunächst hoch erscheinenden Preise kann die Anschaffung einer derartigen Anlage schon wirtschaftlich sein, wenn sie die heute nicht mehr zu rechtfertigende Sommerwarmwasserbereitung mit der Öl-Zentralheizung ergänzt.

Wesentlich billiger wird es, wenn man sich eine solare Brauchwasseranlage selbst baut und dabei handelsübliche Materialien aus der Großserienfertigung zweckentfremdet. Hierzu haben wir verschiedene Vorschläge erarbeitet und erprobt. Aus schwarzen Hart-PE-Rohren kann man mit Hilfe einfacher Verbindungstechniken leistungsfähige Röhrenabsorber in weitgehend beliebigen Abmessungen selbst bauen (Abb. 3). Sie sind für niedrige Druck- und Temperaturbelastungen bis 0,5 bar und 100° C geeignet und können in Verbindung mit geeigneten Dämmstoffen und Abdeckungen in bestehende Dachflächen eingebaut werden. In Luftbläschenfolie eingehüllte Röhrenabsorber kann man auch als Sommerkollektor einfach auf Dach oder Boden legen um Schwimmbecken oder Gießwasser damit zu erwärmen. Pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche braucht man 40 - 80 DM Material und 1 bis 5 Arbeitsstunden je nach Ausführung und Nutzungszweck. Damit kann man eine komplette schwerkraftbetriebene Brauchwasseranlage für 3 Personen mit 800 bis 1.000 DM Material in 60 bis 80 Arbeitsstunden bauen.

# Bauarten von starren Flachkollektoren

## KOLLEKTOR - AUFBAU

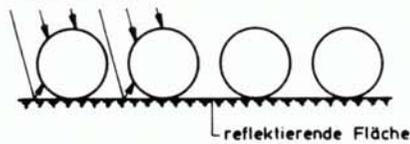


## TYPISCHE ABSORBER FÜR FLÜSSIGE MEDIEN (Querschnitt)

### Plattenabsorber



### Röhrenabsorber



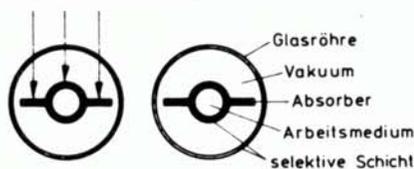
### Rollbondabsorber



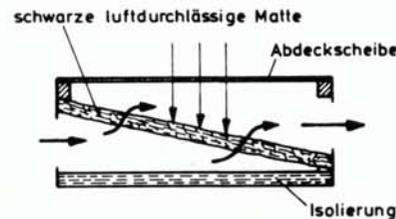
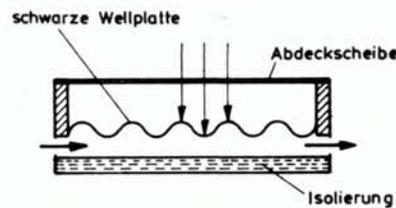
### Heizröhrenabsorber (heat pipe)



### Hocheffizienter Kollektor



## TYPISCHE LUFTKOLLEKTOREN (Längsschnitt)



## Typ STORK Luftzirkulation mit Temperaturaufschaukelung von Kasten zu Kasten

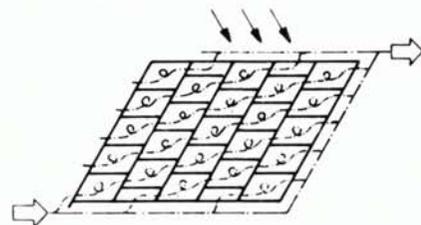


Abb. 1

In einer weiteren Version kommt der Röhrenabsorber in einen Kasten aus Isopanel-Platten, einem neuen witterungsbeständigen, aber atmungsaktiven und damit kondenswasserabführenden Material aus Holzspanzement (Abb. 4). Auch hier wird der ganze Kollektor aus handelsüblichen Teilen, die eventuell vorgefertigt bezogen werden, im Selbstbau zusammengefügt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man mit solchen Anlagen im Sommer das Brauchwasser bis zu 90% mit Sonnenenergie auf 35 bis 65° C erwärmen kann, also fast ohne Zusatzheizung auskommt. In der Übergangszeit ist mit ca. 60 %, und im Winter mit ca. 20 % Sonnenenergieanteil zu rechnen. Diese Lösungen, die keinesfalls primitiv, sondern einfach, aber wirkungsvoll sind, sollen nicht als Konkurrenz für die zwangsläufig aufwendigeren Lösungen der solartechnischen Industrie dienen. Sie sind vielmehr für solche Leute gedacht, die Sonnenenergie nutzen wollen, aber nicht viel investieren können und dabei auf jahrzehntelange Lebensdauer und technische Perfektion verzichten.

Als Anwendungsbereiche für solare Brauchwasseranlagen kommen neben der Versorgung des Landhaushaltes vor allem die Tierhaltung mit dem Kälber- und Lämmertränken, dem Schweinefüttern sowie der gesamten Melktechnik infrage. Aber auch bei der Reinigung und Desinfektion ganzer Ställe oder Tiergruppen sowie bei der Schlepper- und Maschinenpflege können große Mengen sonnenenergieerwärmtes Wasser vorteilhaft verwendet werden. Eine Temperaturstufe von 40 bis 50° C reicht hier ja meist aus. Neben der Brauchwasserversorgung wird der solartechnischen Unterdachtrocknung landwirtschaftlicher Produkte zukünftig sicherlich größere Bedeutung zukommen. Infrage kommen Heu, Getreide, Raps, Sämereien, Tabak, nicht zu feuchter Körnermais sowie auch Stroh und Abfallholz. Von den verschiedenen Trocknungsverfahren ist die Satz Trocknung mit schwach vorgewärmter Luft nach dem gegenwärtigen Entwicklungsstand am besten zu beherrschen, weil hier die längeren Trocknungszeiten eine Ausnutzung des unterschiedlichen und leider nicht vorhersehbaren Sonnenenergieangebotes möglich machen.

Praktische Erfahrungen liegen bereits mit der solartechnischen Trocknung von Rundballen und Getreide vor. Hierzu wurden einfache Folienkollektoren entwickelt, die nur 5 bis 8 DM/m<sup>2</sup> Kollektorfläche kosten und eine 3-jährige Nutzungsdauer erwarten lassen. Beim Überdruck-Schlauchkollektor (Abb. 5 und 6) wird die gesamte Trocknungsluft mit einem Druck von 1 bis 6 mbar (10 bis 60 mmWS) durch einen 25 bis 50 m langen, nahtlosen Schlauch mit ca. 70 cm Ø aus handelsüblicher 0,2 mm dicker schwarzer PE-Folie geblasen. Als Abdeckung gegen Wärmeverluste dient ein zweiter äußerer Schlauch mit ca. 80 cm Ø aus ebenfalls 0,2 mm dicker, aber hochlichtdurchlässiger und UV-stabilisierter PE-Gartenbaufolie, der durch eine geringe Stützluftmenge aufgeblasen und stramm gehalten wird. Man kann mehrere Schläuche nebeneinanderlegen und durch Luftkanäle miteinander verbinden. Für eine sturmsichere Befestigung ist zu sorgen.

Ein zweites inzwischen bewährtes System ist der Unterdruck-Luftbläschenfolienkollektor (Abb. 7 und 8). Zwei handelsübliche Luftbläschenfolien aus 0,2 mm dicker, UV-stabilisierter PE-Folie werden so übereinander auf den Boden, oder ein Flachdach gelegt und mit einem perforierten Rohr in der Mitte ausgerüstet, daß man Außenluft durch die Lücken zwischen den Bläschen saugen kann. Als Absorber dient eine schwarze Folie zwischen den beiden Luftbläschenfolien; man kann aber auch für die obere Matte Luftbläschenfolie mit schwarzen Noppen nehmen. Die mit einem Unterdruck von 6 bis 10 mbar (60 bis 100 mm WS) abgesaugte Warmluft wird im Bypass dem Trocknungsgebläse zugeschleust.

Die bisher erarbeiteten Kennlinien dieser Folienkollektoren zeigen, daß der Überdruck-Schlauchkollektor mit 25 m Länge zur Erwärmung sehr großer Luftmengen um bis zu 15°C (das sind 25° C bei 20° C Außentemperatur) geeignet ist und hier auch einen guten Wirkungsgrad hat (Abb. 9). Es ist nicht sinnvoll, mit diesem System höhere Temperaturen bei geringen Luftmengen zu erzeugen, weil dann der Wirkungsgrad stark abfällt. Durch Verlängerung der Schläuche auf etwa 50 m ist eine Temperaturerhöhung um maximal 20° C möglich und sinnvoll.

Demgegenüber ist der Unterdruck-Luftbläschenfolienkollektor mehr für die starke Erwärmung geringerer Luftmengen geeignet.



Abb. 2  
Serienmäßig hergestellter, einbaufertiger Flüssigkeitskollektor von Bita.



Abb. 3  
Zusammenbau eines Absorbers aus branchenüblichen PE-Rohren.

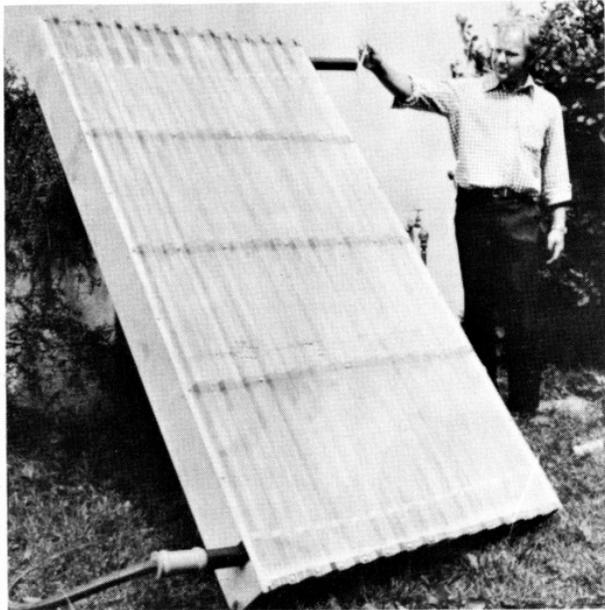


Abb. 4  
Selbstbau -Warmwasser-  
kollektor aus Isopanel-  
Platten, PE-Rohren, Eu-  
rothane Dämmplatten,  
Hostaphan-Folie und  
Palram-Lichtplatten.

Er schafft bei den diesem Vergleich zugrundeliegenden hohen Strahlungsintensitäten eine Temperaturerhöhung um 30 bis 40° C bei annehmbarem Wirkungsgrad (also 50 - 60° C bei 20° Außentemperatur und bis zu 70° C bei 30° Außentemperatur).

Sehr wichtig für die solartechnische Trocknung ist, daß diese einfachen Folienkollektoren auch bei diffuser Einstrahlung mit geringer Intensität brauchbare Leistungen bringen (Abb. 10). Dies hängt damit zusammen, daß sie durch die waagerechtliegende Kollektorebene Licht vom ganzen Himmelsgewölbe erhalten. So erzeugen sie mit niedrigen Strahlungsintensitäten von 150 bis 200 W/m<sup>2</sup>, wie sie im Sommer oft sogar bei leichtem Regen gegeben sind, bei den hier vorliegenden Luftdurchsätzen eine Luftanwärmung um 4 bis 5° C. Da eine Temperaturerhöhung um 1° C aber die relative Luftfeuchtigkeit um etwa 5 % senkt, erhält man selbst unter ungünstigen Bedingungen Luft mit brauchbarer Trocknungsfähigkeit. Sie reicht zwar nicht aus, um hohe Trocknungsgeschwindigkeiten zu erzielen oder gar die Endfeuchte zu erreichen, ist aber recht wertvoll, wenn es gerade in der Anfangs-

phase der Trocknung darum geht, das Gut über eine sonnenarme Periode kühl zu halten und vor dem Verderb zu bewahren.

Mit diesen Folienkollektoren konnten verschiedene Anlagen mit Flächen zwischen 50 und 120 m<sup>2</sup> und Leistungen zwischen 25 und 60 kW (bei 800 W/m<sup>2</sup> Strahlungsintensität) in Praxisversuchen erprobt werden (Abb. 11)

Dabei wurden trotz des regenreichen und sonnenarmen Wetters größere Heu-, Stroh- und Getreidemengen mit gutem Erfolg getrocknet. Das System hat sich als funktionssicher und umweltfreundlich erwiesen und konnte auch unter Bedingungen eingesetzt werden, die den Einsatz von öl- oder feststoffbeheizten Lufterhitzern wegen Brandgefahr nicht zuließen.

Bei einer Kollektorfläche von 2 m<sup>2</sup>/dt Trockenheu, einem Luftdurchsatz von 1.200 m<sup>3</sup>/h/Ballen gegen 2 mbar (20 mmWS) wurden mit dem Haubentrockner Welger-Rundballen mit einem Anfangsgewicht von 600 kg bei Heu und 450 kg bei Stroh mit 28 bis 33 % Feuchtegehalt je Sonnentag um 4 bis 7 % Feuchte heruntergetrocknet. Dabei konnte auf Zusatzwärme völlig verzichtet werden. Durch die gegenüber der Belüftungstrocknung mit nicht angewärmter Luft wesentlich kürzeren Trocknungszeiten ließ sich die Trocknungseinrichtung, die maximal 7 Ballen faßte, je Ernteperiode in Heu, Stroh und Grummet für 4 bis 5 Partien nacheinander ausnutzen und wurde daher von Anfang Juni bis Ende September insgesamt 14 mal beschickt. Dadurch erhöht sich die Wirtschaftlichkeit der ohnehin sehr preiswerten Einrichtung.

Hieraus darf aber noch nicht gefolgert werden, daß die Trocknung von Rundballen generell problemlos und gelöst sei. Die bei uns erzielten günstigen Ergebnisse sind in erster Linie durch die Luftanwärmung - in diesem Falle mit preiswerter Sonnenenergie- und durch gleichmäßige Luftführung in nicht zu fest gepreßten Rundballen zurückzuführen. Mit Kaltbelüftung zu fester Ballen und bei schlechter Luftführung kann es dagegen Schwierigkeiten geben. Außerdem muß beim Umgang mit den in der Praxis notwendigen großen Kollektorflächen vom Landwirt natürlich eine gewisse Sorgfalt mit den Folien verlangt werden, was in anderen Bereichen, z.B. Foliensilos aber auch nötig und heute bekannt ist. Neben den flexiblen Folienkollektoren sind feste Luftkollektoren

# Luftkollektor aus Folien

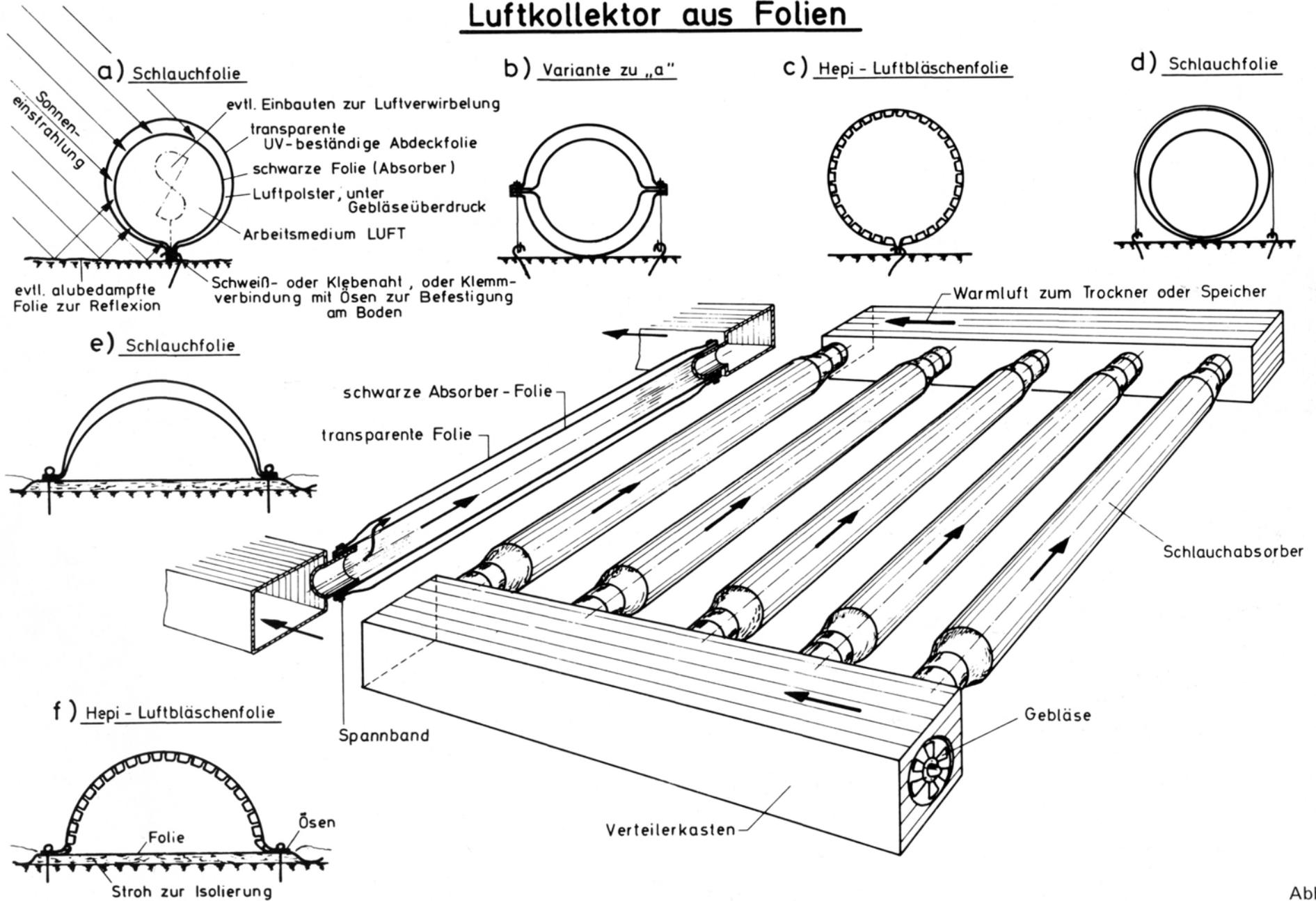


Abb. 5



Abb. 6  
Zweiteiliger Überdruck-  
Schlauchkollektor aus  
nahtlosen PE-  
Folienschläuchen.

entwickelt worden, bei denen vorhandene schwarze Dachplatten aus Wellasbestzement-, Leichtmetall- oder Bitumenwellplatten als Absorber ausgenutzt werden können. Mit Isolierplatten, wärmebeständigen und hochlichtdurchlässigen Folien und PVC-Lichtplatten kann man so zu einem Materialpreis von 30 bis 40 DM/m<sup>2</sup> Kollektorfläche einen leistungsfähigen Ganzjahreskollektor in Selbsthilfe erstellen, während die Folienkollektoren vor allem für Sommernutzung gedacht sind. Mit diesem Kollektortyp kann man auch eine erstmals auf der letztjährigen Schlüterinformationstagung als Strohlager vorgestellte und inzwischen fertigentwickelte Ganzdachkonstruktion aus Rundhölzern und Rundholzverbindern ausrüsten, wenn keine passenden Dachflächen auf Altgebäuden vorhanden sind (Abb. 12).

Luftkollektoren für landwirtschaftliche Zwecke werden aber auch schon industriell hergestellt. So ist bei der Trocknungsgemeinschaft Neuricht/Opf. in einem vom BMFT geförderten Projekt eine Großanlage mit 1 500 m<sup>2</sup> Kollektorfläche errichtet worden, um

Grüngut bei der anschließenden Heißlufttrocknung solartechnisch vorzuwelken und Heizöl zu sparen (Abb. 13).

Als weitere Anwendungsbereiche für die Solartechnik können nach entsprechender Entwicklung und Erprobung die Stallheizung für wärmebedürftige Tierarten, insbesondere Schweine, Kälber und Geflügel infrage kommen und zwar sowohl mit Flüssigkeits- wie Luftkollektoren und kombiniert mit Wärmespeicher und Zusatzheizung. Hier läßt sich auch die Wärmepumpe einsetzen. Man kann damit Gase oder Flüssigkeiten auf ein höheres Temperaturniveau bringen, indem man beispielsweise aus einer größeren Menge Luft oder Wasser mit niedrigerer Temperatur die Wärme entzieht und sie auf eine geringere Menge mit höherer Temperatur überträgt.

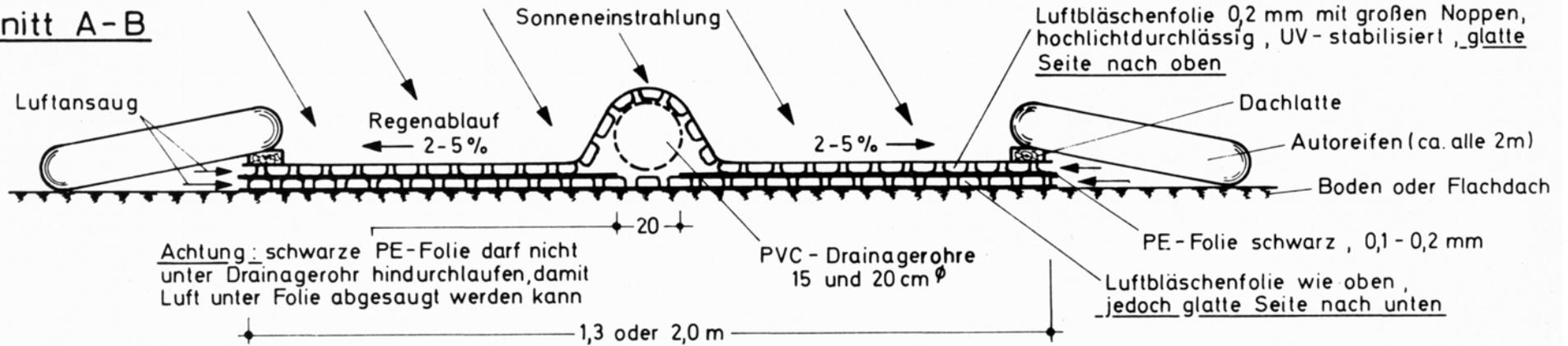
Für die Gewächshausheizung haben wir einen Vorschlag entwickelt, bei dem die Unterkonstruktion aus schwarzen PE-Rohren besteht, die mit Steckverbindung zusammengefügt und mit Lichtplatten oder Folien abgedeckt werden. Ein Teil der in das Gewächshaus fallenden Lichtstrahlen erwärmt Wasser in den Rohren, das in einen Wasser- oder Erdspeicher im Untergrund gepumpt wird und das Gewächshaus nachts oder an sonnenarmen Tagen temperiert.

Die solare Hausheizung im Winter ist heute im privaten Bereich mit den derzeitigen aufwendigen Techniken nur schwer wirtschaftlich darzustellen, wengleich es schon Lösungen gibt, bei denen auf Heizöl fast ganz oder gar völlig verzichtet werden kann. (Abb. 14). In der Landwirtschaft könnte das aber anders sein, wenn man Kollektorflächen und Speicherraum, die der Betrieb im Sommer zur Trocknung benötigt, kostensenkend für die Hausheizung in Übergangszeit und Winter ausnutzt oder auch hier Eigenleistungen vollbringt. Heizsysteme, die mit niedrigem Temperaturniveau auskommen, wie Fußboden- oder Warmluftheizung sind solartechnisch besonders gut geeignet.

Neben den bisher geschilderten Einsatzmöglichkeiten für die Solartechnik können zukünftig sicher noch weitere interessante hinzukommen, an die man jetzt vielleicht noch gar nicht denken kann. Die Fischteichbeheizung wird schon versuchsweise praktiziert,

# Unterdruck - Folienkollektor aus Luftbläschenfolie

## Schnitt A-B



## Kollektor - Draufsicht

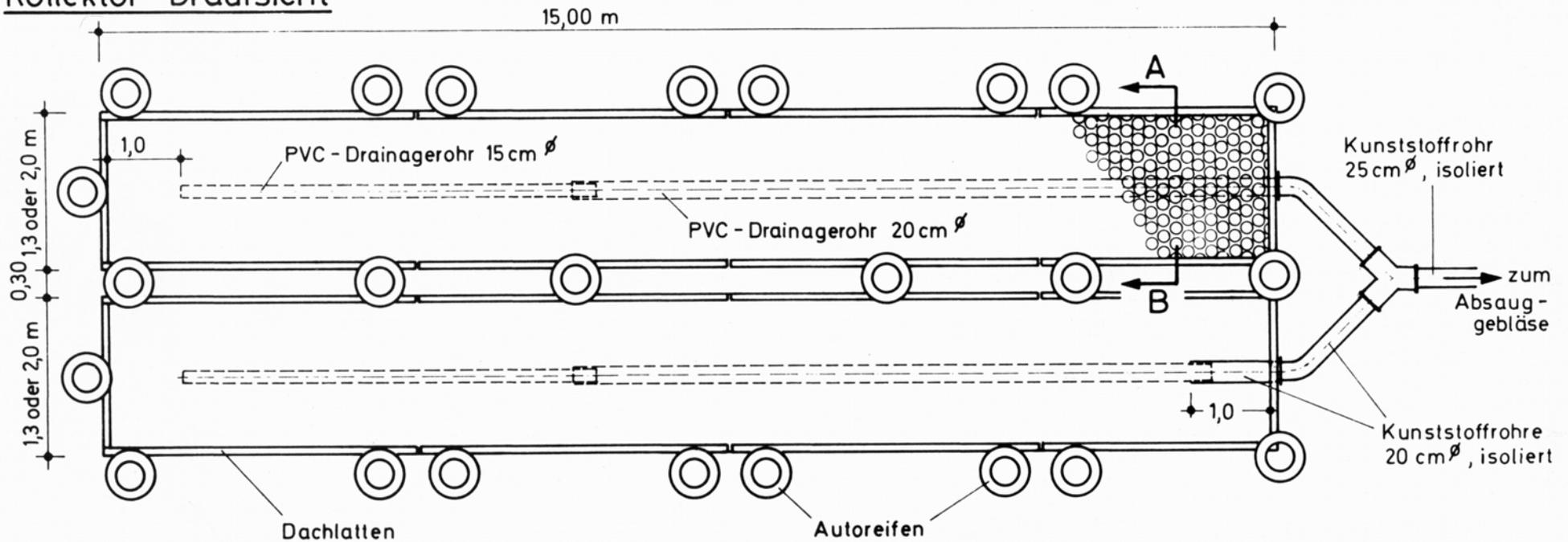


Abb. 7



Abb. 8  
Unterdruck-Luftbläschenfolienkollektor, bei dem die Warmluft über ein Drainerohr abgesaugt wird.

aber auch für die Beheizung der Faulbehälter bei Biogasanlagen wäre Sonnenenergie sicher nützlich.

Bei der Weiterentwicklung der Solartechnik in der Landwirtschaft spielen großvolumige Wärmespeicher eine große Rolle, um Sonnenenergie für nachts oder Schlechtwetterperioden zu bevorraten. Für Wasser werden derartige Behälter schon in solider und gut isolierter Ausführung industriell gefertigt. Wenn am Hof genügend Platz ist, können aber auch gebrauchte Heizölbehälter aufgestellt und billig mit Stroh und Folie isoliert werden. Für Warmluftanlagen kommen große Kiesspeicher infrage, die im einfachsten Falle ebenfalls mit Stroh und Folie zu isolieren sind. Alte Autoreifen, zu großen länglichen Haufen geschichtet und mit Luftbläschenfolie abgedeckt, lassen sich als Kollektor-Speicher betreiben und liefern auch nachts Warmluft für Trocknungszwecke.

### Leistung (N) und Wirkungsgrad ( $\eta$ ) von Folien-Luftkollektoren in Abhängigkeit von Luftdurchsatz ( $m^3/h$ ) und Temperaturerhöhung ( $\Delta T$ )

(ca.  $50 m^2$  Kollektorfläche, Strahlungsintensität  $900-925 W/m^2$ , gemessen senkrecht zur Einstrahlungsrichtung,  $760-800 W/m^2$  in Kollektorebene, Aussentemperatur  $18-20^\circ$ , Wind  $1-2 m/sec$ , erste, noch nicht abgesicherte Werte aus Outdoor-Tests)

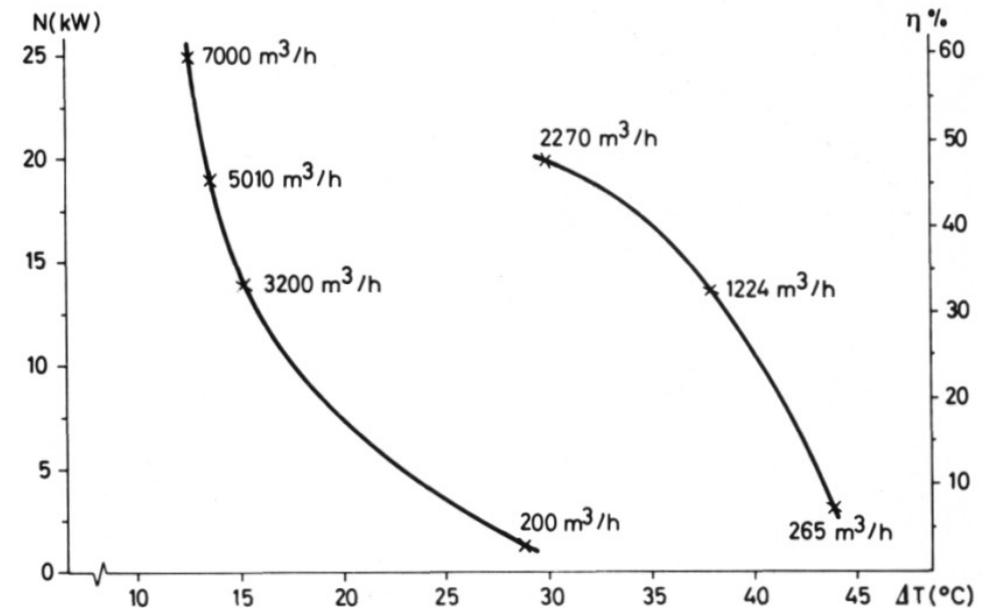
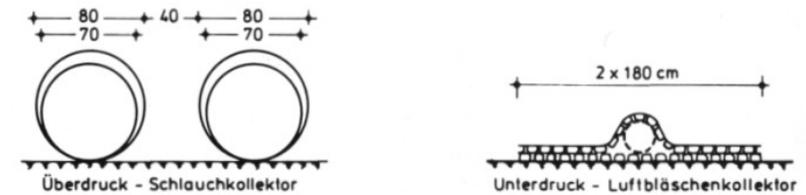


Abb. 9

Leistung (N) und Temperaturerhöhung ( $\Delta T$ ) eines Unterdruck-Luftbläschenfolien-Kollektors für Luft in Abhängigkeit von der Sonnenstrahlungsdichte (I) gemessen in Kollektorebene

(Kollektorfläche ca 50 m<sup>2</sup>, Wind 1-2 m/sec, Aussentemperatur 18-22°, Luftdurchsatz 1000 m<sup>3</sup>/h bei 6,5 mbar; erste, noch nicht abgesicherte Werte aus Outdoor-Tests)

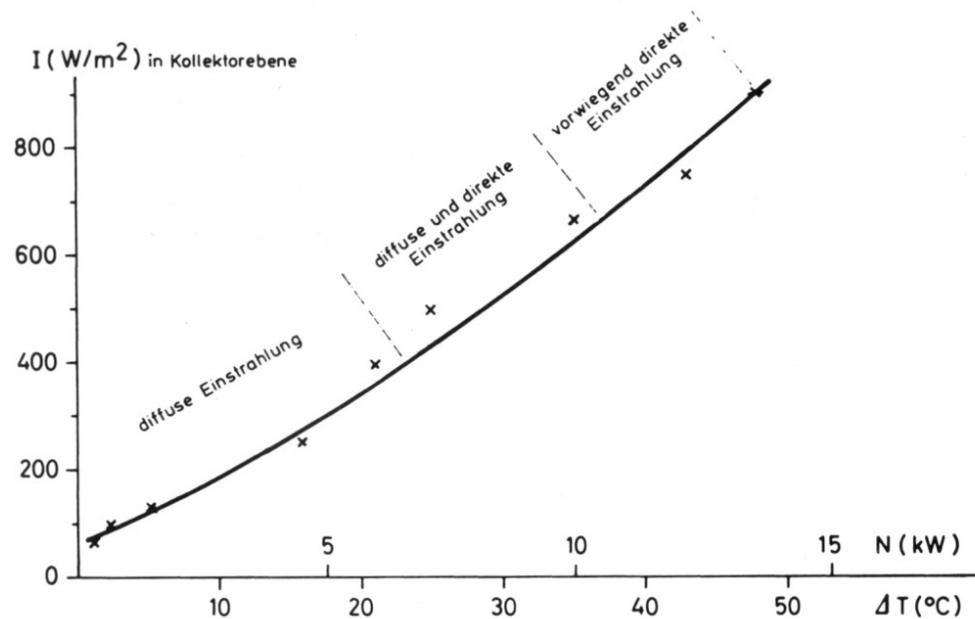


Abb. 10

Abb. 12  
Fest installierter Dachplattenkollektor auf einer Rundholz-Ganzdachkonstruktion. ▶



Abb. 11  
Folienschlauchkollektoren mit 60 kW Maximalleistung auf einem Vordach zur Lufterwärmung bei der Rundballentrocknung.





Abb. 13  
Luftkollektor-  
anlage der  
Fa. Grammer  
im Aufbau  
bei der  
Trocknungs-  
gemeinschaft  
Neuried.



Abb. 14  
"Sonnenhaus"  
der BayWa in Otterfing bei München mit einer MBB-  
Solaranlage.

Sehr sinnvoll gerade für landwirtschaftliche Betriebe erscheint weiterhin ein großer, zentraler Wärmespeicher mit Kies und Wasser für die verschiedenen Energiequellen und Verbraucher. Hierin könnte nicht nur Sonnenenergie aus Flüssigkeits- und Luftkollektoren bevorratet werden, sondern auch Wärme aus Windenergie, Mistkompost und dem Verheizen von Stroh und Abfallholz mit den neuen Großballenöfen, die sich hierzu auch überbetrieblich einsetzen ließen. Daß es auch bei diesen Lösungen zur Nutzung sekundärer Sonnenenergie interessante Lösungen gibt, sollen einige Beispiele zeigen.

- Mit einfachen Windkraftanlagen wie dem Savoniusrotor kann man Wärme über Strom oder Reibung erzeugen.

- Die beim Kompostieren von Mist entstehende Wärme mit Temperaturen zwischen 30 und 70° C kann etwa 8 Wochen lang dazu benutzt werden, Wasser in Kunststoffabsorbent zu erwärmen.

- Strohheizkessel unterschiedlicher Größe und Leistung können oft sinnvoll mit Solaranlagen kombiniert werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß in der Landwirtschaft echte Chancen bestehen, die Solartechnik in verschiedenen Bereichen sinnvoll und wirtschaftlich einzusetzen. Einige Lösungen sind jetzt schon weitgehend praxisreif. Es sind aber noch umfangreiche Forschungs- und Demonstrationsaufgaben zu bewältigen,



Abb. 15 u. 16 Sonderschau "Solartechnik" der Landtechnik Weihenstephan und der Industrie auf der Schlütertagung 1977

und es müssen auch die Grenzen der Sonnenenergienutzung noch besser erkannt und beachtet werden. Solartechnik ist nämlich kein Allheilmittel zur Lösung der bevorstehenden Energieprobleme. Sie kann zumindest vorerst die anderen Energieträger nicht ersetzen, sondern höchstens zu einem Teil ergänzen und mithelfen, sie rationeller zu nutzen. Dennoch kann sie es aufgeschlossenen Landwirten ermöglichen, besser und billiger zu produzieren, und auch neue leistungsfähige Energiequellen zu erschließen, statt teure oder leistungsmindernde Energiesparmaßnahmen hinzunehmen.

Um Ihnen diese neuen Möglichkeiten auf der diesjährigen Schlütertagung anschaulich zu zeigen, hat die Landtechnik Weihenstephan in Zusammenarbeit mit 20 Firmen eine Sonderschau "Solar-

technik in der Landwirtschaft" aufgebaut und einen Beratungsdienst organisiert (Abb. 15 und 16). Neben industriell gefertigten Systemen sind dort auch Materialien und Vorschläge zum Selbstbau zu sehen sowie die neuesten Heizkessel und Bergeverfahren für Stroh, das ja nichts anderes ist als gespeicherte Sonnenenergie.

Außerdem ist soeben ein neues top agrar Extra "Sonnenenergie in Haus und Hof" erschienen, in dem Sie detaillierte Informationen, Bauanleitungen und Pläne, sowie ein Bezugsquellenverzeichnis finden. Wir hoffen, Ihnen mit diesen Aktivitäten bei der Beurteilung und Einführung der Solartechnik für landwirtschaftliche Zwecke eine Hilfe geben zu können.

