# Landwirtschaftliches Unternehmer - Seminar Gut Schlüterhof

Heft 4 1980

## Technik, Markt und Management

für den landwirtschaftlichen Unternehmer in den 80er Jahren

Veranstalter:
Firma Anton Schlüter München
Werk Freising

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

H. Anton Hammer

# Technik, Markt und Management

für den landwirtschaftlichen Unternehmer in den 80er Jahren

bode

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern anläßlich der Landwirtschaftlichen Unternehmerseminare auf Gut Schlüterhof im Februar 1980 gehalten wurden.


Seite

1. Entwicklung von aufgeladenen Fahrzeugdieselmotoren; von Dipl. Ing. Hans Jürgen Zürner, MAN Nürnberg 7

2. Neue Fahrzeugantriebe in der Landwirtschaft. Entwicklungstendenzen im Wandel der Anforderungen; von Ing. Friedrich Ehrlinger, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, Friedrichshafen 36

3. Optimale Fahrerplatzgestaltung auf Schleppern und Mähdreschern; von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel, Direktor des Institutes für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig 68

4. Reifen für die Landwirtschaft - Entwicklungstendenzen, Einsatzmöglichkeiten; von DI Dr. Heinrich Steinkampf, Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig 93

5. Moderne Pflugbauformen; von Obering. Dr. Ing. Karl Hans Kromer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan 111

6. Oberflächen-Nachbearbeitung mit gezogenen oder zapfwellen-getriebenen Geräten?; von Prof. Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan 130

7. Der Leistungsbedarf der Bodenbearbeitungsgeräte und zugehörige Schlepperstärken; von Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Institutes für Landtechnik und der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan 151

8. Verbindung von Schlepper und Gerät; von Landw. Direktor Dr. Manfred Schurig, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan 174

Seite

9. Wodurch wird die technische Weiterentwicklung bei Transportfahrzeugen bestimmt?; von Dr. Ing. Franz-Josef Sonnen, Geschäftsführer des Fachbereiches Landtechnik der DLG Frankfurt 182

10. Notwendige Transportleistungen im landwirtschaftlichen Betrieb; von Akad. Rat Dr. Hermann Auernhammer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan 202

11. Die Entwicklung der EG-Agrarmärkte in den 1980er Jahren; von Prof. Dr. Friedrich Hülsemeyer, Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Professur für Landwirtschaftliche Marktlehre der Technischen Universität München-Weihenstephan 220

12. Moderne Betriebskalkulation und ihr Nutzen; von Prof. Dr. Friedrich Kuhlmann, Direktor des Institutes für landwirtschaftliche Betriebslehre der Justus Liebig-Universität, Gießen 241

13. Arbeitswirtschaftliche Kenndaten, Ermittlung und Nutzanwendung im Einzelbetrieb; von Dipl. Ing. Dr. Volker Krause, Landwirtschaftskammer Hannover 263

14. Steuerrechtliche Möglichkeiten für den landwirtschaftlichen Betrieb; von Dipl. Ing. Dr. Wolfgang Kastl, Steuerberater, Revisions- und Steuerberatungsgesellschaft mbH, München 285

## Entwicklung von aufgeladenen Fahrzeugdieselmotoren

von Dipl. Ing. Hans Jürgen Zürner, MAN Nürnberg

Die Entwicklung und der Bau von aufgeladenen Fahrzeugdieselmotoren sind bei MAN beinahe eine alte Tradition. Im Jahr 1951 gingen schon die Motoren D 1546 GT mit Zylinderdurchmesser 115 mm und Hub 140 mm in Serie. Die Leistung betrug ca. 160 PS. 1961 war es dann der Motor D 2146 MT, also schon mit M-Verfahren, mit Bohrung 121 mm und Hub 140 mm. Die Leistung war 210 PS. Verschiedene Gründe führten in der Serienfabrikation zu einer zeitweiligen Abkehr vom Ladermotor zugunsten der Saugmotoren. Weiterentwickelt wurde jedoch an den aufgeladenen Motoren nach wie vor.

So war es folgerichtig, daß kurz nach Erscheinen der robusten 6-Zylinder-Reihenmotoren der Baureihe D 25 im Jahr 1971 mit der Saugmotoren-Nennleistung von 177 kW die Entwicklungsarbeiten zur Anpassung der Aufladung verstärkt wurden.

Die Vorteile der Aufladung liegen auf der Hand und wurden schon in zahlreichen Veröffentlichungen und Vorträgen geschildert. Sie ermöglicht, aus einem vorgegebenen Hubvolumen eine wesentlich höhere Leistungsausbeute als im frei saugenden Betrieb. Dies bedeutet bei gleicher Leistung:

- Weniger Zylinder
- geringeres Bauvolumen
- geringeres Gewicht, damit höhere Nutzlast im Fahrzeug
- Besserer spezifischer Kraftstoffverbrauch durch Ausnutzung eines Teils der Abgasenergie und durch Ablauf des Verbrennungsprozesses auf einem höheren Niveau
- Besserer Kraftstoffverbrauch im Fahrzeugbetrieb.

Eine derartige Entwicklung beschränkt sich jedoch nicht darauf, dem Motor mittels Aufladung höhere Leistung und höheres Drehmoment

bei geringerem Kraftstoffverbrauch zu verleihen. Es sind vielmehr in intensiver Entwicklungsarbeit auch die Bauteile und Baugruppen des Motors sowie die Einbauverhältnisse im Fahrzeug den erhöhten Beanspruchungen des Aufladebetriebs anzupassen. Die Berichterstattung hierüber kommt in Vorträgen und Veröffentlichungen manchmal etwas zu kurz, weshalb ich im zweiten Teil meines Vortrages näher darauf eingehen will.

Der erste Teil ist der eigentlichen Leistungsentwicklung durch Turboaufladung gewidmet.

1. Entwicklung des Motors D 2566 auf 235 kW (320 PS), mit maximalem Drehmoment von 1350 Nm (137 kpm).

Der Motor D 2566 ist ein 6-Zylinder-Reihenmotor mit

| | |
|---|---|
| Zylinderbohrung | 125 mm |
| Hub | 155 mm |
| Hubvolumen | 11.430 $cm^3$ |
| Nenndrehzahl | 2.200 $min^{-1}$ |

Als Saugmotor leistet er

$P = 177$ kW

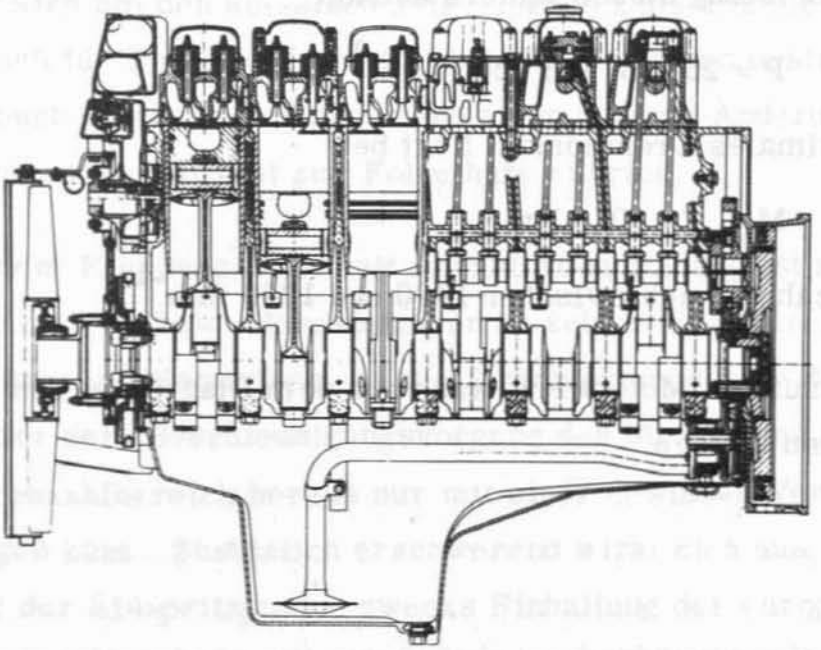
und hat ein maximales Drehmoment von

$M_{max} = 820$ Nm.

Vom Grundkonzept her sind die wesentlichen Bauteile des Motors so konzipiert und dimensioniert, daß eine Leistungssteigerung durch Aufladung möglich ist. Dies gilt zum Beispiel für die Kurbelwelle und die Lagerung ebenso wie für den kräftigen Verband zwischen Zylinderkopf und Kurbelgehäuse durch sechs Zylinderkopfschrauben pro Zylinder in der Qualität 12.9.

In einem ersten, vorsichtigen Schritt entstand der Motor D 2566 MT, der seit Ende 1976 in Serie läuft.

32232017610 M·A·N



Motorlängsschnitt D 2566 M

Bild 1 Bild 1 zeigt den Längsschnitt des mit nassen Zylinderlaufbüchsen und Einzelzylinderköpfen ausgestatteten Motors

32232007610 M·A·N

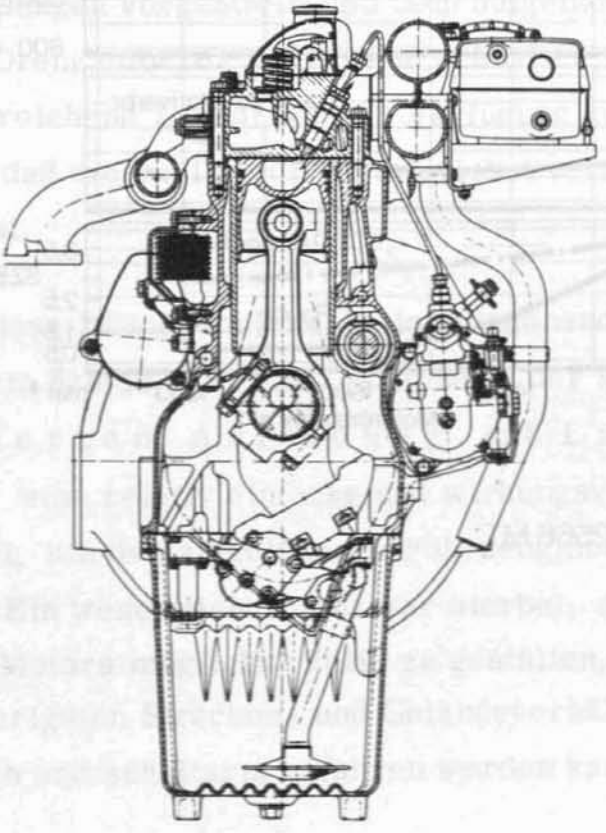


Bild 2 Bild 2 zeigt den Querschnitt

Die Nennleistung dieses Motors beträgt

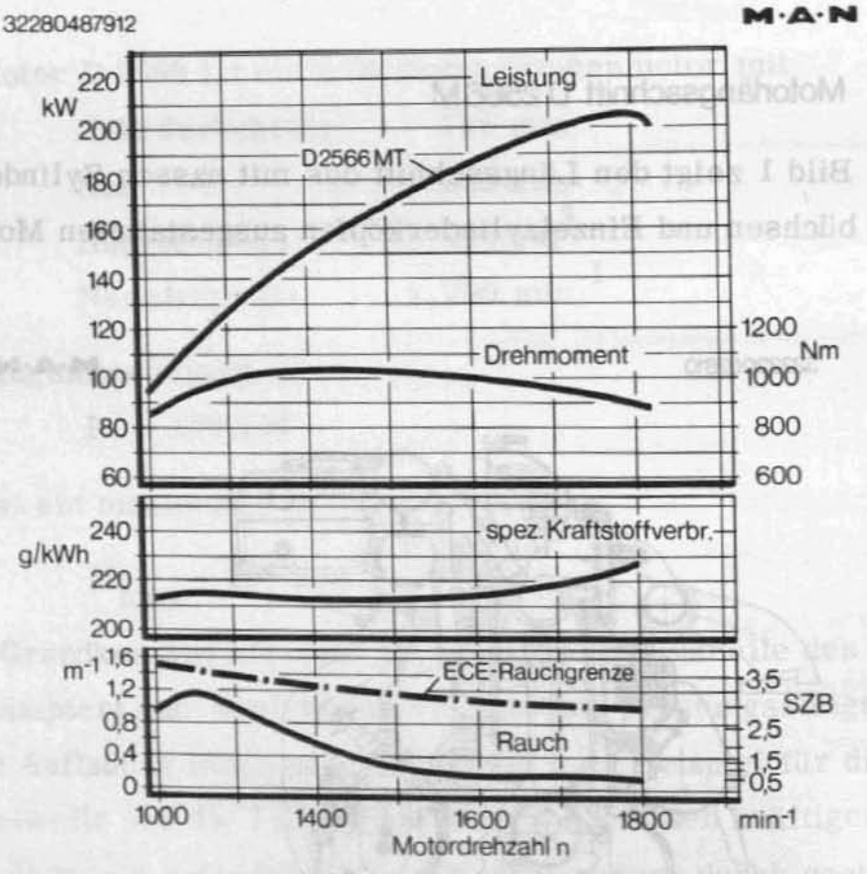
$$P = 206 \text{ kW bei } 2200 \text{ min}^{-1},$$

sein maximales Drehmoment liegt bei

$$M_{max} = 1030 \text{ Nm}$$

im Drehzahlbereich zwischen 1400 und 1600 $\text{min}^{-1}$.

Der Verlauf der Motorwerte kann aus dem Diagramm Bild 3 entnommen werden.




Motorwerte D2566 MT

Bild 3

Es handelt sich um den klassisch aufgeladenen Dieselmotor, hauptsächlich für Fahrzeuge und für Arbeitsmaschinen bestimmt, bei denen auch stärkere Laständerungen nur geringe Änderungen der Arbeitsgeschwindigkeit zur Folge haben dürfen.

Wie bei jedem Fahrzeugmotor mit Abgasturboaufladung ist allerdings das Anfahren bzw. Beschleunigen an schwierigen Strecken zuweilen etwas problematisch, da die Strömungsmaschine Abgasturboauflader dem Beschleunigungsvorgang des Motors aus dem unteren Drehzahlbereich heraus nur mit einer gewissen Verzögerung folgen kann. Zusätzlich erschwerend wirkt sich aus, daß der Regler der Einspritzpumpe zwecks Einhaltung der europäischen Abgasgesetzgebung mit einem ladedruckabhängigen Regelstangenanschlag (LDA) ausgerüstet werden muß. Dieser gibt den Vollastanschlag erst bei Erreichen eines bestimmten Ladedrucks frei.

Die geschilderten Nachteile sind schon lange bekannt. Es gibt auch eine Reihe von Vorschlägen, um sie zu beheben. In einigen Fällen blieb es nicht bei den Vorschlägen, sondern es wurden konkrete Lösungen vorgestellt, um dem aufgeladenen Motor auch im unteren Drehzahlbereich und beim schnellen Beschleunigungsvorgang ausreichend Ladedruck zur Verfügung zu stellen. Wichtig hierbei ist, daß dieser Ladedruck möglichst verzögerungsfrei vorhanden ist.

Wir haben diese Lösungsmöglichkeiten eingehend überprüft und kamen zu dem Schluß, daß eine Verbindung der sogenannten k o m b i n i e r t e n A u f l a d u n g mit L a d e l u f t k ü h l u n g eine relativ einfache und wirkungsvolle Möglichkeit darstellt, um den aufgeladenen Fahrzeugmotor weiter zu entwickeln. Ein wesentliches Ziel war hierbei, den Drehmomentverlauf des Motors möglichst füllig zu gestalten, so daß auch unter schwierigsten Strecken- und Geländeverhältnissen außerordentlich elastisch und schaltarm gefahren werden kann.

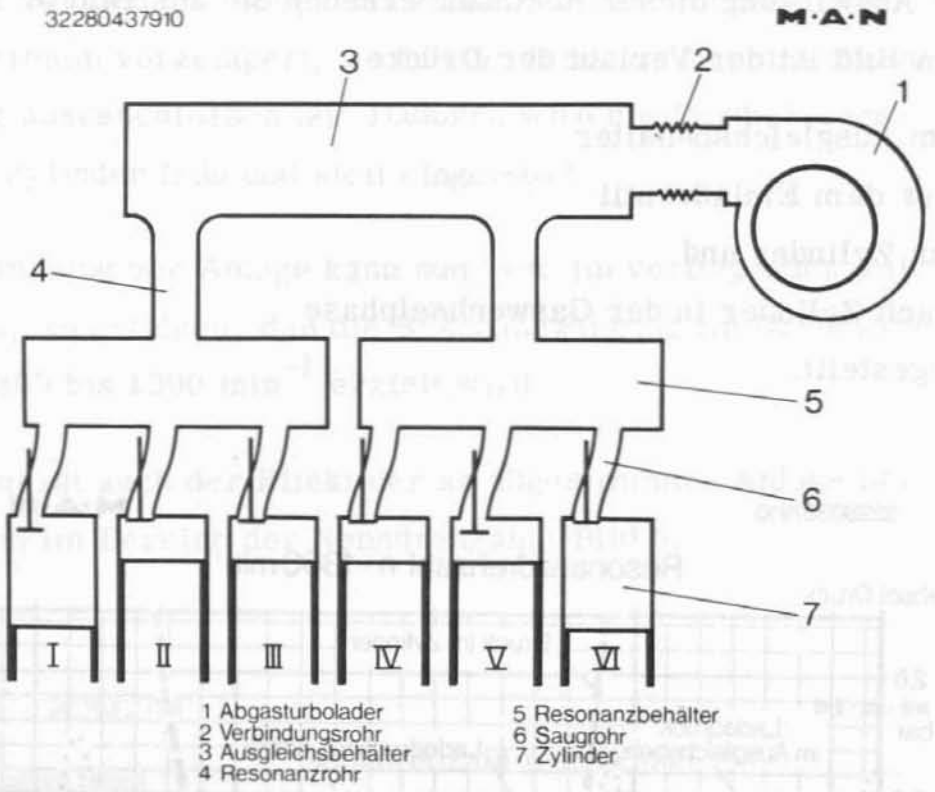
Konkret ausgedrückt war das Ziel, dem 11,4 l-Motor eine Nennleistung von 235 kW (320 PS) abzuverlangen, bei einem maximalen Drehmoment von 1350 Nm. Dies entspricht einer Drehmomentüberhöhung von 35 %. Das maximale Drehmoment sollte in dem breiten Drehzahlbereich von 1200 bis 1600 $min^{-1}$ zur Verfügung stehen. Wie Sie später sehen können, ergibt sich daraus automatisch die Konstantleistung von 235 kW zwischen den Drehzahlen 1900 und 2200 $min^{-1}$.

Dies bewirkt, daß der Fahrer nicht gezwungen ist, zur Erreichung der maximalen Leistung den Motor bis zur Nenndrehzahl 2200 $min^{-1}$ auszufahren, sondern schon bei 1800 bis 1900 $min^{-1}$ in den nächst höheren Gang schalten kann. Eine weitere Forderung war, den LDA so einzustellen, daß beim Beschleunigungsvorgang das maximale Drehmoment schon bei 1200 $min^{-1}$ zur Verfügung steht.

Das gesteckte Ziel konnte durch Anwendung der k o m b i n i e r t e n A u f l a d u n g erreicht werden. Sie wird durch ein der normalen Aufladung überlagertes Resonanzsystem dargestellt, das bei entsprechender Abstimmung den Zylindern im unteren Drehzahlbereich verzögungsfrei einen hohen Luftüberschuß zuleitet und damit in diesem Bereich hohe Einspritzraten erlaubt, ohne an die festgelegte Grenze der Abgastrübung zu gelangen.

Die schematische Anordnung des Systems erkennen Sie aus Bild 4. Zwischen Abgasturbolader und Zylindereintritt ist nicht das bisher übliche Verteilerrohr geschaltet, sondern die Ladeluft gelangt zunächst in einen sogenannten Ausgleichsbehälter. Von dort wird sie in zwei in Länge und Durchmesser abgestimmte Rohre aufgeteilt, die ihrerseits in zwei Resonanzbehältern münden.

Jeder Resonanzbehälter beaufschlagt drei Zylinder, deren Zündabstand $240^{o}$ KW beträgt. Hierdurch können sich die Saugtakte der einzelnen Zylinder nicht beeinträchtigen. Bei der Zündfolge 1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4 ist der vordere Resonanzbehälter den Zylin-




Schemaskizze Kombinierte Aufladung

Bild 4

dern 1 bis 3 zugeteilt, der hintere den Zylindern 4 bis 6.

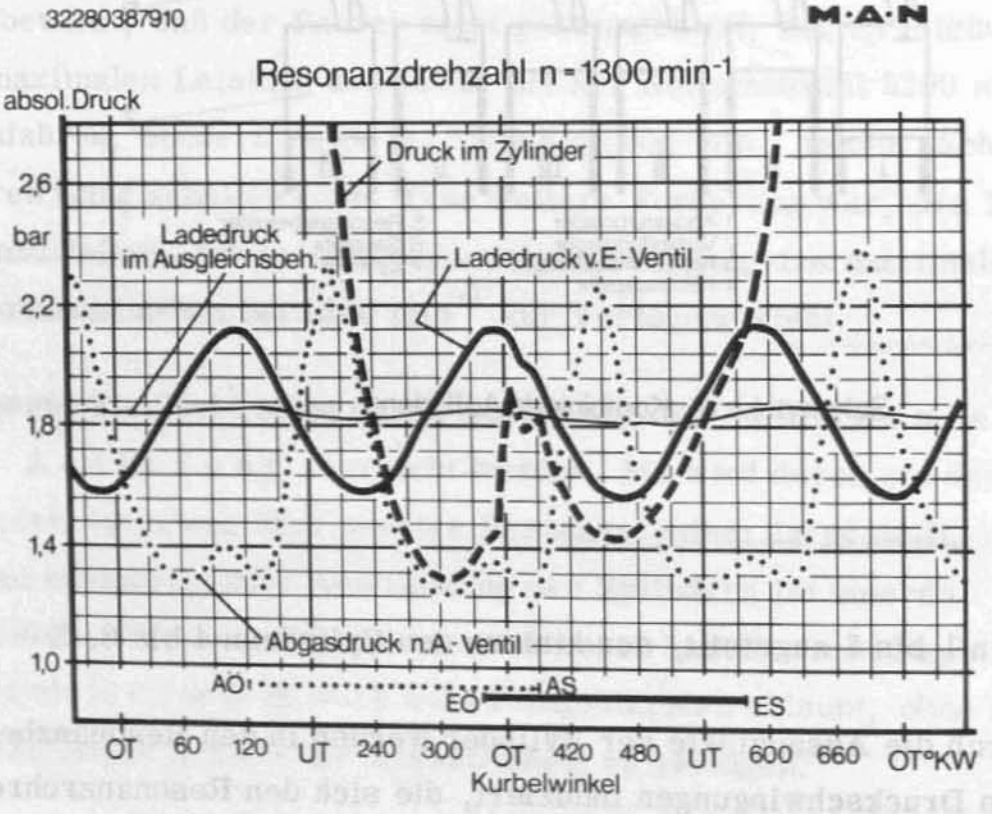
Durch die Ansaugtakte der Zylinder werden in den Resonanzbehältern Druckschwingungen induziert, die sich den Resonanzrohren mitteilen. Der Ausgleichsbehälter sorgt dafür, daß diese Druckschwingungen nicht an den Verdichter weitergeleitet werden und dessen Funktion beeinträchtigen.

Wenn die Frequenz der durch die Zylinder angeregten Druckschwingungen die akustische Eigenfrequenz der Rohre erreicht, gerät die Ladeluft in diesen Rohren in kräftige Resonanzschwingungen 1. Ordnung.

Die Auswirkung dieser Resonanz ersehen Sie aus Bild 5. In diesem Bild ist der Verlauf der Drücke

- im Ausgleichsbehälter
- vor dem Einlaßventil
- im Zylinder und
- nach Zylinder in der Gaswechselphase

dargestellt.




Niederdruck-Indizierung des Gaswechsels bei Resonanz im System der kombinierten Aufladung

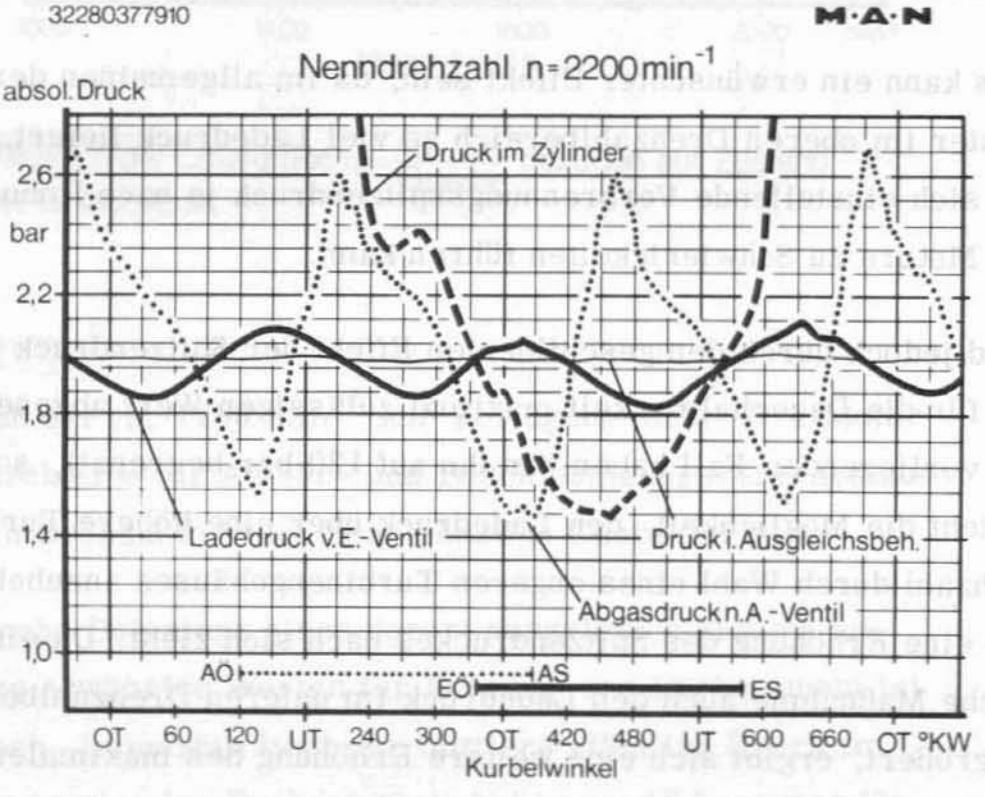
Bild 5

Die positiven Amplituden der die Resonanzbehälter erreichenden Druckschwingungen übersteigen wesentlich den Wert des mittleren, im Ausgleichsbehälter vorhandenen Ladedrucks. Dem Einlaßventil wird zum Öffnungszeitpunkt ein hoher Druck vorgelagert, der bewirkt, daß die Luft stark in Richtung Zylinder beschleunigt wird. Die vom Kolben aufzubringende Ansaugarbeit ist hierbei geringer als bei schwingungsfreier Anströmung des Zylinders.

Auch kurz vor dem Schließen des Einlaßventils ist diesem ein Druckmaximum vorgelagert, so daß ein Rückströmen der Zylinderfüllung ausgeschlossen ist. Dadurch wird die Verdichtungsphase im Zylinder früh und steil eingeleitet.

Die Abstimmung der Anlage kann nun, wie im vorliegenden Fall geschehen, so erfolgen, daß die Resonanzwirkung im Drehzahlbereich 1200 bis 1300 $min^{-1}$ erzielt wird.

Interessant ist auch der Effekt der so abgestimmten Anlage bei Drehzahlen im Bereich der Nenndrehzahl, Bild 6.




Niederdruck-Indizierung des Gaswechsels bei Motor-Nenndrehzahl

Bild 6

Die Druckschwingungen sind naturgemäß wesentlich kleiner als bei Resonanzdrehzahlen.

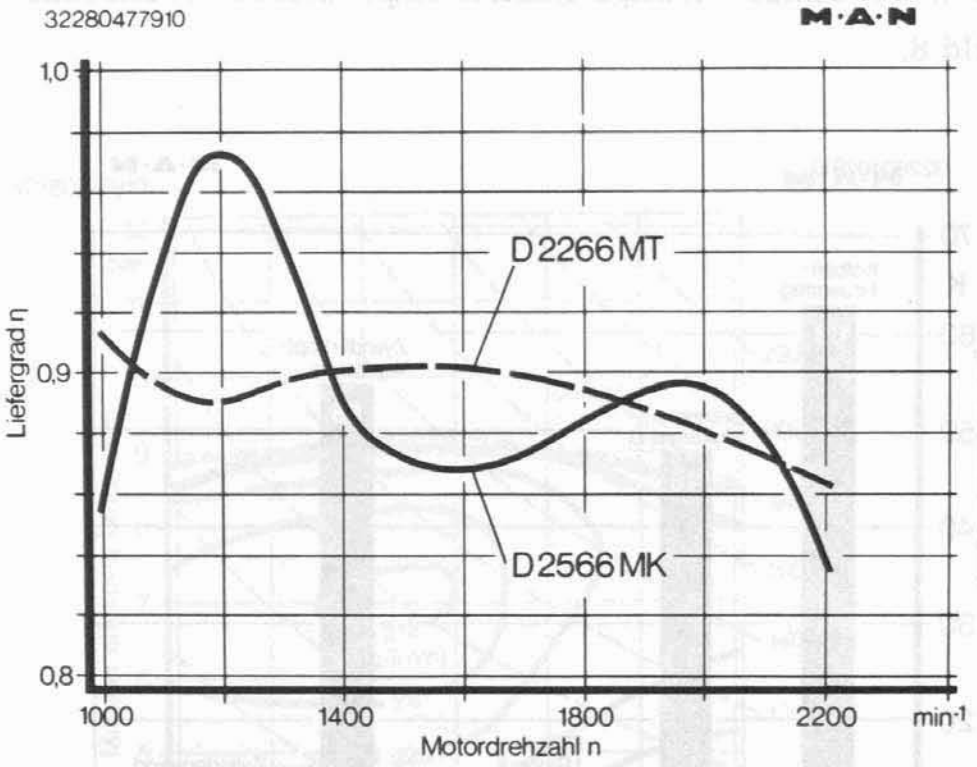
Die Phasenlage zu den Ventilöffnungszeiten ist leicht verschoben. Während der sogenannten Ventilüberschneidung, in der das Auslaßventil noch, das Einlaßventil schon geöffnet ist, herrscht ein kräftiges Druckgefälle zwischen Einlaßkanal und Auslaßkanal, so daß eine gute Spülwirkung und damit Kühlung des Zylinders bewirkt wird.

Beim Schließen des Einlaßventils ist diesem kein Druckmaximum vorgelagert, sondern der Druck ist eher geringer als der normale Ladedruck und der im Zylinder herrschende Druck. Dadurch tritt der Verdichtungsvorgang im Zylinder mit leichter Verzögerung ein, so daß der Verbrennungsspitzendruck um bis zu 7 bar niedriger bleibt als bei normaler, schwingungsfreier Aufladung.

Dies kann ein erwünschter Effekt sein, da im allgemeinen der Verdichter im oberen Drehzahlbereich so viel Ladedruck liefert, daß der sich einstellende Verbrennungsspitzendruck je nach Robustheit des Motors zu Schwierigkeiten führen kann.

Wird jedoch durch den geschilderten Effekt der Spitzendruck unter den für die Dauerhaltbarkeit maximal zulässigen Wert abgesenkt (im vorliegenden Fall haben wir ihn auf 120 bar begrenzt), so besteht die Möglichkeit, den Ladedruck über eine höhere Turbinendrehzahl durch Wahl eines engeren Turbinengehäuses anzuheben, was eine Erhöhung des Spitzendruckes nach sich zieht. Da eine solche Maßnahme auch den Ladedruck im unteren Drehzahlbereich vergrößert, ergibt sich eine weitere Erhöhung des maximalen Drehmoments. Im Fall des Motors D 2566 konnten wir diesen Weg gehen.

Die Auswirkung auf den Verlauf des Liefergrads im Vergleich zum Liefergradverlauf des normal aufgeladenen Motors können Sie aus Bild 7 entnehmen. Bemerkenswert ist das große, verzögerungsfreie Luftangebot im Bereich der Resonanzdrehzahl. Dieses Luftangebot ermöglicht eine sehr knappe Einstellung des LDA, so daß die volle, dem maximalen Drehmoment entsprechende Einspritz-




Vergleich der Liefergrade $\eta_L = \frac{G_L}{G_{L\,theor.}}$ bezogen auf Zustand vor Einlaß-Ventil

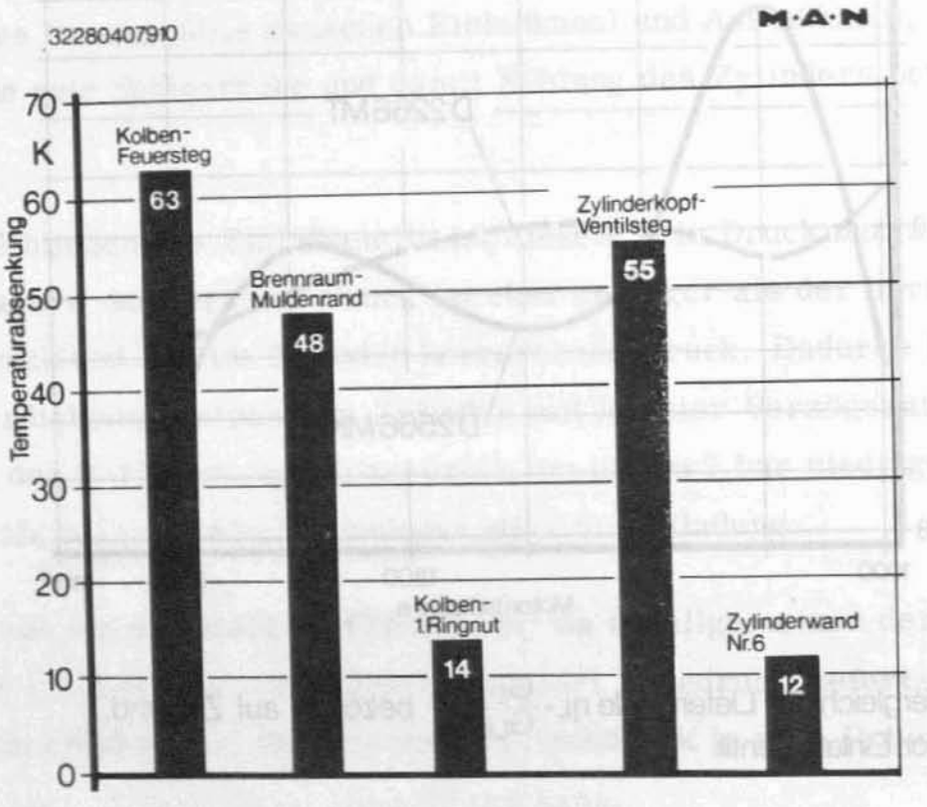
Bild 7

menge schon bei ca. 1200 $min^{-1}$ zur Verfügung steht. Der Motor erhält dadurch eine für Anfahr- und Beschleunigungsvorgänge aus dem unteren Drehzahlbereich sehr günstige Charakteristik.

Die thermische Belastung eines derart ausgelegten Motors mit den eingangs erwähnten Werten für Leistung und Drehmoment ist ziemlich hoch. Immerhin liegt der mittlere effektive Druck im Bereich des maximalen Drehmoments bei knapp 15 bar, was für einen Fahrzeugmotor ein recht hoher Wert ist.

Um auch unter schwersten Einsatzbedingungen mit Sicherheit Langzeitschäden durch thermische Überlastung auszuschließen, wurde deshalb eine Luft-Luft-Ladeluftkühlung vorgesehen. Durch sie wird bei der Umgebungstemperatur von 25° C die Ladelufttemperatur von 120° C auf 50° C verringert. Die Auswirkung dieser

Maßnahme auf einige wichtige Bauteiltemperaturen veranschaulicht Bild 8.

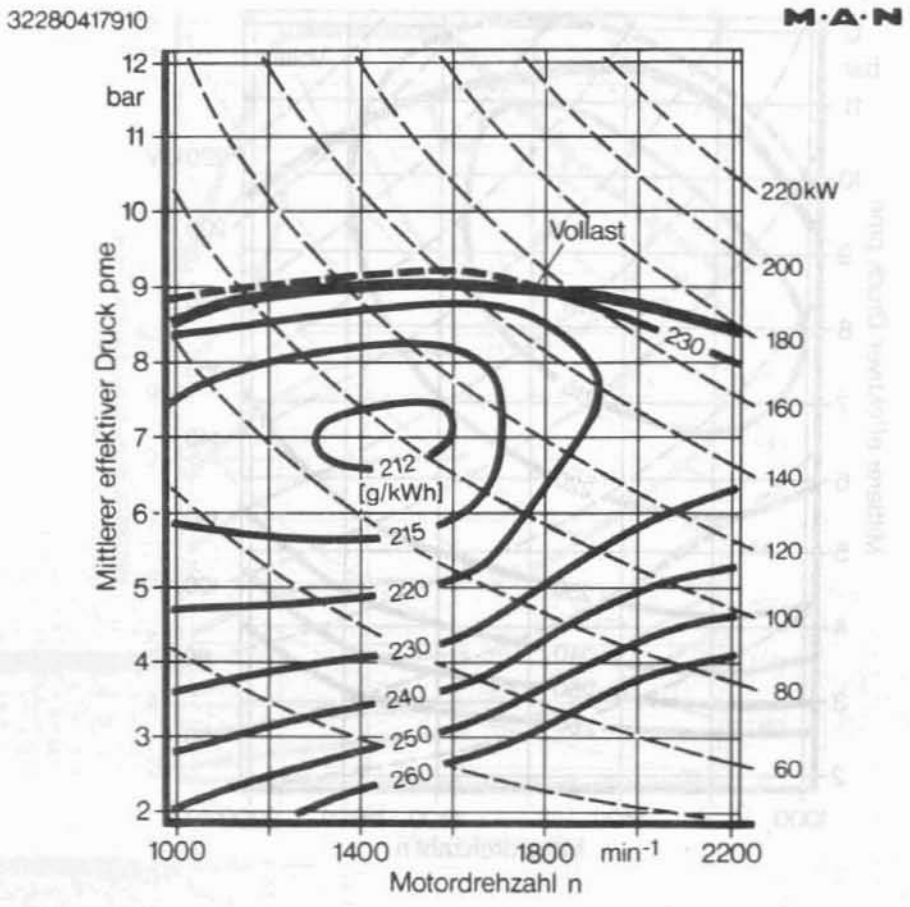



Reduzierung von Bauteiltemperaturen durch Ladeluft-Kühlung gegenüber gleicher Motor-Einstellung ohne Ladeluft-Kühlung

Bild 8

Gleichzeitig bewirkt diese Ladeluftkühlung eine weitere Verringerung der spezifischen Kraftstoffverbrauchswerte. Die folgenden Bilder zeigen anschaulich die Verbesserungen, die - ausgehend vom Saugmotor - über normale Aufladung bis zur kombinierten Aufladung mit Ladeluftkühlung erzielt werden können.

In Bild 9 ist das Verbrauchskennfeld des Saugmotors D 2566 M dargestellt. Der Bestverbrauch von 212 g/kWh liegt in einem Lastbereich, in dem vorwiegend nicht voll ausgelastete Fahrzeuge betrieben werden. Der Bereich mit 215 g/kWh ist noch verhältnismäßig klein und liegt in einem Drehzahlbereich unterhalb dem des maximalen Drehmoments, also in einem Bereich,



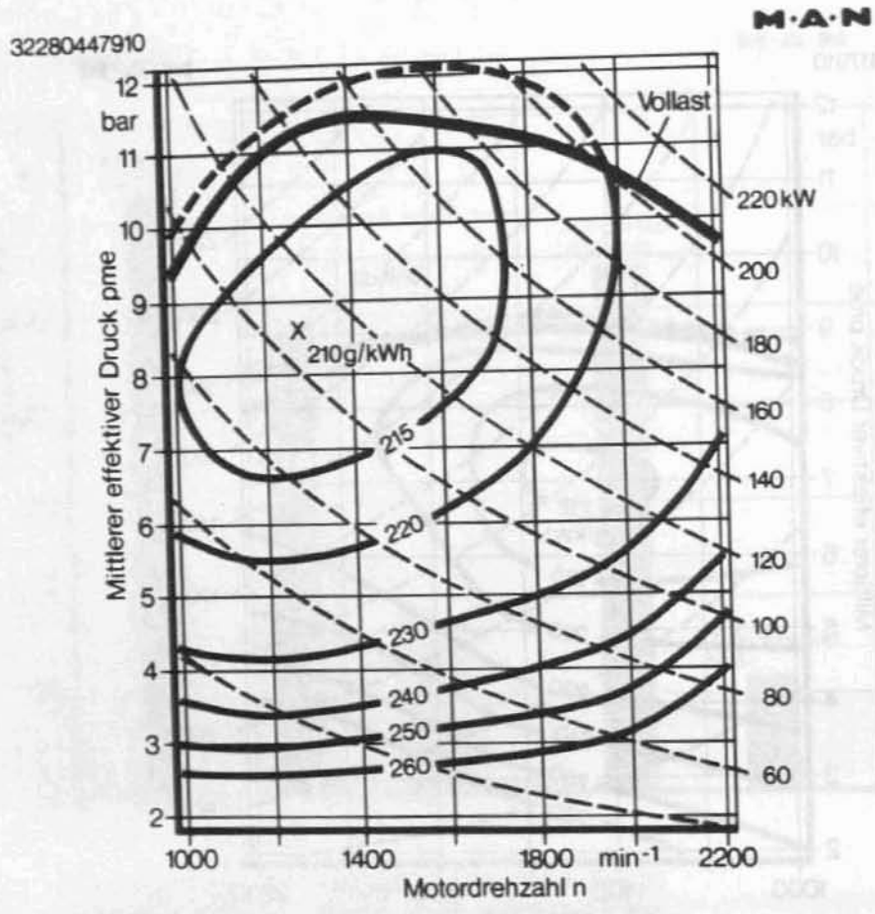

Kraftstoff-Verbrauchskennfeld des Motors D2566M

Bild 9

in dem mit normalen Schaltgetrieben selten gefahren wird.

Schon bei Betrieb unter maximaler Last, d.h. im Drehmoment, erreicht der Verbrauch den Wert von ca. 225 g/kWh.

Eine deutliche Verbesserung ergibt sich schon beim normal aufgeladenen Motor D 2566 MT, Bild 10: Um den Bestpunkt 210 g/kWh legt sich ein vergrößerter Bereich mit 215 g/kWh, der nahe an das maximale Drehmoment heranreicht. Da dieses außerdem bei der niedrigen Drehzahl von 1400 $min^{-1}$ anfällt, kann bei entsprechender

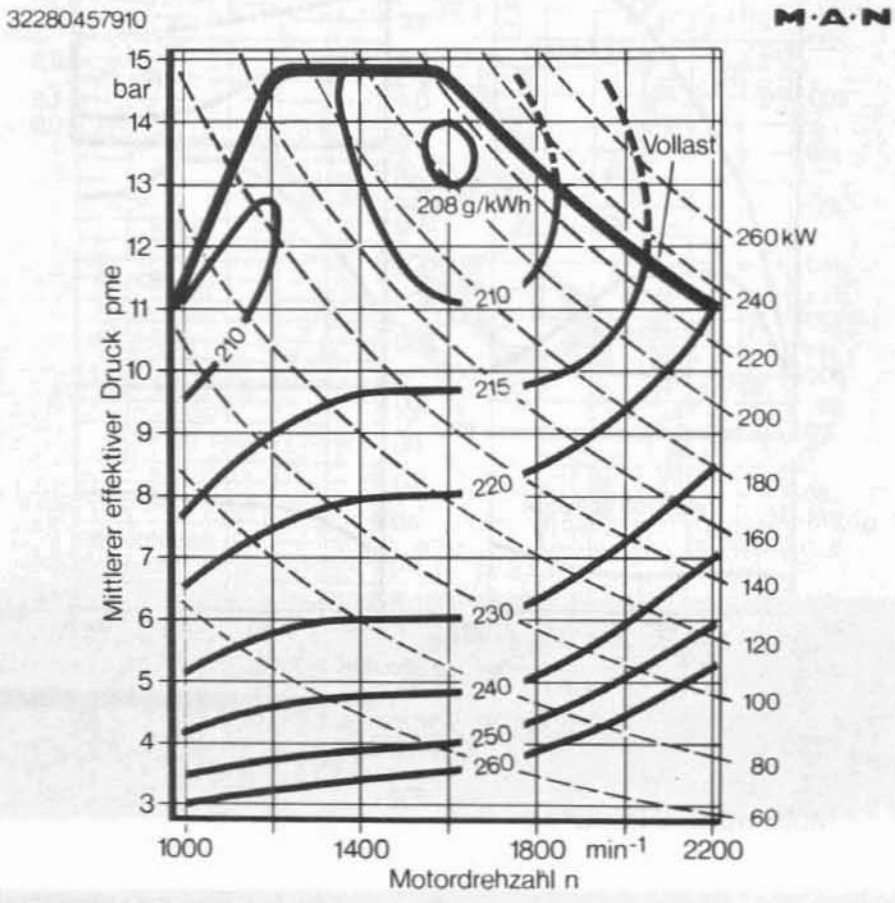



Kraftstoff-Verbrauchskennfeld des Motors D 2566 MT

Bild 10

Auslegung von Getriebe und Hinterachse in einem verbrauchsoptimalen Drehzahlbereich gefahren werden, was durch die Ergebnisse bei den Fahrzeugkunden bewiesen wird.

Noch um einiges günstiger stellt sich der Motor D 2566 MK, Bild 11 mit kombinierter Aufladung und Ladeluftkühlung dar. In dem Hauptfahrbereich zwischen 1300 und 1900 $min^{-1}$ wird der spezifische Kraftstoffverbrauch von 215 g/kWh auf der Vollastkurve nicht überschritten. Wird die Drehzahl zwischen 1400 und 1800 $min^{-1}$ gehalten, so liegt der Verbrauch bei und unter 210 g/kWh.



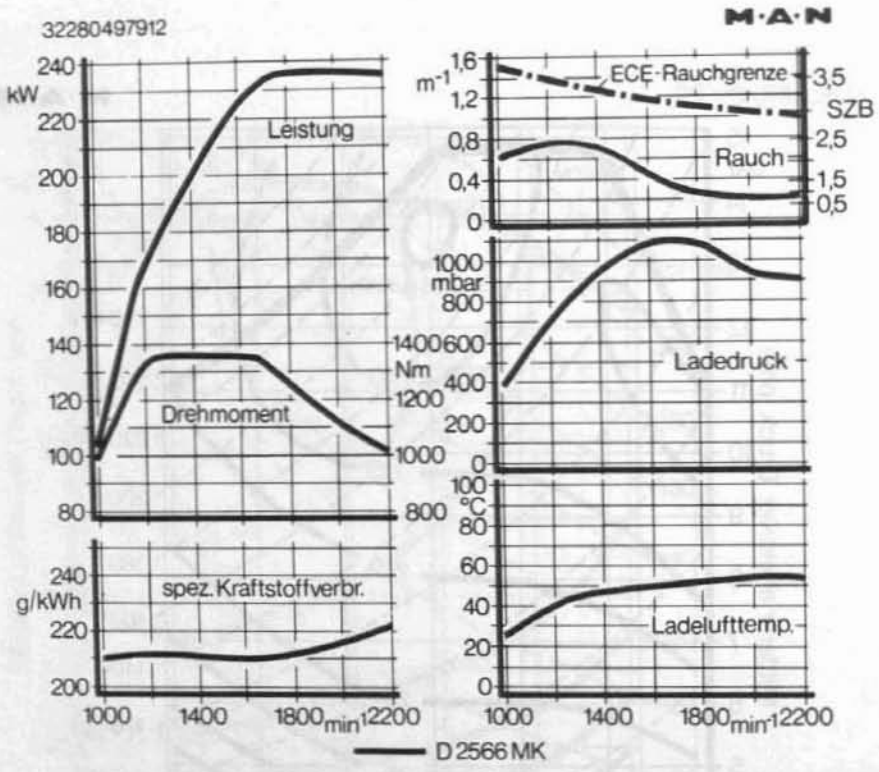

Kraftstoff-Verbrauchskennfeld des Motors D 2566 MK

Bild 11

Ergänzend hierzu seien im Bild 12 die Vollastwerte des Motors D 2566 MK gezeigt. Diese Werte erlauben im Vergleich zu den Fahrzeugen mit dem normal aufgeladenen 207 kW-Motor eine wesentliche Steigerung der Transportleistung bei noch geringeren Kraftstoffverbrauchswerten.

Daraus geht hervor:

Wird der Motor in dem Bereich zwischen 1400 und 1800 $min^{-1}$ betrieben, so ist die zu leistende Schaltarbeit minimal, der Gewinn an Kraftstoffverbrauch jedoch maximal. Der Vorteil ist der, daß dies nicht nur - wie beim Saugmotor gleicher Leistung,




Motorwerte D 2566 MK

Bild 12

aber größeren Hubvolumens - für Meereshöhe gilt, sondern auch bei 1200 m über N.N. und darüber, wo der Saugmotor bis zu 20 % mehr verbraucht als der aufgeladene Motor.

Bild 13 zeigt den stehenden Motor für das Frontlenkerfahrzeug mit seinen typischen Schwingrohren,

Bild 14 den gleich starken, liegenden Motor, der in unseren Unterflurfahrzeugen hinter dem Fahrerhaus unter dem Fahrzeugrahmen aufgehängt ist. Die Schwingrohre sind hier nicht sichtbar, da sie sehr organisch in dem als Ausgleichsbehälter ausgebildeten Oberkasten des Gesamtsystems untergebracht sind.

Bild 13

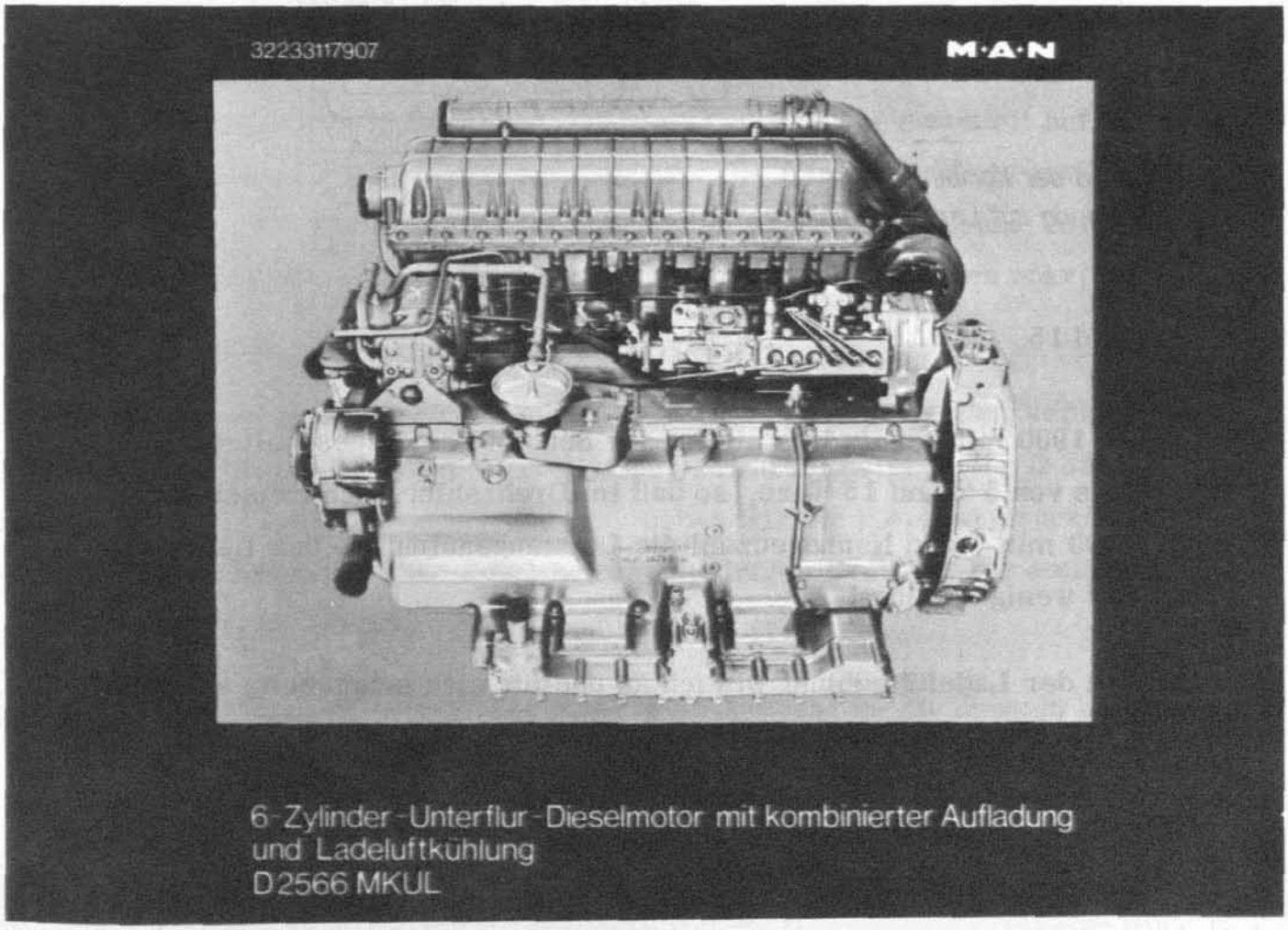
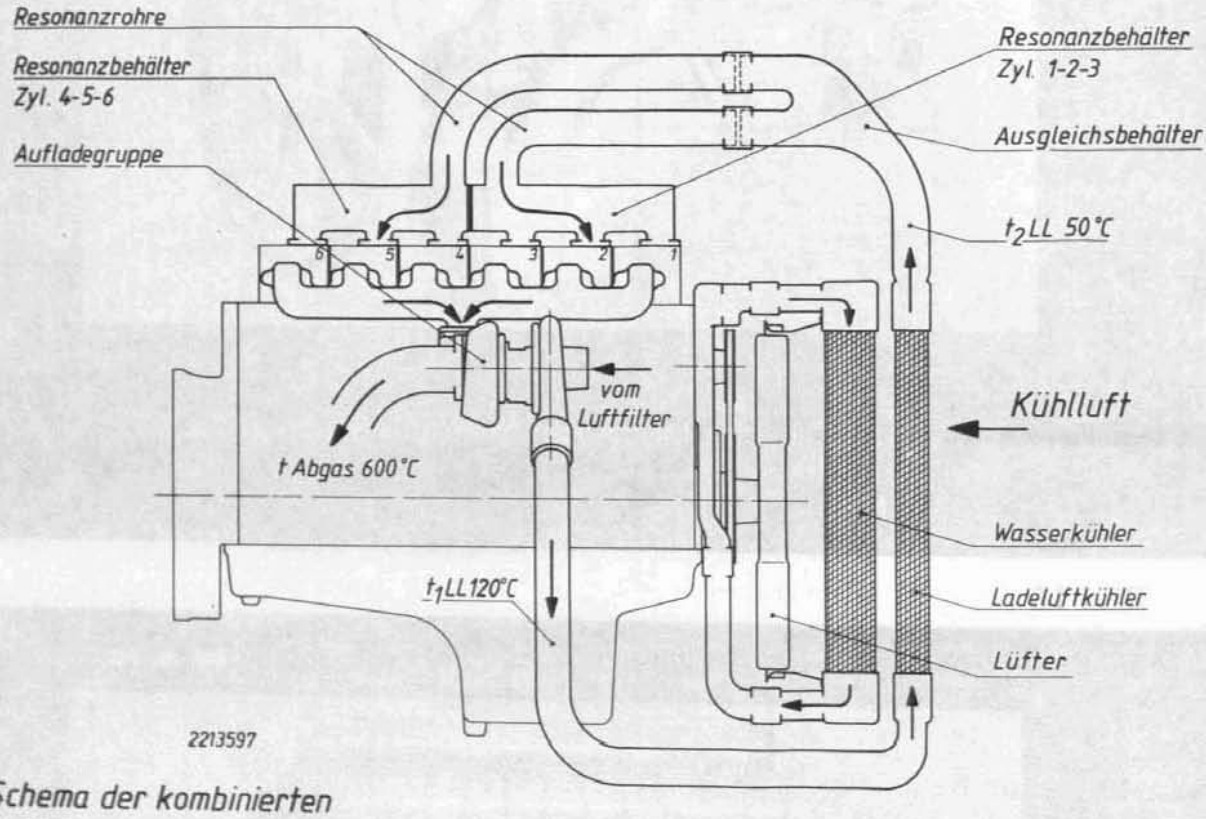



Bild 14

Der Vollständigkeit halber in Bild 15 noch das Schema der Anordnung des Ladeluftkühlers vor dem Wasserkühler. Beaufschlagt werden die Kühler durch einen temperaturgeregelten Visco-Lüfter, der auch bei Kleinstdrehzahl für einen ausreichenden Luftstrom sorgt, um die Kühlung der Ladeluft zu gewährleisten.




Schema der kombinierten Aufladung mit Ladeluftkühlung

Bild 15

Ab 1900 $min^{-1}$ aufwärts nimmt der Schlupf des eingeschalteten Lüfters von 5 % auf 15 % zu, so daß im Drehzahlbereich zwischen 1900 $min^{-1}$ und Nenndrehzahl die Leistungsaufnahme des Lüfters nur wenig zunimmt.

Mit der Ladeluftkühlung bin ich an und für sich schon beim zweiten Teil meines Referats angelangt:

2. Anpassung von Bauteilen, Baugruppen und Einbauverhältnissen im Fahrzeug an die erhöhte Beanspruchung durch Aufladung.

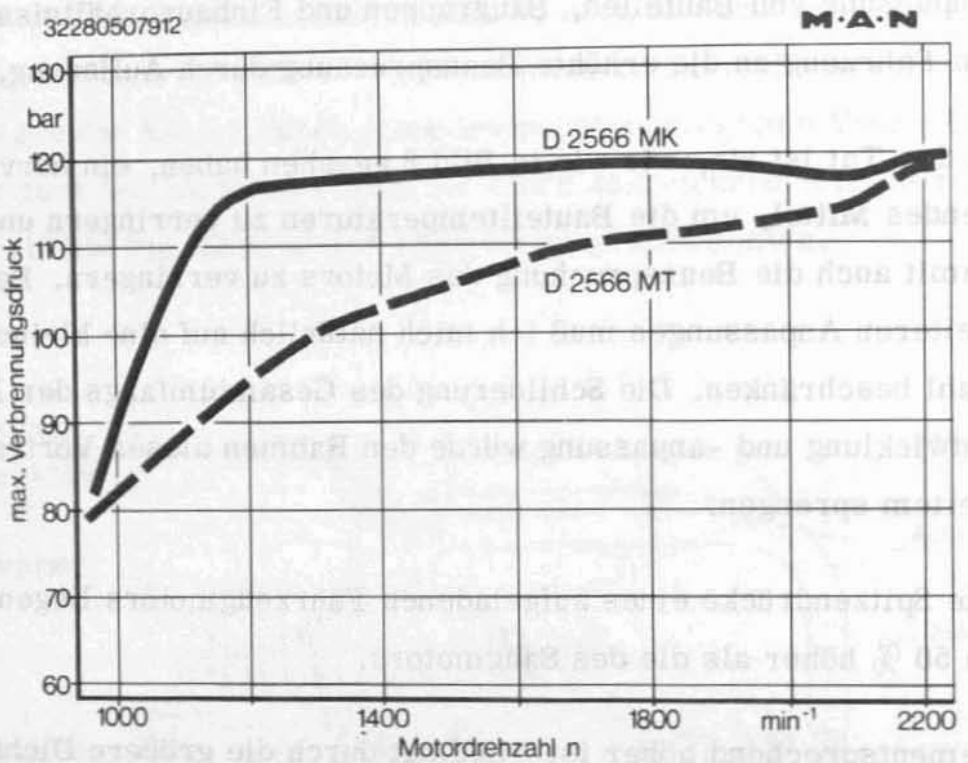
In der Tat ist sie, wie wir in Bild 8 gesehen haben, ein hervorragendes Mittel, um die Bauteiltemperaturen zu verringern und damit auch die Beanspruchung des Motors zu verringern. Bei den weiteren Anpassungen muß ich mich natürlich auf eine kleine Auswahl beschränken. Die Schilderung des Gesamtumfangs der Bauteilentwicklung und -anpassung würde den Rahmen dieses Vortrages bei weitem sprengen.

Die Spitzendrücke eines aufgeladenen Fahrzeugmotors liegen bis zu 50 % höher als die des Saugmotors.

Dementsprechend höher ist - bedingt durch die größere Dichte der Verbrennungsgase - auch die Wärmebelastung der den Brennraum umgebenden Bauteile, wie Kolben, Zylinderkopf, Zylinderlaufbüchsen etc.
Beim Motor D 2566 MT mit konventioneller Aufladung wird der höchste Wert des Verbrennungsdrucks praktisch nur im Nennleistungspunkt bei Nenndrehzahl erreicht. Im darunter liegenden Drehzahlbereich fällt der Verbrennungsdruck - ermittelt auf der Vollastkurve - schnell ab, Bild 16. Die Dauererprobung und die seit 1976 eingesetzten Serienmotoren zeigen, daß dieser Verlauf für die Belastung der P l e u e l l a g e r vollkommen unkritisch ist.

Aufgrund des sehr fülligen Drehmomentverlaufs ist der Verlauf des Verbrennungsdrucks über der Drehzahl beim Motor D 2566 MK völlig anders. Bei 1200 $min^{-1}$ haben wir die gleichen Drücke wie bei Nenndrehzahl, wobei bei der niedrigen Drehzahl die entlastende Wirkung der Massenkraft sehr gering ist.

Der Auslegung und Erprobung der Lagerung mußte deshalb besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Dauerlaufergebnisse




Verlauf des Verbrennungsdruckes entlang der Vollastkurve D2566 MK/MT

Bild 16

mit den Dreischichtlagern des Motors D 2566 MT zeigten denn auch Ermüdungserscheinungen der Drittschicht.

Um sie zu vermeiden, war die Umstellung auf eine höherwertige Lagerausführung mit zusätzlicher Nickel-Zinn-Schicht erforderlich. Mit diesen Lagern lief die gesamte Dauererprobung ohne weitere Schwierigkeiten ab, so daß sie für die Serie freigegeben werden konnten.

Wie schon erwähnt, muß nicht nur der höheren Druckbelastung, sondern auch der höheren thermischen Belastung der Bauteile bei der Entwicklung Rechnung getragen werden. So mußte das für den Saugmotor problemlose K u r b e l g e h ä u s e hinsichtlich der Kühlwasserströmung grundlegend geändert werden. Bild 17 zeigt schematisch die Strömungsverhältnisse im ursprünglichen Kurbel-

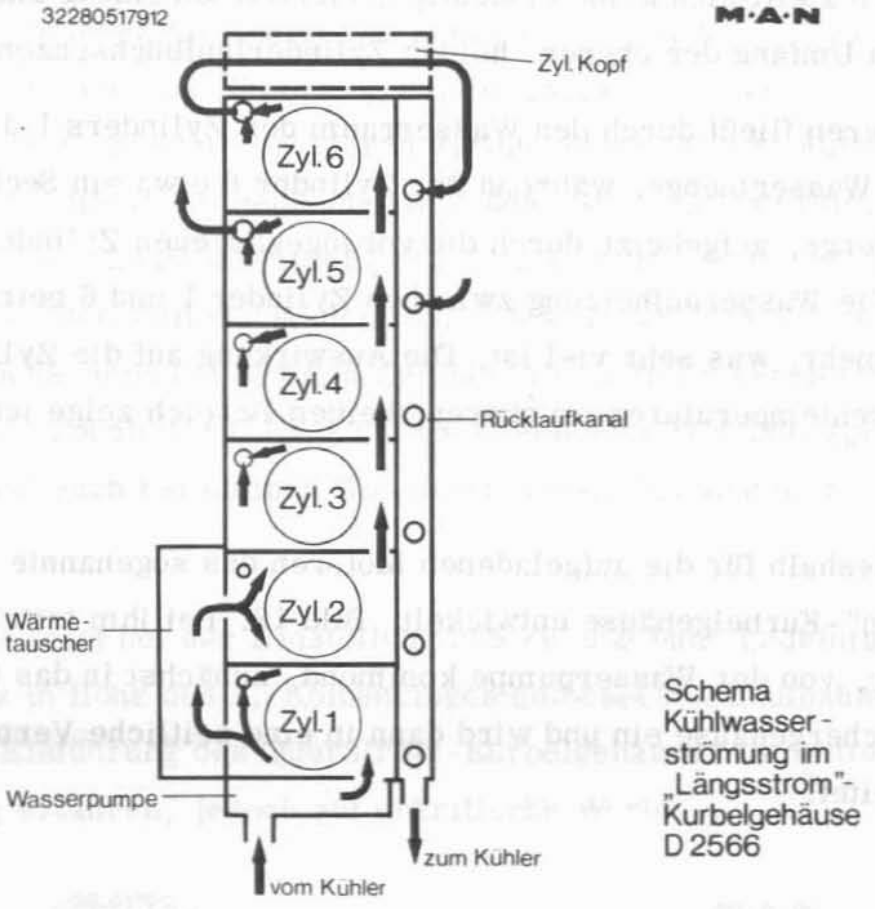



Bild 17

gehäuse, das wir aufgrund der Strömungsart "Längsstromgehäuse" getauft haben.

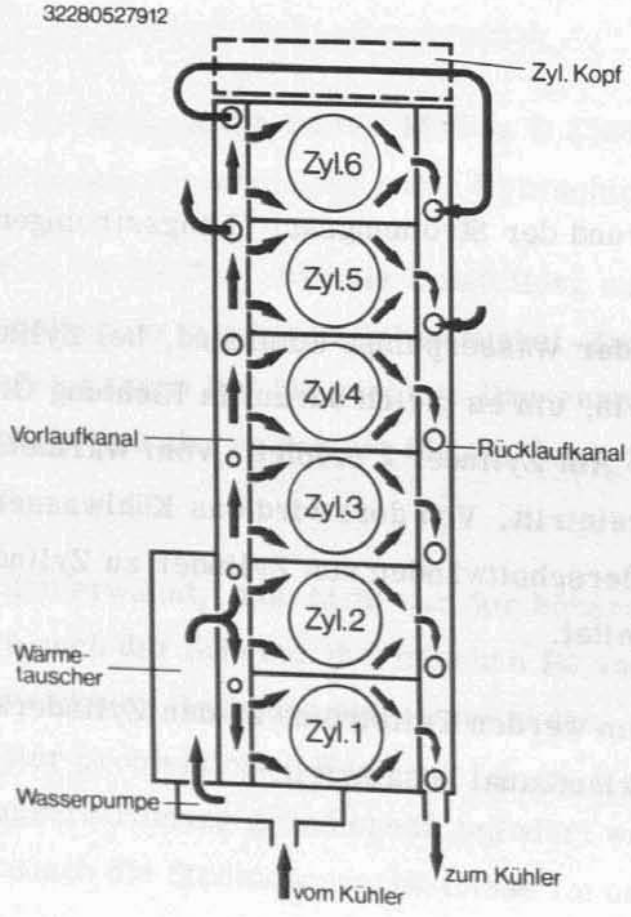
Das Wasser tritt, von der Wasserpumpe kommend, bei Zylinder 1 in das Kurbelgehäuse ein, um es gleich darauf in Richtung Ölwärmetauscher zu verlassen. Am Zylinder 2 erfolgt - vom Wärmetauscher kommend - der Wiedereintritt. Von dort wird das Kühlwasser durch Öffnungen in den Zylinderschottwänden von Zylinder zu Zylinder bis zum Zylinder 6 geleitet.

Von jedem Zylinderraum werden Teilströme zu den Zylinderköpfen abgezweigt und im Rücklaufkanal gesammelt.

Für einen hochbelasteten Motor hat diese Strömungsart Nachteile.

- Zum einen stellt sich keine eindeutig gerichtete Strömung um den gesamten Umfang der oberen, heißen Zylinderlaufbüchsenzonen ein.
- Zum anderen fließt durch den Wasserraum des Zylinders 1 die gesamte Wassermenge, während der Zylinder 6 etwa ein Sechstel dieser Menge, aufgeheizt durch die vorangegangenen Zylinder, erhält. Die Wasseraufheizung zwischen Zylinder 1 und 6 beträgt 5 K und mehr, was sehr viel ist. Die Auswirkung auf die Zylinderlaufbüchsentemperaturen im oberen, heißen Bereich zeige ich später.

Es wurde deshalb für die aufgeladenen Motoren das sogenannte "Querstrom"-Kurbelgehäuse entwickelt, Bild 18. Bei ihm tritt das Kühlwasser, von der Wasserpumpe kommend, zunächst in das Ölwärmetauschergehäuse ein und wird dann in eine seitliche Verteilerrampe geleitet.

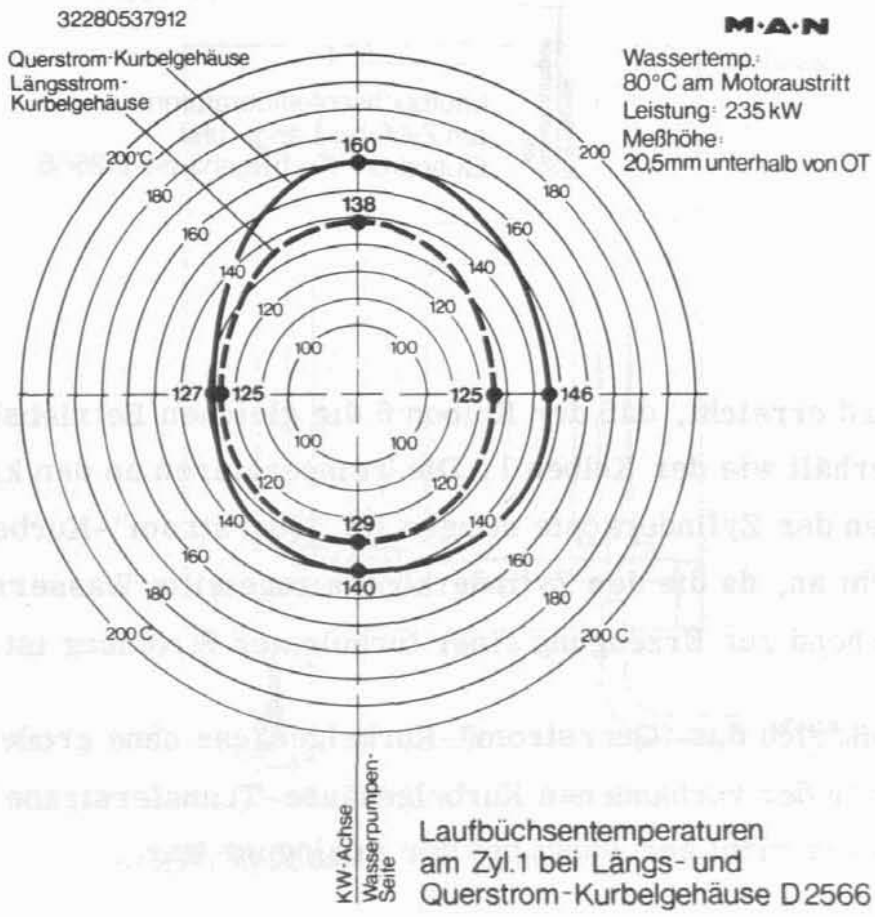



Schema Kühlwasserströmung im „Querstrom"-Kurbelgehäuse D 2566

Bild 18

Von dort werden die Zylinder durch gleiche Teilmengen beaufschlagt, die sogar geringer als ein Sechstel der Gesamtmenge sind, da vor jedem Zylinder ein Teilstrom zum entsprechenden Zylinderkopf abgezweigt wird. Die Strömung um die Zylinder ist jedoch gerade in der oberen, heißen Zone durch Zufluß auf der einen, Abfluß auf der anderen, diametral gegenüberliegenden Seite, so intensiv, daß besonders die Laufbüchsentemperaturen in Kurbelwellenrichtung, d.h. zwischen den Zylindern, deutlich abgesenkt und die Temperaturen am Laufbüchsenumfang und von Zylinder zu Zylinder vergleichmäßigt werden. Zonen mit schwacher oder fehlender Strömungsgeschwindigkeit sind auch bei kleinen Wasserpumpendrehzahlen nicht mehr erkennbar.

Bild 19 zeigt bei der Einstellung 235 kW und ohne Ladeluftkühlung, daß die in Höhe des 1. Kolbenringes gemessenen Laufbahntemperaturen durch Einführung des Querstrom-Kurbelgehäuses im Mittel eine Anhebung erfahren, jedoch auf unkritische Werte.




Laufbüchsentemperaturen am Zyl.1 bei Längs- und Querstrom-Kurbelgehäuse D 2566

Bild 19

Dagegen werden die hohen Temperaturen am Zylinder 6 im "Querstrom"-Gehäuse beträchtlich auf ungefährliche Werte abgesenkt, wie die Aufzeichnung in Bild 20 zeigt.

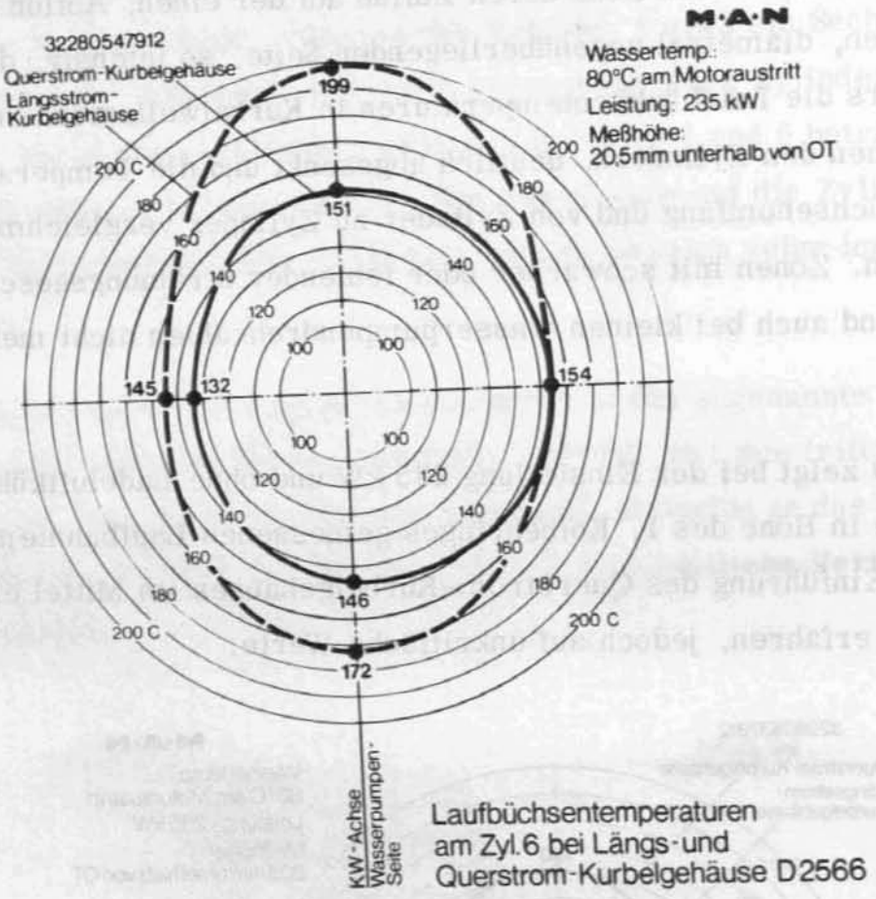



Bild 20

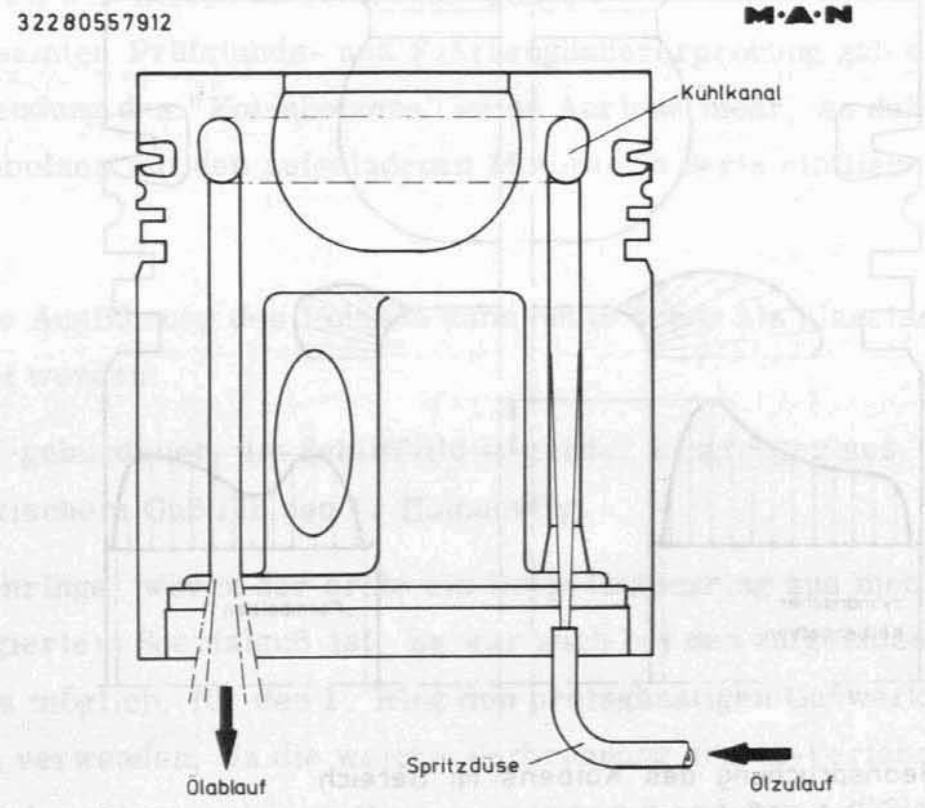
Dadurch wird erreicht, daß der Kolben 6 die gleichen Betriebsbedingungen erhält wie der Kolben 1. Die Temperaturen an den kritischen Stellen der Zylinderköpfe stiegen im "Querstrom"-Kurbelgehäuse nicht an, da die den Zylinderköpfen zugeteilte Wassermenge voll ausreichend zur Erzeugung einer turbulenten Strömung ist.

Nebenbei läßt sich das "Querstrom"-Kurbelgehäuse ohne große Änderungen in der vorhandenen Kurbelgehäuse-Transferstraße bearbeiten, was ein wichtiger Punkt bei der Auslegung war.

Eines der kritischen Bauteile eines hochbelasteten Motors ist der K o l b e n . Die nach wie vor aktuellen Kolben aus Aluminium-Legierung erfordern eine ausgefeilte Entwicklung. Ihre Herstellung muß höchsten Qualitätsansprüchen genügen.

Um die Wärmerißanfälligkeit zu verringern, werden bei unseren Kolben der Kolbenboden und der Brennraum hart-anodisiert. Hierdurch wird die direkte Einwirkung der bei der Verbrennung sehr kurzzeitig anfallenden Spitzentemperaturen auf den Aluminium-Werkstoff verringert, allerdings ohne Absenkung der mittleren Kolbentemperaturen. Die W ä r m e r i ß r e s i s t e n z wird trotzdem auf das drei- bis vierfache gesteigert.

Um auch die mittleren Kolbentemperaturen abzusenken, werden die Kolben zusätzlich durch einen mit Motoröl beaufschlagten, zwischen Kolbenringzone und Brennraum liegenden Kühlkanal gekühlt, Bild 21.

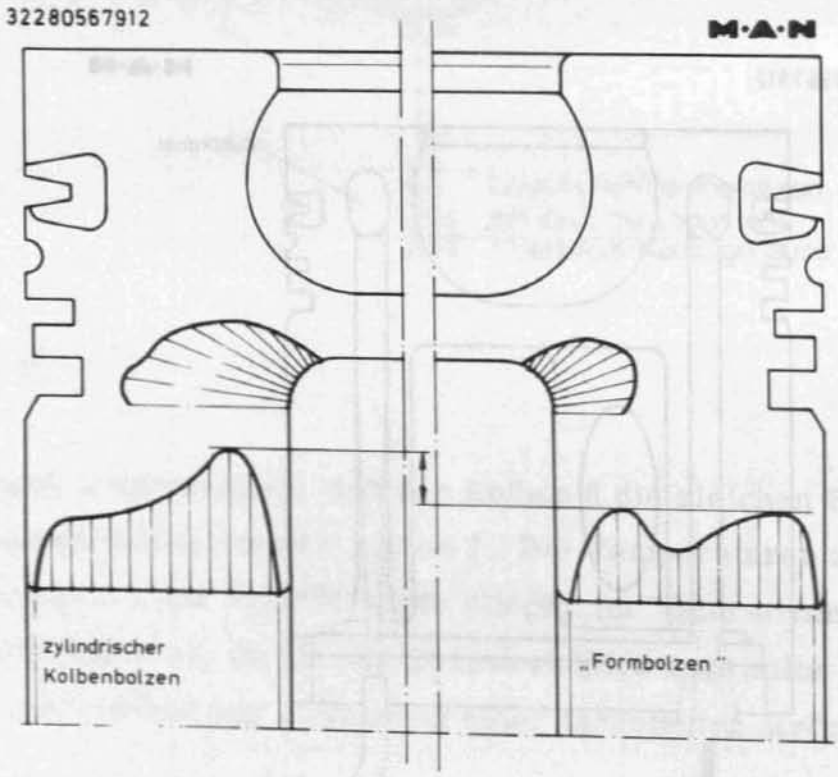



Kolben D 2566MK mit Kühlkanal

Bild 21

Aus der Sicht der Thermodynamik der Verbrennung mag dies nicht der optimale Weg sein, er ist jedoch nach unseren Erfahrungen zur Erzielung eines Höchstmaßes an Zuverlässigkeit unumgänglich. Selbst wenn unter normalen Bedingungen auch ohne Kühlkanal keine Gefahr gegeben ist, so muß im praktischen Einsatz doch immer mit Verhältnissen gerechnet werden, die ohne diese zusätzliche Sicherheit den Kolben und damit eventuell den Motor in Gefahr bringen.

Ein besonders hoch beanspruchter Bereich des Kolbens ist auch die Kolbenbolzenbohrung und die Nabenabstützung zum Kolbenkopf. Unter hohen Belastungen kann es zu Nabenrissen kommen, d.h. Rissen in der Bohrung am Übergang zur Kolbeninnenkontur, Bild 22. Diese Risse werden durch zu hohe örtliche Pressung des unter Last durchgebogenen und abgeplatteten Kolbenbolzens auf die Bohrungswand im Kolben hervorgerufen.




Beanspruchung des Kolbens im Bereich der Bolzenbohrung

Bild 22

Ferner kann es zu Querrissen am Übergang zwischen Nabenabstützung und äußerer Brennraumwand kommen, mit nachfolgendem Durchreißen des Kolbens.

Bild 22 zeigt auf der linken Seite die Belastungsverhältnisse, die eintreten können.

Um hier gesunde Verhältnisse zu schaffen, gibt es mehrere Möglichkeiten. Die einfachste ist die, den Kolbenbolzen dicker zu machen, da hierdurch Pressung und Verformung verringert werden. Aufgrund der Platzverhältnisse und der bestehenden Fertigungseinrichtungen war uns diese Lösung jedoch verwehrt.

Bei einem unserer Kolbenhersteller wurde daraufhin eine elegante Lösung erarbeitet, die einen den Belastungsverhältnissen angepaßten Formschliff des Kolbenbolzenmantels vorsieht. Die Belastung an den geschilderten Stellen geht entscheidend zurück, wie Sie aus dem rechten Teil des Bildes 22 entnehmen können.
In der gesamten Prüfstands- und Fahrzeugdauererprobung gab es bei Verwendung des "Formbolzens" keine Anrisse mehr, so daß der Formbolzen mit den aufgeladenen Motoren in Serie einfließen konnte.

Die übrige Ausführung des Kolbens kann heute schon als klassisch bezeichnet werden:

- AL-FIN-gebundener, im Schliffbild liegender Ringträger aus austenitischem Guß für den 1. Kolbenring.
- 3 Kolbenringe, wovon der erste ein Doppeltrapezring aus mehrfach legiertem Spezialguß ist. Es war auch bei den aufgeladenen Motoren möglich, für den 1. Ring den preisgünstigen Gußwerkstoff zu verwenden, da die weiche Verbrennung des M-Verfahrens mit Druckanstieggeschwindigkeiten zwischen 3 und 4 bar/$^{o}$KW den oberen Ring nur mäßig beansprucht. Die Lauffläche des 1. Rings ist verchromt und ballig gehont.

- Der 2. Ring ist ein ferroxierter Nasen-Minutenring, der 3. Ring ein verchromter Dachfasen-Schlauchfederring zur Ölabstreifung.

In diesem Zusammenhang einige Worte über den Reibpartner von Kolben und Kolbenringen, die Zylinderlaufbüchse.
Im Falle der Motoren der Baureihe D 25 handelt es sich um nasse Büchsen.

Die Zylinderlaufbüchsen für unsere Motoren werden schon seit Jahren aus einem Schleudergußmaterial mit hohem Phosphoranteil hergestellt, der ein geschlossenes Phosphidnetz an der Lauffläche gewährleistet. Dies ergibt ausgezeichnete Gleitverhältnisse, so daß auch im Falle der aufgeladenen Motoren keine aufwendige Spezialbehandlung der Büchsenoberfläche bzw. der Ringlaufflächen zur Vermeidung von brandigen Ringen notwendig ist.

Der einfache, verchromte 1. Ring ist voll ausreichend, der 2. Ring hat, wie schon erwähnt, nur eine Ferroxbehandlung.

Die Schilderung der Entwicklungsarbeiten an Bauteilen ließe sich beliebig fortsetzen. Dies würde jedoch viel mehr Zeit erfordern, als an diesem Abend zur Verfügung steht. Gerade hier gilt der Spruch "Der Teufel steckt im Detail" ganz besonders.

Einen Punkt möchte ich jedoch noch kurz anschneiden: Ein wesentlicher und erstaunlich oft verkannter Entwicklungsbereich ist der Gesamtkühlkreislauf des Fahrzeugs. Nicht nur die Hersteller luftgekühlter Motoren müssen erhebliche Entwicklungsarbeit leisten, um für die Motoren bestmögliche Kühlungsverhältnisse zu schaffen.

Auch die Hersteller von wassergekühlten Motoren müssen sich bei der großen Leistungsdichte dieser Triebwerke einiges einfallen lassen, um Schwierigkeiten im praktischen Einsatz zu vermeiden.

In enger Zusammenarbeit mit unseren Kollegen von der Fahrzeugentwicklung mußten wir im Laufe der Jahre erkennen, daß es nicht

ausreicht, im Normalbetrieb bestimmte Kühlmittel- und Bauteiltemperaturen einzuhalten bzw. nicht zu überschreiten.

Mindestens ebenso wichtige Kriterien sind:

- Einwandfreie Befüllbarkeit des Kühlkreislaufs ohne Hinterlassen von Luftsäcken, die das einwandfreie Anspringen der Kühlmittelströmung verhindern können.
- Absolute Luftblasenfreiheit im Kreislauf. Hierdurch können die meisten Kavitations- und Korrosionsprobleme an Motorbauteilen, die dem Kühlmedium ausgesetzt sind, vermieden werden.

Einzelheiten über die Gestaltung und Auslegung von Kühlkreisläufen würden jedoch einen neuen Vortrag ergeben. Deshalb möchte ich hier Schluß machen und Ihnen für Ihre geduldige Aufmerksamkeit danken.

## Neue Fahrzeugantriebe in der Landwirtschaft
## Entwicklungstendenzen im Wandel der Anforderungen

von Ing. Friedrich Ehrlinger, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, Friedrichshafen.

Ausgehend von der Fragestellung, warum für die Bewältigung der Zukunftsaufgaben Ackerschlepper mit hoch entwickelter Technologie notwendig sind, werden die entsprechenden Folgerungen behandelt. Ausführungsbeispiele für zukünftige Fahrzeugantriebe werden gezeigt.

Wirtschaftlichkeit ist eine Forderung von hoher Priorität. Damit ist nicht nur ein größeres Leistungsvermögen angesprochen, sondern beinhaltet in gleichem Maße den Energieverbrauch für die verrichtete Arbeit. Mehr Funktionen und eine verbesserte Beweglichkeit tragen ebenfalls zu einer Leistungssteigerung bei, wobei die Höhe der Anschaffungs- und Folgekosten nicht unberücksichtigt bleiben sollte.

Schlagkraft und Vielseitigkeit sind wichtige Kriterien im Hinblick auf den Menschen und seine Umwelt. Ihre Bedeutung wird umso größer, je mehr der Schlepper und der Arbeitsprozeß in zeitliche und witterungsbedingte Abläufe eingebunden ist.

Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Wartungs- bzw. Reparaturbedürfnisse rücken mit der zunehmenden Abhängigkeit des landwirtschaftlichen Unternehmens von seinem Maschinenpark und den Witterungsverhältnissen in den Vordergrund. Neukonstruktionen bedürfen in dieser Hinsicht einer anderen Betrachtung als dies früher verschiedentlich der Fall war.

Die Landwirtschaft fordert und darf auch erwarten, daß neue und zukünftige Fahrzeuge auf jeden Fall "bessere" Maschinen sind, auch wenn die einzelnen Baugruppen und das Fahrzeug in seiner Gesamtheit zunehmend komplexer wird.

- Produktivitätsmaximierung
  d. h. Arbeitskraft teuer im Vergleich zum Kapital
- Schlagkraft, Verfügbarkeit
- Arbeitsqualität und -quantität
- Energie-Kosten



## Gründe für die Entwicklung von Hochleistungs-Schleppern

301 – 1

- mittlere Schlepperleistung ca. 15 kW
- Hinterradantrieb
- 8 Gänge 4 x 2
- Klauenschaltung, Gruppengetriebe Schubrad
- mechanisch betätigte Band- und Trommelbremsen
- Reitsitz
- Primitiv-Hydraulik
- Höchstgeschwindigkeit 20 km/h

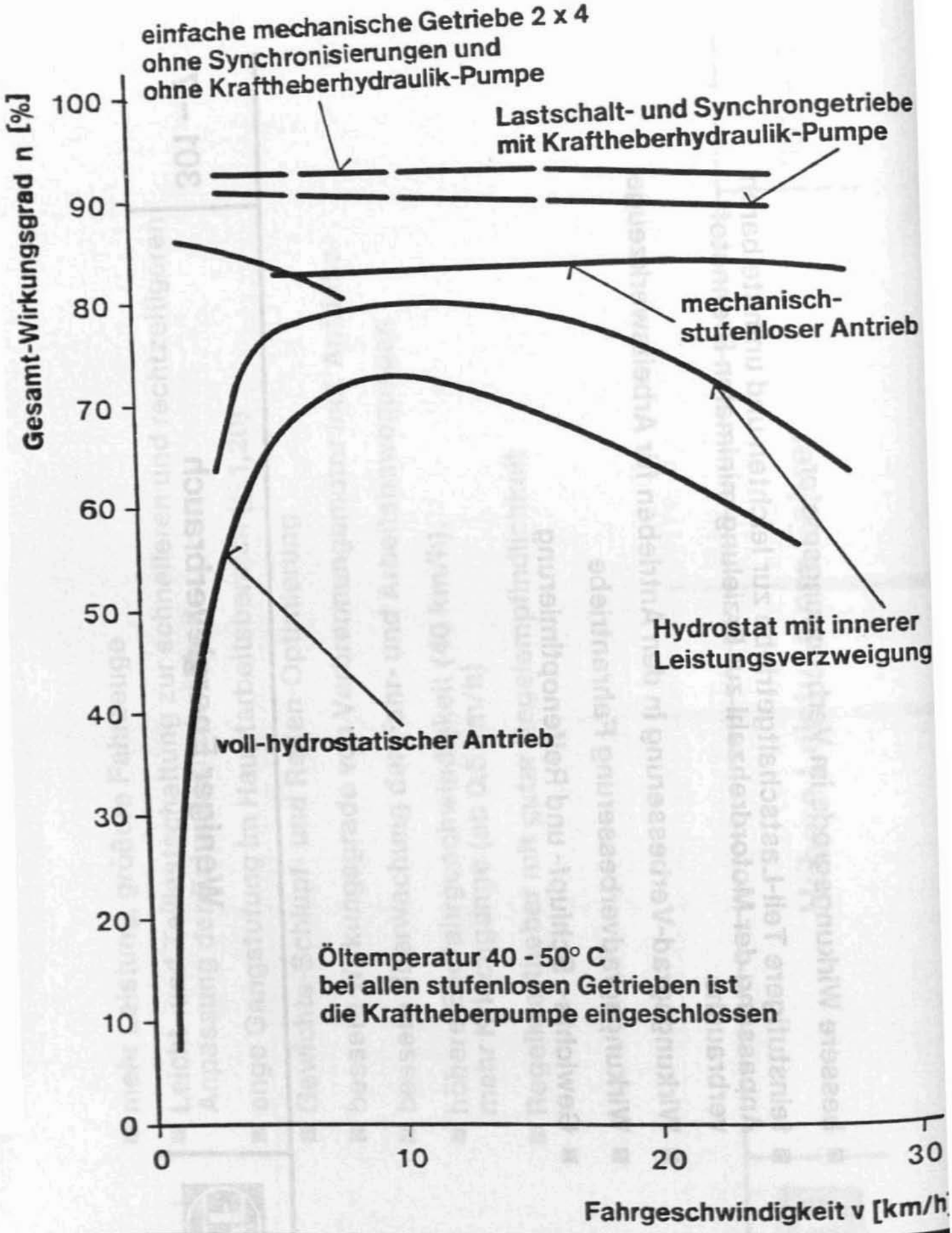
- mittlere Schlepperleistung ca. 40 kW
- Allradantrieb (ab ca. 90 kW 100%-Anteil)
- Fremdkraftlenkung
- Synchronisation des Schaltgetriebes
- Splittergetriebe, teilweise lastschaltbar
- hydraulisch betätigte Betriebsbremsen mit geringer Selbstverstärkung, teilweise naß
- Umsturzbügel und Kabine
- gemeinsamer Ölhaushalt für Getriebe und Kraftheber
- 2 Arbeitsfahrtrichtungen
- vollunabhängige Motorzapfwelle teilweise auch nach vorne
- Regelkraftheber mit ULM

- bessere Leistungs/Kosten-Relation
- größere Schlagkraft und Vielseitigkeit
- erhöhte Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- bessere Wartungs- und Benutzerfreundlichkeit
- Einhaltung administrativer Richtlinien

- höhere Leistung pro Fahrer
- weniger Energieverbrauch
- mehr Funktionen im Fahrzeug
- bessere Beweglichkeit
- niedrigere Kosten

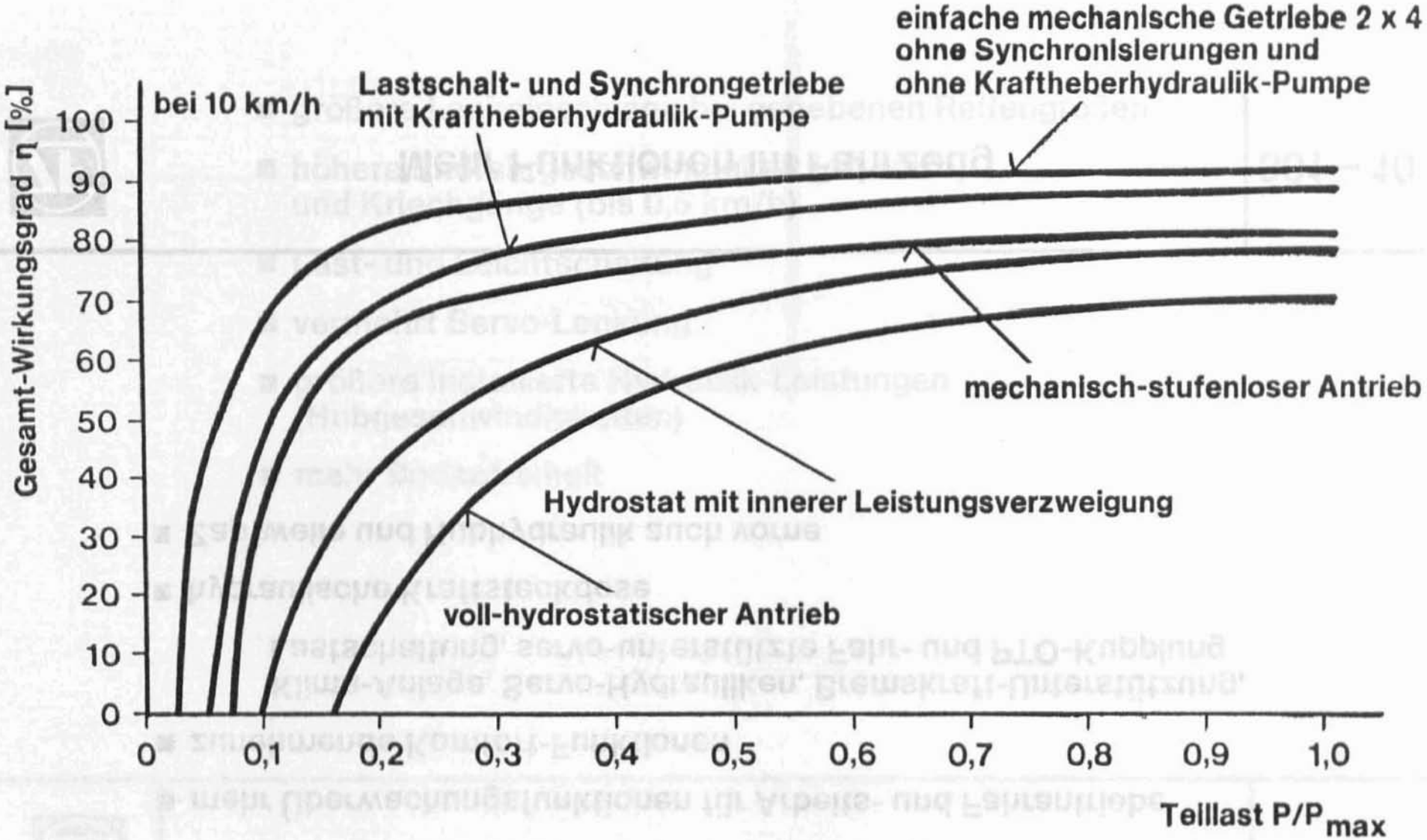
- mehr Leistung, größere Fahrzeuge
- Leicht- und Teillastschaltung zur schnelleren und rechtzeitigeren Anpassung der Fahrgeschwindigkeit
- enge Gangstufung im Hauptarbeitsbereich ($\leqq$ 1,20)
- Gewichts-Schlupf- und Reifen-Optimierung
- bessere Wirkungsgrade von Verbrennungsmotor incl. Antriebe
- bessere Überwachung der Fahr- und Arbeitsbewegungen
- höhere Endfahrgeschwindigkeit (40 km/h), mehr Kriechgänge (ab 0,5 km/h)
- Regelkraftheber mit guter Regelempfindlichkeit

- bessere Wirkungsgrade im Verbrennungsmotor
- feinstufigere Teil-Lastschaltgetriebe zur leichten und unmittelbaren Anpassung der Motordrehzahl zur Erzielung minimalen Brennstoffverbrauchs
- Wirkungsgrad-Verbesserung in den Antrieben für Arbeitswerkzeuge
- Wirkungsgradverbesserung Fahrantriebe
- Gewichts-, Schlupf- und Reifenoptimierung




**Vergleich der Gesamtwirkungsgrade von gestuften und stufenlosen Getrieben**

301 – 8





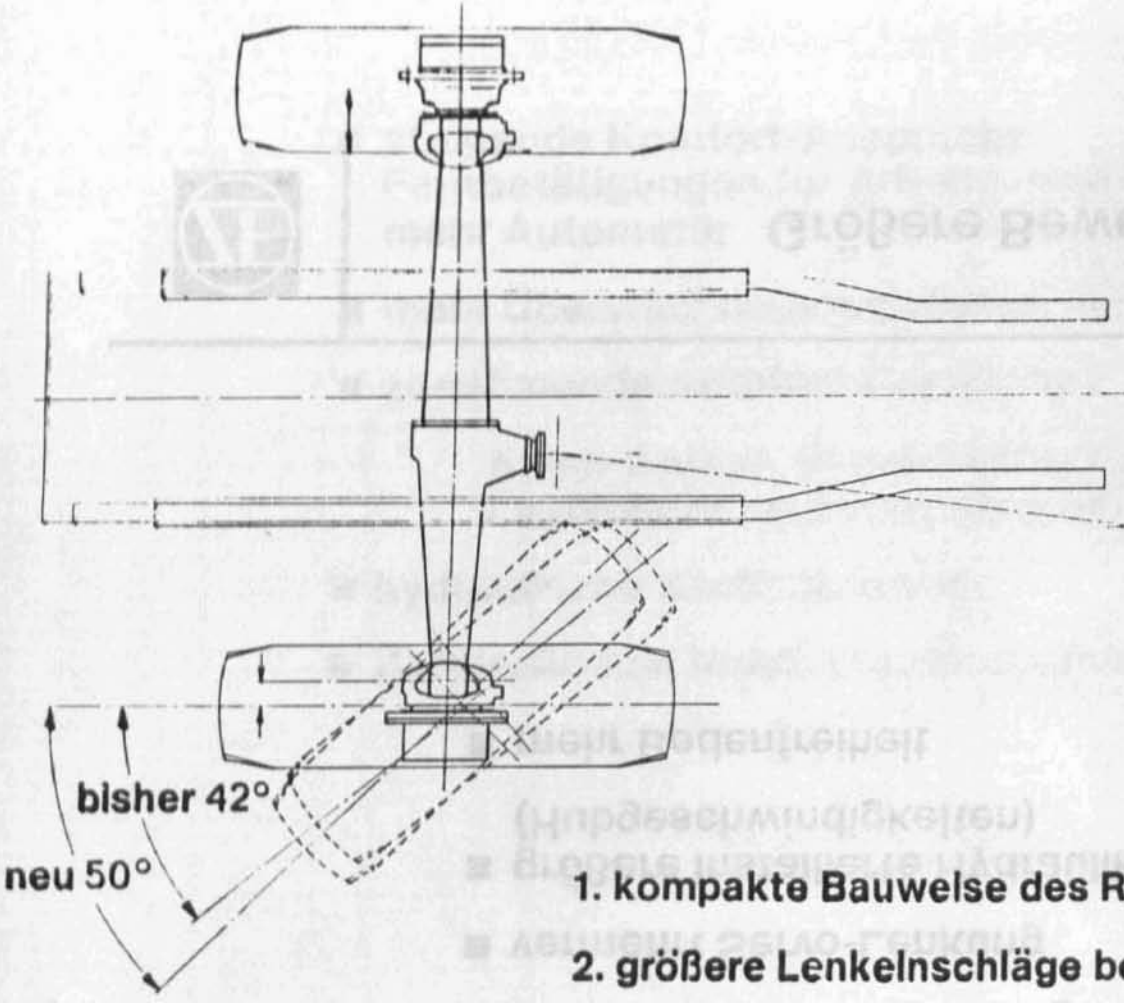

## Teillastverhalten verschiedener Getriebe

301 – 9

- steigende Komfort-Ansprüche
  Fernbetätigungen für Arbeits- und Fahrfunktionen,
  mehr Automatik
- mehr Überwachungsfunktionen für Arbeits- und Fahrantriebe
- zunehmende Komfort-Funktionen

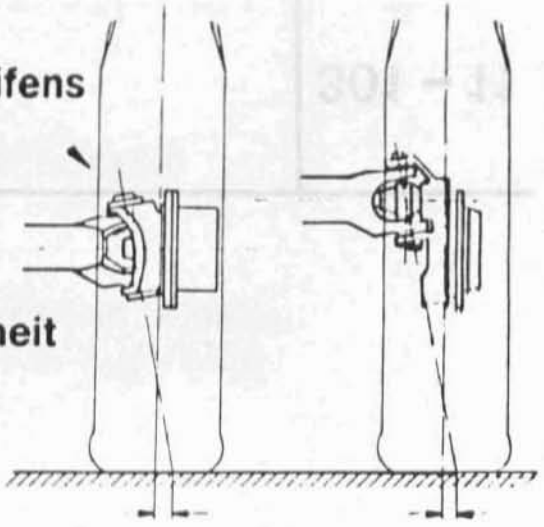
  Klima-Anlage, Servo-Hydrauliken, Bremskraft-Unterstützung,
  Lastschaltung, servo-unterstützte Fahr- und PTO-Kupplung
- hydraulische Kraftsteckdose
- Zapfwelle und Hubhydraulik auch vorne

- größere Lenkeinschläge bei gegebenen Reifengrößen
- höhere Endfahrgeschwindigkeit (40 km/h) und Kriechgänge (bis 0,5 km/h)
- Last- und Leichtschaltung
- vermehrt Servo-Lenkung
- größere installierte Hydraulik-Leistungen (Hubgeschwindigkeiten)
- mehr Bodenfreiheit




negativer Lenkrollradius

Radkopf liegt
innerhalb des Reifens



bessere Bodenfreiheit

1. kompakte Bauweise des Radkopfes

2. größere Lenkeinschläge bei gleichem Bauraum

- vermehrt 4-Rad-Antrieb
- Sperrdifferentiale auch in der Vorderachse
- bessere Wendigkeit
- mehr Hydraulikleistung
- mehr Servo-Betätigungen und Automatismen

- mehr Lebensdauer
- sicherere Bemessung der Bauteile durch Zuordnung nach Lastkollektiven
- weniger Bauteile
- weniger Verschleißteile, verschleißfreie Kupplungen und Bremsen

- weniger Schalthebel, dadurch mehr Freiraum für den Fahrer
- leichte Schaltbarkeit der Getriebe, Lastschaltung
- mehr Fern- und Servo-Betätigungen, dadurch bessere Schallisolation der Kabine
- mehr Bodenfreiheit
- Geräuscharmut
- einfache Inspektionsmöglichkeit von Bremsen und Hauptkupplung
- einfacher Ölwechsel, längere Intervalle weniger Ölsorten im Fahrzeug
- handelsübliche Öle

**Gesetzgebung**

- Bremsen (Hinterrad/Allrad)
- Lenkanlage
- Geräuschentwicklung

**Berufsgenossenschaften**

- Umsturzsicherheit
- UVV und GtA

**Normen**

- 3-Punkt-Anschluß
- Zapfwelle

u. a.

**Forderungen:**

- Kosten
- Zuverlässigkeit
- Energieverbrauch
- Schlagkraft
- Beweglichkeit
- Benutzerfreundlichkeit

**Auswirkungen:**

- größere Leistungen
- Wirkungsgradverbesserungen
- mehr 4-Rad-Antriebe
- bessere Lenkbarkeit
- Reduktion der verschleißbehafteten Teile, einfachere Wartung
- engere Gangstufung, mehr Gänge
- weniger Schalthebel, mehr Lastschaltung
- handelsübliche Öle

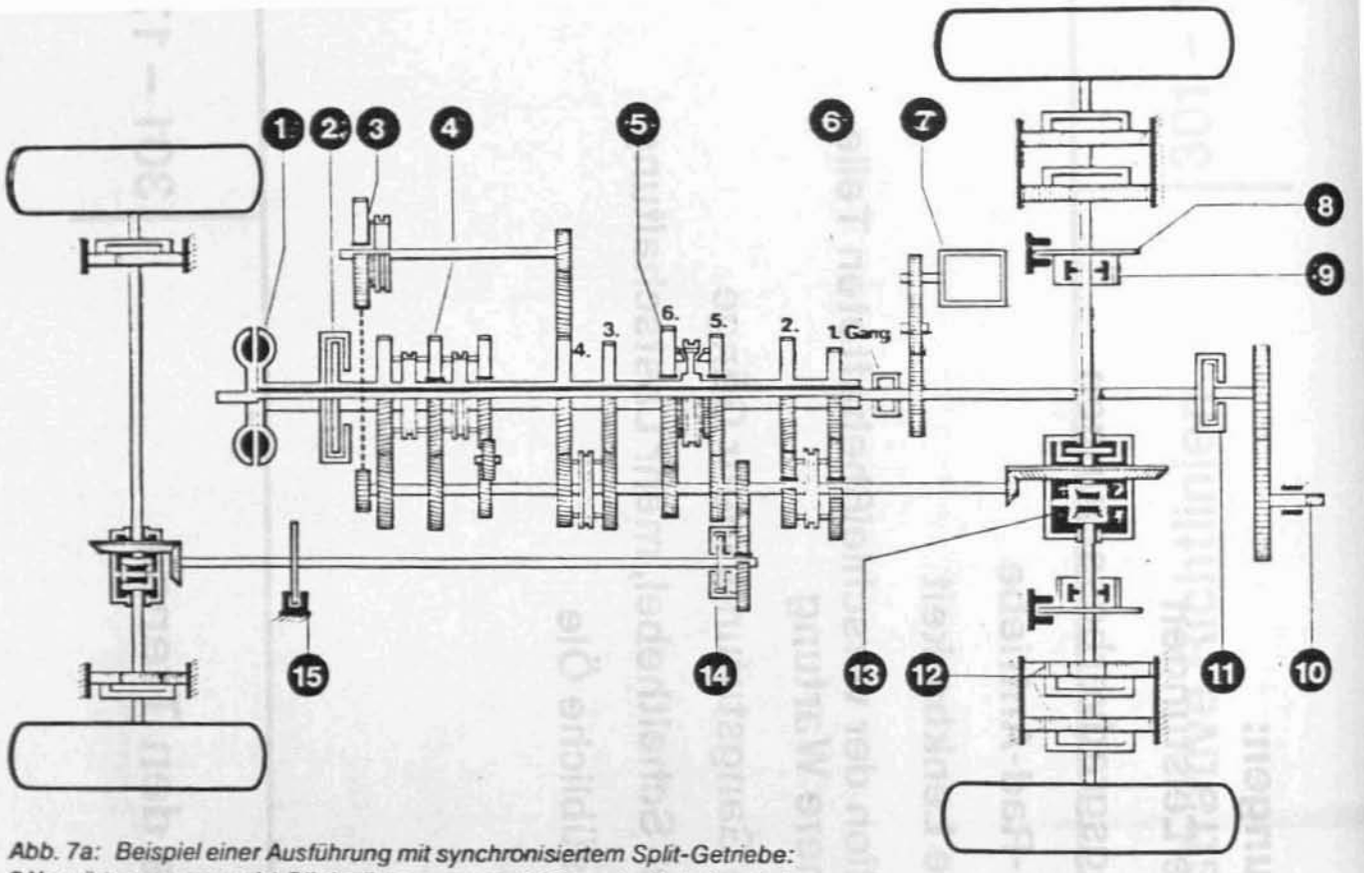



*Abb. 7a: Beispiel einer Ausführung mit synchronisiertem Split-Getriebe:*
*2 Vorwärtsgruppen und 1 Rückwärtsgruppe × 6 Gänge im Schaltgetriebe.*
*1 Kriechgang × 4 Gänge im Schaltgetriebe.*
*Das ergibt 16 Vorwärts- und 6 Rückwärtsgänge.*

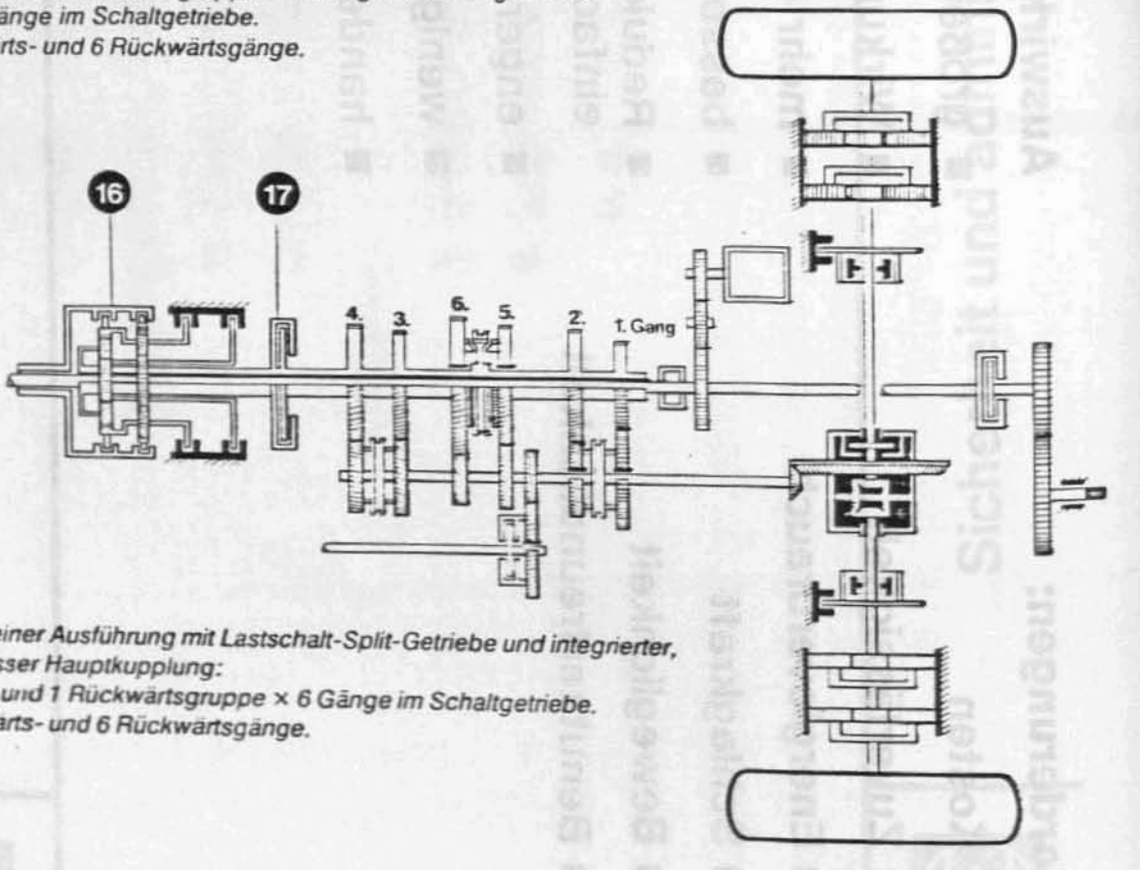
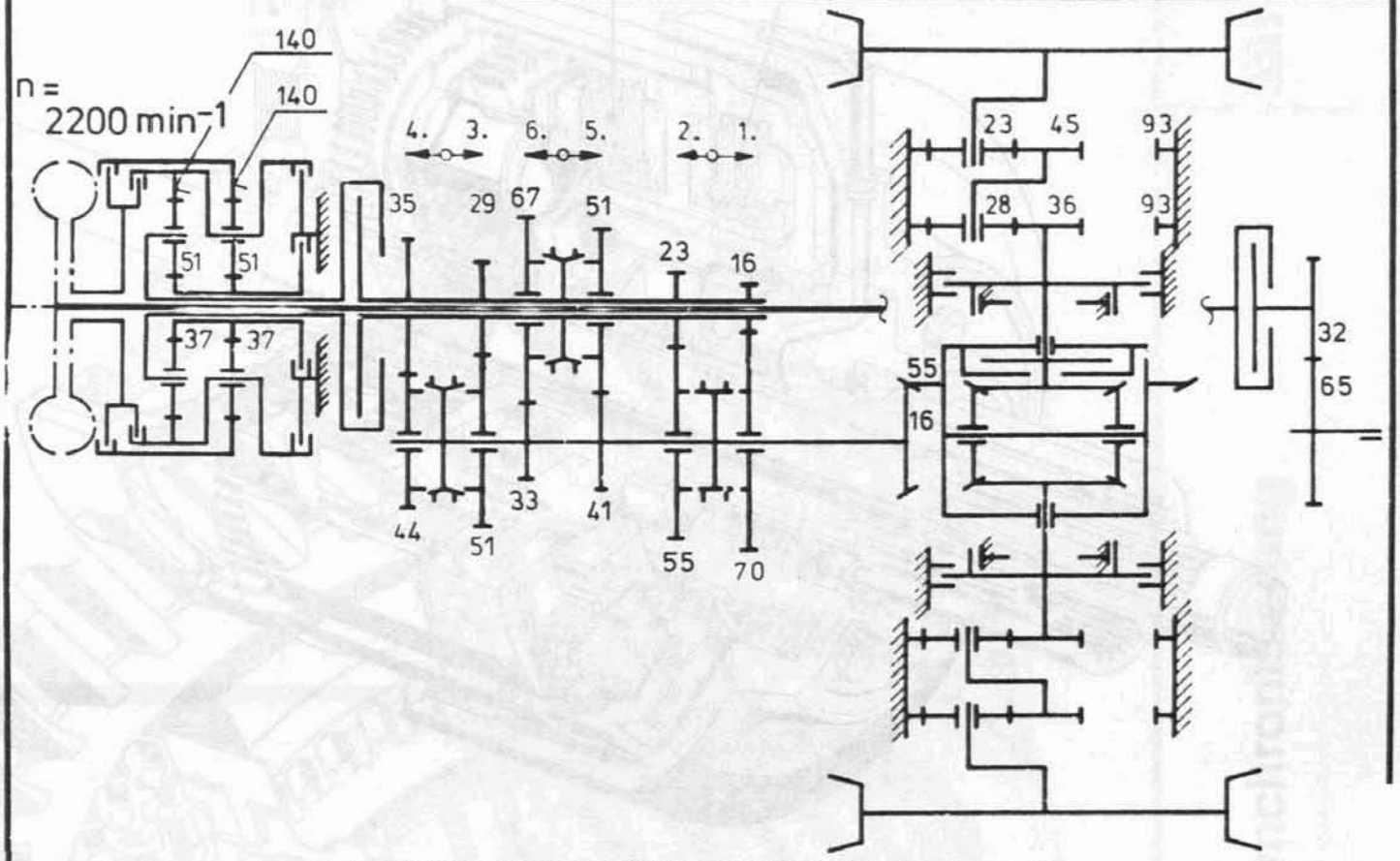



*Abb. 7b: Beispiel einer Ausführung mit Lastschalt-Split-Getriebe und integrierter, verschleißfreier, nasser Hauptkupplung:*
*3 Vorwärtsgruppen und 1 Rückwärtsgruppe × 6 Gänge im Schaltgetriebe.*
*Das ergibt 18 Vorwärts- und 6 Rückwärtsgänge.*

*Abb. 7: Die beiden Abbildungen zeigen im Schema den Aufbau von zwei Ausführungsvarianten mit verschiedenen Zusatzausrüstungen des ZF-Schleppertriebwerkes aus der Reihe T 6000.*

| ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN A.-G. | TRIEBWERKSCHEMA<br>SCHLEPPERTRIEBWERK T 6636 | LASTSCHALTAUSFUEHR. |
|---|---|---|



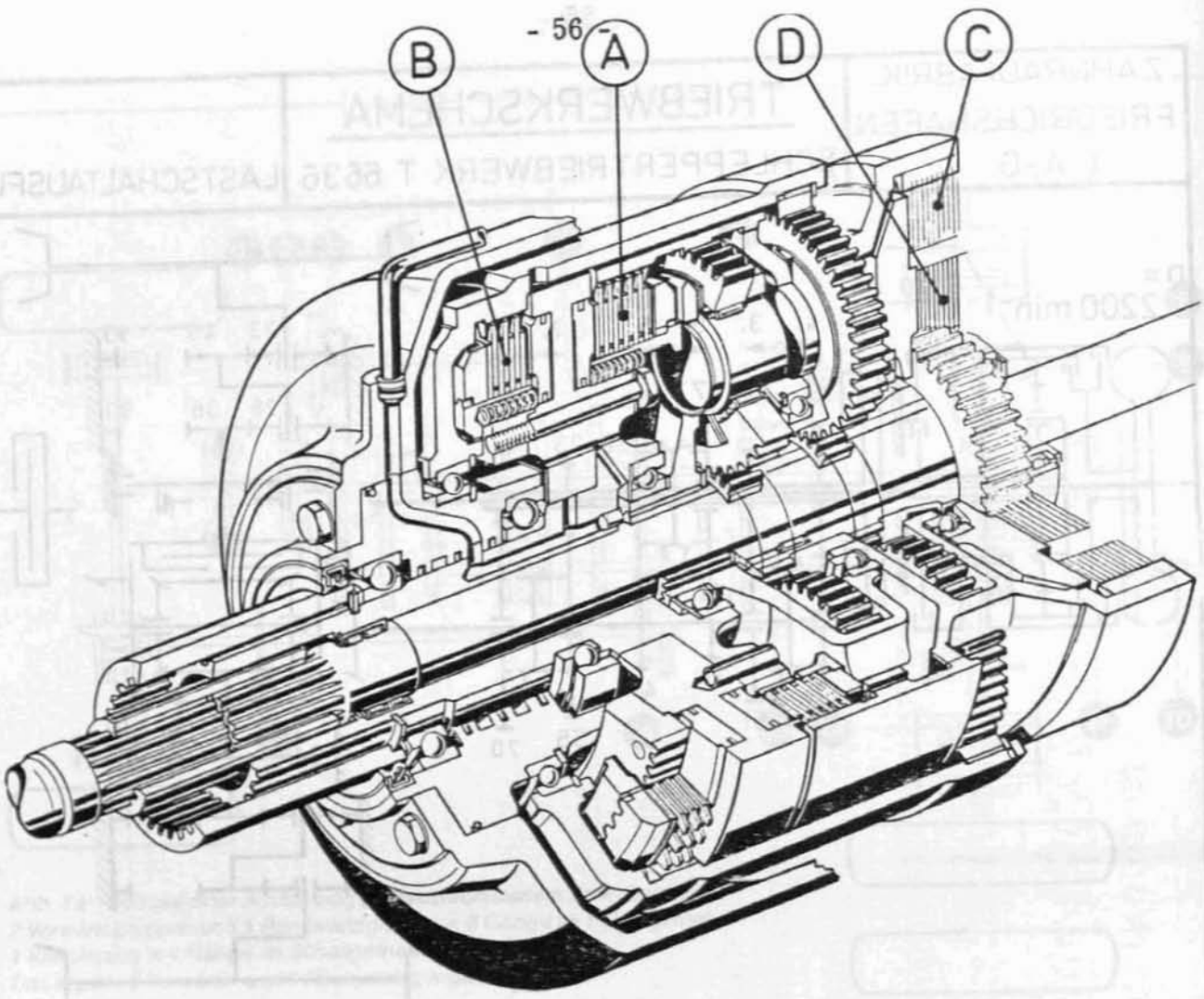

## FAHRGESCHWINDIGKEITEN km/h

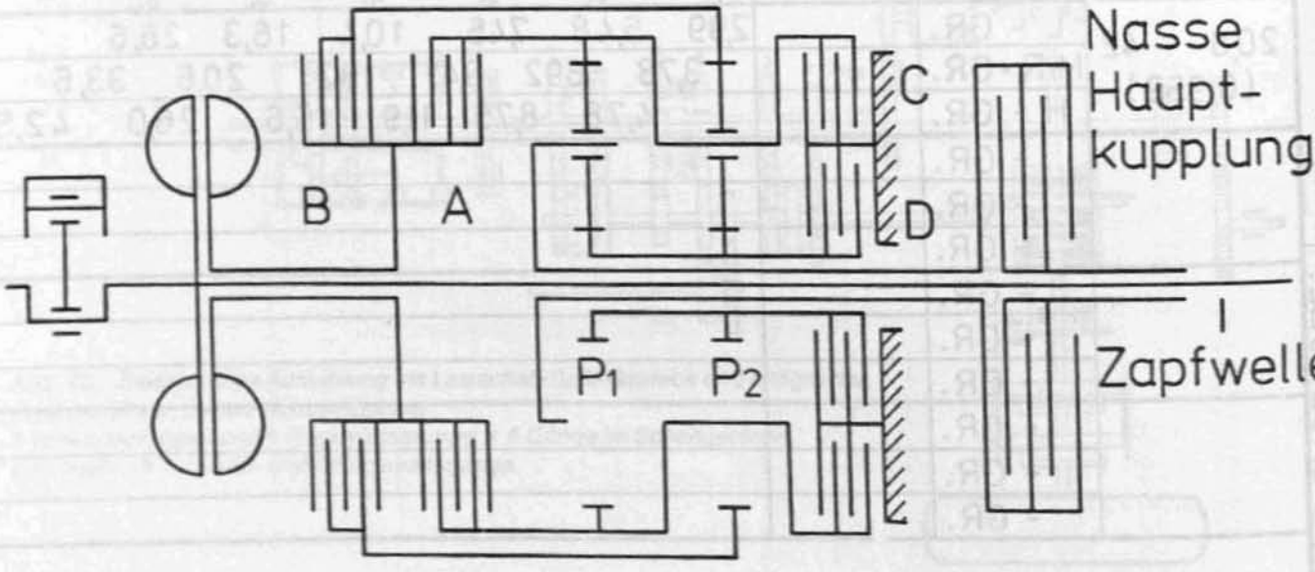
| REIFEN RW IND.(m) | | NORMALGAENGE 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20,8 - 42 (0,953) | L - GR. | 2,99 | 5,48 | 7,45 | 10,4 | 16,3 | 26,6 |
| | M/R - GR. | 3,78 | 6,92 | 9,41 | 13,2 | 20,6 | 33,6 |
| | H - GR. | 4,78 | 8,75 | 11,9 | 16,6 | 26,0 | 42,5 |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |
| | - GR. | | | | | | |

ZAPFWELLENDREHZAHL = 1080 min⁻¹

d - 5911/0 5. 5. 80 BUBE.

| FR'HAFEN, DEN 5. 5. 80 T 3-1 BUBECK | 2074 700 090 (4) | k m.Ä. |
|---|---|---|

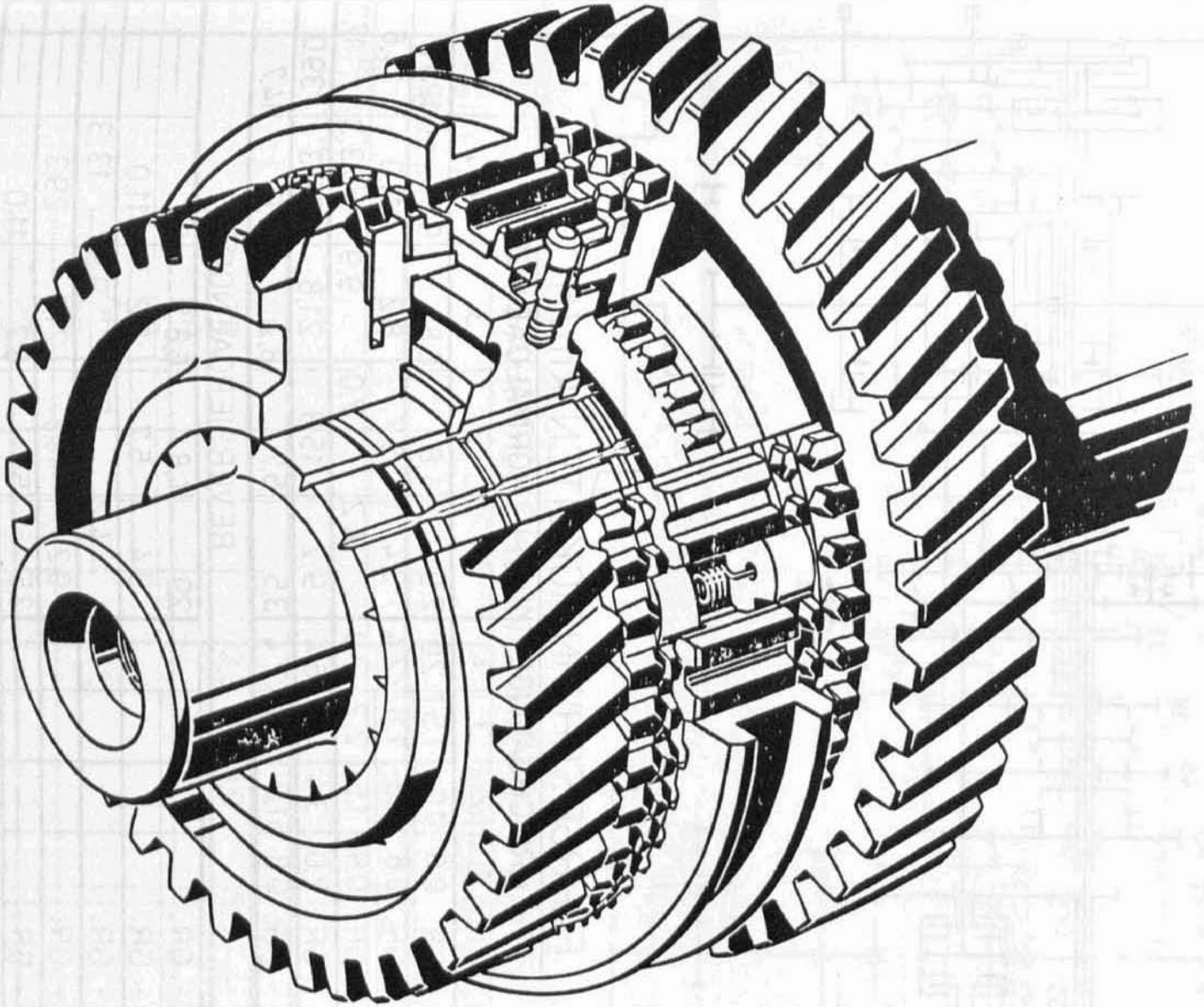


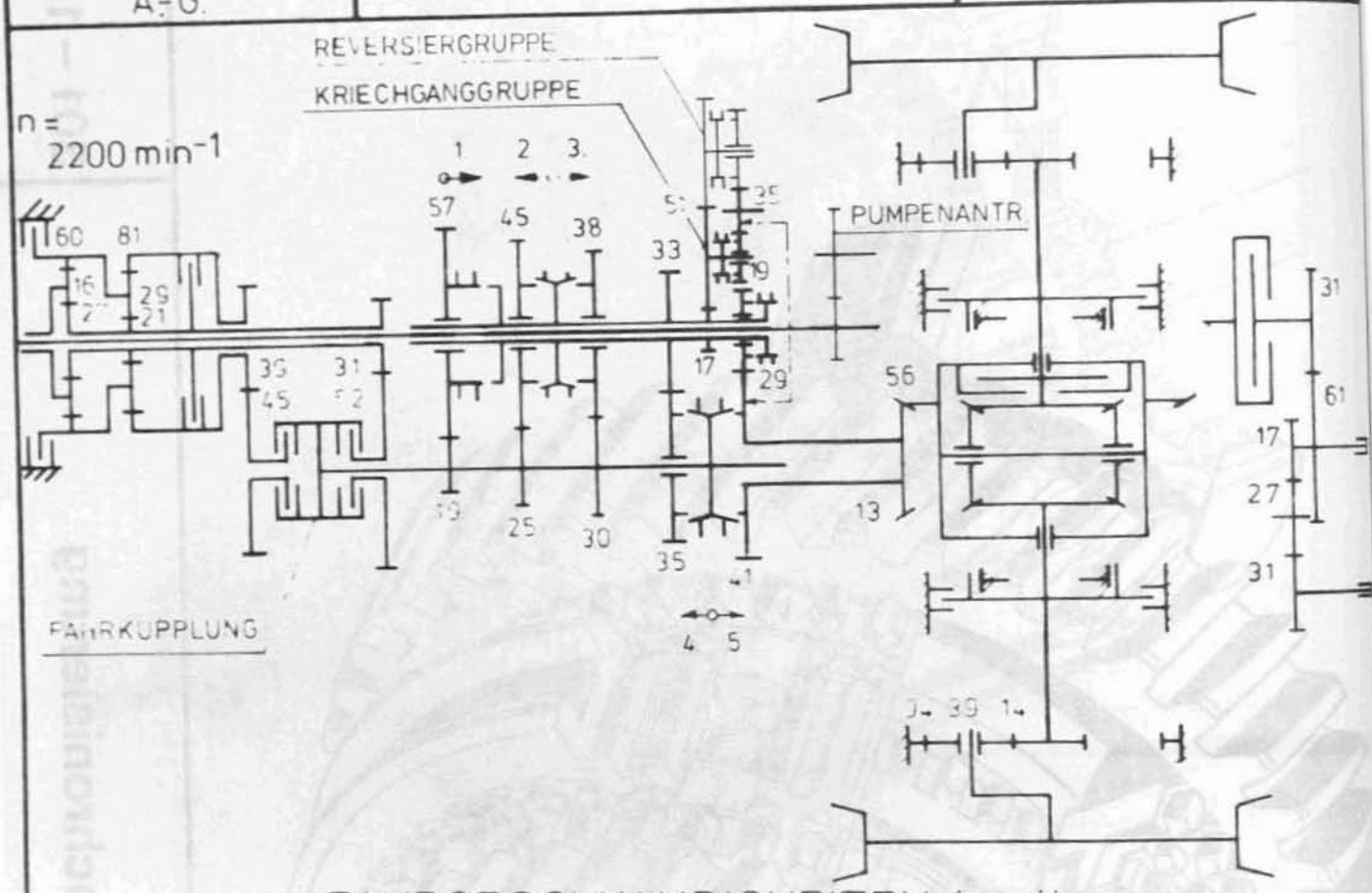

Funktionstafel:

| | |
|---|---|
| $P_1$, $P_2$ | Planetenradsätze |
| A , B | nasse Lam.-Kupplungen |
| C , D | nasse Lam.-Bremsen |
| ⊠ | bedeutet „eingerückt" |

| Sprung | | i | B | A | C | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L | 1,60 | ⊠ | | | ⊠ |
| 1,26 | M | 1,26 | | ⊠ | | ⊠ |
| 1,26 | H | 1,00 | ⊠ | ⊠ | | |
| | R | 1,26 | ⊠ | | ⊠ | |



| ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN A.-G. | TRIEBWERKSCHEMA<br>SCHLEPPERTRIEBWERK T 6400 | LASTSCHALTAUSFUEHR. |
|---|---|---|




## FAHRGESCHWINDIGKEITEN km/h

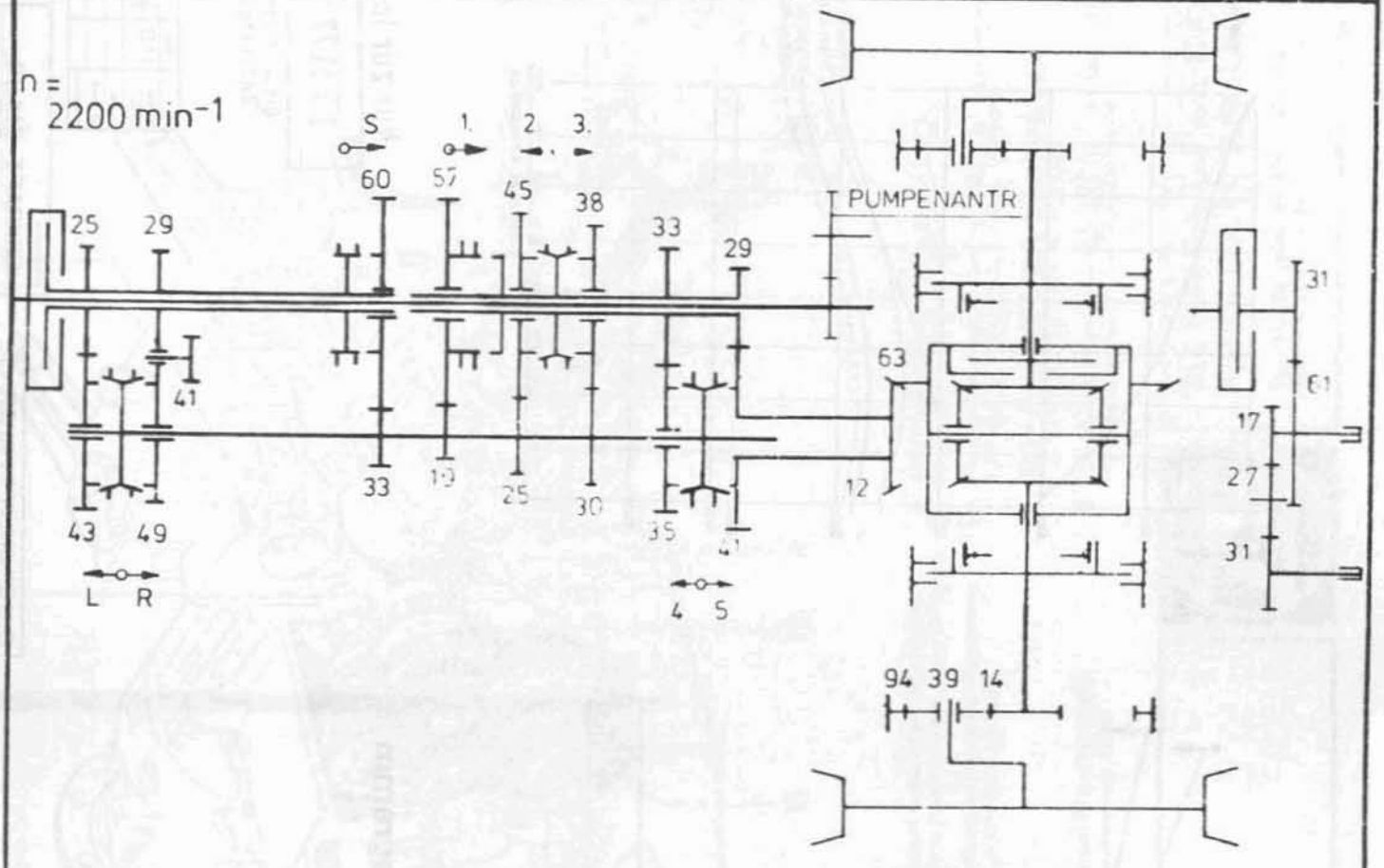
| REIFEN RWSTAT (m) | | KRIECHGAENGE 1 | 2. | 3 | 4 | NORMALGAENGE 1 | 2 | 3 | 4. | 5. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18,4 - 38 (0,814) | L - GR. | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,9 | 4,8 | 6,8 | 9,1 | 12,1 |
| | M - GR. | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,4 | 5,7 | 8,2 | 11,0 | 14,6 |
| | H - GR. | 0,9 | 1,5 | 2,2 | 2,9 | 4,2 | 7,0 | 9,9 | 13,3 | 17,7 |
| | S - GR. | 2,0 | 3,4 | 4,8 | 6,4 | 9,2 | 15,3 | 21,8 | 29,3 | 39,0 |
| | R - GR. | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,5 | 5,7 | 8,2 | 11,0 | 14,7 |
| | | REVERSIERGAENGE | | | | | | | | |
| | L - GR. | | | | | 2,9 | 4,8 | 6,8 | 9,1 | — |
| | M - GR. | | | | | 3,4 | 5,7 | 8,2 | 11,0 | — |
| | H - GR. | | | | | 4,2 | 7,0 | 9,9 | 13,3 | — |
| | S - GR. | | | | | 9,2 | 15,3 | 21,8 | 29,3 | — |
| | R - GR. | | | | | 3,5 | 5,7 | 8,2 | 11,0 | — |

## ZAPFWELLENDREHZAHLEN = 1118 min$^{-1}$
613 min$^{-1}$

NUR ZUR INFORMATION
DIESE ZEICHNUNG WIRD BEI ABENDERUNG NICHT ERFASST
001103

FR HAFEN, DEN 24.1.80 T 3-1 LEHLE 2077 700 022 (4) m.Ä.

| ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN A.-G. | TRIEBWERKSCHEMA<br>SCHLEPPERTRIEBWERK T 6400 | SYNCHRO-SPLIT-AUSF. |
|---|---|---|

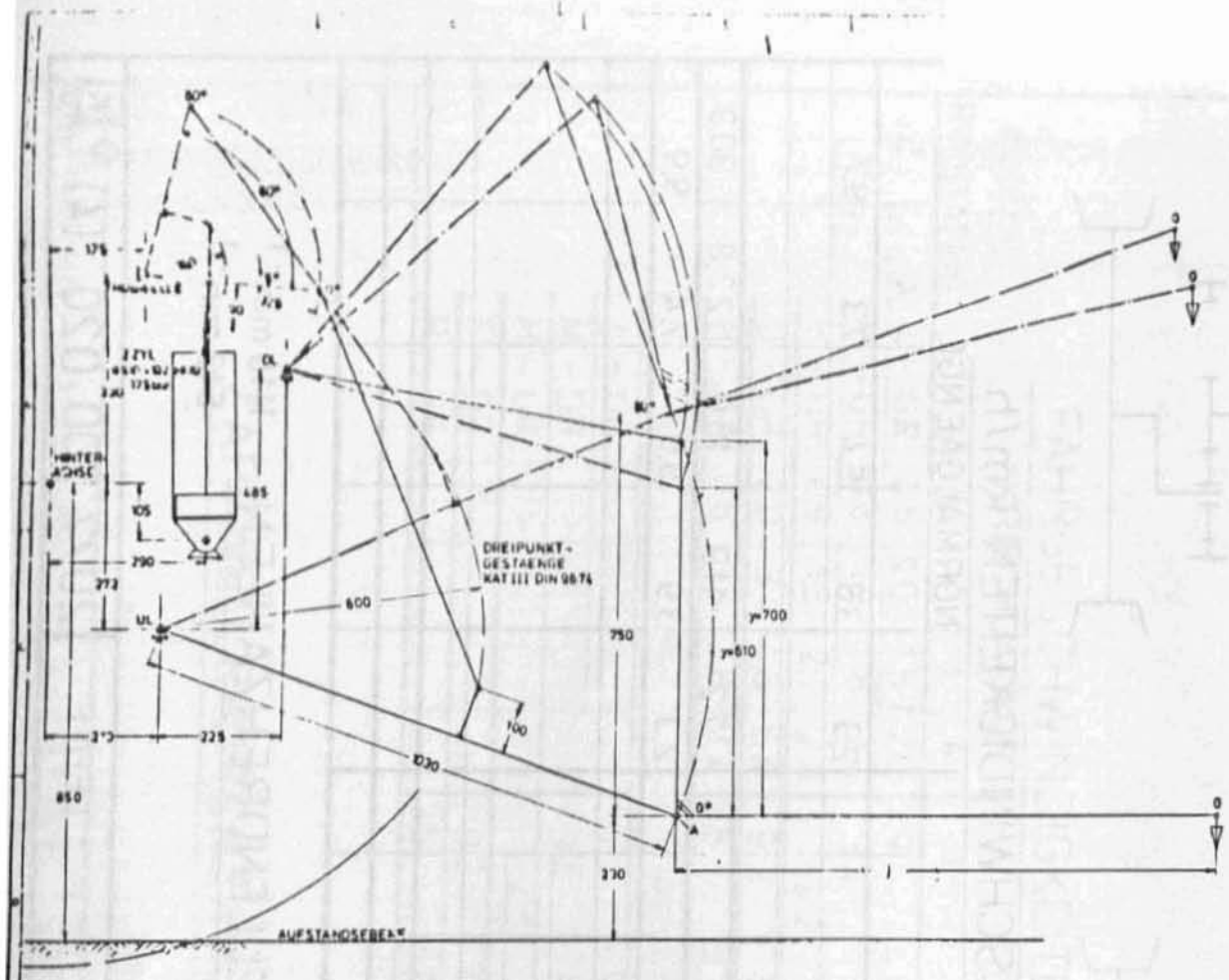


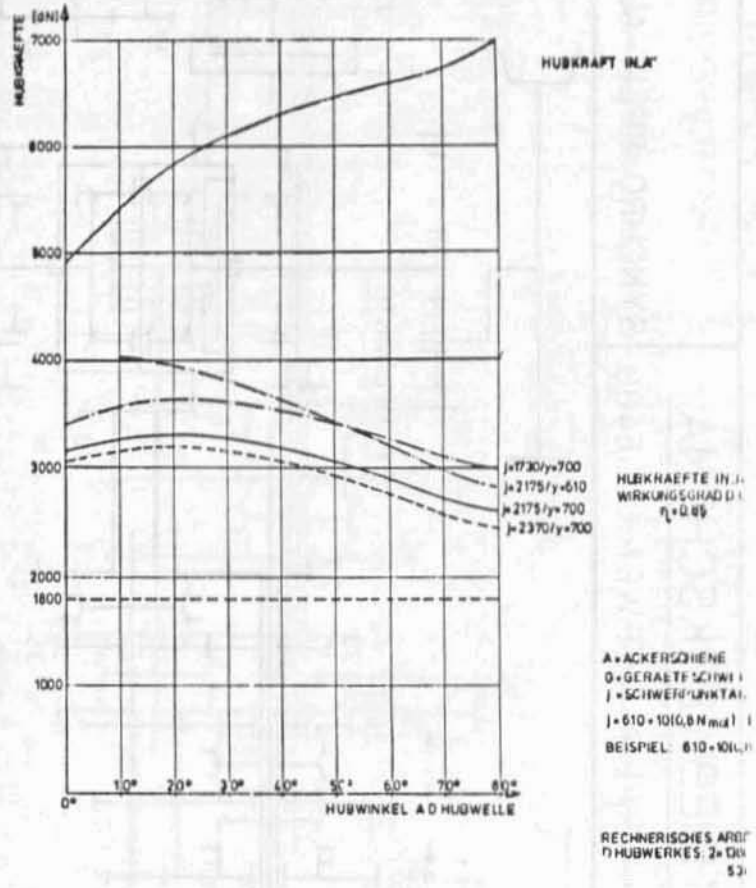

## FAHRGESCHWINDIGKEITEN km/h

| REIFEN RWSTAT(m) | | NORMALGAENGE 1. | 2 | 3 | 4. | 5. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 18,4 - 38 (0,814) | L - GR. | 2,3 | 3,8 | 5,4 | 7,3 | 9,7 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | S - GR. | 7,2 | 11,9 | 16,9 | 22,8 | 30,3 |
| | R - GR. | 2,3 | 3,9 | 5,5 | 7,4 | 9,9 |
| | - GR. | | | | | |
| | - GR. | | | | | |
| | L - GR. | | | | | |
| | - GR. | | | | | |
| | - GR. | | | | | |
| | S - GR. | | | | | |
| | R - GR. | | | | | |

## ZAPFWELLENDREHZAHLEN = 1118 min$^{-1}$
613 min$^{-1}$

| FR'HAFEN, DEN 24.1.80 T[illegible] LEHLE | 2077 700 020 (4) 0 K m.A. |
|---|---|




## Hubkraft-Diagramm

Nur zur Information

25.11.77 | 51313

Diese Zeichnung wird bei Änderung nicht erfaßt

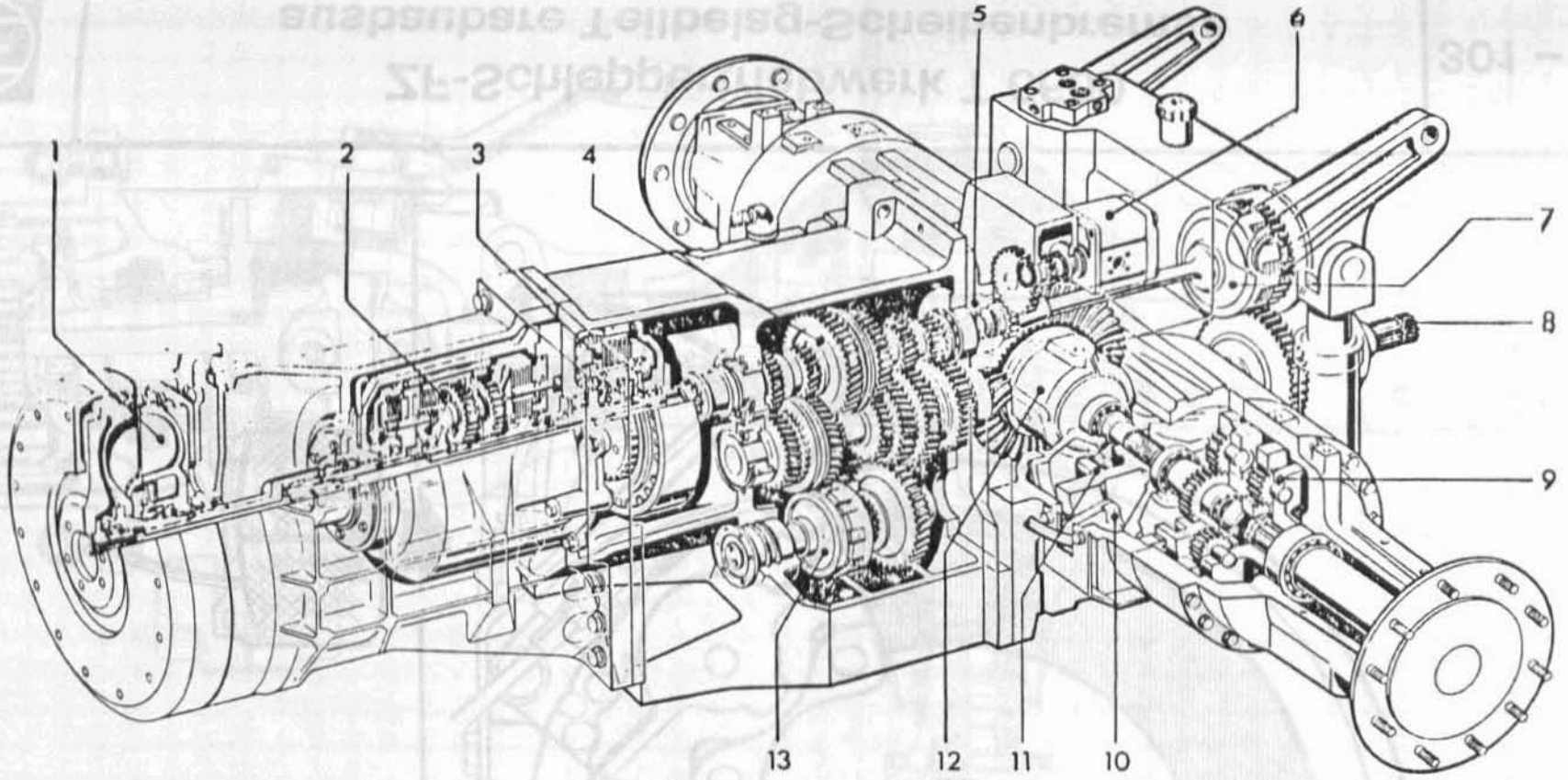
| | TAG | NAME |
|---|---|---|
| BEARB | 4.1.77 | |
| GEPR | | |
| NORM | | |
| BETRIEB | | |
| Z ARCHIV | | |

DIESE ZEICHNUNG DARF WEDER KOPIERT NOCH DRITTEN PERSONEN OHNE UNSERE ERLAUBNIS MITGETEILT WERDEN DIESE KONSTRUKTION IST UNSER EIGENTUM

MASS-STAB 5:1

BENENNUNG HUBKRAFT-DIAGR.

ZEICHNUNG NR 0000 500 12



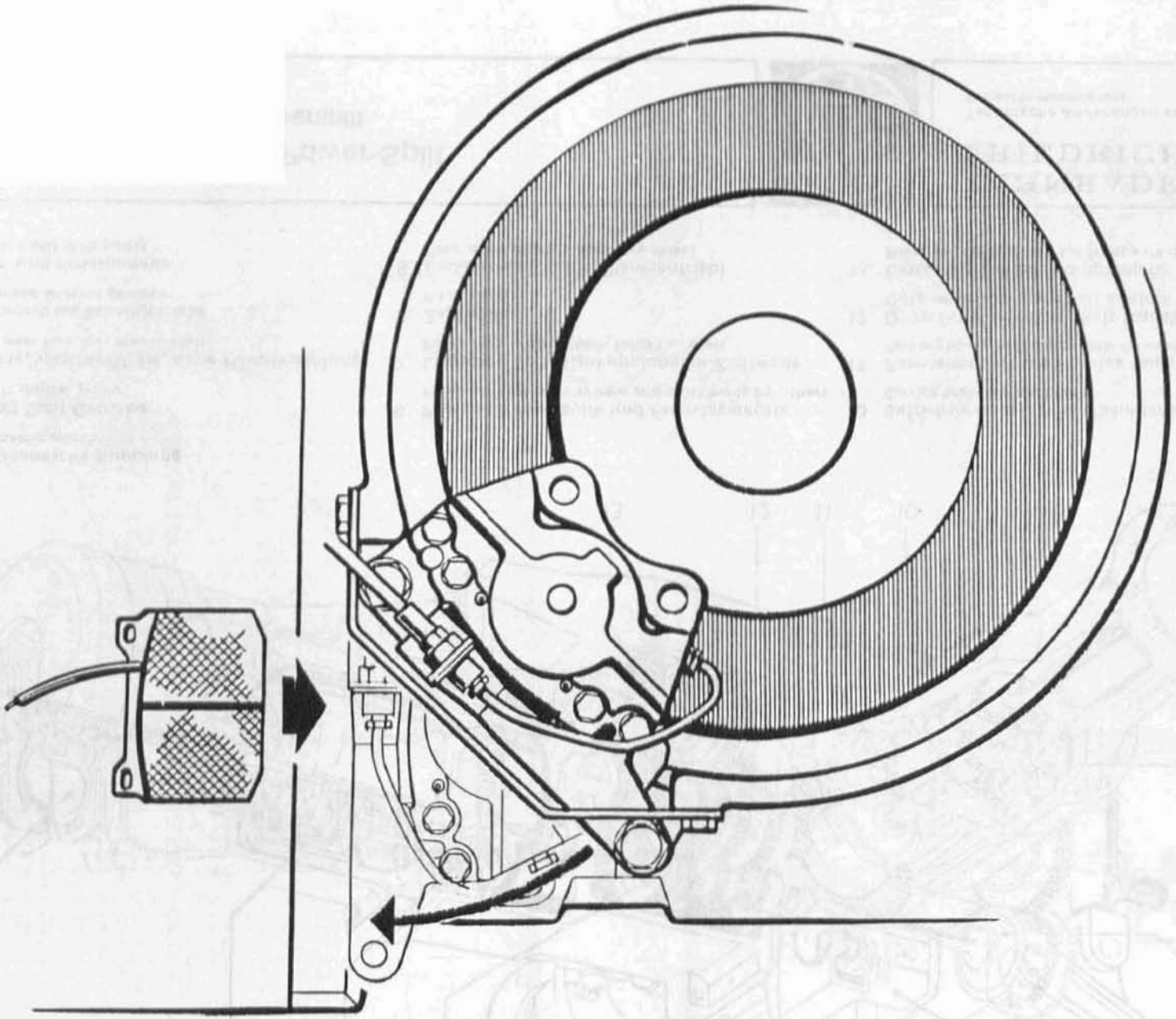

1. Hydrodynamische Kupplung
   Hydrodynamic clutch
2. Lastschalt-Split-Getriebe
   Powershift splitter group
3. Integrierte, verschleißfreie, nasse Hauptkupplung
   Integral, wear-free, wet main clutch
4. Synchronisiertes Schaltgetriebe
   Synchronized selector gearbox
5. Schmier- und Schaltpumpe
   Lubrication and shift pump
6. Pumpe für Hydraulik und Fremdaggregate
   Pump for hydraulic system and units made by others
7. Lastschalt-Lamellenkupplung für Zapfwelle
   Powershift – disc clutch for p.t.o. shaft
8. Zapfwelle
   P.t.o. shaft
9. Endabtrieb (Doppel-Planetentrieb)
   Final drive (double planetary drive)
10. Betriebsbremse als Scheibenbremse
    Service brake as disc brake
11. Feststellbremse als Simplex-Innenbackenbremse
    Parking brake as Simplex internal shoe brake
12. Differential mit Lastschalt-Lamellensperre
    Differential with powershift disc lock
13. Lastschalt-Lamellenkupplung für Vorderachsantrieb
    Powershift disc clutch for front axle drive

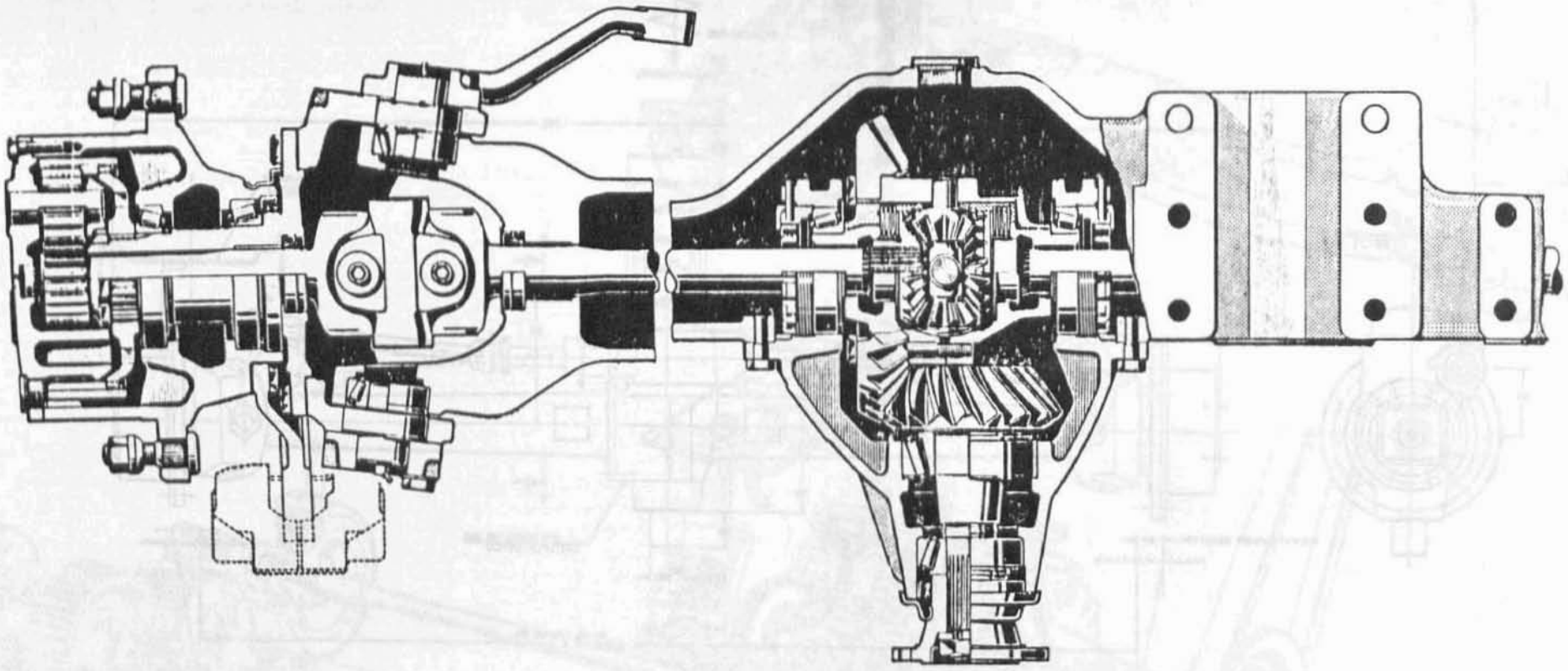
# T 6600 ZF-Schleppertriebwerk mit Power-Split
## ZF Tractor transmission with powersplit

ZAHNRADFABRIK
FRIEDRICHSHAFEN AG

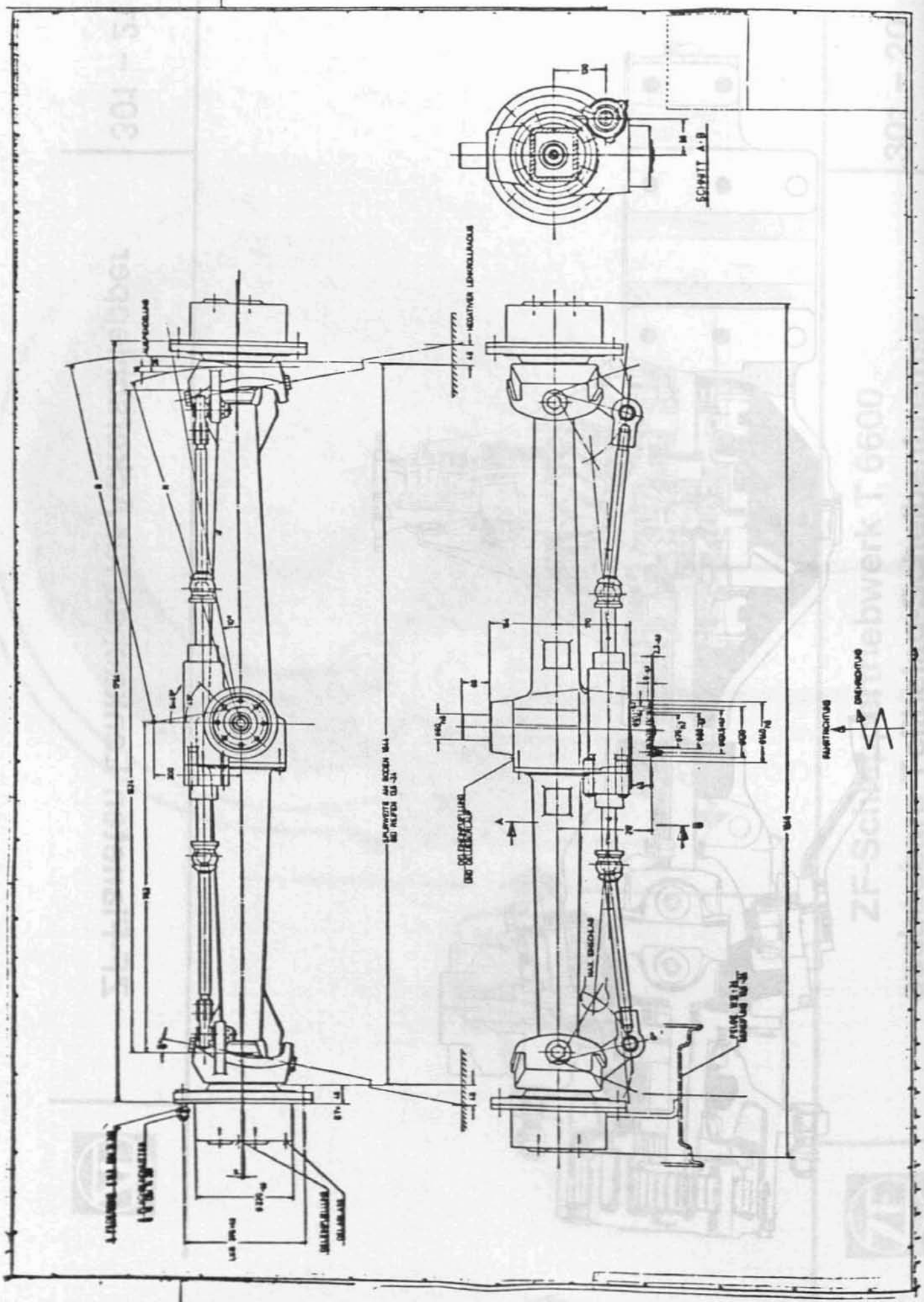
Technische Änderungen vorbehalten
Subject to modifications

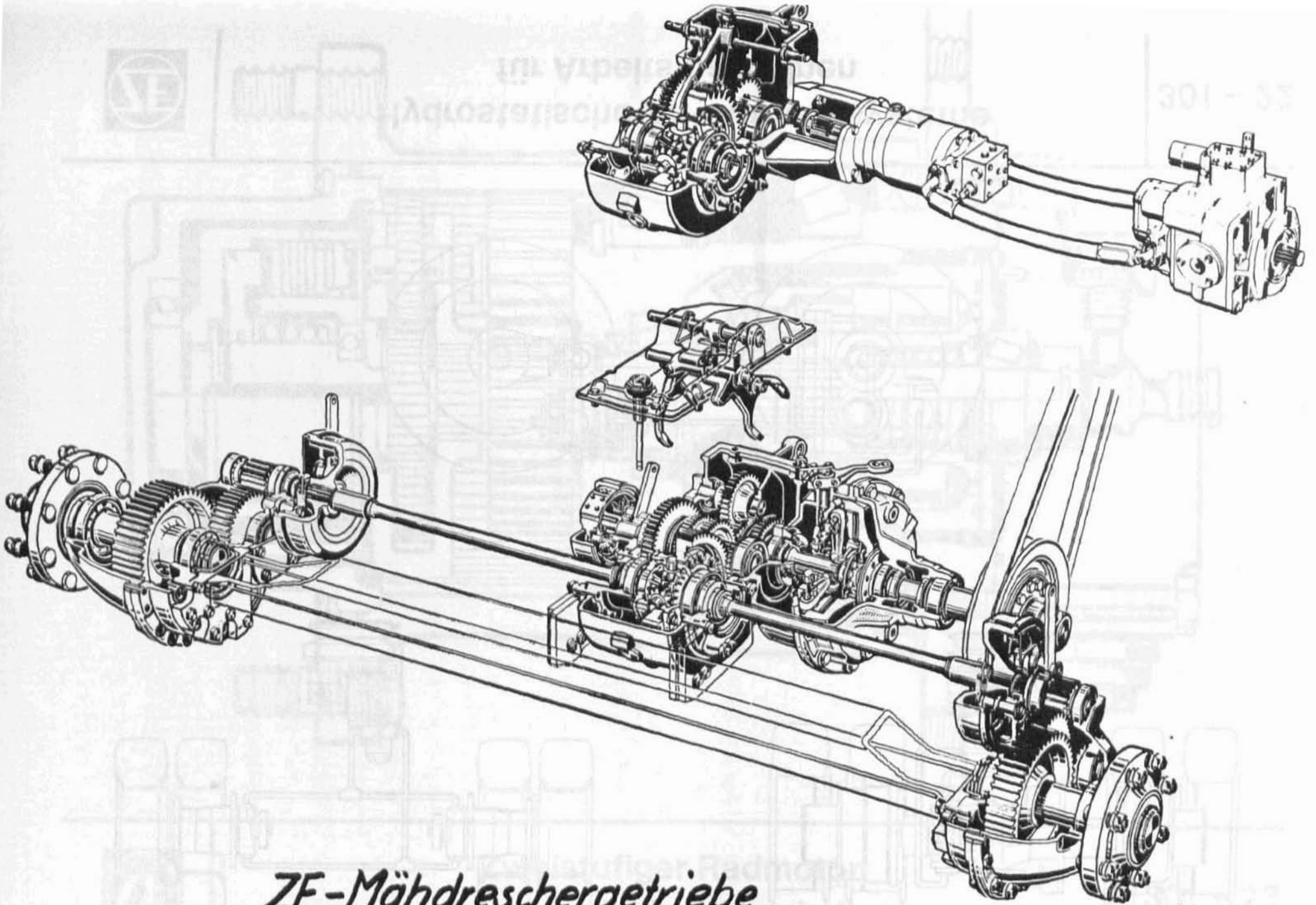
F 43261-280



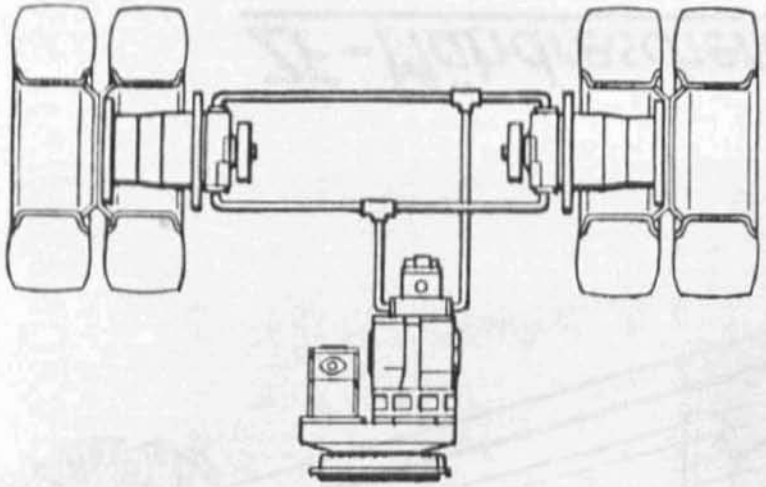


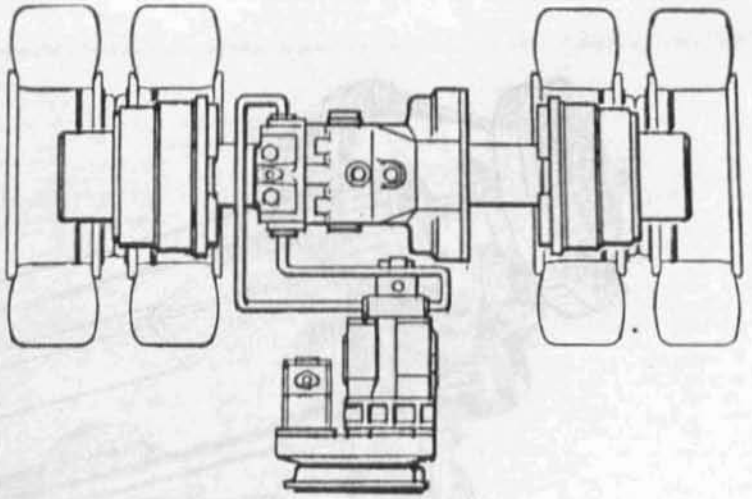
**ZF-Planeten-Lenkachse für Ackerschlepper** | **301 – 21**

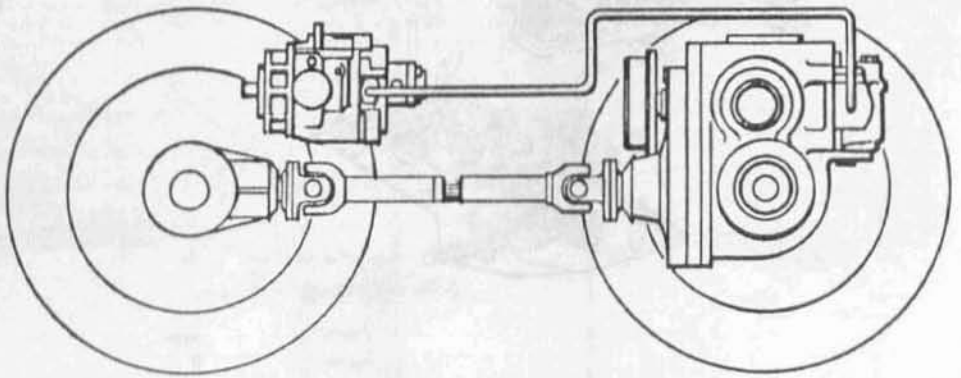


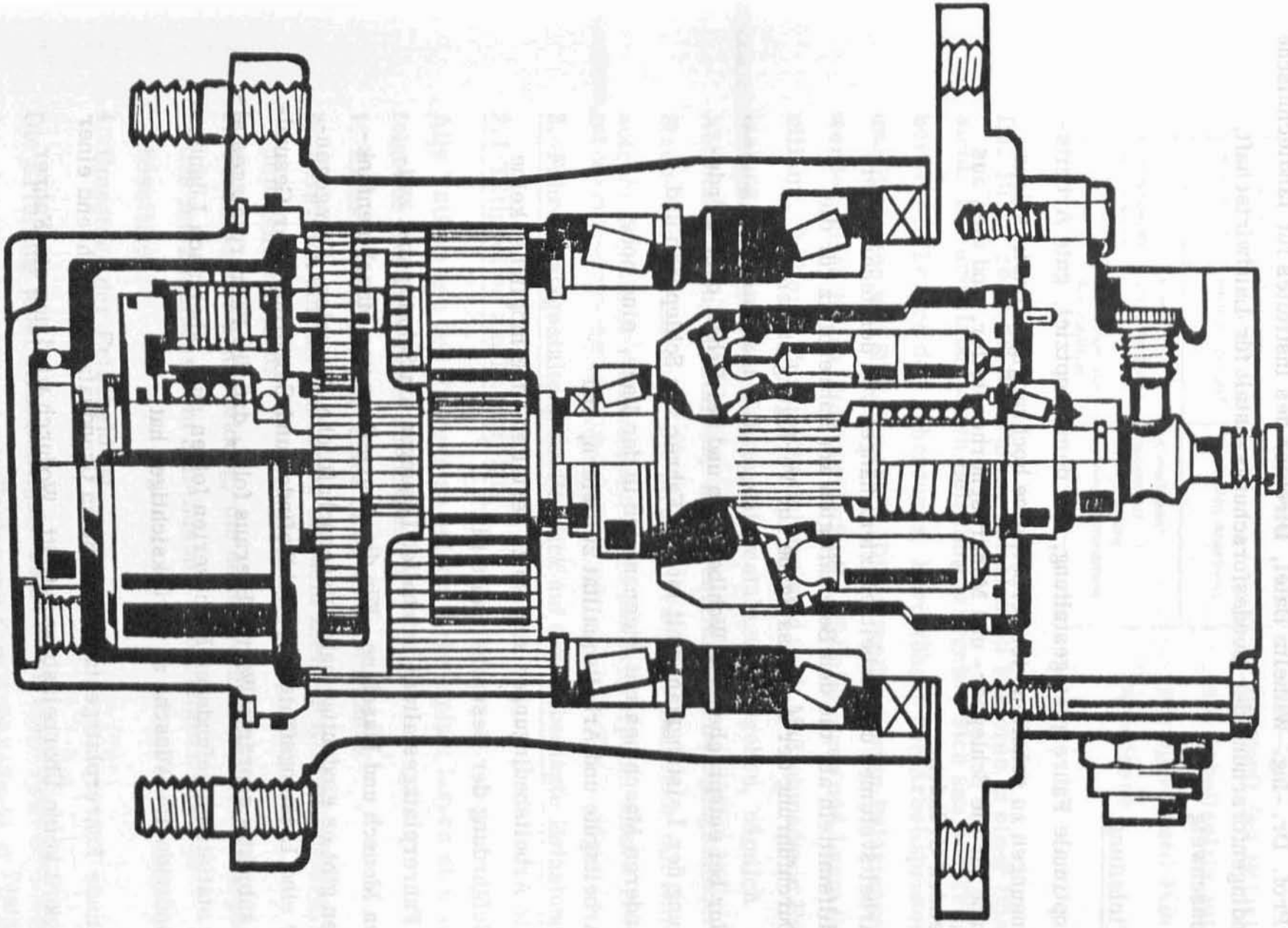


ZF-Mähdreschergetriebe









**Zweistufiger Radmotor**
**mit hydraulischer Abschaltung**

**301 – 23**

## Optimale Fahrerplatzgestaltung auf Schleppern und Mähdreschern

von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel, Direktor des Institutes für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

### 1. Einleitung

Die optimale Fahrerplatzgestaltung, mit dem Hauptziel, gute Arbeitsbedingungen zu schaffen, ist derzeit eine hochrangige Konstruktionsaufgabe für die Schlepper- und Mähdrescherhersteller, und dies aus folgenden Gründen:

1. Arbeitsvolumen und Arbeitseffizienz hängen von den technischen Hilfsmitteln ab, die den Beschäftigten am Fahrerplatz für die Durchführung der Arbeitsaufgabe zur Verfügung stehen.

2. Nur bei entsprechendem Wohlbefinden und bei Erhalt oder Förderung der Leistungsfähigkeit ist der Fahrer von Schleppern und anderen Maschinen mit Eigenantrieb in der Lage, eine hohe Arbeitsgüte und Arbeitsqualität zu liefern, und

3. die Arbeitsbedingungen sind so zu gestalten, daß möglichst keine Gefährdung der Gesundheit auftritt.

Die Fahrerplatzgestaltung beinhaltet Lösungen am Schnittpunkt zwischen Mensch und Maschine. Für die Beurteilung von Maschinenfunktionen gibt es eindeutige naturwissenschaftliche Kriterien. Demgegenüber sind Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gefährdung der Gesundheit subjektiv geprägte Werte. Hieraus folgt, daß die Fahrerplatzgestaltung statistisch gefundenen Richtwerten folgen muß, aber auch Lösungen für individuelle Wünsche zu berücksichtigen hat.

Optimale Fahrerplatzgestaltung heißt im Grundsatz, daß während einer Tätigkeit keine Überbelastung auftritt. Wodurch wird nun ein Fahrer belastet?

| Belastungen aus | | Maßnahmen zur Entlastung |
|---|---|---|
| Tätigkeiten am Arbeitsplatz | Lenken, | Automatisieren |
| | Überwachen von Schlepper u. Gerät | Automatisieren |
| | Betätigen der Stellelemente | Krafthilfen, Anordnung |
| Umgebungsbedingungen am Arbeitsplatz | Klima | Klimatisieren |
| | luftfremde Stoffe | Staubschutz |
| | Lärm | Lärmminderung |
| | Bewegungen des Arbeitsplatzes | Schwingungsminderung |

Bild 1
Herkunft der Belastungen am Arbeitsplatz auf Schleppern und Mähdreschern

Das Bild 1 zeigt die den Fahrer belastenden Faktoren in einer Übersicht. Die arbeitsbedingten Belastungen ergeben sich aus den Tätigkeiten wie Lenken des Fahrzeuges, Durchführen des Arbeitsprozesses und Betätigen von Stellelementen. Die umweltbedingten Belastungen werden durch Klima, luftfremde Stoffe, Schwingungen und Lärm bestimmt. In dieser Zusammenstellung sind auch Maßnahmen zur Entlastung und damit zur Fahrerplatzgestaltung angegeben, nämlich Automatisieren, Krafthilfen, Klimagestaltung, Schwingungsminderung, Staub- und Lärmschutz. Die Strukturierung der Belastung mit Hilfe solcher technischer Maßnahmen bildet den Schwerpunkt dieses Berichtes.

## 2. Fahrerplatzgestaltung im Hinblick auf arbeitsbedingte Belastungen

### 2.1 Tätigkeiten am Fahrerplatz

Alle Tätigkeiten des Fahrers an seinem Arbeitsplatz lassen sich auf folgende Grundelemente zurückführen:

1. Erfassen des Ist-Zustandes eines Arbeitsablaufes
2. Vergleich des Ist-Zustandes mit dem Ziel des Arbeitsablaufes, dem Soll-Zustand.
3. Treffen einer Entscheidung, die dem Zweck dient, Abweichungen des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand zu verringern bzw. zu beseitigen.
4. Umsetzen der Entscheidung.

Die Erfüllung jeder Arbeitsaufgabe stellt somit einen Regelvorgang dar, bei dem der Mensch als Regler mit dem Arbeitsgerät als Regelstrecke einen geschlossenen Regelkreis bildet. Eine erste wesentliche

Ursache für die hierbei auftretenden arbeitsbedingten Belastungen entsteht dadurch, daß er nicht nur einen, sondern eine Vielzahl von gleichzeitig und kontinuierlich ablaufenden Arbeitsvorgängen zu bewältigen hat. Da der Mensch aber nicht in der Lage ist, mehrere Tätigkeiten gleichzeitig und kontinuierlich auszuführen, kann er seine Aufgabe nur erfüllen, indem er die Funktion eines Mehrgrößenabtastreglers erfüllt. Abtastregelkreise ergeben nur dann eine ausreichende Regelgüte, wenn die Abtastrate im Verhältnis der Dynamik der Regelstrecke hinreichend hoch ist. Die erforderliche Abtastrate der einzelnen Regelstrecken ist jedoch überaus unterschiedlich. Sie erstrecken sich z. B. beim Mähdrescher von 1/10 s für das Lenken oder Einstellen der Schneidtischhöhe bis zu einigen Minuten bei der Kontrolle der Korntankfüllung, aber auch bis zu einigen Betriebsstunden bei der Kontrolle des Motorölstandes.

Von einem Fahrer zu erfassende und verarbeitende Informationsdichte ergibt sich aus den Abtastraten und der Anzahl der Eingangsgrößen. Diese liegt beispielsweise beim Mähdrescher, selbst wenn man nur die wichtigsten Tätigkeiten berücksichtigt, bereits bei mehr als 15-bit/sec und damit an der oberen Grenze der menschlichen Dauerleistungsfähigkeit. Der Mensch ist zwar bis zu einem gewissen Grade in der Lage, eine wachsende Informationsdichte durch erhöhte Anstrengung zu bearbeiten, jedoch hat dieses eine rasche Ermüdung, sinkende Arbeitsqualität und die Gefahr von Bedienungsfehlern zur Folge.

Bei der Verarbeitung der Informationen treten vor allem dann besondere Belastungen auf, wenn die Zusammenhänge zwischen Eingangsgröße und Ausgangsgröße für den Fahrer nicht mehr überschaubar sind, weil sie entweder zu kompliziert sind oder ihm notwendige Informationen fehlen. Er ist in diesen Fällen auf sein Gefühl und seine Frfahrung angewiesen. Ein optimales Regelverhalten ist unter diesen Bedingungen von ihm nicht zu erwarten.

Zum Abbau dieser arbeitsbedingten Belastungen bieten sich grundsätzlich 3 Ansatzpunkte:

1. Entlasten des Fahrers bei der Informationsaufnahme
2. Entlasten des Fahrers bei der Informationsverarbeitung
3. Entlasten des Fahrers durch Automatisierung.

Die Erleichterung bei der Informationsaufnahme erstreckt sich beispielsweise von der Schaffung optimaler Sichtverhältnisse bis hin zur Messung bisher dem Fahrer unzugänglicher Informationen und deren geeignete Darstellung am Fahrerplatz. Die Entlastung bei der Informationsverarbeitung beinhaltet vor allem die Zusammenfassung und Verrechnung mehrerer Eingangsgrößen zu geeigneten Entscheidungshilfen für den Fahrer. Am wirkungsvollsten ist jedoch eine Entlastung durch die Automatisierung, da in diesem Fall der Mensch nicht mehr in den Regelkreis eingebunden und damit nicht mehr an den Rhythmus der Maschine gebunden ist.

## 2.2 Technische Maßnahmen zur Entlastung

Die Automatisierung ist also eine konsequente Fortsetzung der technischen Entwicklung, und zwar nicht nur zur Erhöhung der Produktivität, sondern vor allem zum Abbau der arbeitsplatzbedingten Belastung des Menschen. Welche technischen Hilfsmittel und Verfahren werden zur Zeit hierfür genutzt, welche sind noch ungenutzt, welche Entwicklungen sind in Zukunft zu erwarten und wo liegen die Probleme und Hemmnisse für eine derartige Entwicklung?

Zur Zeit werden von wenigen Ausnahmen abgesehen nur mechanische, elektrische, hydraulische und pneumatische Bauelemente zur Entlastung eingesetzt. Beispiele hierfür sind die Pflugtiefenregelung nach dem Ferguson-Prinzip, die hydrostatische Lenkung und ähnliches. Für derartige Aufgaben werden diese Bauelemente auch in Zukunft von Bedeutung sein. Ihre Anwendung beschränkt sich jedoch auf die Regelung einfacher Abläufe, bei denen nur eine oder wenige Einflußgrößen berücksichtigt werden können. Die Verknüpfung mehrerer Eingangsinformationen, logische Entscheidungen oder gar die Optimierung von Arbeitsabläufen ist mit diesen Bauelementen praktisch ausgeschlossen. Hierfür bieten sich elektronische Hilfsmittel an, die aufgrund der Entwick-

lung der Halbleitertechnik in der jüngsten Vergangenheit zuverlässig, klein, leistungsfähig und kostengünstig geworden sind.
Erste Beispiele, diese Hilfsmittel auch im Bereich der Landtechnik einzusetzen, sind die elektronische Pflugtiefenregelung, Bild 2, die automatische Lenkung von Maishäckslern, Bild 3, und die fahrgeschwindigkeitsabhängige Dosierung von flüssigen Pflanzenbehandlungsmitteln. Weitere Möglichkeiten der Entlastung des Fahrers ergeben sich dadurch, daß sich elektrische Signale einfach und zuverlässig übertragen und zur Anzeige bringen lassen.

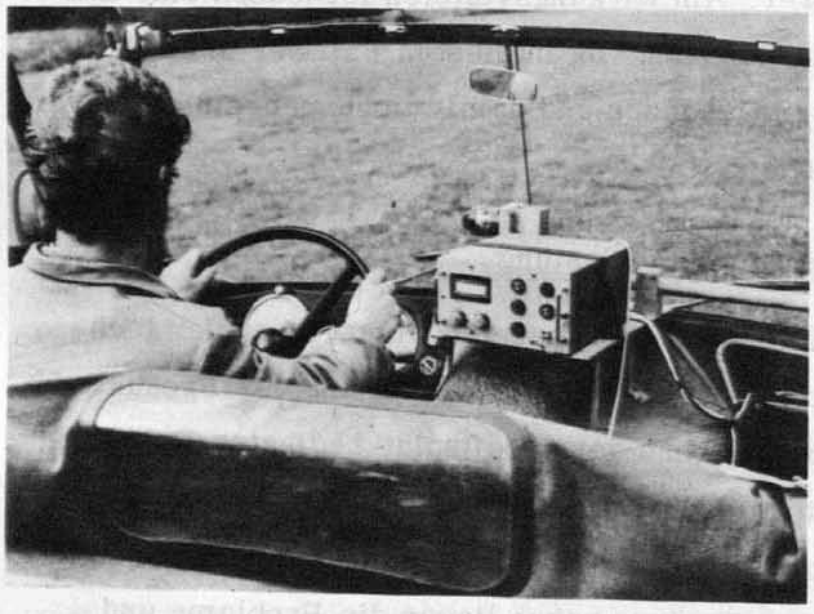
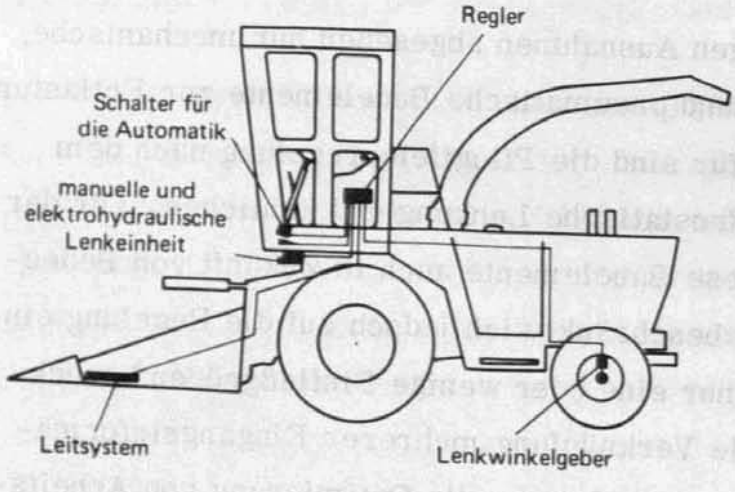


Bild 2
Steuerungs- und Anzeigegerät einer elektrohydraulischen Pflugtiefenregelung. Versuchsausführung.




nach Claas

Bild 3
Maishäcksler mit Eigenantrieb und automatischer Lenkung.

Dies wird vor allem dafür benutzt, dem Fahrer Zustandsgrößen und Vorgänge anzuzeigen, die ihm bisher nicht zugänglich waren. Als Beispiel sind hier die Körnerverlustmonitore an Mähdreschern oder die Monitore für die Ausbringung von flüssigen Pflanzenbehandlungsmitteln zu nennen. Die Möglichkeiten, die die Elektronik von hochintegrierten Schaltkreisen bis hin zu Mikrocomputern bietet, gehen jedoch weit über das bisher realisierte hinaus. So sind die z. Z. im Gespräch befindlichen "Baucomputer" aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit in der Lage, alle Meßwerte und Eingangsgrößen zentral zu verarbeiten, Entscheidungshilfen für den Fahrer zu erarbeiten und zur Anzeige zu bringen sowie mehrere Arbeitsabläufe quasi parallel zu regeln, ohne dabei die Arbeitsleistung des Fahrers und dessen Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen.

Wesentliche Hindernisse, daß diese Möglichkeiten z. Z. noch nicht voll genutzt werden können, sind:

- Sensoren zur Informationsaufnahme
- Systemanalyse des Arbeitsablaufes zur Auslegung des Regelsystems
- System zur schnittstellenkompatiblen Informationsübertragung.

Die Erarbeitung eines Bussystems, das den Informationsaustausch zwischen den einzelnen Komponenten des Systems ermöglicht, ist bei dem heutigen Kenntnisstand möglich und in absehbarer Zeit zu erwarten, zumal die gleichen Erfordernisse in der allgemeinen Kraftfahrzeugtechnik ebenfalls bestehen. Unabhängig davon, ob der Rechner einen Arbeitsablauf selbsttätig regeln soll oder ob dem Fahrer zur Lösung seiner Arbeitsaufgabe Entscheidungshilfen zur Verfügung gestellt werden sollen, setzt dies eine ausreichende Systemanalyse des jeweiligen Arbeitsablaufes voraus. Die hierfür erforderlichen theoretischen Grundlagen liefert die Meß- und Regelungstechnik.

Die Lösung aller bisher angesprochenen Aufgaben setzt voraus, daß die erforderlichen Informationen in Form elektrischer Signale verfügbar sind. Die hierfür notwendigen Meßwertaufnehmer (Sensoren)

sind jedoch für viele physikalischen Größen nicht verfügbar.

Das Fehlen geeigneter Sensoren ist auch in anderen Gebieten ein Problem der Automatisierung, doch sind die Anforderungen der landwirtschaftlichen Praxis hinsichtlich niedriger Kosten, einfacher Handhabung und Betriebssicherheit besonders hoch, so daß Lösungen, die in anderen Bereichen möglich sind, nicht eingesetzt werden können. Die Funktion allein genügt nicht. Ein Beispiel mag das belegen: Das Lenken von Fahrzeugen beansprucht als typische Routinearbeit einen erheblichen Teil der Aufmerksamkeit des Fahrers. Es gibt daher eine Vielzahl von Vorschlägen, Bild 4, landwirtschaftliche Fahrzeuge automatisch zu lenken, doch hat sich bisher nur die automatische Lenkung des Maishäckslers in der Praxis bewährt. Der Grund liegt in der stabilen Leitlinie, die die Maispflanzen bilden und die sich zuverlässig und mit einfachen Mitteln mechanisch abtasten läßt. Für die Lösung anderer Aufgaben, wie z. B. das automatische Lenken von Mähdreschern, gibt es zwar vollständige Lösungen, doch mangelt es an geeigneten Sensoren.

Bild 4
Automatische Schlepperlenkung mit mechanischem Fühler. Versuchsausführung des Instituts 1970.

Durch die Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik ist in der letzten Zeit in vielen anderen Bereichen der Technik und des täglichen Lebens ebenfalls ein Bedarf an Sensoren entstanden. Außerdem lassen sich bestimmte Herstellungsverfahren für Halbleiter auch

zur Herstellung kostengünstiger Sensoren anwenden. Für Drücke, Winkel, kleine Wegedurchflüsse u. ä. physikalische Größen ist daher in nächster Zeit mit neuen Sensoren zu rechnen, die auch für die Landwirtschaft geeignet sein können. Bei anhaltender Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronik erscheint es auch möglich, daß erkennende Systeme, wie sie bereits heute bei der Luft-Bild-Auswertung oder für Industrieroboter eingesetzt werden, hinsichtlich der Arbeitsgeschwindigkeit und Preis soweit verbessert werden können, daß sie auch für landwirtschaftliche Zwecke Verwendung finden. Die Verfügbarkeit geeigneter technischer Lösungen zur Entlastung des Fahrers wird daher ganz entscheidend aus dem Gebiet der Meßtechnik beeinflußt werden.

## 3. Fahrerplatzgestaltung im Hinblick auf umgebungsbedingte Belastungen

Nach Bild 1 ergeben sich die umgebungs- bzw. umweltbedingten Belastungen durch Klima, luftfremde Stoffe, Schwingungen und Lärm.

### 3.1 Klimagestaltung

#### 3.1.1 Beanspruchung durch Klima

Kennzeichnend für das Klima sind vornehmlich thermodynamische Größen, wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und die Intensität der von Wänden oder Gegenständen sowie der Sonne ausgehenden Strahlung. Die wichtigste Klimagröße ist die Lufttemperatur, die oft zur Beschreibung des Klimas oder einer Klimabelastung ausreicht.

Die Bedeutung, die der klimatische Zustand der Umgebung für das Leben des Menschen hat, ist aus physiologischen Grundabläufen erkennbar. Zur Sicherung der wichtigsten Lebensprozesse sind zwei Bedingungen zu erfüllen, nämlich

1. zur Versorgung des Körpers ist ein Mindeststoffwechsel erforderlich, der mit einem Wärmestrom verknüpft ist. Bei körperlicher Betätigung wird dieser Grundwärmestrom noch

durch einen weiteren ergänzt, nämlich den Arbeitswärmestrom.

2. Zum Erhalt der Lebensfähigkeit ist bei Menschen weiter eine nahezu konstante Körperkerntemperatur von etwa 37° C einzuhalten. Für diese Temperaturkonstanz sind Regelungsmechanismen vorhanden, auf die noch einzugehen ist.

Da die genannten Stoffwechselvorgänge exotherm verlaufen, ist die notwendige Temperaturkonstanz nur dadurch zu gewährleisten, daß eine der Wärmeproduktion entsprechende Wärmemenge vom Körper an die Umgebung abgeführt wird.
Dieser Wärmeaustausch zwischen dem Körper und der Umgebung wird in hohem Maße vom klimatischen Zustand der Umgebung beeinflußt, wodurch sich die oben genannten Einflußgrößen ergeben.

Wie sich der Haupteinfluß, nämlich die Lufttemperatur, auswirkt, zeigt das Bild 5. Dort sind vier Temperaturbereiche angegeben, und zwar in Zusammenhang mit dem Gesamtwärmestrom, der sich aus dem Grundwärmestrom und dem bei der Muskelarbeit erzeugten Arbeitswärmestrom zusammensetzt /2/. Der Grundwärmestrom ist abhängig von Geschlecht, Alter, Körpergröße und Körpergewicht.

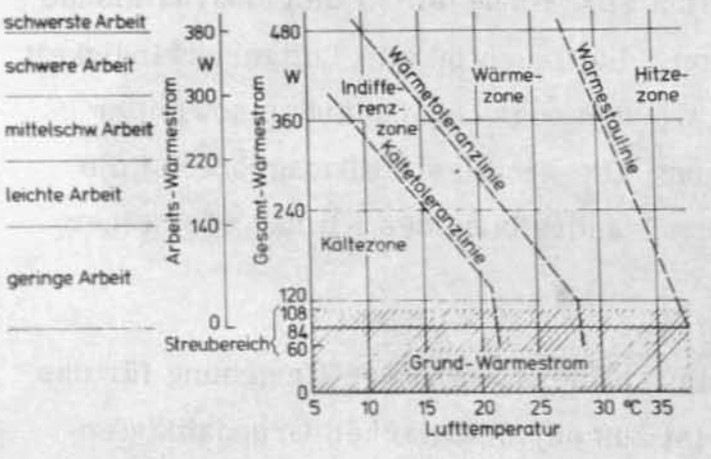



Bild 5
Arbeit in Klimazonen nach DIN 33 403 E.

Die Indifferenzzone ist als thermoneutraler Bereich anzusehen. Der Körper kann ohne besondere Maßnahmen die abzuführende Wärmemenge an die Umgebung abgeben. Bei Temperaturen unterhalb der Indifferenzzone, also im Bereich der Kältezone, würde die Körperkerntemperatur absinken, wenn nicht durch verstärkte Muskeltätigkeit (Muskelzittern oder durch körperliche Betätigung) zusätzlich

Wärme erzeugt würde. Liegen Temperaturen derart vor, daß die zusätzliche Wärmeerzeugung nicht mehr ausreicht, dann kommt es zur Abkühlung und schließlich zu Erfrierungen.

Oberhalb der Indifferenzzone - in der Wärmezone - läßt sich die Körperkerntemperatur nur noch durch zusätzliche Schweißbildung einhalten. Durch die dabei auftretende Verdunstung erfolgt eine Abkühlung des Körpers. Bei noch höheren Temperaturen, nämlich in der Hitzezone, reicht diese Verdunstungskühlung nicht mehr aus, so daß es zum Wärmestau kommen kann. Unter solchen Bedingungen müssen, wenn keine anderen Maßnahmen möglich sind, Erholungspausen eingelegt werden, um den Wärmestrom zu senken. Ist dies nicht ausreichend oder möglich, besteht die Gefahr der Temperaturerhöhung, der zum Hitzekollaps führen kann. In der Hitzezone ist eine ununterbrochene Tätigkeit nicht möglich.

Die wichtigsten Klimabedingungen hinsichtlich der optimalen Fahrerplatzgestaltung sind mit Bild 5 gegeben, soweit auch noch andere Klimafaktoren zu berücksichtigen sind, werden sie an entsprechender Stelle angesprochen.

### 3.1.2 Belastung durch Klima /2/

Hinsichtlich der klimatischen Belastung von Schlepperfahrern ist nach der Jahreszeit und nach Schleppern mit und ohne Kabine zu unterscheiden. Dieser Bericht beschränkt sich auf die Zeit von etwa April bis Oktober.

Der Fahrerplatz ist durch die Abwärme vom Schleppermotor erhöhten Lufttemperaturen ausgesetzt, Bild 6. Abhängig von der abgegebenen Schlepperleistung können diese beispielsweise bis $10^{o}$ C über der Außenlufttemperatur liegen. Bei Außenlufttemperaturen um $25^{o}$ C beträgt dann die Lufttemperatur am Fahrerplatz mehr als $35^{o}$ C, so daß bereits die Hitzezone erreicht sein kann.

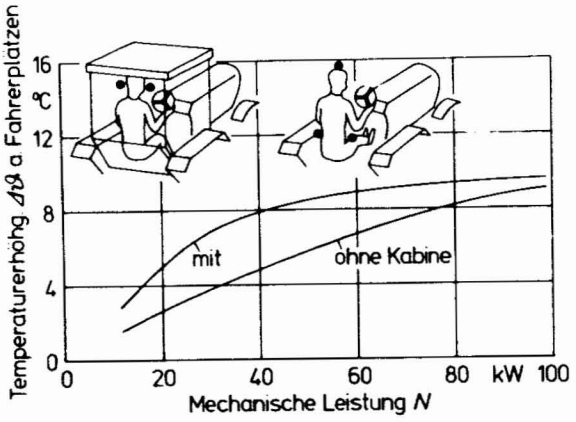



Bild 6
Temperaturerhöhung gegenüber der Außenluft an Fahrerplätzen in Abhängigkeit von der angegebenen Schlepperleistung aufgrund der Abwärme von Motor und Getriebe. Bei Kabine: Frischluftstrom 280 $m^3/h$.

Eine weitere Quelle für eine Temperaturerhöhung ist die Sonneneinstrahlung. Hierdurch und durch die Abwärme von Motor und Getriebe kann selbst in einer gut belüfteten Kabine die Temperatur, abhängig von der Motorleistung, um 9 bis 13° C über der Außenlufttemperatur liegen, wie Bild 7 zeigt. Diese Temperaturerhöhung ergibt sich ausschließlich aufgrund einfallender Wärmeströme.

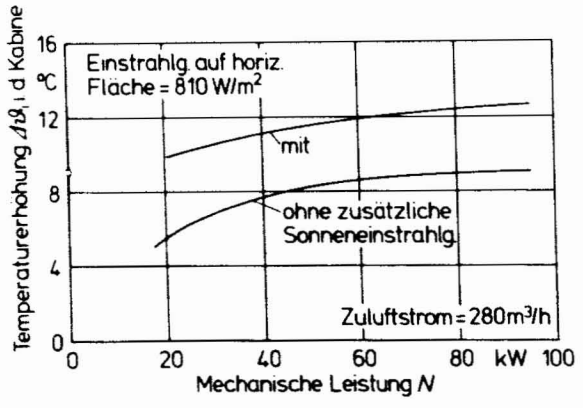



Bild 7
Temperaturerhöhung in einer belüfteten Fahrerkabine in Abhängigkeit von der abgegebenen Schlepperleistung mit und ohne Sonneneinstrahlung.

### 3.1.3 Klimagestaltung

Bei allen leistungsstarken Schleppern mit Kabine ist der Einbau einer Kühlanlage zwingend notwendig, dessen Betrieb bereits ab einer Außenlufttemperatur von 16° C erforderlich sein kann. Damit sind die Probleme aber noch nicht gelöst. Um die in die Kabine einfallende Wärme abzuführen, muß die Zuluft sehr stark ge-

kühlt werden, so daß sie bei Eintritt in die Kabine eine Temperatur weit unterhalb der behaglichen hat. Nun ist es aber auf Dauer nicht vertretbar, den Fahrer mit kalter Luft anzublasen. Deshalb muß man die Luft in der Kabine so führen, daß sie erst auf den Fahrer trifft, wenn sie sich hinreichend erwärmt hat. Wichtige Merkmale einer klimatisch richtig ausgelegten Fahrerkabine sind daher weiter Art, Form und Anordnung der Lufteinlaßöffnungen.

Die Luftführung muß so sein, daß über eine längere Zeitdauer an keiner Stelle in der Nähe des Fahrers Temperaturen unterhalb der Behaglichkeit auftreten und auch keine Luftgeschwindigkeit größer als etwa 0,5 m/s. Es gibt derzeit nur sehr wenige Fahrerkabinen, die diese Forderung erfüllen.

Die genannten Probleme der Luftführung lassen sich mildern, wenn die Fahrerkabine gegen einfallende Wärmeströme geschützt ist, das bedeutet: Es sind sämtliche Nichtfensterflächen vor allem Boden und Dach der Kabine gegen Wärme zu isolieren, um die eindringenden Wärmeströme von Motor und von der Sonneneinstrahlung weitestgehend zu begrenzen. Ferner sind wärmedämmendes Glas oder Außenblenden zu verwenden. Dadurch wird auch noch die direkte Bestrahlung des Fahrers gemildert. Auch die Formgebung der Kabine hat einen Einfluß. Besonders nachteilig sind positiv angestellte Fensterflächen.

Ein Öffnen der Fenster bringt wegen der Abwärme vom Motor fast keinen Erfolg. Aufgrund des Fahrtwindes hat man oft das Gefühl einer Verbesserung. Nach kurzer Zeit bewirkt dann aber die Luftgeschwindigkeit den Zustand der Unbehaglichkeit.

## 3.2 Schutz gegen luftfremde Stoffe

### 3.2.1 Beanspruchung durch luftfremde Stoffe

Unter luftfremden Stoffen am Arbeitsplatz sind gasförmige, feste und flüssige teilchenförmige Stoffe zusammengefaßt. Die gasförmigen Stoffe werden durch den Auspuff des Verbrennungsmotors

emitiert. Die festen teilchenförmigen Stoffe sind der auftretende Staub. Flüssige Teilchen entstehen beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln, Bild 8. Diese Stoffe können vor allem über den Respirationstrakt aber auch über die Haut in den Körper gelangen. Sie sind je nach stofflicher Zusammensetzung belästigend oder auch gefährdend. Da etwa 20 % der in der Landwirtschaft Beschäftigten an Erkrankungen der Atemwege leiden, ist anzustreben, eine zusätzliche Belastung durch den Arbeitsprozeß zu verhindern. Einige Beispiele für Wirkungen von teilchenförmigen Schadstoffen zeigt Bild 9.

Bild 8
Flüssige luftfremde Teilchen beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln.

| Schadstoff | | | Wirkung | |
|---|---|---|---|---|
| Herkunft | Stoffgruppe | Stoff | Wirkung | Erkrankung |
| Boden | Mineral | Quarz (freies, kristallines $S_iO_2$) | fibrogen | Silikose |
| lebende Organismen (Pflanze, Tier), Boden | Pilze Aktinomyceten Bakterien | thermophyle Aktinomyceten | allergen (fibrogen) | Farmerlunge |
| | Pollen | verschiedene Pollen | allergen | Heuschnupfen |
| | Partikel von Tieren | Federn, Hautteile | allergen | Hühnerzüchterlunge |
| | Pflanzenteile | Baumwollpartikel | allergen | Byssinose |
| Pflanzenbehandlungsmittel* | verschiedene chemische Mittel | Phosphorsäureester** | toxisch (ätzend) | Vergiftung |
| | | Chlorkohlenwasserstoffe** | toxisch (ätzend) | Vergiftung |
| Düngemittel | | Thomasphosphat | toxisch (ätzend) | Vergiftung |
| | | Kalkstickstoff | toxisch (ätzend) | Vergiftung |

Bild 9
Vorkommen von Schadstoffen in festen und flüssigen teilchenförmigen luftfremden Stoffen bei der landwirtschaftlichen Produktion und dadurch mögliche Wirkungen auf den Menschen.

* Herbizide, Fungizide, Bakterizide, Pestizide

**bestimmte Verbindungen

Die Frage, wann Erkrankungen auftreten, hängt ab von der stofflichen Zusammensetzung der luftfremden Stoffe, der auftretenden Menge und den spezifischen Wirkungen auf den Menschen. Man hat für diese Bewertung den sogenannten MAK-Wert oder die maximale Arbeitsplatzkonzentration eingeführt. Der MAK-Wert ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas-, Dampf- oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch wie bei wiederholter langfristiger in der Regel täglicher 8-stündiger Einwirkung, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit bis zu 45 h, im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt.

Derzeit liegen nur wenige MAK-Werte vor, die für Arbeitsplätze in der Landwirtschaft relevant sind, so für Kohlenmonoxid, Stickdioxide, quarzhaltigen Staub und einige Pflanzenbehandlungsmittel. Gesicherte Aussagen über zulässige Belastungen sind somit nur für einige Bereiche möglich /3/.

### 3.2.2 Belastungen durch luftfremde Stoffe

Hinsichtlich gasförmiger Stoffe hat Biller festgestellt, daß bei den üblichen Schlepperbauarten eine Gefährdung durch Kohlenmonoxid und Stickdioxide nicht gegeben ist.

Über mögliche Staubbelastungen liegen zahlreiche eigene Messungen vor. Daraus folgt, daß ein Gefährdungspotential beim Bearbeiten trockener Böden mit leistungsstarken Schleppern, bei der Ernte von Rüben und Kartoffeln und trockenen Böden, beim Mähdreschen und unter Umständen beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln vorliegen kann /3/. Kennwerte aus Belastungskollektiven, nämlich die o-, 25-, 50-, 75- und 100 %-Werte, zeigt Bild 10 für einige Produktionsabschnitte.

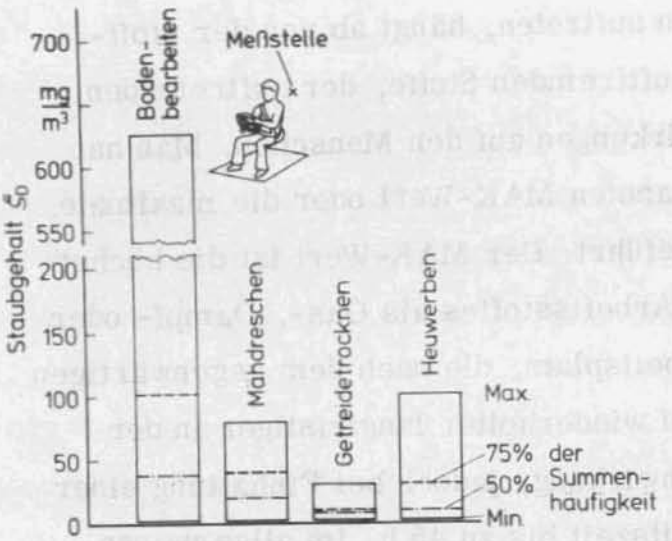



Bild 10
Kennwerte von Belastungskollektiven.
Dauerbelastung am Arbeitsplatz durch feste teilchenförmige Stoffe.

### 3.2.3 Staubschutzmaßnahmen

Von den in Frage kommenden Staubschutzmaßnahmen sind im wesentlichen zu nennen: Senken der Quelle soweit dies Produktionsabläufe oder technische Betriebsmittel ermöglichen und Kapseln des Arbeitsplatzes oder des Atembereiches. Für die Kapselung als allgemein zu empfehlende Lösung stehen Fahrerkabinen oder personengetragene Staubschutzeinrichtungen zur Verfügung.

Wie aus zahlreichen Messungen folgt, läßt sich mit einer Fahrerkabine ein hinreichender Staubschutz realisieren, wenn in den Kabinen ein gewisser Überdruck bei normaler Belüftung, beispielsweise von mindestens 20 besser noch 40 Pa vorhanden ist und ein Filtrationsentstauber eingesetzt wird, der den lungengängigen Staub zu 95 % abscheidet, Bild 11. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist auch davon auszugehen, daß eine solche Kabine auch beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln einen hinreichenden Schutz bietet falls ein solcher erforderlich ist /4/.

Für kurzfristige Arbeiten und bei entsprechenden Klimabedingungen kann man als Staubschutz auch den Atemschutzhelm, Bild 12, einsetzen. Geeignet ist auch die Atemschutzmaske, die jedoch wegen des erhöhten Atemwiderstandes ungern getragen wird. Für das Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln ist, falls eine Schutz-

maßnahme erforderlich ist, neben der Atemschutzmaske die Atemschutzhaube mit einem Aktivkohlefilter in der Zuluft zu empfehlen.

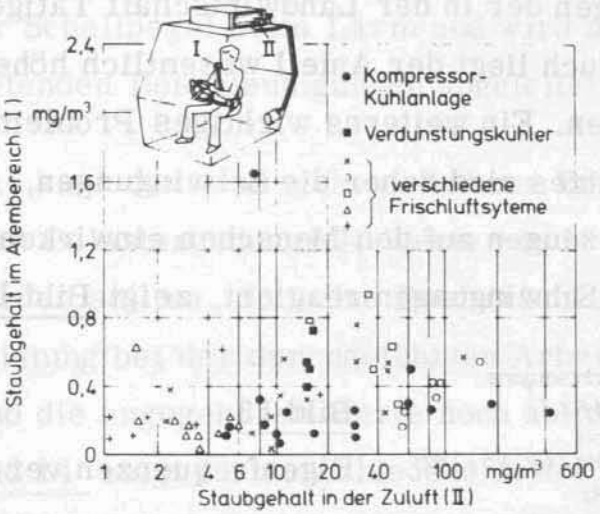
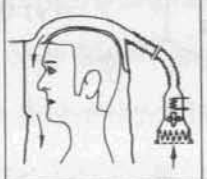
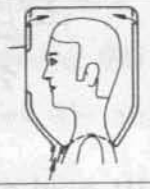



Bild 11

Staubgehalt in Fahrerkabinen.

| Gerätebenennung | Atemschutzmaske | Atemschutzhelm | Atemschutzhaube | Atemschutzhaube |
|---|---|---|---|---|
| Schema | | |  |  |
| Beispiel | | | | |
| Vorteile | keine Beschränkung des Bewegungsraumes | | Lufttemperatur und -menge einstellbar | |
| | geringer Aufwand | kein zusätzlicher Atemwiderstand | | |
| | | | | freier Kopf |
| Preis [DM] | 120 | 600 | 500 [1] | 450 [2] |

1) bei Luftentnahme aus Preßluftsystem
2) ohne Klimatisierung der Luft und Luftmengenregelung

Bild 12 Beispiele für personengetragene Atemschutzgeräte.
Lieferfirma Atemschutzhelm "Airstream":
Fa. Optac, 6074 Rödermark/Ober-Roden
für Atemschutzhaube "Helmet Protector":
Fa. Schmid, 7993 Kressbronn

## 3.3 Schwingungsminderung /5/

### 3.3.1 Zulässige Belastung

Den Hauptanteil aller Erkrankungen der in der Landwirtschaft Tätigen stellen die des Stützapparates. Auch liegt der Anteil wesentlich höher als in allen anderen Berufsgruppen. Ein weiteres wichtiges Problem für die Gestaltung des Arbeitsplatzes sind daher die Schwingungen, die auf landwirtschaftlichen Fahrzeugen auf den Menschen einwirken. Wie der menschliche Körper auf Schwingungen reagiert, zeigt Bild 13.

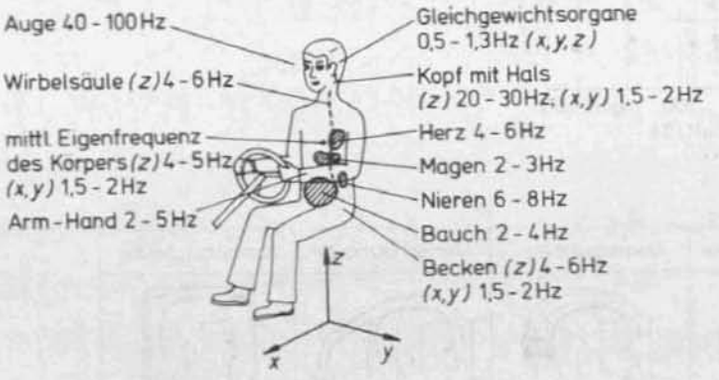



Bild 13
Eigenfrequenzen verschiedener Organe beim Menschen.

Dargestellt sind die Eigenfrequenzen verschiedener innerer Organe beim sitzenden Menschen in den drei Koordinatenrichtungen. In den angegebenen Eigenfrequenzen treten große Schwingungsausschläge der einzelnen Organe auch schon bei kleiner Schwingungsanregung auf, wodurch bei längerer Einwirkung Schäden möglich sind. Bei Schwingungsanregung in verschiedener Richtung kann die Eigenfrequenz für dasselbe Organ unterschiedlich sein. Z. B. beträgt die Eigenfrequenz des Kopfes mit Hals in z-Richtung 20 bis 30 Hz, die des Beckens 4 bis 6 Hz, bei Anregung in x- bzw. y-Richtung liegt sie aber für beide Beispiele zwischen 1, 5 bis 2 Hz.

Für den sitzenden Menschen liegen die Frequenzbereiche der größten Empfindlichkeit für den Körper als Ganzes in z-Richtung bei 4 bis 5 Hz und in x- bzw. y-Richtung bei 1-2 Hz.

Diese Tatsache wird bei der Bewertung der Schwingungen auf landwirtschaftlichen Fahrzeugen im Hinblick auf ihre Erträglichkeit

berücksichtigt. Als Maß für die Belastung des Menschen durch Schwingungen dient die sog. Wahrnehmungsstärke K, auch K-Wert genannt. Sie ist eine frequenzbewertete Kenngröße, ähnlich wie der Schallpegel beim Lärm und wird aus den am Fahrerplatz auftretenden Beschleunigungen abgeleitet.

Man kann davon ausgehen, daß zur Erhaltung der Gesundheit je nach Belastungsdauer K-Werte von 10 bis 25 nicht überschritten werden sollten. Soll eine Beeinträchtigung der menschlichen Leistung bei der durchgeführten Arbeit vermieden werden, so sind die angegebenen Werte noch auf die Hälfte zu reduzieren. Bild 14 zeigt für verschiedene in der Landwirtschaft vorkommende Arbeiten ermittelte K-Werte. Es ist ersichtlich, daß viele Arbeiten im Bereich der für die Erhaltung der Gesundheit als zulässig erachteten oberen Grenze der Schwingungsbelastung durchgeführt werden. Daraus folgt, daß zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen an landwirtschaftlichen Fahrerplätzen die auftretenden Schwingungen abzubauen oder zu begrenzen sind.

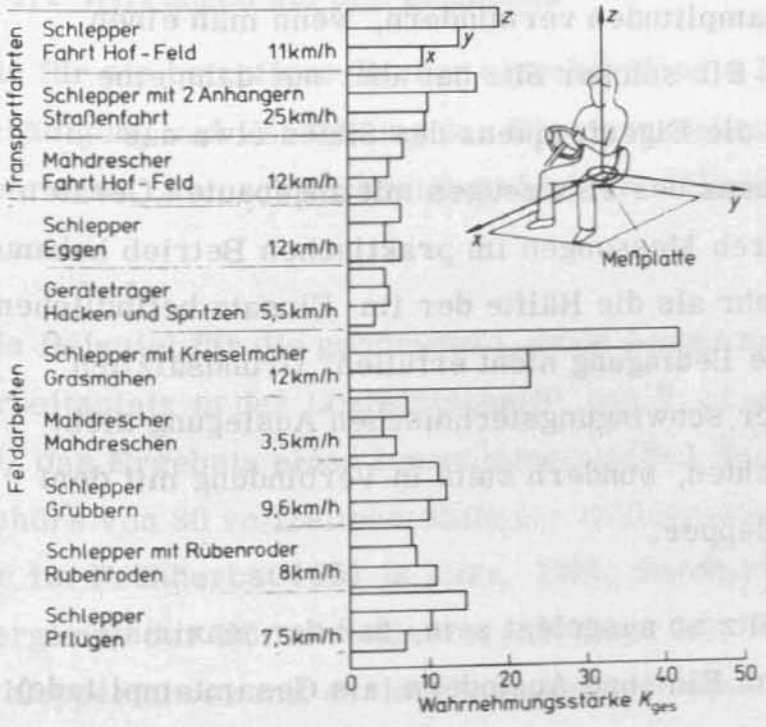



Bild 14
Schwingungsbelastung am Fahrerplatz landwirtschaftlicher Fahrzeuge.

### 3.3.2 Maßnahmen zur Entlastung

Die Schwingungen am Fahrerplatz werden durch die Unebenheiten der Fahrbahn, die Fahrgeschwindigkeit und das Schwingungsverhalten des Fahrzeugs verursacht.

Ein Vermindern der Schwingungsbelastung durch den Bau ebener Fahrbahnen ist für landwirtschaftliche Fahrzeuge nur auf den Verkehrswegen möglich und daher von untergeordneter Bedeutung.

Der auf dem ersten Blick einfachste Weg der Absenkung der Fahrgeschwindigkeit widerspricht dem Streben nach höheren Arbeitsgeschwindigkeiten, um die Arbeitsproduktivität und die vom Schlepper umsetzbare Leistung zu steigern.

Somit verbleiben zur Entlastung des Fahrers in erster Linie technische Maßnahmen, welche die Schwingungen am Fahrerplatz reduzieren.

Bei den heute verwendeten Schleppern treten die größten Schwingungsamplituden in der Eigenfrequenz der Schlepper auf, Bild 15. Man kann diese Schwingungsamplituden vermindern, wenn man einen gefederten Sitz benutzt. Ein solcher Sitz hat aber nur dann eine positive Wirkung, wenn die Eigenfrequenz des Sitzes etwa das 0,7fache der Eigenfrequenz des Fahrzeuges mit angebauten Geräten nicht überschreitet. Durch Messungen im praktischen Betrieb haben wir festgestellt, daß mehr als die Hälfte der im Einsatz befindlichen Schlepper diese einfache Bedingung nicht erfüllen. Grundsätzlich ist daher der Sitz bei der schwingungstechnischen Auslegung nicht für sich allein zu betrachten, sondern stets in Verbindung mit dem Schwingungssystem Schlepper.

Des weiteren muß der Sitz so ausgelegt sein, daß der maximale Weg zu den Pedalen beim Ein- und Ausfedern (als Gesamtamplitude) 10 cm nicht überschreitet.

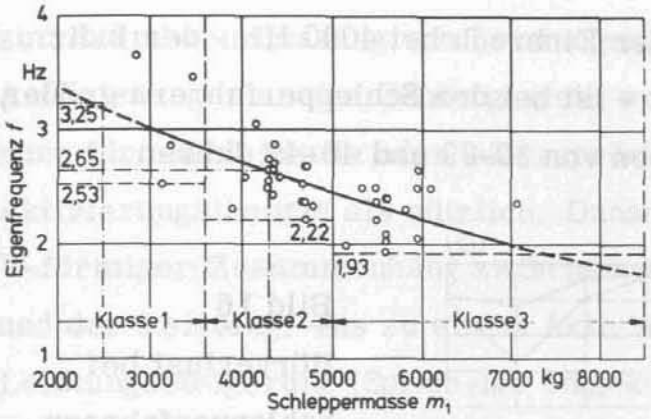



Bild 15
Eigenfrequenzen von Schleppern in Abhängigkeit von der Masse.

Eine andere Möglichkeit der Entlastung ist durch die Achsfederung gegeben, wie sie bei einigen Schleppern und Sonderfahrzeugen angewendet wird.

Es ist ferner daran zu denken, nicht den Sitz, sondern die Kabine abzufedern. Vorteile ergeben sich durch das günstigere Schwingungsverhalten und die Tatsache, daß zwischen Fahrer und Bedienelementen keine Relativbewegung auftritt, als Nachteil ist der größere konstruktive Aufwand zu sehen.

## 3.4 Lärmbelastung

### 3.4.1 Wirkungen auf den Menschen

Die für die betroffene Person einschneidenste Lärmwirkung ist die Schädigung und Zerstörung der Hörsinneszellen des Innenohrs, die über eine Lärmschwerhörigkeit bis zur völligen Taubheit führen kann.

Als Beispiel für die gehörschädigende Auswirkung von Lärm am Arbeitsplatz in der landwirtschaftlichen Produktion ist in Bild 16 /6/ das Ergebnis einer tonaudiometrischen Untersuchung des Gehörs von 80 vollzeitbeschäftigten Schlepperfahrern dargestellt, die im Frühherbst 1957 in Jowa, USA, durchgeführt wurde. Beim Vergleich der Hörschwellenverschiebung des linken Ohres der Schlepperfahrer mit der überwiegend altersbedingten Hörminderung der übrigen Bevölkerung zeigen sich zwei Unterschiede: Das Hörvermögen der Schlepperfahrer ist oberhalb 1000 Hz schlechter als

das der Kontrollgruppe, und der Einbruch bei 4000 Hz - der Indiz für eine Lärmschwerhörigkeit - ist bei den Schlepperfahrern größer, besonders für die Altersgruppen von 30-39 und 40-49 Jahren.

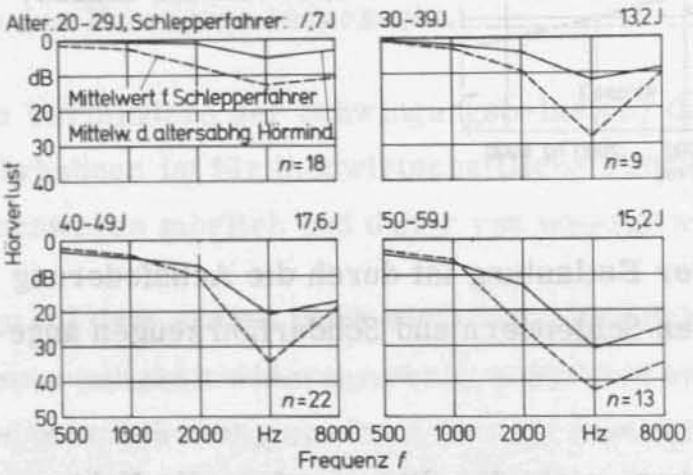



Bild 16
Hörverlust bei Schlepperfahrern.

Die Nennleistung der benutzten Schlepper betrug 25 bis 45 kW und der am Fahrerohr gemessene Mittelwert des Schalldruckpegels der Oktavbänder von 300 bis 1200 Hz schwankte zwischen 85, 0 und 102, 5 dB.

Obwohl in einschlägigen Vorschriften zur Vermeidung von Gehörschäden als Grenzwert ein Beurteilungspegel von 90 dB (A) angegeben wird, ist die Gefahr einer gehörschädigenden Wirkung schon ab einem Beurteilungspegel von 80 dB (A) nicht mehr auszuschließen.

Neben einer Schädigung des Gehörs kann Arbeitslärm für die betroffenen Personen weitere gesundheitsschädigende Auswirkungen haben, wenn auf dem Umweg über gesteigerte physiologische Reaktionen und nachteilige Beeinflussung des Nervensystems im menschlichen Organismus dauernde vegetative aber auch organisch nachweisbare Störungen auftreten. Neben den physikalischen Größen, wie z. B. der Schalldruckpegel, spielen dabei auch eine Reihe von objektiv nicht faßbaren Einflußgrößen, z. B. psychologischer Art, eine maßgebliche Rolle.

Eine andere wichtige Frage ist die Beeinflussung der Arbeitsleistung durch Lärm. Bei den zahlreichen vorliegenden Untersuchungen

zur Lärmbeeinflussung von Leistungen, bei denen keine besonderen Anforderungen an das Gehör gestellt werden, erwies sich als Erklärung für ausbleibende oder widersprüchliche Lärmwirkungen die Aktivierungstheorie als nützlich. Danach besteht ein umgekehrt V-förmiger Zusammenhang zwischen der Aktivierung durch Lärm und der Leistung. Bis zu einem Aktivierungsoptimum erfolgt eine Leistungssteigerung (Spitze des umgekehrten V), bei weiterer Aktivierung fällt sie ab.

Nach einer neueren Untersuchung /7/ wird der Leistungsabfall jedoch überwiegend durch eine negative Beurteilung der vorhandenen Geräuschsituation bewirkt, so daß die Leistungsänderung nicht als primär, sondern als sekundäre Reaktion auf die Änderung der Schallstärke erscheint.

### 3.4.2 Maßnahmen zur Lärmminderung

Grundsätzlich ist zwischen aktiven und passiven Maßnahmen der Lärmbekämpfung zu unterscheiden. Durch aktive Maßnahmen wird versucht, die Lärmentstehung zu verhindern oder zumindest zu mindern. Wegen der hohen allgemeinen Bedeutung des Problems befaßt sich die Forschung weltweit seit Jahren mit der Geräuschentwicklung von Verbrennungskraftmaschinen, die auch für Ackerschlepper und andere Arbeitsmaschinen mit Eigenantrieb die Hauptlärmquelle darstellen. Alle bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen übereinstimmend, daß mit aktiven Maßnahmen nur eine sehr begrenzte Lärmminderung möglich ist. Außerdem bedingen diese Maßnahmen langwierige und umfangreiche Entwicklungsarbeiten. Ausnahmen stellen die leicht zu verwirklichende aber trotzdem wirkungsvolle Drehzahlabsenkung und milde Aufladung der Verbrennungskraftmaschinen dar.

Bei der Lösung von Lärmproblemen muß daher zur Zeit weitgehend auf Mittel der passiven Lärmbekämpfung zurückgegriffen werden. Hierunter versteht man Maßnahmen, durch welche die Übertragung des Lärms von der Quelle zum Fahrer verhindert oder geschwächt

wird. Die einfachste Möglichkeit besteht in der Anwendung von persönlichem Gehörschutz in Form von Gehörschutzstöpseln, -watte und -kapseln /8/. Wie Bild 17 zu entnehmen ist, besitzen Stöpsel im unteren Frequenzbereich einen höheren Dämmwert als Watte und Kapseln. Bei hohen Frequenzen zeigen dagegen Kapseln die besten Dämmwerte.

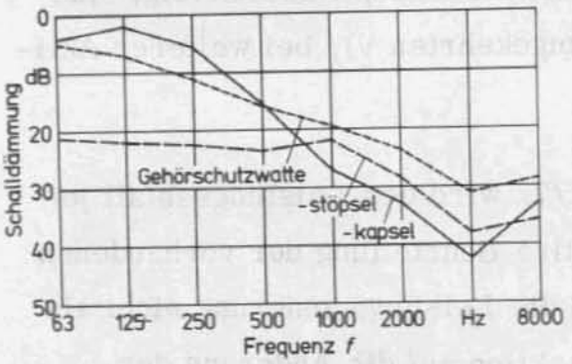



Bild 17
Schalldämmung durch personengetragene Gehörschutzmittel.

Bei Ackerschleppern und anderen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen kann die auch noch aus anderen Gründen angestrebte Fahrerkabine zum passiven Schallschutz herangezogen werden. Daß sich mit in schalltechnischer Hinsicht ausgereiften Fahrerkabinen ein befriedigender Lärmschutz erreichen läßt, zeigt die in Bild 18 /9/ dargestellte Lärmbelastung der Fahrer von Kabinenschleppern im praktischen Einsatz. Danach überschreiten nur noch rd. 15 % der am Fahrerohr gemessenen Mittelungspegel den als zulässig erachteten Grenzwert von 90 dB(A), während der 50 %-Wert bei rd. 85 dB(A) liegt. Gegenüber vergleichbaren Ackerschleppern älterer Bauart wurde damit eine Pegelabsenkung von rd. 10 dB erreicht. Dabei haben einige Fahrerkabinen aber schon einen so hohen Entwicklungsstand erlangt, daß kein Spielraum mehr für eine nennenswerte Verbesserung besteht.

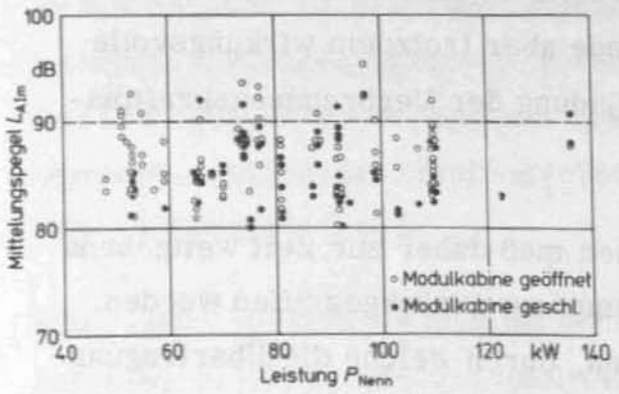



Bild 18
Lärmbelastung in Fahrerkabinen von Schleppern neuerer Bauart, Kabinen mit eigenem Boden und körperschallisoliert mit dem Schlepper verbunden.

Eine andere Möglichkeit der passiven Lärmbekämpfung besteht darin, die Hauptlärmquellen, also insbesondere die Verbrennungskraftmaschine, zu kapseln.

Schrifttum

/1/ DIN 33 403 E, Tl. 3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Arbeit in Klimazonen und unter Wärmestrahlung (1976), Beuth Verlag GmbH, Berlin u. Köln.

/2/ Batel, W., J. Janssen u. R. Möller: Klimabelastung auf Schleppern und Mähdreschern und Maßnahmen zur Klimagestaltung.
Landbauforschung Völkenrode, 1980, Sonderheft 52, S. 157/70.

/3/ Batel, W.: Staubbelastung und Staubzusammensetzung an Arbeitsplätzen der landwirtschaftlichen Produktion und daraus abzuleitende Belastungsgrenzen und Staubschutzmaßnahmen.
Grundl. Landtechnik Bd. 29 (1979) Nr. 2, S. 41/54.

/4/ Batel, W.: Untersuchungen zur Wirkstoffbelastung am Arbeitsplatz beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln.
FAL-Kolloquium, 7. Nov. 1979 - Landbauforschung Völkenrode, 1980, Sonderheft 52, S. 83/99.

/5/ Graef, M.: Schwingungsbelastung auf Schleppern und anderen fahrenden Arbeitsmaschinen.
FAL-Kolloquium, 7. Nov. 1979 - Landbauforschung Völkenrode, 1980, Sonderheft 52, S. 171/80.

/6/ Lierle, D.M. u. S.N. Reger: The effect of tractor noise on the auditory sensitivity of tractor operators.
Anuals of Otology, Rhinologie, and Laryngology Bd. 67 (1958) S. 372/88.

/7/ Guski, R.: Ein Experiment zum Zusammenhang zwischen Schallstärke, Situationskognition und Leistung.
Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie
Bd. 22 (1975) Nr. 4, S. 584/99.

/8/ Schönefeld, H.: Möglichkeiten des individuellen Schutzes - Schutz gegen Lärm.
VDI-Ber. (1978) Nr. 310, S. 121/37.

/9/ Witte, E.: Stand und Entwicklung der Lärmbelastung von Schlepper- und Mähdrescherfahrern.
Grundl. Landtechnik Bd. 29 (1979) Nr. 3, S. 92/99.

# Reifen für die Landwirtschaft - Entwicklungstendenzen, Einsatzmöglichkeiten [1)]

von DI Dr. Heinrich Steinkampf, Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

Zu den Reifen für die Landwirtschaft gehören AS-Triebreifen, AS-Frontreifen, AW (Ackerwagen)-Reifen, AM (Ackermaschinen)-Reifen und AS-Einachsschlepperreifen. Für landwirtschaftliche Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit über 30 km/h werden MPT-Reifen verwendet.

Die höchsten und vielfältigsten Anforderungen werden an die AS-Triebreifen (und MPT-Reifen) gestellt. Auf diese Reifen wird deshalb auch vorrangig eingegangen. Die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten sind jedoch für alle Reifen gültig.

## Anforderungen an AS-Triebreifen

An die Triebreifen werden fahrzeugtechnische Anforderungen (ausreichende Tragfähigkeit, Dämpfen von Stößen, hohe Lebensdauer), fahrmechanische Anforderungen (u.a. ausreichende Walkarbeit zur Reduzierung der Bodenverformung sowie zur besseren Selbstreinigung auf schmierenden Böden, Übertragung hoher Zugkräfte bei möglichst geringen Verlusten durch Schlupf und Rollwiderstand), sowie bodenmechanische und pflanzenbauliche Anforderungen gestellt. Zu den bodenmechanischen Anforderungen sind das Vermeiden hoher Bodenverdichtungen an der Oberfläche und in tieferen Bodenschichten, das Vermeiden tiefer Radspuren sowie von Schmierschichten durch zu hohen Schlupf zu zählen. Der Pflanzen-

---

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

bauer stellt bestimmte Anforderungen an die Reihenweite und die Furchenbreite, die letztlich nur bei entsprechender Abmessung der Reifen verwirklicht werden können.

Obwohl hier noch nicht alle Anforderungen aufgezählt wurden, wird doch deutlich, daß sie teilweise miteinander kollidieren. Kompromisse waren und sind deshalb unumgänglich, insbesondere bei steigenden Radlasten.

Tragfähigkeit von Reifen

Der Zwang zur Erhöhung der Tragfähigkeit von Reifen als Voraussetzung für den Einsatz größerer Ackerwagen und Maschinen sowie leistungsstärkerer Schlepper hat die Weiterentwicklung von Reifen entscheidend beeinflußt. Während z. B. AW- und AM-Reifen reine "Lastenträger" sind, sollen AS-Reifen in erster Linie Zugkräfte übertragen. Und da die Zugkraft eines Schleppers in sehr starkem Maße vom Schleppergewicht und in keiner Weise von der Motorleistung abhängt, waren zur Erhöhung der Zugkraft bei ständig steigenden Motorleistungen auch höhere Schleppergewichte und damit tragfähigere Reifen notwendig.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit gibt es generell zwei Möglichkeiten:

1. Vergrößern des Luftvolumens
2. Erhöhen des Reifeninnendruckes

Ein größeres Luftvolumen ist durch eine Durchmesservergrößerung oder durch eine Reifenverbreiterung zu erreichen. Dabei läßt sich die Tragfähigkeit über eine Reifenverbreiterung erheblich wirksamer, materialsparender und kostengünstiger steigern als über eine Vergrößerung des Durchmessers, Abb. 1. Eine Durchmesservergrößerung hat außerdem höhere Getriebebelastungen zur Folge als eine Reifenverbreiterung.

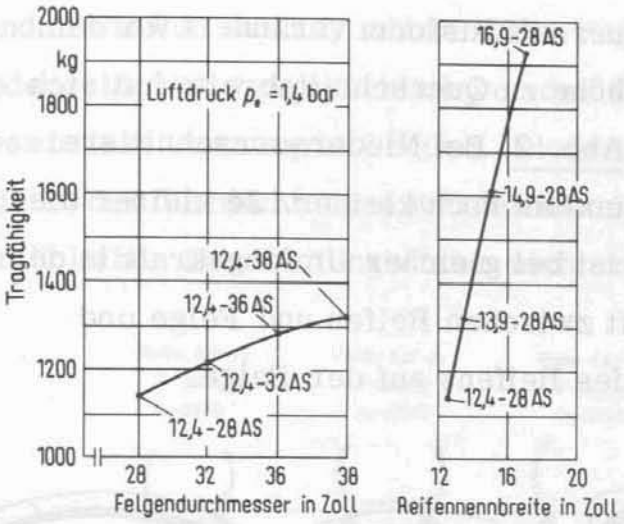



Abb. 1
Reifentragfähigkeit in Abhängigkeit vom Felgendurchmesser und der Reifennennbreite.

Die Erhöhung der Tragfähigkeit eines Reifens über den Reifeninnendruck wird begrenzt durch den maximal zulässigen Reifeninnendruck, der wieder von der Karkassenfestigkeit abhängt. Die Karkassenfestigkeit wird gekennzeichnet durch die PR-Zahl, die nicht mit der Lagenzahl moderner Gewebe übereinstimmen muß. Mit zunehmendem Reifeninnendruck und zunehmender Karkassenfestigkeit werden die Reifen natürlich härter und weniger flexibel und damit den bodenmechanischen Anforderungen immer weniger gerecht.

Es gibt jedoch spezielle Einsatzfälle, bei denen es sich nicht vermeiden läßt, Reifen mit hoher Karkassenfestigkeit bei hohem Reifeninnendruck einzusetzen. Dies ist z. B. bei Pflegereifen für 40... 50 kW-Schlepper der Fall. Als Beispiel seien hier die Pflegereifen 9, 4-44 AS, 9, 4-48 AS und 12, 4-46 AS genannt, bei denen die erforderliche Tragfähigkeit wegen des relativ geringen Luftvolumens nur über Reifeninnendrücke bis zu 3 bar und eine entsprechende Karkassenfestigkeit erreicht werden kann.

Der Zwang zur Erhöhung der Tragfähigkeit hat zu größeren Reifendurchmessern, zu breiteren Reifen sowie zu höheren Reifeninnendrücken geführt. Das Verhältnis von Reifendurchmesser zu Reifenbreite hat sich jedoch verschlechtert, d. h. die Reifen sind in stärkerem Maße verbreitert als im Durchmesser vergrößert worden. Wie später noch gezeigt wird, ist dies mit höheren Rollwiderständen und schlechteren Zugeigenschaften der Schlepper verbunden.

Im Laufe der Zeit ist auch die Querschnittsform verändert worden. Das Verhältnis von Querschnittshöhe zu Querschnittsbreite hat sich von 1 auf etwa 0,75 verringert, Abb. 2. Bei Niederquerschnittsreifen und Terrareifen ist dieser Quotient noch kleiner. Je kleiner dieser Quotient ist, desto geringer ist bei gleicher Umfangskraft in der Aufstandsfläche die Umfangskraft zwischen Reifen und Felge und damit die Gefahr des Wanderns des Reifens auf der Felge.

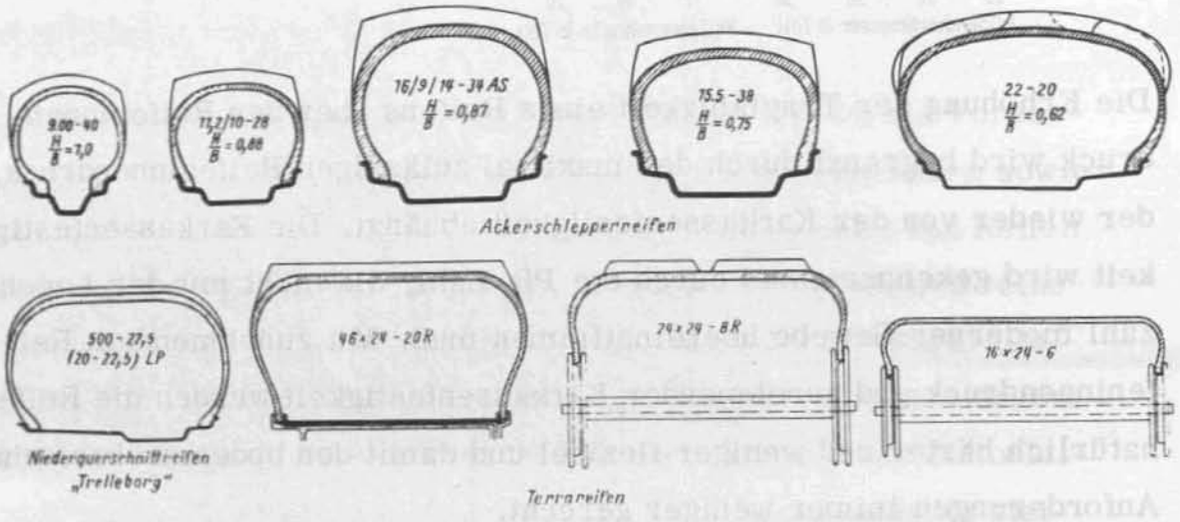



Abb. 2 Entwicklung der Querschnitte von AS-Reifen, Niederquerschnitt- und Terrareifen (nach G. Sitkei und W. Söhne (1))

## Reifenabmessung, Radlast und Bodenverdichtung

Beim Abstützen von Lasten über das Rad auf den Boden treten Bodenverformungen und Bodenverdichtungen auf. Sie sind abhängig vom Boden (Art und Zustand), vom Flächendruck in der Aufstandsfläche und von der Radlast.

Beim gleichen Bodenzustand wird der Boden trotz gleichen Flächendruckes in der Aufstandsfläche mit zunehmender Radlast zu immer größeren Tiefen hin verdichtet. Dies geht anschaulich aus den von Söhne (2) errechneten "Druckzwiebeln" hervor, Abb. 3. Je nasser und nachgiebiger ein Boden ist, in desto tiefere Schichten erstrecken sich die Bodenverdichtungen. Söhne (3) führt dazu aus, daß in geringer Bodentiefe der Flächendruck in der Berührungsfläche einen entschei-

denden Einfluß ausübt, während die Verdichtungen in den tieferen Bodenschichten hauptsächlich von der über das Rad abgestützten Gesamtlast verursacht werden. Diese in größere Tiefen hineinreichenden Verdichtungen werden durch die Bodenbearbeitung bei den üblichen Bearbeitungstiefen nicht mehr beseitigt.

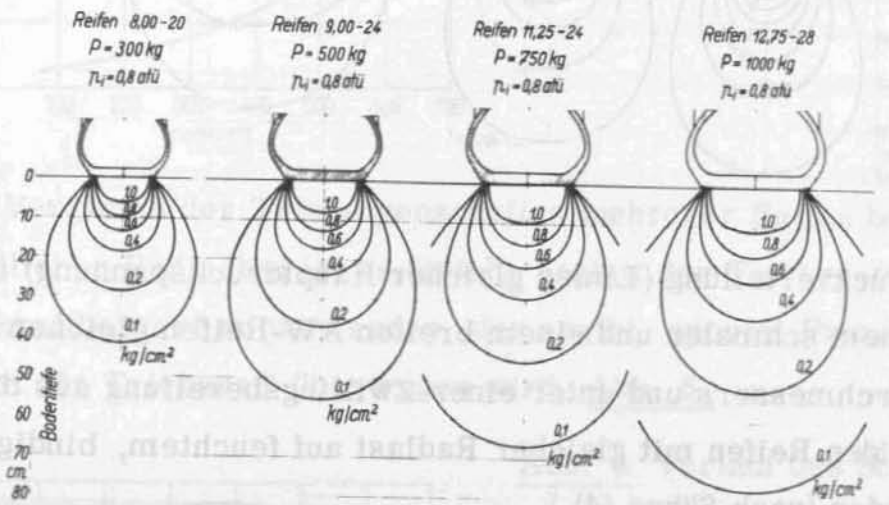



Abb. 3 Druckverteilung (Linien gleicher Hauptdruckspannung) unter Schlepperreifen auf hartem Lehmboden (nach Söhne (2) ).

Hiermit müssen die Landwirte seit langem leben, obwohl inzwischen die Radlasten leistungsstarker Schlepper wesentlich höher und auch der Flächendruck in der Berührungsfläche infolge der höheren Reifeninnendrücke höher sind als in Abb. 3. Wie Abb. 4 zeigt, können bei gleicher Radlast durch die Verwendung von breiteren Reifen oder von Zwillingsreifen zwar die Spurtiefe und die Bodenverdichtung in geringer Bodentiefe vermindert werden, die Bodenverdichtung in größerer Bodentiefe jedoch nur unwesentlich (4).

## Prinzipielles zu den Übertragungseigenschaften von AS-Triebreifen

Die vordringliche Aufgabe der AS-Triebreifen ist es, Triebkräfte auf den Boden abzustützen und damit dem Schlepper die Übertragung von Zugkräften zu ermöglichen.

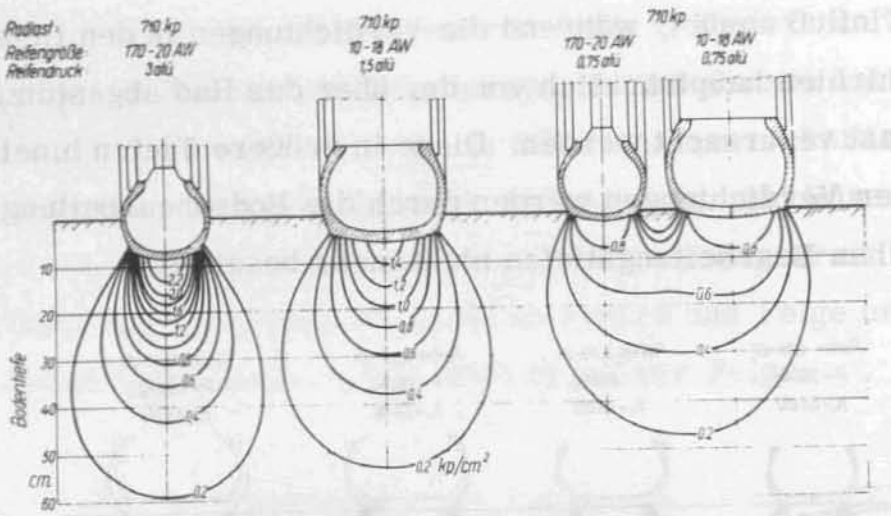



Abb. 4 Druckverteilung (Linien gleicher Hauptdruckspannung) unter einem schmalen und einem breiten AW-Reifen gleichen Außendurchmessers und unter einer Zwillingsbereifung aus diesen beiden Reifen mit gleicher Radlast auf feuchtem, bindigen Boden (nach Söhne (4) ).

Dabei setzt der Boden der Vorwärtsbewegung der Reifen einen Widerstand entgegen, der als Rollwiderstand bezeichnet wird. Der Rollwiderstand eines Reifens ist bei gleicher Radlast um so größer, je mehr der Reifen walkt und je tiefer und breiter er einsinkt.

Beim Abstützen von Triebkräften wird der Boden in Horizontalrichtung verformt. Diese Bodenverformung sowie die Verformung der Karkasse und der Stollen in Umfangrichtung des Reifens sind die Ursachen für den Radschlupf. Je größer die Triebkraft ist, die ein Rad unter gleichen Bedingungen überträgt, desto größer sind die Boden- und Reifenverformungen und damit der Schlupf. Dabei nimmt der Schlupf zunächst nur geringfügig und mit größer werdender Triebkraft deutlich überproportional zu, Abb. 5.

Die Höhe der Triebkraft, die ein Reifen auf den Boden abstützen kann, hängt außer vom Schlupf auch von der Bodenart, dem Bodenzustand (Feuchtegehalt, Porenvolumen), dem Reifen (Abmessung, Bauart, Stollenhöhe), dem Reifeninnendruck und der Radlast ab.

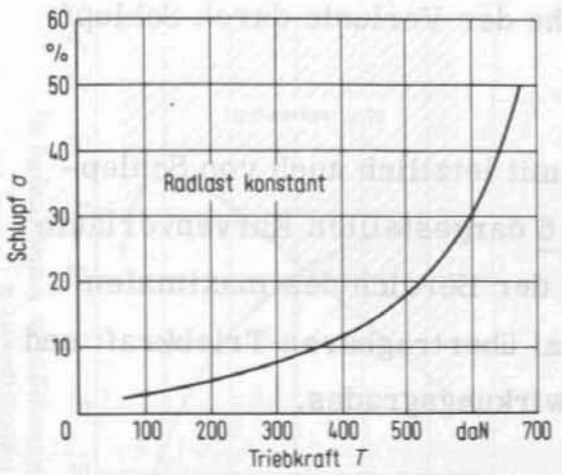



Abb. 5 Verlauf des Schlupfes eines AS-Triebreifens über der Triebkraft bei konstanter Radlast.

Beim Vergleich der Triebeigenschaften mehrerer Reifen bei unterschiedlichen Radlasten ist es üblich, anstatt der Triebkraft den Triebkraftbeiwert zu verwenden, der angibt, wieviel Prozent der Radlast als Triebkraft übertragen wird, Abb. 6.

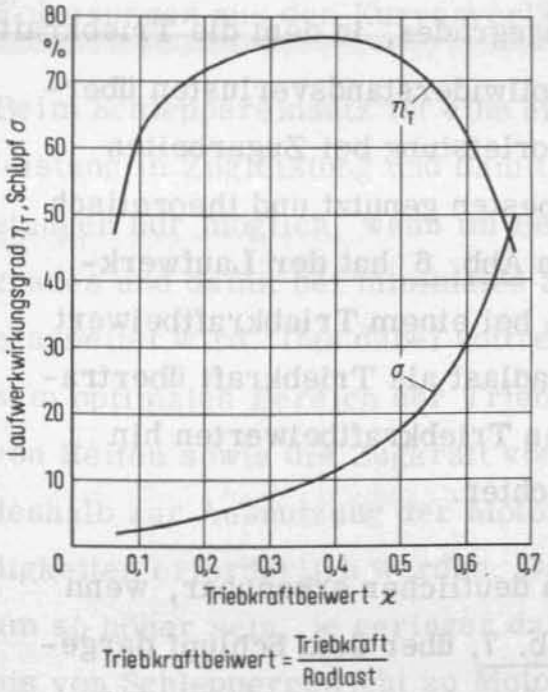



Abb. 6 Verlauf des Schlupfes und des Laufwerkwirkungsgrades eines AS-Triebreifens über dem Triebkraftbeiwert

In Abb. 6 ist auch der Laufwerkwirkungsgrad über dem Triebkraftbeiwert aufgetragen. Der Laufwerkwirkungsgrad, der auch als Wirkungsgrad der Kraftübertragung bezeichnet wird, ist neben der Triebkraft oder dem Triebkraftbeiwert ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung von AS-Triebreifen. Er kennzeichnet das Verhältnis von verbleibender Nutzleistung zu Eingangsleistung am treibenden

Rad und ist somit ein Maß für die Höhe der Verluste durch Schlupf und Rollwiderstand.

Beim Einsatz von Triebreifen und damit letztlich auch von Schleppern sind zwei Bereiche der in Abb. 6 dargestellten Kurvenverläufe von besonderem Interesse, und zwar der Bereich des maximalen Triebkraftbeiwertes oder der maximal übertragbaren Triebkraft und der Bereich des optimalen Laufwerkwirkungsgrades.

Der Bereich der maximal übertragbaren Triebkraft liegt meist bei Schlupfwerten über 50 % und ist von Bedeutung, wenn es darum geht, ein Festfahren zu vermeiden. Da dieser Einsatzfall nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt, spielen die dabei auftretenden hohen Leistungsverluste keine Rolle.

Im Bereich optimalen Laufwerkwirkungsgrades, in dem die Triebkraft bei einem Minimum an Schlupf- und Rollwiderstandsverlusten übertragen wird, wird die abgegebene Motorleistung bei Zugarbeiten unter den gegebenen Bedingungen am besten genutzt und theoretisch die höchste Flächenleistung erzielt. In Abb. 6 hat der Laufwerkwirkungsgrad sein Maximum von 77 % bei einem Triebkraftbeiwert von etwa 40 %, d.h. wenn 40 % der Radlast als Triebkraft übertragen werden. Zu kleineren und größeren Triebkraftbeiwerten hin wird der Laufwerkwirkungsgrad schlechter.

Dieses ausgeprägte Maximum ist noch deutlicher erkennbar, wenn der Laufwerkwirkungsgrad, wie in Abb. 7, über dem Schlupf dargestellt wird. Gute Wirkungsgrade sind danach nur bei relativ kleinem Schlupf zu erreichen, bei Schlupfwerten über 15 % fällt der Wirkungsgrad nahezu linear ab. Mit zunehmend lockerer oder nasser werdendem Boden bleibt der prinzipielle Verlauf der Kurven zwar erhalten, die Triebkraftbeiwertkurve verläuft jedoch flacher, die Laufwerkwirkungsgradkurve verschiebt sich nach unten und das Wirkungsgradmaximum zu Schlupfwerten von 15...18 %.

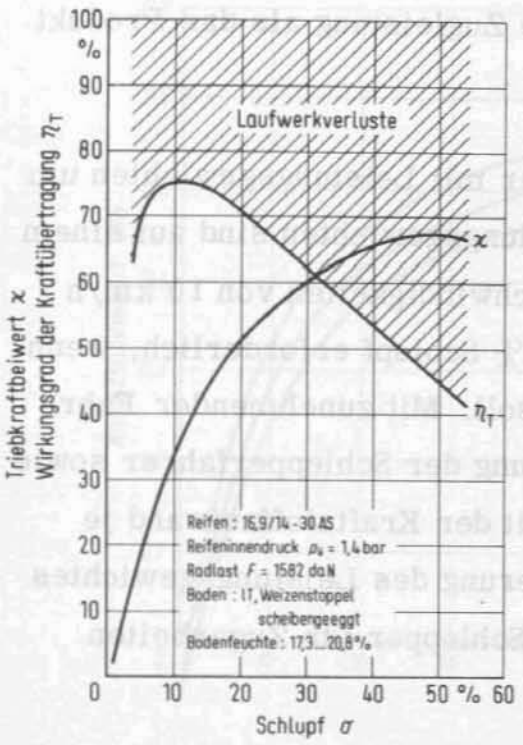



Abb. 7 Verlauf des Triebkraftbeiwertes und des Wirkungsgrades der Kraftübertragung (des Laufwerkwirkungsgrades) eines AS-Triebreifens über dem Schlupf

## Folgerungen aus den Kurvenverläufen

Beim Schleppereinsatz ist eine effiziente Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung und damit die Erzielung hoher Flächenleistungen nur möglich, wenn im Bereich optimalen Laufwerkwirkungsgrades und damit bei minimalen Schlupf- und Rollwiderstandsverlusten gearbeitet wird. Das dabei auftretende Problem ist jedoch, daß in diesem optimalen Bereich der Triebkraftbeiwert und damit die Triebkraft von Reifen sowie die Zugkraft von Schleppern relativ klein sind und deshalb zur Ausnutzung der Motorleistung relativ hohe Fahrgeschwindigkeiten erforderlich werden. Dabei muß die Fahrgeschwindigkeit um so höher sein, je geringer das Leistungsgewicht als das Verhältnis von Schleppergewicht zu Motornennleistung ist. Dies sei an einem Beispiel erläutert.

Würde man die Motorleistung eines Schleppers erhöhen, ohne das Schleppergewicht zu erhöhen, so wird das Leistungsgewicht geringer. Da die Zugkraft eines Schleppers in erster Linie vom Schleppergewicht und in keiner Weise von der Motorleistung abhängt, kann der Schlepper nicht mehr ziehen als vorher. Zur Ausnutzung der höheren Motorleistung muß der Schlepper bei gleicher Zugkraft jedoch schneller

fahren und erreicht dadurch eine höhere Zugleistung als das Produkt aus Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit.

Es gibt bereits leistungsstarke Schlepper mit Leistungsgewichten um 55 daN/kW (40 kp/PS). Bei diesen Leistungsgewichten sind auf einem relativ trockenen Stoppelacker Fahrgeschwindigkeiten von 10 km/h bei 10 % Schlupf und von 8 km/h bei 15 % Schlupf erforderlich, wenn der Motor zu 83 % ausgelastet werden soll. Mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit steigen u. a. die Belastung der Schlepperfahrer sowie der spezifische Zugwiderstand und damit der Kraftstoffaufwand je Flächeneinheit an. Der stetigen Reduzierung des Leistungsgewichtes sind also Grenzen gesetzt, solange die Schlepper für Zugarbeiten eingesetzt werden.

Einfluß von Reifen- und Bodenparametern auf die Betreibeigenschaften von Reifen

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Triebkraft eines Reifens von einer Reihe von Einflußfaktoren abhängt. Dies trifft auch für den Rollwiderstand und den Laufwerkwirkungsgrad zu. Es ist bekannt, daß der Rollwiderstandsbeiwert um so kleiner und der Triebkraftbeiwert um so größer ist, je länger und schmaler die Aufstandsfläche eines Reifens ist. G. Bock (5) hat 1950 bei Zugkraftversuchen mit gleichbreiten Reifen festgestellt, daß der Kraftschlußbeiwert von Schleppern durch den Einsatz von Reifen mit größerem Durchmesser verbessert werden konnte, Abb. 8. Am günstigsten wäre die lange, schmale Aufstandsfläche einer Raupenkette.

Wie gezeigt wurde, lassen sich heutige Schleppergewichte weder über 9 " breite Reifen abstützen noch konnte das günstige Höhen-Breiten-Verhältnis bei Triebreifen hoher Tragfähigkeit eingehalten werden. Dies war natürlich mit einer relativen Verschlechterung der Triebeigenschaften der Reifen verbunden.

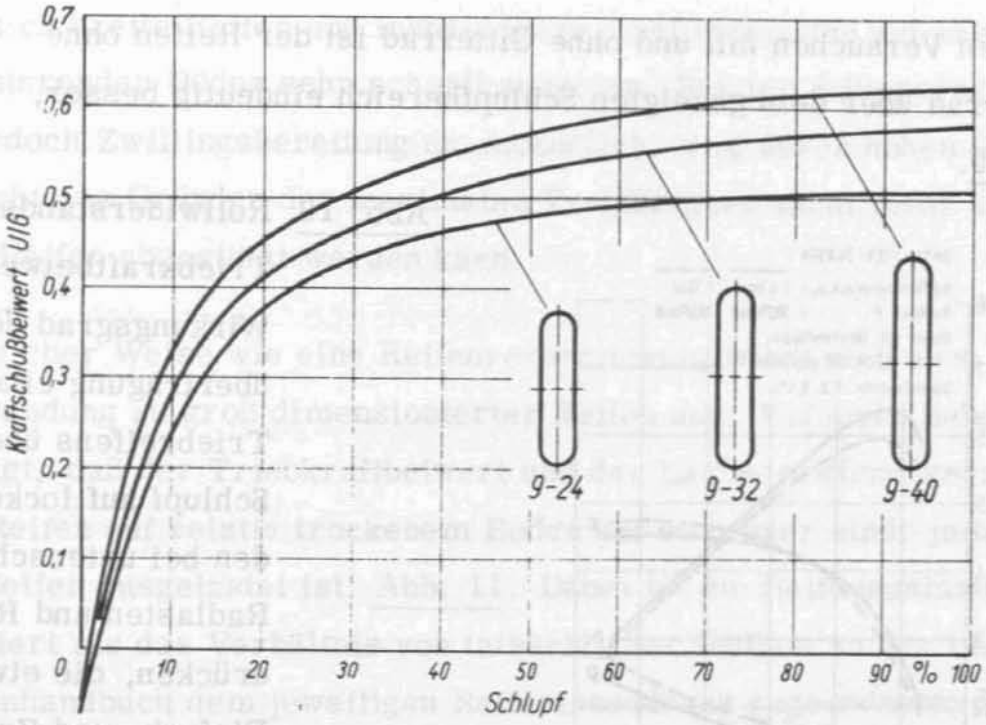



Abb. 8 Kraftschlußbeiwert von AS-Triebreifen bei gleicher Reifenbreite und unterschiedlichem Reifendurchmesser über dem Schlupf (nach Bock (5) )

Demzufolge wirken sich auch alle Maßnahmen zur Reduzierung des Flächendruckes in der Aufstandsfläche und damit der Spurtiefe durch eine Verbreiterung der Aufstandsfläche (Zwillingsbereifung, Gitterräder, Niederquerschnittsreifen) nachteilig auf den Triebkraftbeiwert und den Laufwerkwirkungsgrad aus. Dies zeigen auch eigene Versuche mit Gitterrädern und Zwillingsreifen auf lockerem Boden, Abb. 9 und 10.

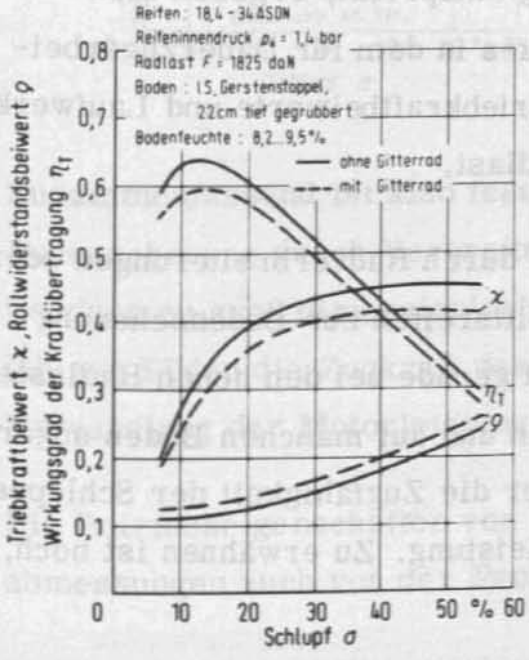



Abb. 9 Rollwiderstandsbeiwert, Triebkraftbeiwert und Wirkungsgrad der Kraftübertragung eines AS-Triebreifens mit und ohne Gitterrad über dem Schlupf auf lockerem Boden

Bei den Versuchen mit und ohne Gitterrad ist der Reifen ohne Gitterrad über dem gezeigten Schlupfbereich eindeutig besser, Abb. 9.

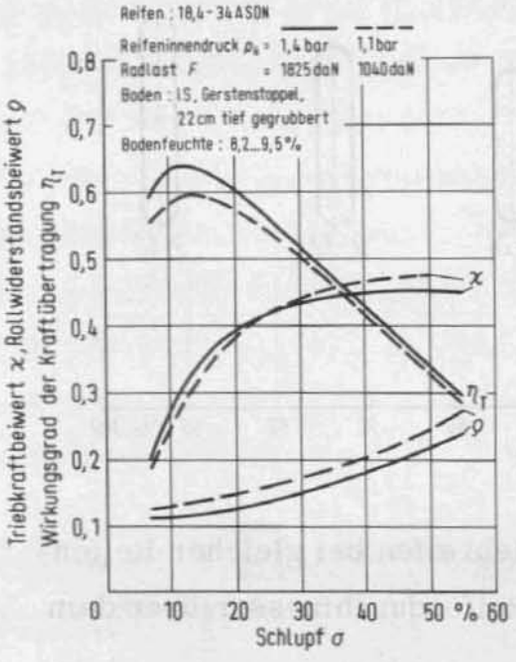



Abb. 10 Rollwiderstandsbeiwert, Triebkraftbeiwert und Wirkungsgrad der Kraftübertragung eines AS-Triebreifens über dem Schlupf auf lockerem Boden bei unterschiedlichen Radlasten und Reifeninnendrücken, die etwa den bei Einfach- und Zwillingsbereifung entsprechen

Die Versuche zur Klärung der Triebeigenschaften von Zwillingsreifen wurden jeweils nur mit einem Einzelrad bei unterschiedlicher Radlast und dem entsprechenden Reifeninnendruck durchgeführt. Sind bei Einfachbereifung 1825 daN abzustützen, so ergibt sich bei Zwillingsbereifung und gleichmäßiger Verteilung der Last auf beide Reifen unter Berücksichtigung des Gewichtes des Versuchsreifens mit Felge eine Radlast von 1040 daN je Reifen, Abb. 10. Für diese geringere Belastung, die der bei Zwillingsbereifung entspricht, ergeben sich trotz des niedrigeren Reifeninnendruckes in dem für Dauerzugarbeiten interessanten Bereich geringere Triebkraftbeiwerte und Laufwerkwirkungsgrade als bei der höheren Radlast.

Die Vergrößerung der Aufstandsfläche durch Radverbreiterungen oder durch den Einsatz von Niederquerschnittsreifen zur Bodenschonung und zur Verringerung der Spurtiefe ist gerade bei den hohen Radlasten leistungsstarker Schlepper zu begrüßen und auf manchen Böden sogar notwendig, sie verbessert jedoch weder die Zugfähigkeit der Schlepper noch die effiziente Nutzung der Motorleistung. Zu erwähnen ist noch,

daß sich breite Reifen und insbesondere Zwillingsreifen auf nassen, schmierenden Böden sehr schnell zusetzen. Bei den Schleppergiganten ist jedoch Zwillingsbereifung unumgänglich, weil deren hohes Gesamtgewicht aus Gründen der maximalen Tragfähigkeit nicht mehr über vier Reifen abgestützt werden kann.

In gleicher Weise wie eine Reifenverbreiterung wirkt sich auch die Verwendung zu groß dimensionierter Reifen aus. Versuche haben gezeigt, daß der Triebkraftbeiwert und der Laufwerkwirkungsgrad von Reifen auf relativ trockenem Boden um so besser sind, je höher ein Reifen ausgelastet ist, Abb. 11. Dabei ist die Reifenauslastung definiert als das Verhältnis von tatsächlicher Radlast zu der im Reifenhandbuch dem jeweiligen Reifeninnendruck zugeordneten Reifentragfähigkeit. Auf nassem Boden kann sich diese Tendenz umkehren.

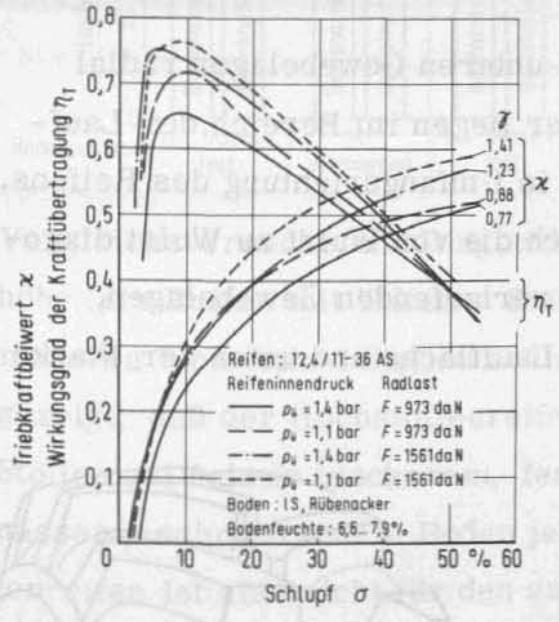



Abb. 11 Triebkraftbeiwert und Wirkungsgrad der Kraftübertragung eines AS-Triebreifens über dem Schlupf bei unterschiedlichen Radlasten und Reifeninnendrücken und damit bei unterschiedlicher Reifenauslastung

Zusammenfassend ist also festzuhalten, daß jede Maßnahme zur Bodenschonung durch Verbreiterung der Lauffläche oder durch Verwendung zu groß dimensionierter Reifen auf relativ trockenen, tragfähigen Böden die Zugkraft des Schleppers wie auch die effiziente Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung mindert.

Die Betriebseigenschaften von Reifen werden außer von den Reifenabmessungen auch von der Profilgestaltung und der Reifenbauart

beeinflußt. So sind z. B. auf relativ trockenem Boden mit fester Oberfläche wie auch auf der Straße Reifen mit einer wenig walkfähigen Lauffläche und geringer Stollenhöhe vorteilhaft. Je lockerer ein Boden ist und je tiefer ein Reifen demzufolge einsinkt, desto wichtiger sind ausreichend hohe Stollen. Ist der Boden naß und kohäsiv, also schmierend, so sind sowohl hohe Stollen als auch aus Gründen der Selbstreinigung eine möglichst große Rückverformung des Reifens beim Austritt der Stollen aus dem Boden von großem Vorteil.

Demnach müßten Radial- oder Gürtelreifen wegen ihrer wenig walkfähigen Lauffläche besonders vorteilhaft auf trockenem und insbesondere festem Boden sein und auf schmierendem Boden gegenüber Diagonalreifen Nachteile haben. Der Grund für die unterschiedliche Walkfähigkeit der Radial- und Diagonalreifen ist ihr unterschiedlicher Karkassenaufbau.

Bei der Radialkarkasse verlaufen die unteren Gewebelagen radial von Wulst zu Wulst, Abb. 12. Darüber liegen im Bereich der Lauffläche mehrere Lagen wie ein Gürtel in Umfangsrichtung des Reifens. Bei der Diagonalkarkasse kreuzen sich die von Wulst zu Wulst diagonal unter einem Winkel von etwa $45^{o}$ verlaufenden Gewebelagen, Abb. 13. Die Gewebelagen unter der Lauffläche und unter der Flanke sind gleich stark.

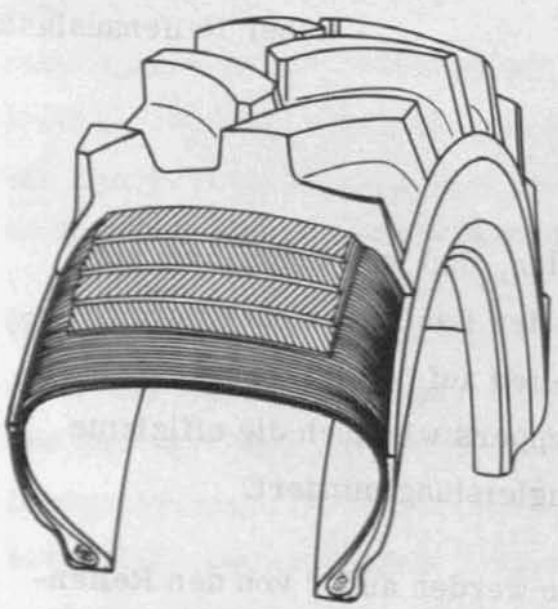


Abb. 12 Aufbau einer Radialkarkasse

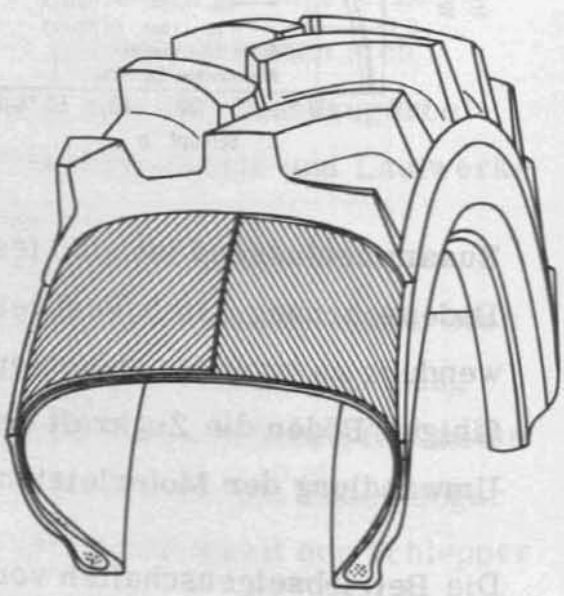


Abb. 13 Aufbau einer Diagonalkarkasse

Anhand von Versuchsergebnissen soll nun gezeigt werden, wie sich Reifen mit Diagonal- und Radialkarkasse sowie mit unterschiedlicher Stollenhöhe bei unterschiedlichem Bodenzustand bezüglich des Laufwerkwirkungsgrades verhalten. Danach können Radialreifen auf trockenem, festem Boden (Stoppelacker) bis zu 8,5 % bessere Laufwerkwirkungsgrade erreichen als Diagonalreifen, Abb. 14. Auf nassem, schmierendem Boden sind keine gesicherten Unterschiede zwischen Diagonal- und Radialreifen festzustellen, beide Reifen sind gleich "schlecht".

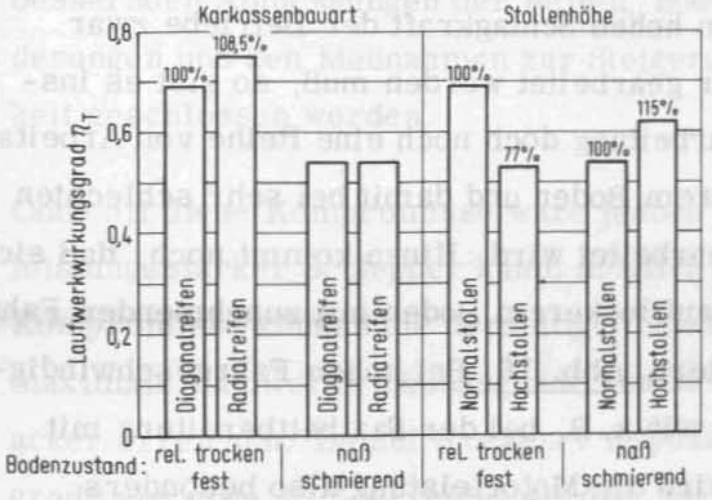



Abb. 14
Laufwerkwirkungsgrade von AS-Triebreifen mit unterschiedlicher Karkassenbauart und Stollenhöhe auf relativ trockenem, festem sowie auf nassem, schmierendem Boden.

Vergleichsversuche mit Diagonalreifen unterschiedlicher Stollenhöhe (ein Reifen mit üblicher Stollenhöhe und ein Hochstollenreifen mit etwa 7 cm hohen Stollen und größerem Stollenabstand) haben gezeigt, daß der Hochstollenreifen dem Reifen mit normal hohen Stollen auf relativ trockenem, festem Boden weit unterlegen, auf nassem, schmierendem Boden jedoch überlegen ist. Der Hochstollenreifen ist also nicht für den ganzjährigen Einsatz, sondern wie ursprünglich beabsichtigt, für extreme Einsatzbedingungen geeignet.

Einen großen Einfluß auf die Höhe des Triebkraftbeiwertes und des Laufwerkwirkungsgrades hat der Bodenzustand, der ja von der vorangegangenen Bearbeitung sowie vom Wetter abhängt. Welchen Laufwerkwirkungsgrad der gleiche Reifen auf trockenem oder auf nassem sowie auf festem oder auf lockerem Boden erreichen kann, geht aus Abb. 15 hervor.

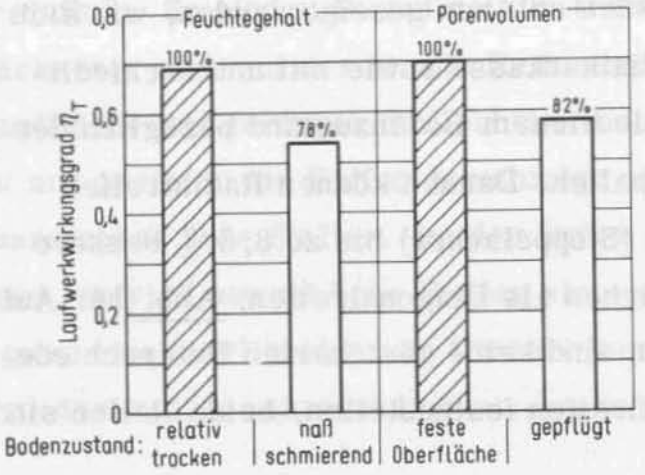



Abb. 15
Laufwerkwirkungsgrad eines AS-Triebreifens bei unterschiedlichem Feuchtegehalt und unterschiedlichem Porenvolumen des Bodens

Wenn infolge der derzeitigen hohen Schlagkraft der Betriebe zwar nicht mehr bei jedem Wetter gearbeitet werden muß, so gibt es insbesondere bei der Bodenbearbeitung doch noch eine Reihe von Arbeitsgängen, bei denen auf lockerem Boden und damit bei sehr schlechten Laufwerkwirkungsgraden gearbeitet wird. Hinzu kommt noch, daß sich der Laufwerkwirkungsgrad auf lockerem Boden mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit verschlechtert, Abb. 16. Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten auf lockerem Boden, wie z. B. bei der Saatbettbereitung mit einer Saatbettkombination wird die Motorleistung also besonders schlecht genutzt.

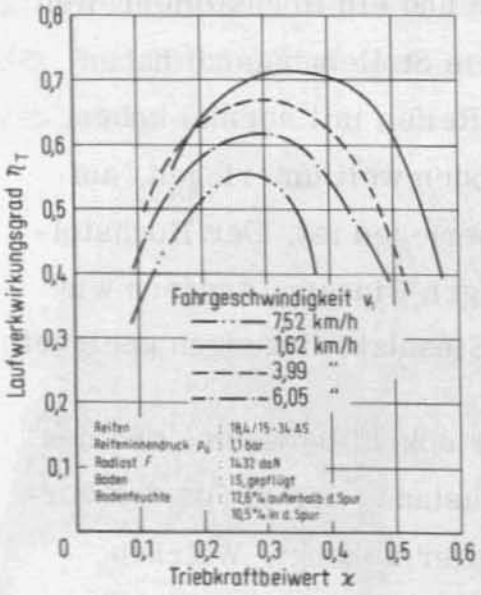



Abb. 16 Laufwerkwirkungsgrad eines AS-Triebreifens über dem Triebkraftbeiwert auf lockerem Boden bei unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit

Ausblick

Die Reifen für die Landwirtschaft, insbesondere die Triebreifen, die seit ihrer Einführung um 1930 wesentlich zum universellen Schlepper- und Maschineneinsatz beigetragen haben, haben eine beachtliche Entwicklung durchlaufen. Während einerseits durch die Weiterentwicklung des Profils und der Karkasse die Zugeigenschaften verbessert wurden, mußten andererseits mit steigender Motorleistung der Schlepper Kompromisse zwischen zugkraftverbessernden Abmessungen der Reifen, bodenmechanischen Anforderungen und den Maßnahmen zur Steigerung der Reifentragfähigkeit geschlossen werden.

Ohne all diese Kompromisse wäre jedoch ein sinnvoller Einsatz leistungsstarker Schlepper kaum möglich gewesen. Trotz dieser Kompromisse können die derzeitigen AS-Triebreifen immerhin maximale Laufwerkwirkungsgrade von 80 % auf trockenem Stoppelacker erreichen. Da auf trockener Asphaltstraße auch nur Wirkungsgrade von etwa 90 % erreicht werden, bleibt nicht mehr viel Spielraum für eine Verbesserung des Laufwerkwirkungsgrades.

Beim Schleppereinsatz werden diese hohen Laufwerkwirkungsgrade jedoch nur selten erreicht. Zum einen wird nicht immer auf relativ trockenem, festem Boden gearbeitet und zum anderen wird der Bereich optimaler Laufwerkwirkungsgrade kaum genutzt. U.a. hat der Schlepperfahrer bisher ja auch keine Möglichkeit, dies zu kontrollieren.

Im Mittel aller Feldarbeiten werden die Laufwerkwirkungsgrade zwischen 60 und 70 % liegen. Dies bedeutet unter Berücksichtigung der Getriebeverluste, daß dann höchstens 60 % der vom Motor an das Getriebe abgegebenen Leistung als Zugleistung nutzbar sind. In Anbetracht der hohen Leistungsverluste beim Schleppereinsatz sollte jede Möglichkeit zu ihrer Reduzierung durch Verwendung entsprechender Triebreifen, durch Vermeiden von hohem Schlupf

sowie durch Anwendung von Verfahren, bei denen möglichst wenig auf lockerem Boden gefahren werden muß, genutzt werden.

Literatur

(1) G. Sitkeit und W. Söhne: Beziehungen zwischen den Kenngrößen von Ackerschlepperreifen auf fester Fahrbahn. Grundlagen der Landtechnik Bd. 29 (1969), S. 29-32.

(2) W. Söhne: Das mechanische Verhalten des Ackerbodens bei Belastungen unter rollenden Rädern sowie bei der Bodenbearbeitung. Grundlagen der Landtechnik 1951, S. 87-94.

(3) W. Söhne: Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlepperreifen. Grundlagen der Landtechnik 1953, S. 49-63.

(4) W. Söhne: Wechselbeziehungen zwischen Fahrzeuglaufwerk und Boden beim Fahren auf unbefestigter Fahrbahn. Grundlagen der Landtechnik 1961, S. 21-34.

(5) G. Bock: Reifenprobleme. Aus "Der Schlepper und sein Gerät". KTBL-Berichte über Landtechnik XI. Wolfratshausen: München 1950, S. 16 ff.

## Moderne Pflugbauformen

von Obering. Dr. Ing. Karl Hans Kromer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan

Der Pflug stellt als das Symbol des Ackerbaues zugleich das älteste landtechnische Arbeitsgerät dar. MAX EYTH wagte sogar einmal, dampfpflügend in Ägypten den Vergleich des Pfluges mit den Pyramiden. Mit Einführung des eisernen Pfluges, in Deutschland etwa seit 1880, vervielfältigten sich die Geräte zur Bodenbearbeitung. Dies hatte auch Rückwirkungen auf den Pflug, die Ausbildung der Werkzeuge und die Ausstattung. Für eine Auswahl und Beurteilung des Pfluges sind zweckmäßigerweise vorab die Ziele der Bodenbearbeitung zu definieren und damit die Einsatzbereiche des Pfluges abzustecken.

Ziel jeder Bodenbearbeitung ist ein "garer" Boden. Dies setzt kolloidfähige Krümel, sogenannte Humuskolloide voraus. Deren Existenz bewirkt in Abhängigkeit von der Bodenart bestimmte Verhältnisse hinsichtlich Bodenfeuchte und Durchlüftung und damit hinsichtlich der Bodenerwärmung. Nachdem die natürliche Krümelstruktur nur beim Steppenbodentyp gegeben ist, wird zum Erzielen eines garen Bodens die Beeinflussung der Bodenstruktur erforderlich. In der folgenden Systematik (Abb. 1) sind die technologischen Vorgänge in ihrer Wechselbeziehung und Synthese in einzelnen

Abb. 1 Systematik der technologischen Vorgänge bei der Bodenbearbeitung und der Gerätetechnik

Bodenbearbeitungsgeräten zusammengefaßt. Es handelt sich dabei im wesentlichen um die Vorgänge Lockern, Wenden, Mischen, Einebnen und Verdichten. Bei der Oberflächen-Nachbearbeitung werden Letztere in grobe Vereinfachung als oberflächliches Krümeln bezeichnet. Die Anzahl der Geräte mit einer Bodenwendung ohne gleichzeitiger Vermischung ist sehr gering, ein typischer Vertreter ist der Streichblechpflug (Scharpflug), denn Scheibenpflug und die Spatenmaschine haben schon wieder einen stärkeren Mischeffekt. Der Wendevorgang ist dann besonders wichtig, wenn es gilt die Podsolierung aufzuheben, d.h. die nach unten gewanderten Ton- und Humuskolloide in den Saatbereich nach oben zu holen.

Die ausschließlich positive Beeinflussung der Bodenstruktur setzt aber den Einsatz der Geräte zum günstigsten Zeitpunkt voraus, was in der Praxis infolge stets nur begrenzt verfügbarer Feldarbeitstage eine ausreichend hohe Schlagkraft erfordert. Kritisch ist vor allem die Bodenfeuchte. Bedarf eine Fläche einer hohen Schlagkraft, ist noch nicht gesagt, ob sie derer auch würdig ist, d.h. ob der Aufwand den Erfolg rechtfertigt. Daher darf über der Qualität der Arbeitserledigung nicht die Minimierung der Kosten und zwar hinsichtlich Anschaffungspreis und Arbeitszeitbedarf außer Acht gelassen werden.

Auswahlmethode

Der Pflug benötigt mit 45 bis 80 kW/m Arbeitsbreite eine vergleichsweise sehr hohe Leistung und nimmt daher in der Auswahl des Bodenbearbeitungsverfahrens eine Schlüsselstellung ein. Technische Voraussetzung ist die verfügbare Motorleistung, die Fahrwerksabmessung und die Hubkraft des Schleppers. Hiervon werden in erster Linie die Schnittbreite des einzelnen Körpers und die Gesamtarbeitsbreite des Pfluges bestimmt. Die Bauart des Pfluges hingegen ergibt sich unter Berücksichtigung des Bearbeitungsquerschnitts aus der Größe, der Gestaltung, der Hanglage, der Bodenart und den Kulturansprüchen der zu bearbeitenden Fläche. So wird

letztlich aus dem Dreiklang Boden-Pflanze-Gerät ein ebensolcher von Arbeitsquerschnitt-Bauart-Flächenleistung.

Eine buchfüllende Thematik kann in einem Vortrag, auch wenn dieser in einen Beitrag gewandelt wurde, nur mit Mut zur Lücke behandelt werden. Nachdem der Arbeitsqualität Vorrang einzuräumen ist und diese im wesentlichen durch die Ausbildung und Ausrüstung des Pflugkörpers bestimmt wird, sollen moderne Körperformen schwerpunktmäßig behandelt werden. Diese wirken sich jedoch auch auf unterschiedliche Bauarten aus, weshalb eingangs ein Überblick über gängige Bauarten, deren Marktanteile, Gewichte und Kosten gegeben wird.

## Pflugbauarten

Der Verkauf von Pflügen in BR Deutschland war in den letzten Jahren gemäß der Entwicklung der Schlepper-Motorleistung durch zunehmende Arbeitsbreite und damit größere Pfluggewicht, d.h. Pflugmasse gekennzeichnet. Dies ist auch aus der in Abb. 2 dargestellten Inlandsverkausindex und des spezifischen Pfluggewichtes

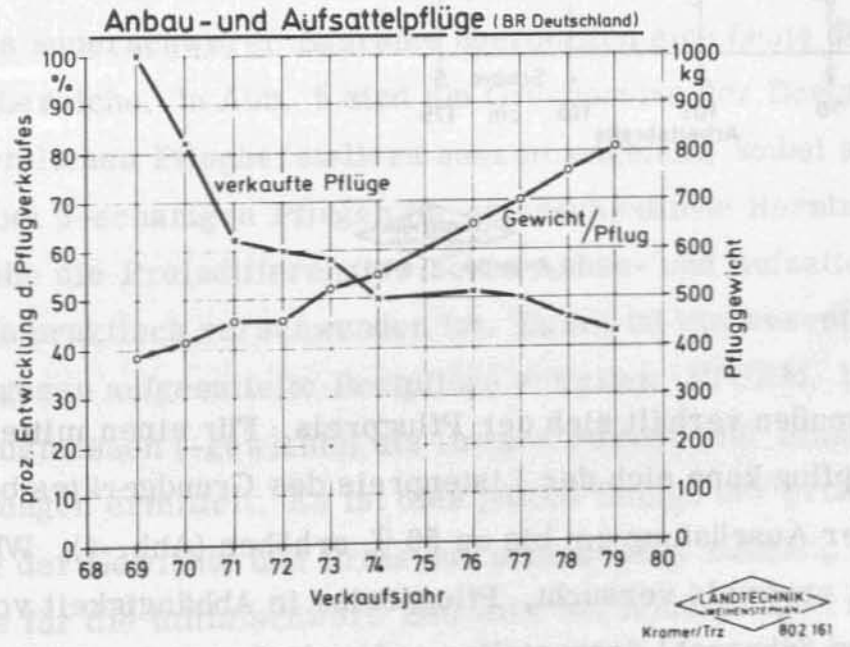



Abb. 2 Verkaufsentwicklung von Anbaupflügen in der BR Deutschland (nach LAV)

der verkauften Pflüge ersichtlich. Während sich in den letzten 10 Jahren die Anzahl der verkauften Pflüge etwa halbiert hat, ist das Gesamtgewicht aller verkauften Pflüge etwa gleich geblieben, wodurch sich das durchschnittliche Pfluggewicht von 400 auf 800 kg erhöht hat. Hierbei handelt es sich aber stets nur um das Grundgerät und es müssen dem Gesamtpfluggewicht für Vorwerkzeuge, Stützrad etc. ca. 35 % hinzugerechnet werden (Abb. 3).

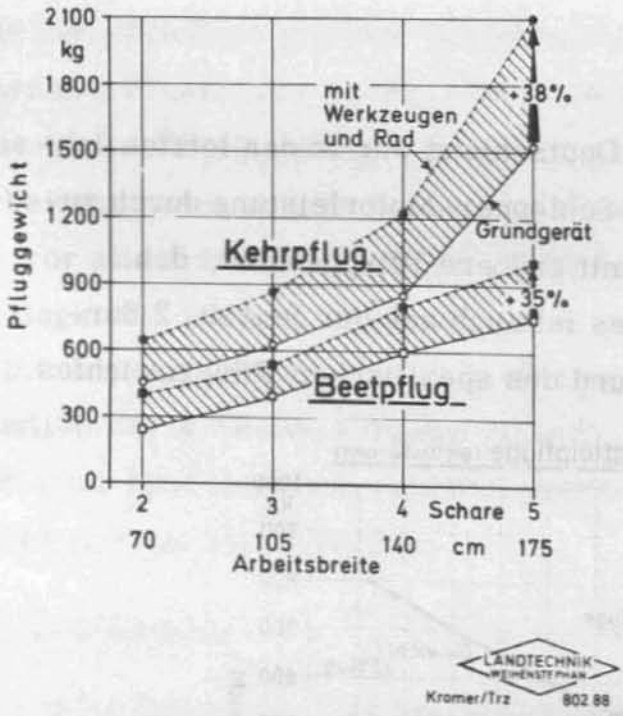



Abb. 3
Pfluggewicht in Abhängigkeit von der Bauart, der Arbeitsbreite und der Ausrüstung (mittelschwere Baureihe, 1979/80)

Gleichermaßen verhält sich der Pflugpreis. Für einen mittelschweren Kehrpflug kann sich der Listenpreis des Grundgerätes bei maximaler Ausrüstung um bis zu 59 % erhöhen (Abb. 4). WELSCHOF, 1972, hat erstmals versucht, Pflugpreise in Abhängigkeit von Pflugbauart und Scharzahl darzustellen und es ließen sich auch bei der Preissituation 1974 noch deutliche Bereiche für die einzelnen Bauarten ausweisen. Seit 1974/75 haben sich die Pfluggrundpreise um

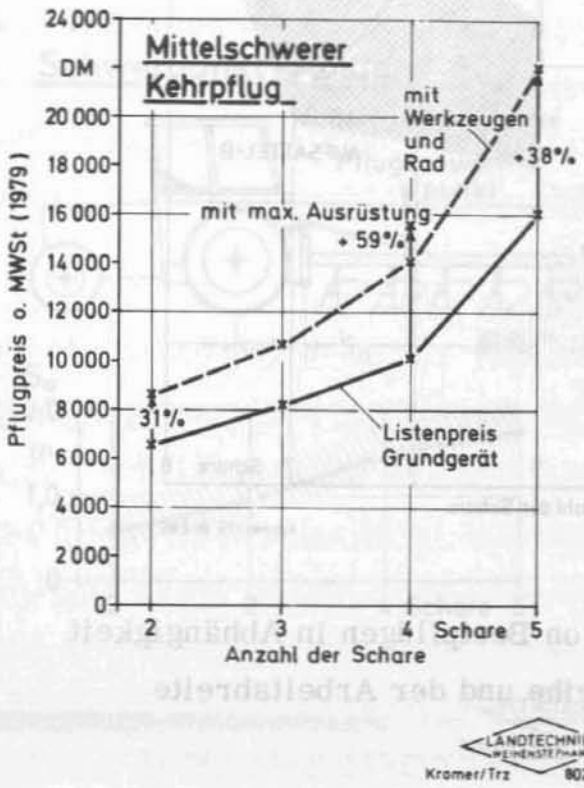



Abb. 4
Anschaffungspreis von Kehrpflügen (mittelschwerer Baureihe) in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite und der Ausrüstung

ca. 40 % erhöht und durch die große Spannweite der Bauarten von leichter bis superschwerer Baureihe überdecken sich heute die einzelnen Bereiche. In Abb. 5 sind die Grundpreise der Beetpflüge von 4 wesentlichen Pflugherstellern zusammengefaßt, wobei auffällt, daß bei 5-scharigen Pflügen für unterschiedliche Hersteller und Baureihe die Preisdifferenz zwischen Anbau- und Aufsattel-Beetpflügen praktisch verschwunden ist. Damit ist ein wesentliches Argument gegen aufgesattelte Beetpflüge entfallen. STURM, 1979, hat die Pflugmassen (-gewichte) als lineare Funktion für Simulationsrechnungen ermittelt. Es ist dies jedoch infolge der großen Spannweite der Gewichte und Preis nur sehr bedingt zulässig. 1979 mußte für die mittelschwere Baureihe bei Anbaupflügen mit einem spezifischen Anschaffungspreis von 11 bis 13, -- DM/kg gerechnet werden. Bei 8-reihigen Aufsattel-Beetpflügen ergeben sich heute bereits Anschaffungspreise von 53000, -- DM. Es ist

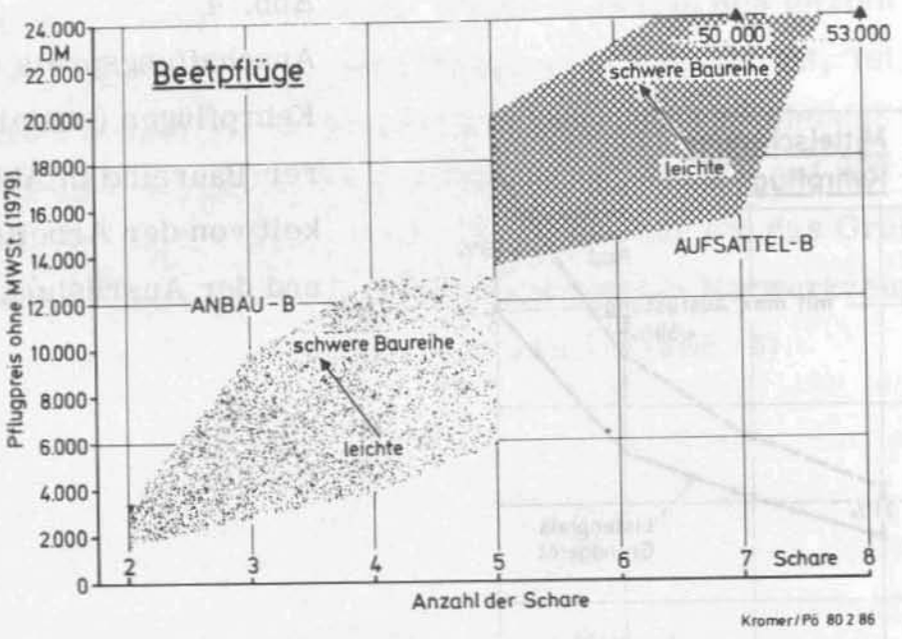



Abb. 5 Bereich der Pflugpreise von Beetpflügen in Abhängigkeit von der Bauart, der Baureihe und der Arbeitsbreite (Schar-Schnittbreite 35-40 cm)

dies eine Größenordnung, in der die Pflugauswahl sehr sorgfältig zu treffen ist.

Die Marktanteile der verschiedenen Bauarten hat WELSCHOF, 1972, erstmals ermittelt und danach betrug der Anteil der Anbaubeetpflüge 45 %, der Anbaukehrpflüge 47 %, der Aufsattelbeetpflüge 8 % und der Aufsatteldrehpflüge unter 1 %. Demgegenüber lauten die vergleichbaren Zahlen für die USA 20 % Anbau-Beetpflüge, 60 % Aufsattelbeetpflüge und immerhin noch 10 % gezogene Beetpflüge bei nur 10 % Kehrpflügen. In Deutschland haben sich die Anteile mit Sicherheit zu Gunsten der Anbaukehrpflüge verschoben. Hinsichtlich der Baureihen machen bei Beet- und Drehpflügen die mittelschweren Pflüge ca. 65 %, die schweren Baureihen bei den Beetpflügen ca. 15 % und bei den Kehrpflügen ca. 10 % aus.

In Berücksichtigung der Rückkoppelung von Pflug und Tragschlepper wie sie insbesondere ULRICH und MERTINS, 1978, für die dynamische Vorderradentlastung untersucht haben, ist in Abb. 6

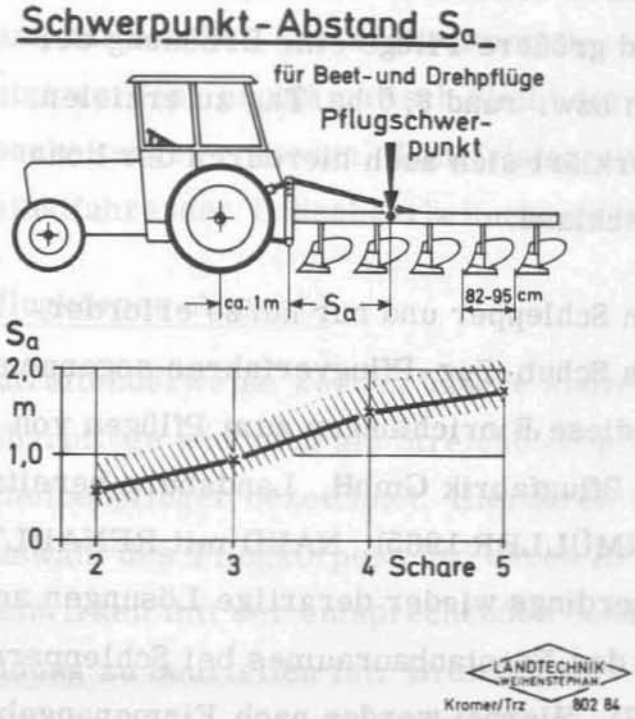



Abb. 6
Schwerpunktsabstand von Anbaupflügen in Abhängigkeit von der Scharzahl (Schar-Schnittbreite 35 cm)

der Schwerpunktabstand zum Unterlenker-Anlenkpunkt aufgetragen. Dabei fällt auf, daß sich dieser für Beet- und Kehrpflüge nur unwesentlich mit der Scharzahl ändert, also die Gewichtsverlagerung wesentlich vom Pfluggewicht herrührt. Diese Angaben gelten für konventionelle Scharpflüge des Körperlängsabstandes von 82 bis 95 cm, je nach Körper-Schnittbreite. Vorteilhaft für die Gewichtsverteilung ist demnach bei Verminderung des Körperlängsabstandes z. B. durch Rautenkörper weniger der Schwerpunktsabstand als vielmehr das verminderte Pfluggewicht. Dem entspricht auch die pflugtechnische Entwicklung mit Verwendung höherwertiger Stähle.

Dem Einfluß der Bauart und Arbeitsbreite auf die Flächenleistung bzw. den Zeitbedarf hat ZELTNER, 1975, in Abhängigkeit von Schlaggröße und Schlaglänge umfassend ermittelt. Danach wird mit Kehrpflügen auch durch eine Vergrößerung der Arbeitsbreite über 1,05 m (3-Scharpflug) und damit Einsatz leistungsstärkerer

Schlepper nur eine geringe Vergrößerung der Flächenleistung erreicht. Erst bei Schlaggrößen (Feldstücken) von 3 ha und Feldlängen von 300 m und darüber ist bis zu Arbeitsbreiten von 2, 80 m durch leistungsstärkere Schlepper und größere Pflüge eine Erhöhung der Flächenleistung bis über 1 ha/h bzw. rund 8, 5 ha/Tag zu erzielen. Neben den Vorteilen am Hang erklärt sich auch hierdurch der hohe Anteil von Kehrpflügen in Deutschland.

Die gute Gewichtsverteilung am Schlepper und nur kurze erforderliche Vorgewende werden durch Schub-Zug-Pflugverfahren sogenannte Pflugmaschinen erreicht. Für diese Einrichtungen zum Pflügen von Großflächen wurde der Bayer. Pflugfabrik GmbH, Landsberg bereits 1965 ein Patent erteilt (EGGENMÜLLER 1965). NAUD mit RENAULT und KVERNELANDS bieten neuerdings wieder derartige Lösungen an, die sich aus der Verfügbarkeit des Frontanbauraumes bei Schleppern hoher Leistung ergeben (Abb. 7). Hierbei werden nach Firmenangaben

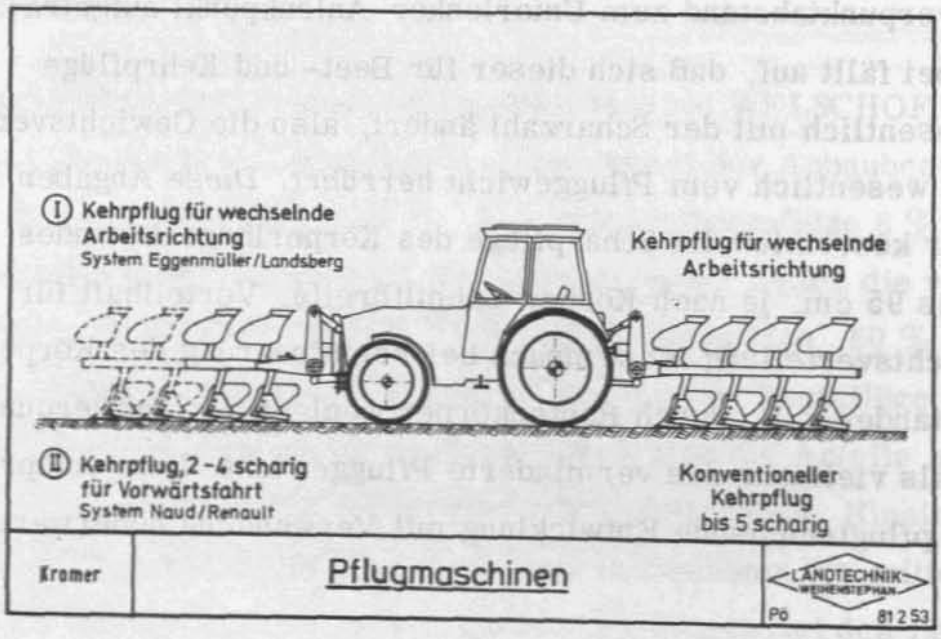



Abb. 7 Schematischer Aufbau von "Pflugmaschinen"

infolge guter Gewichtsverteilung eine bessere Schlepperauslastung, eine Arbeitsbreite von mindestens 2 m und damit eine Energieeinsparung bis 30 % pro ha erreicht. Ähnlich den aufgesattelten Pflügen kann nur ein Teil des Zugkraftanteiles über die Regelhydraulik genutzt werden, problematisch bleibt der Einsatz geschobener Bodenbearbeitungswerkzeuge. Langfristig wird jedoch die Konzeption einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine zu beachten sein.

Pflugkörper-Auswahl

Zutreffenderweise werden unsere konventionellen Pflüge sowohl als Scharpflüge wie auch als Streichblechpflüge, im Unterschied zu den Scheibenpflügen bezeichnet. Hierdurch wird vor allem klar, daß die Auswahl des Pflugkörpers und deren Arbeitsqualität stets im Zusammenwirken mit der entsprechenden Scharform und Streichblechausbildung zu beurteilen ist. Grundlegende Angaben finden sich hierzu bei KÜHNE, 1923, SÖHNE/GETZLAR, 1953, BERNATZKI und HAMAN, 1967. Danach werden die Pflugkörper vor allem nach der Form des Streichbleches in steile oder Kulturform, in normale oder Universalform (ca. 85 % aller Körper in der BR Deutschland) sowie in liegende, Wendel- oder Schraubenform unterteilt. Wesentliches Kriterium für die Arbeitsqualität des Pfluges ist die Art und Weise des Wendens des abgeschnittenen Bodenbalkens. Es hängt dies von der Form des Streichbleches, dem Querschnitt des Bodenbalkens und der Geschwindigkeit beim Pflügen ab. Bei feuchten Böden kann in grober Näherung davon ausgegangen werden, daß sich der Erdbalken während des Wendens den Querschnitt nicht verändert,so daß (Abb. 8) der Wendevorgang vereinfacht dargestellt werden kann.

Bei der Betrachtung eines Bodenbalkens wird der flache Wendevorgang des Normalkörpers sichtbar. Zur Lockerung des Bodens soll nach FEUERLEIN, 1971, der sogenannte Aufwurf des gepflügten Bodens mindestens 30 % betragen. Schwere, feuchte Böden mit stabiler Form des Bodenbalkens lassen sich demnach stärker auflockern, bis zu 40 %. Beim Normalkörper ergibt eine schmale

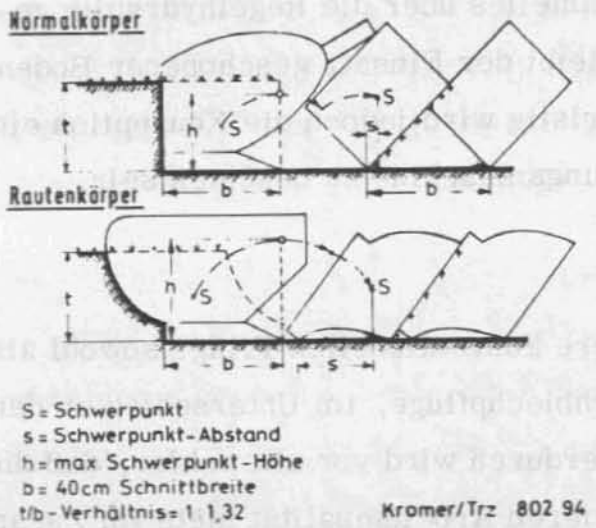



Abb. 8
Wendevorgang des Bodenbalkens bei Normal- und Rautenkörper mit schmaler Furche (Arbeitstiefe: Arbeitsbreite = 1:1, 32)
Nach STROPPEL und REICH, 1979

Furche (Breite zu Tiefe > 1) einen höheren Aufwurf als eine breite Furche. Die Erhöhung der Pfluggeschwindigkeit hat in der Regel keinen Einfluß auf die Lockerung des Bodens. Der Einfluß der Körperform ist in Abb. 9 veranschaulicht. Je tiefer gearbeitet wird, um so mehr muß insbesondere bei der Arbeit am Hang ein Verhältnis von Körperschnittbreite zu Arbeitstiefe von $\gg 1$ gewählt werden, beim Schälen wie auch beim Wiesenumbruch bis über 2.

Für eine einwandfreie Arbeitsweise muß sich der Körper sicher putzen. Dies ist abhängig von dem Reibungsbeiwert in Abhängigkeit von Bodenart und -feuchtigkeit und dem Anpreßdruck. RIEK, 1972, und KERMIS, 1978, haben daraus ergänzende Rückschlüsse auf die Ausbildung von Streichblechen gemacht. Hierbei ergab sich, daß bei zunehmender Geschwindigkeit für konstanten Anpreßdruck das Verhältnis von Länge zu Höhe des Körpers >1 werden muß. Nach KERMIS, 1978, muß ein Körper z. B. zu einer Geschwindigkeitserhöhung von 10 auf 12 km, d. h. um 20 %, ein S-Körper auf

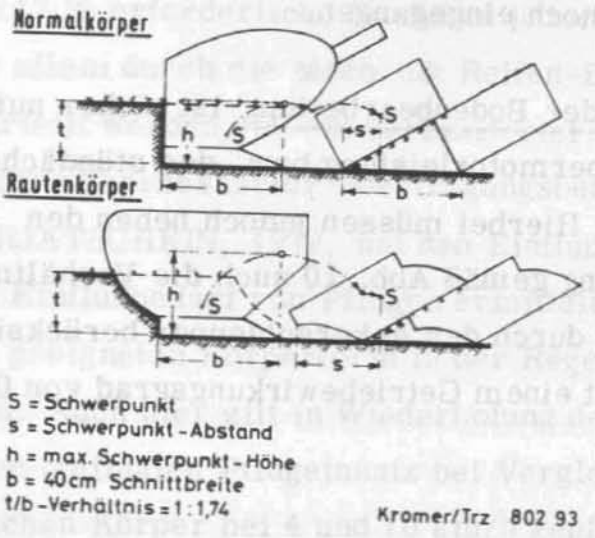
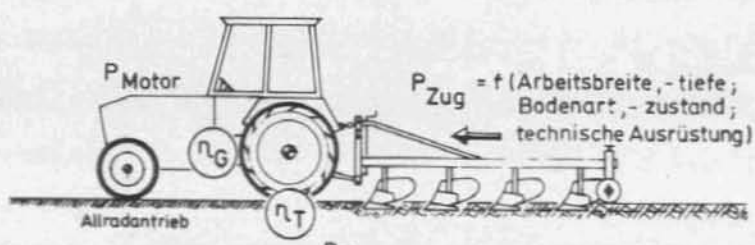



Abb. 9
Wendevorgang des Bodenbalkens bei Normal- und Rautenkörper mit breiter Furche (Arbeitstiefe: Arbeitsbreite = 1:1,74)
Nach STROPPEL und REICH, 1979

1,8 m verlängert werden. Somit wird die Körperlänge ein begrenzender Faktor für das Schnellpflügen. Im übrigen wird es sich bei den Körpern in der Praxis stets um einen Kompromiß handeln. Während es früher regional bedeutende Pflughersteller mit sehr spezifischen Körpern gab, ist das heutige Angebot durch eine Körpervielfalt (Abb. 11) wie auch sehr verschiedene Zusatzeinrichtungen am Körper wie Gleitkopf, Einlegeblech etc. zur Anpassung an die verschiedenen Einsatzbedingungen gekennzeichnet. Aufgrund dessen muß ein Körper hinsichtlich der Arbeitsqualität für die auf die Einsatzbedingungen abgestimmte Ausrüstung mit Schar, Profilogramm, d.h. zylindrische oder wendelförmig, den Anbauteilen wie Leitblech und Streichschiene aber auch den Vorwerkzeugen beurteilt werden. Ist z.B. das Putzen problematisch, so ist ein Pflügen mit ausreichender Geschwindigkeit und damit Anpreßkraft erforderlich. Ist dies aus verschiedenen Gründen nicht möglich, darf der Erdfluß im Bereich des geringsten Anpreßdruckes weder durch Anbauten z.B.

die Streichschiene oder Rauhigkeit behindert sein. Die Verringerung der Reibung auf den Körper ist außerdem eine Möglichkeit der Verminderung des Zugleistungsbedarfes, da die Reibung auf dem Streichblech ca. 50 % der Verlustarbeit am Pflug ausmacht. Hierauf wird bei den Sonderformen der Pflugkörper noch eingegangen.

Eine energetische Betrachtung der Bodenbearbeitung ist sicher nur über die Ermittlung der Schleppermotorleistung bzw. des stündlichen Kraftstoffverbrauches möglich. Hierbei müssen jedoch neben den Einflußgrößen auf die Zugleistung gemäß Abb. 10 auch die Verhältnisse bei der Leistungsbereitstellung durch den Ackerschlepper berücksichtigt werden. Dabei ist im Mittel mit einem Getriebewirkungsgrad von 0,9




$$P_{Motor\,Zug} = \frac{P_{Zug}}{\eta_G \cdot \eta_T} \cdot \frac{1}{\lambda}\ (kW)$$

λ = Auslastungsgrad (=0,83 für Pflügen mit Regelhydraulik)
$\eta_G$ = Getriebewirkungsgrad (= 0,9 für Stufengetriebe)
$\eta_T$ = Treibradwirkungsgrad (=0,5 - 0,75 für Schlupf = 10 bis 35% und Triebkraftbeiwert = 0,3 bis 0,6)

KROMER 802 90

Abb. 10 Ermittlung der erforderlichen Schlepper-Motorleistung beim Pflügen

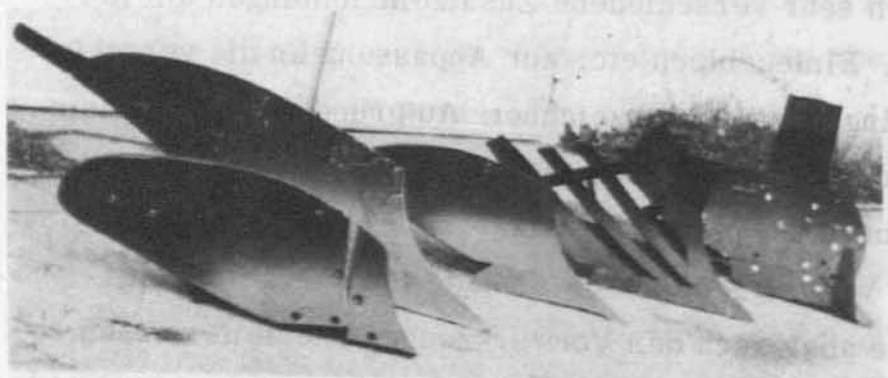


Abb. 11 Normal- und Sonderformen von Pflugkörpern
von links: Kunststoffstreichblech, S-Körper, Normal-Körper, Streifenkörper, Rautenkörper

für Stufengetriebe und einem Treibrad-Wirkungsgrad von nur 0,5 bis 0,75 zu rechnen. Nach MEIER, 1958, und STEINKAMPF, 1978, kann für das Pflügen ein Auslastungsgrad $\lambda$ von 0,38 angenommen werden, d.h. es ist für eine sichere Pflugarbeit eine Leistungsreserve von 17 % erforderlich. Nachdem jedoch der Treibradwirkungsgrad vor allem durch die Mechanik Reifen-Boden bestimmt ist, muß stets beurteilt werden, ob ein verminderter Leistungsbedarf nicht evtl. aufgrund verbesserter Übertragungsbedingungen erzielt wurde. GORJATSCHKIN, 1972, hat den Einfluß der Geschwindigkeit auf den Einflußbedarf von Pflügen ermittelt und es ist dieser bei Wahl der geeigneten Körperform in der Regel geringer als angenommen wird. Auch hier gilt in Wiederholung der vorherigen Aussage, daß für einen optimalen Pflugeinsatz bei Vergleichsmessungen nicht mit dem gleichen Körper bei 4 und 10 km/h gepflügt werden kann. Werden jedoch infolge sehr unterschiedlicher Bedingungen im praktischen Betrieb unterschiedliche Arbeitsgeschwindigkeiten erforderlich, ist bei der Auswahl des Körpers auf den zulässigen Geschwindigkeitsbereich zu achten.

Geteiltes Streichblech (Streifenkörper)

Bereits Ende der zwangiger Jahre wurde von der Rudolf Wermke AG, Heiligenbeil ein geteiltes Streichblech für Böden mit großer Adhäsion angeboten. SÖHNE, 1953, und RID, 1963, haben die Möglichkeiten der verbesserten Arbeitsqualität wie auch Zugkraftminderung und geteilte Streichbleche untersucht. KÜHNE, 1928, berichtet über den Einsatz derartiger Pflugkörper für klebende Böden in Ostpreußen mit verbesserter Krümelung.

Es sind diese auch bereits als "slat bottom" von amerikanischen Pflugherstellern die CASE, John Deere und Massey-Harris (Pulverator) bekannt. Die Schlitze erweitern sich, so daß ein Verklemmen durch Steine nicht möglich ist (Abb. 12). Durch eine Verminderung der Anpreßfläche ist eine Verringerung der Zugkraft

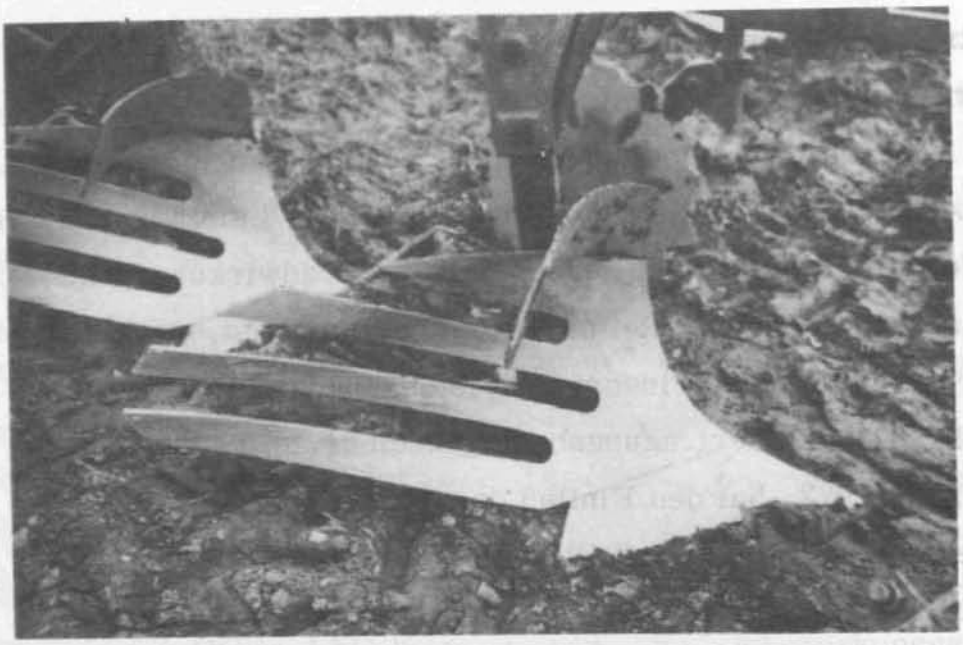


Abb. 12 Streifenkörper durch geteiltes Streichblech eines Normalkörpers (Universalform)
Werkbild: Landsberg

um ca. 10 % möglich. Nachdem jedoch das Überströmen des Pflugkörpers mit zunehmender Geschwindigkeit stets steiler wird, sind diese Körper in der Regel nur für einen engeren, niedrigen Geschwindigkeitsbereich geeignet. SZABO, 1928, erreichte eine entsprechende Verminderung des spez. Pflugwiderstandes um bis zu 25 % durch ein rollendes Streichblech, d.h. das Ende des Streichbleches war durch eine oder zwei Gummirollen ersetzt.

Die in Deutschland angebotenen geteilten Streichbleche werden nahezu ausschließlich von zwei Firmen hergestellt und es ist bei einer Schnittbreite von 35 cm mit einem Mehrpreis pro Körper von 115,-- DM zu rechnen.

K u n s t s t o f f s t r e i c h b l e c h

Der Reibungsbeiwert und damit die Reibungsverluste am Körper können auch durch geeignete Werkstoffauswahl beeinflußt werden. Die versuchte Beschichtung mit Teflon, COOPER, 1961, hat sich wegen der Schwierigkeiten bei der sicheren Bindung am Rand des

Streichbleches nicht eingeführt. Bei den Voll-Kunststoffstreichblechen ist eine Verminderung des Zugwiderstandes um 10 bis 25 % möglich. Für verschleißfreudige Böden kann das geteilte Streichblech auch mit einer Metallverschleißkante (Metallshin) ausgerüstet werden. Problematisch bleibt der zum Teil unterschiedliche Verschleiß im Bereich der Befestigung des Kunststoffes mit Metallschrauben. Der Körper ist auf jeden Fall gut geeignet für reine Moorgebiete und ergibt dort die gleiche Standzeit wie bei Eisenkörpern. Die Stärke des Vollkunststoffes (TE) beträgt 20 mm und nahezu alle in der Bundesrepublik angebotenen Körper wurden von der Fa. Eberhardt und werden heute von den Franck' schen Eisenwerken gefertigt. Der Mehrpreis für einen Körper der Schnittbreite von 35 cm beträgt rund 180,-- DM.

R a u t e n - S t r e i c h b l e c h (Rautenkörper, Rombenkörper)

Der Rautenkörper (Abb. 13) wurde erstmals 1970 auf der SIMA in Paris von der Firma Huard vorgestellt. Seine Form entspricht etwas den bereits von KÜHNE, 1928, beschriebenen Flachwendern.

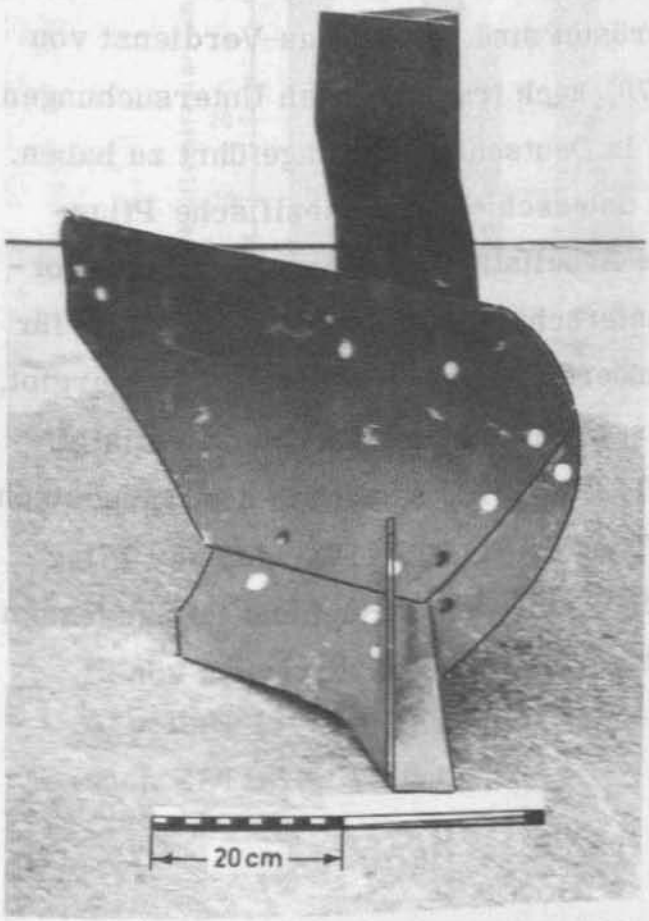



Abb. 13
Rautenkörper mit Messersech der Firma Gassner

Die grundsätzlichen Unterschiede zum Normalkörper sind aus Abbildung 9 und 10 für unterschiedliche Arbeitsbreiten ersichtlich. Dabei fällt in erster Linie der geringere Aufwurf und damit die geringere Lockerung auf. In der Frontansicht wird deutlich, daß sich keine senkrechte Furchenkante ausbildet, der Pflugkörper vielmehr ähnlich einem Häufelkörper arbeitet. Dies kann auch als ein großer "Seitengriff" der Streichblechschnittkante bezeichnet werden. Infolge des schmalen langen Pflugbalkens benötigt der Pflug eine größere Rahmenhöhe und durch die steilere Erhöhung des Balkens aber evtl. auch einen geringeren Körperlängsabstand. Dadurch wird das höhere Pfluggewicht infolge größerer Rahmenhöhe durch den geringeren Körperlängsabstand mehr als kompensiert. Problematisch kann die Anordnung von Vorwerkzeugen sein, weshalb ein Ausweg ähnlich den Anlagesechen gesucht wird (Fa. Gassner). RUHM, 1978, bestätigt zudem, daß Pflüge mit großem Seitengriff der Vorschäler auch ohne Scheibenseche ein einwandfreies Arbeiten ermöglichen. Untersuchungen im Vergleich zum Normalkörper ergeben gemäß der eingangs gemachten Feststellung nur dann ein sicheres Ergebnis, wenn die Körper für sich optimal aber nicht notwendigerweise gleich ausgerüstet sind. Es ist das Verdienst von STROPPEL und REICH, 1979, nach französischen Untersuchungen erste Vergleichsmessungen in Deutschland durchgeführt zu haben. Ein Ergebnis war dabei der unterschiedliche spezifische Pflugwiderstand für verschiedene Arbeitstiefen im Vergleich zum Normalkörper. Da jedoch die unterschiedliche Furchenausbildung für das Fahren in der Furche andere Übertragungsverhältnisse ergibt, (Abb. 14) erscheint eine Vergleichsmessung über den Kraftstoffverbrauch praxisnäher. ESTLER, 1978, bestätigte die französischen Untersuchungen von BILLOT und ACHART, 1974, daß der Pflug mit Rautenkörper stets einen geringeren Schlupf und infolgedessen einen geringeren flächenbezogenen Kraftstoffverbrauch von 21 bis 29, 5 % hat (Abb. 15).

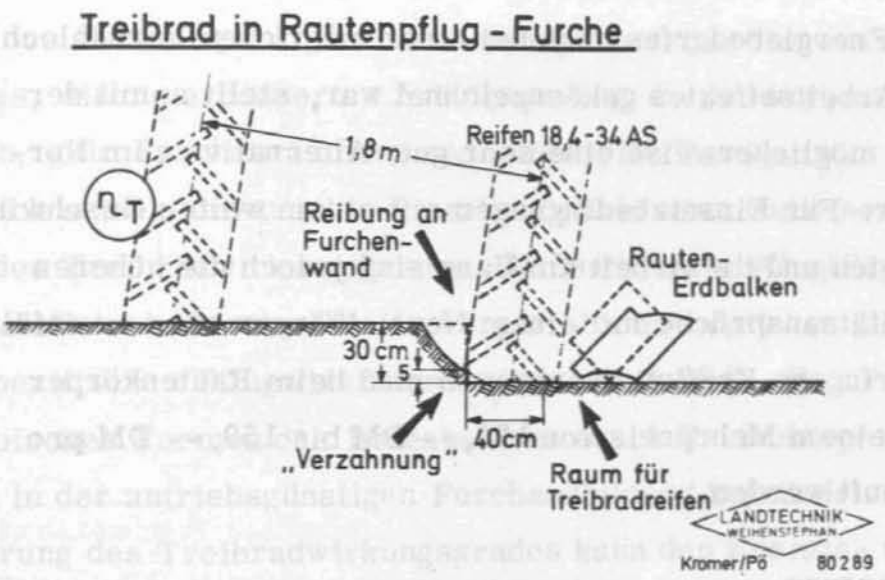



Abb. 14 Schematische Darstellung der verbesserten Kraftübertragungsverhältnisse in der Rautenpflugfurche

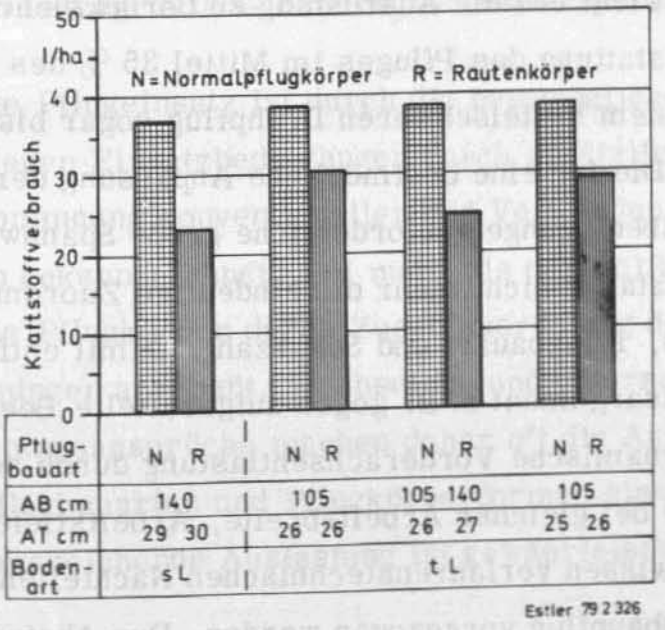



Abb. 15 Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Körperform, der Bodenart, der Arbeitsbreite AB und der Arbeitstiefe AT
nach ESTLER, 1978

Nachdem die Bodenbearbeitung der letzten Jahre durch eine Minderung des Energiebedarfes auch bei einer möglichen Verschlechterung des Arbeitseffektes gekennzeichnet war, stellt somit der Rautenpflug möglicherweise eine sehr gute Alternative zum Normalpflug dar. Für Einsatzbedingungen mit einem weiten Geschwindigkeitsbereich und die Arbeit am Hang sind jedoch die höheren Arbeitsqualitätsansprüche mit einem Normalkörper eher zu erfüllen. Der geringere Kraftstoffverbrauch muß beim Rautenkörper derzeit mit einem Mehrpreis von 120, -- DM bis 150, -- DM pro Körper erkauft werden.

Zusammenfassung

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß die Pflugentwicklung in der BR Deutschland eindeutig zu großen Pflügen, hohen Pfluggewichten und geringeren Verkaufszahlen geht. Die Kriterien für die Pflugauswahl sind vielgestaltig. Bei einem Preisvergleich ist vor allem das Pfluggewicht und die Ausrüstung zu berücksichtigen, da die komplette Ausstattung des Pfluges im Mittel 35 % des Gesamtpreises und bei einem mittelschweren Drehpflug sogar bis 59 % ausmachen kann. Die für eine bestmögliche Anpassung der Schlepper an die Einsatzbedingungen erforderliche große Spannweite von Pflugbaureihen gestattet nicht mehr die eindeutige Zuordnung von Anschaffungspreis, Pflugbauart und Scharzahl. Damit entfällt teilweise das Preisargument z. B. gegen aufgesattelte Beetpflüge. Im Hinblick auf dynamische Vorderachsentlastung durch schwere Anbaupflüge sollte bei gleicher Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und Preis auch bei gewissen verfahrenstechnischen Nachteilen der Aufsattel- dem Anbaupflug vorgezogen werden. Der Abstand des Pflugschwerpunktes zum Unterlenker ist im wesentlichen von der Scharzahl, weniger von der Bauart abhängig. Auch der spezifische Anschaffungspreis ist für die gleiche Baureihe bei Beet- und Kehrpflügen mit 12 bis 13, -- DM/kg etwa gleich.

Die Auswahl des Pflugkörpers, insbesondere der Körperform erfolgt unter den Gesichtspunkten eines verringerten spezifischen Pflugwiderstandes, einer verbesserten Arbeitsqualität durch einwandfreies Putzen, gute Furchenräumung und eine steife Furche, wie auch hinsichtlich seiner universalen Einsatzmöglichkeiten und einer Verbesserung des Treibradwirkungsgrades. Maßnahme am Pflugkörper durch Kunststoffstreichblech, Streifenkörper etc. ermöglichen eine Senkung des spezifischen Pflugwiderstandes um 10 bis 25 %. Der Vorteil rhombischer Formen des Bodenbalkens durch Rautenkörper ist vor allem in der antriebsgünstigen Furchausbildung begründet. Die Verbesserung des Treibradwirkungsgrades kann den Energie- und Kraftstoffbedarf um mindestens 20 % senken. Dies muß u. U. durch einen höheren Pflugpreis und eine geringere Universalität erkauft werden. Dieser Nachteil kann in der Weiterentwicklung durch geeignete Kombinationen von rhombischer Furchenausbildung und angepaßten Streichblechformen ausgeglichen werden. Der Mehrpreis von Pflugkörper-Sonderformen beträgt 110, -- bis 180, -- DM/Körper.

Der zukünftige Pflugeinsatz ist durch die bestmögliche Anpassung an die verschiedenen Einsatzbedingungen durch zusätzliche Ausrüstung und Vervollkommnung konventioneller und Verwendung neuer Pflugkörperformen gekennzeichnet. Bei mehr als der Hälfte aller Neupflüge sind die Pflugkörper durch Zusatzausrüstung den speziellen Einsatzbedingungen angepaßt. Wechselnde und unterschiedliche Bodenbearbeitungsansprüche machen daher oft die Anschaffung verschiedener Pflugbauarten und Pflugkörperformen sinnvoll, vorausgesetzt eine ausreichende Auslastung ist gewährleistet.

## Oberflächen-Nachbearbeitung mit gezogenen oder zapfwellen-getriebenen Geräten?

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

Nach einer Phase der gewissen Stagnation besteht heute wieder ein verstärktes Interesse an allen Fragen, die den Boden, seine zweckmäßige Bearbeitung und die hierfür verwendbare Technik betreffen. Drei wesentliche Gründe sind hierfür maßgebend:

1. In den vergangenen 20 Jahren war eine eindeutige Bevorzugung der Mechanisierung bei den Erntearbeiten, vor allem im Getreidebau zu beobachten. Ziel dieser Maßnahmen war es, eine Verminderung des Arbeitszeitbedarfes je Hektar sowie der benötigten Arbeitskräfte zu erreichen, die Verluste zu reduzieren sowie eine Verminderung des Wetterrisikos zu erreichen.
2. Im gleichen Zug stieg aber der prozentuale Anteil für die Bodenbearbeitung und Bestellung am Gesamtarbeitszeitbedarf der verschiedenen Produktionsverfahren teilweise erheblich an (Abb. 1). Deshalb wird heute angestrebt, alle hier vorhandenen Möglichkeiten einer weiteren Rationalisierung konsequent zu nutzen.
3. In den letzten Jahren wurde der Bodennutzung oftmals ein gewisser Vorrang vor der Bodenpflege gegeben. Hier zeichnet sich ein neuer Denkprozeß zu Gunsten einer pfleglichen Behandlung der Böden ab, da in den Ackerbaubetrieben der Boden nicht nur Standort für die Kulturpflanzen, sondern zugleich wichtigstes Betriebskapital darstellt.

Außerdem haben sich die Anforderungen an die Funktion und die Einsatzmöglichkeiten der Bodenbearbeitungstechnik in den letzten Jahren (auch unter dem Druck ackerbaulicher und ökonomischer Weiterentwicklungen) drastisch erweitert und erhöht. Außer den allgemeinen Effekten (Lockern, Krümeln, Mischen) muß aus aktuellem Anlaß ein besonderes Gewicht auf das verrottungsgerechte Einmischen

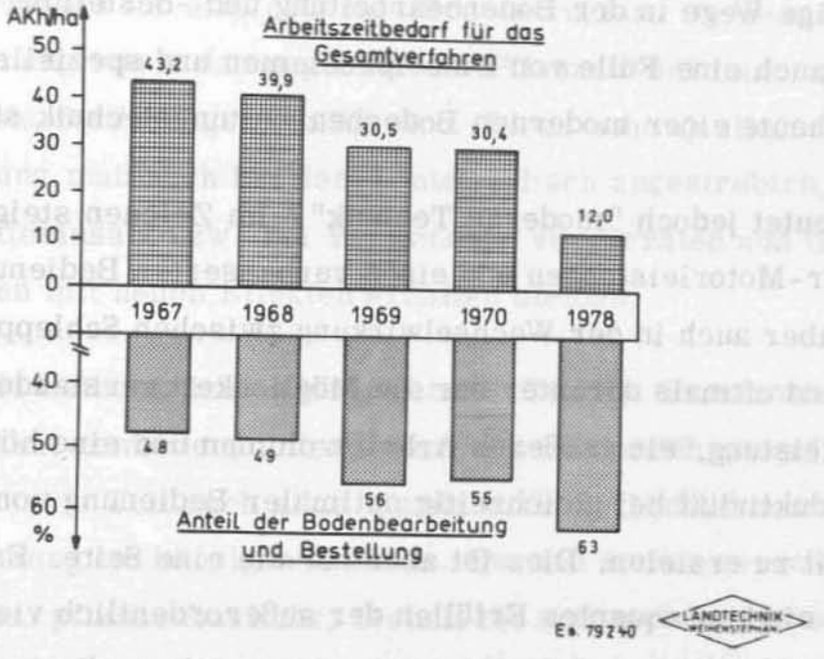



Abb. 1 Entwicklung des Gesamtarbeitszeitbedarfes und des Anteils von Bodenbearbeitung und Bestellung im Getreidebau

organischer Substanzen und mineralischer Düngemittel gelegt werden. Auf allen Standorten hatte und hat auch künftig die Optimierung des Wasserhaushaltes, vor allem die Speicherung von Niederschlagswasser und die kapilare Wasserversorgung in niederschlagsarmen Perioden eine zentrale Bedeutung. Dies setzt voraus, daß eine optimale Bodenstruktur erhalten bzw. herbeigeführt wird, um außerdem auch die Durchwurzelbarkeit des Bodens zu steigern und das Entstehen von Störschichten zu verhindern. Letztendlich behält auch die mechanische Bekämpfung von Unkräutern einen hohen Stellenwert.

Aus verfahrenstechnischer Sicht ist darüberhinaus besonderer Wert auf eine hohe Betriebssicherheit der Geräte, tragbare Investitionen und (durch umfangreiche Einsatzflächen) geringe Gesamtkosten der Arbeitserledigung zu legen.

Es bestehen somit nicht nur gewichtige Gründe, sich neue Gedanken um künftige Wege in der Bodenbearbeitung und -bestellung zu machen, sondern auch eine Fülle von Einzelproblemen und speziellen Aufgaben, die sich heute einer modernen Bodenbearbeitungstechnik stellen.

Was bedeutet jedoch "moderne Technik"? Im Zeichen steigender Schlepper-Motorleistungen und eines verbesserten Bedienungskomfortes, aber auch in der Wechselwirkung zwischen Schlepper und Gerät wird oftmals darunter nur die Möglichkeit verstanden, höhere Flächenleistung, ein größeres Arbeitsvolumen und eine höhere Arbeitsproduktivität bei gleichzeitig optimaler Bedienung von Schlepper und Gerät zu erzielen. Dies ist aber nur die eine Seite. Es ist darunter auch ein konsequentes Erfüllen der außerordentlich vielseitigen und unterschiedlichen Anforderungen zu verstehen, die vor allem aus ackerbaulicher und verfahrenstechnischer Sicht an die neuen oder verbesserten Konstruktionen von Bodenbearbeitungsgeräten gestellt werden. Die Landmaschinenindustrie ist intensiv bemüht, diese vielfältigen Ansprüche zu erfüllen. Für den Praktiker liegt die Problematik jedoch darin, daß neu- oder weiterentwickelte Bodenbearbeitungsgeräte zwar die Chance steigern, für die jeweils vorliegenden Verhältnisse ein geeignetes Gerät oder die passende Gerätekombination zu finden. Die außerordentlich große Fülle des Angebotes macht es aber andererseits um so schwerer, die richtige Auswahl zu treffen. Denn unter dem Eindruck neuer Entwicklungstendenzen, auch in anderen Disziplinen, wie z. B. im Acker- und Pflanzenbau, Bodenkunde, Betriebswirtschaft usw. erhält die Diskussion über die Einsatzvoraussetzungen, erzielbaren Ergebnisse und Wechselwirkungen mit anderen Bereichen ein besonderes Gewicht.

Eines der zentralen Probleme beim Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten ist derzeit, daß unterschiedliche Böden und Fruchtarten sehr spezielle Anforderungen an Form und Intensität der Bodenbearbeitung stellen. Diese Anforderungen in möglichst allen Einsatzbereichen der Bodenbearbeitungstechnik zu erfüllen, stellt langfristig eine besonders wichtige Aufgabe dar.

Denn langfristig sind hohe und vor allem sichere Erträge nur dann zu erzielen, wenn die für eine optimale Bodenstruktur, für rasche und sichere Keimung sowie das ungehinderte Pflanzenwachstum erforderliche Mindestanforderungen erfüllt sind. Diese hohe Qualität der Arbeitserledigung muß auch bei dem heute vielfach angestrebten, reduzierten Geräteeinsatz bzw. bei Verwendung von Geräten und Gerätekombinationen mit neuen Effekten erhalten bleiben.

Vor allem bei Reihenfrüchten ist in letzter Zeit die Erosionsfrage regional sehr akut geworden, unter anderem zurückzuführen auf verfeinerte oder zum Teil auch allzu standardisierte Maßnahmen bei der Bodenbearbeitung im hängigen Gelände. Derzeit stehen verschiedene ackerbauliche, pflanzenbauliche, technische und auch betriebsorganisatorische Maßnahmen zur Verfügung, im speziellen Fall eine Vorbeugung oder Abhilfe bei Erosionsproblemen zu schaffen. Als Beispiele hierfür können stehen die Direktsaat in abgetötete Zwischenfruchtbestände, Streifenbearbeitungen bei Reihenfrüchten sowie Untersaaten in wachsende Reihenfrucht-Bestände.

Das Verwirklichen einer ordnungsgemäßen und zweckmäßigen Bodenbearbeitung wird oftmals dadurch erschwert, daß sich trotz der umfangreichen Arbeiten auf praktischem und wissenschaftlichem Gebiet unser Wissen zum heutigen Zeitpunkt manchmal noch als recht lückenhaft erweist, wenn es darum geht, genaue und abgesicherte, über längere Zeiträume hinweg gültige Empfehlungen für den Maschineneinsatz auf einem speziellen Standort, für unterschiedliche Fruchtarten und Fruchtfolgen und vor allem bei standortspezifischen Klimabedingungen und Witterungsabläufen zu geben. Die Gründe hierfür sind sehr vielgestaltig: die landtechnische Fntwicklung schreitet ständig voran und bringt neue technische Lösungen mit neuen Effekten und Auswirkungen auf Boden und Pflanze hervor. Aber auch die ackerbaulichen und pflanzenbaulichen Forderungen ändern sich und stellen immer neue Aufgaben und Zielsetzungen an den Einsatz technischer Hilfsmittel. Diese sehr unterschiedlichen und vielseitigen Anforderungen haben dazu geführt, daß heute ein sehr umfangreiches, vielseitiges

und technisch hochentwickeltes Angebot an Maschinen und Geräten für die Bodenbearbeitung vorhanden ist, und nicht nur einige wenige, kompromißbeladene Universalgeräte.

Bei Auswahl und Einsatz der Bodenbearbeitungstechnik darf auch das ökonomische Moment nicht außer Acht gelassen werden. Dabei ist unter "ökonomisch" nicht nur der Kapitalbedarf bei Neuinvestitionen und die Kosten für die gesamte Arbeitserledigung zu verstehen, sondern auch die Kostenreduzierung durch einen möglichst vielseitigen Einsatz in verschiedenen Einsatzzeitspannen, nach unterschiedlichen Vorfrüchten sowie bei unterschiedlichen Struktur- und Feuchtigkeitszuständen des Bodens. Der Praktiker ist an einem derart vielseitigen Einsatz besonders interessiert, sieht sich aber immer wieder den konträren Forderungen gegenübergestellt, die sich aus diesen vielschichtigen Anforderungen ergeben. Deshalb wird künftig der gezielten Auswahl von Einzelgeräten und deren Zusammenstellung zu kompletten Bodenbearbeitungssystemen eine besondere Bedeutung zukommen. Es gilt jedoch, sehr sorgfältig darauf zu achten, daß sich die Effekte der Einzelgeräte bei einer Zusammenfassung in Gerätekombinationen möglichst gut ergänzen und auch im gesamten Bodenbearbeitungssystem die Wechselwirkungen zwischen den zuvor und nachträglich durchgeführten Bearbeitungsmaßnahmen beachtet werden.

Unter einem sparsamen Maschineneinsatz ist aber auch zu verstehen, daß nur ein solcher Aufwand an Geräteeinsatz und Arbeitsgängen betrieben wird, wie er für das nachhaltige und langfristige Erhalten von Bodenstruktur und Ertragshöhe erforderlich ist. Zweifellos wurde in der Vergangenheit hier oft zu verschwenderisch gehandelt, in vielen Fällen können Arbeitsgänge eingespart werden, ohne daß negative Auswirkungen auf Boden und Pflanze zu befürchten sind. Damit hängt eng zusammen die Forderung nach einem energiesparenden Maschinen- und Geräteeinsatz. Unter derzeitigen Aspekten sollte sich im Einzelfall die Entscheidung auch daran orientieren, welche Geräte bzw. kompletten Bodenbearbeitungssysteme es ermöglichen, mit

einem Minimum an Energieeinsatz ein Optimum an Ertragsvoraussetzungen zu schaffen.

Einer termingerechten Arbeitserledigung ist auch im Bereich der Bodenbearbeitung ein besonders hoher Stellenwert zuzuschreiben, denn die Bearbeitung des Bodens zum wirklich günstigsten Zeitpunkt wird als eine besonders wirkungsvolle Möglichkeit angesehen, den angestrebten Bearbeitungseffekt sicher und mit geringem Energieaufwand zu erzielen.

Da eine derartige termingerechte Arbeitserledigung aber nur dann zu realisieren ist, wenn eine ausreichende Schlagkraft beim Geräteeinsatz bereitgestellt werden kann, wirkt sich das zunehmende Angebot leistungsstarker Ackerschlepper hier besonders vorteilhaft aus. Diese hohe Schlagkraft ist aber auch verführerisch, weil allzu leicht im Hochgefühl dieser technischen Leistungsfähigkeit das Gefühl geweckt wird, die natürlichen Gesetzesmäßigkeiten korrigieren zu können. Hiervon muß aber gerade in der Bodenbearbeitung besonders eindringlich gewarnt werden.

In die Fragestellung "gezogene oder zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte" ist ganz zwangsläufig auch die Überlegung einzubeziehen, mit welcher dieser Gerätekategorien am günstigsten und sichersten unter den jeweiligen Einsatzvoraussetzungen der angestrebte Bearbeitungseffekt ganz gezielt erreicht werden kann. Im Zusammenhang damit sind nicht nur die jeweiligen Einzelwerkzeuge hinsichtlich ihrer speziellen Wirkung zu betrachten, sondern auch die Möglichkeit der Zueinanderordnung von Einzelwerkzeugen zu Gerätekombinationen und deren besondere Bearbeitungseffekte zu diskutieren.

Gerätetechnik

Die Einzelwerkzeuge von gezogenen Bodenbearbeitungsgeräten weisen eine besondere Vielfalt auf. Zum Teil sind sie bereits aus dem "Gespannzeitalter" bekannt (z. B. starre Zinkeneggen), andere wurden erst in neuerer Zeit entwickelt (z. B. Federzinken, Krümelwalzen etc.).

Übereinstimmendes Merkmal der modernen Einzelwerkzeuge ist jedoch, daß sie konsequent auf die Verwendbarkeit mit dem Ackerschlepper, d.h. mit hohen Arbeitsgeschwindigkeiten und in Gerätekombinationen abgestimmt sind.

Für das flache Lockern von Krümeln des Saathorizontes werden vorzugsweise Geräte mit starren oder federnden Zinken verwendet. Während bei den starren Zinken der Bearbeitungseffekt vor allem durch die Zinkenform, durch den Strichabstand und die Arbeitsgeschwindigkeit variiert werden kann, besteht bei den federnden Zinken zusätzlich der Effekt, daß sie bei der Arbeit im Boden vibrieren und hierdurch eine noch intensivere Lockerungs- und Krümelungswirkung entsteht.

Mit ausschlaggebend für den Bearbeitungseffekt ist jedoch das Arbeitsbild, welches die verschiedenen Zinkenformen im Boden hinterlassen (Abb. 2). Dabei fällt auf, daß je nach konstruktiver Form des Zinkens bei gleichem Strichabstand ein mehr oder weniger breiter Streifen des Bodens zwischen den Zinken nicht direkt erfaßt, sondern durch die seitliche Brechwirkung der Zinken bearbeitet wird.

Die folgende Abbildung veranschaulicht dies am Beispiel der Zinken von Löffelegge, Gare-Egge und Ackeregge. Je schmaler der unbearbeitete Bodenstreifen ist, desto günstiger ist die Bearbeitungswirkung auch bei geringer Arbeitstiefe. Von den drei dargestellten Zinkenformen stellt der Gare-Zinken einen gewissen "Universalzinken" dar, da er sowohl für flachere, als auch für tiefere Bearbeitung verwendet werden kann und durch das Vibrieren im Boden eine intensive Lockerung und Krümelung bewirkt.

Auf verschleiß-fördernden Böden stellt die Abnutzung der Arbeitswerkzeuge und dadurch die Beeinträchtigung der Arbeitsqualität, der exakten Tiefenführung und Verstopfungsanfälligkeit ein permanentes Problem dar. Die Industrie hat hierauf reagiert, in dem sie z. B. bei federnden Feingrubber- und Gare-Zinken höhere Materialqualitäten verwendet

und bei den Schmalscharen austauschbare bzw. nachschiebbare Werkzeugformen anbietet.

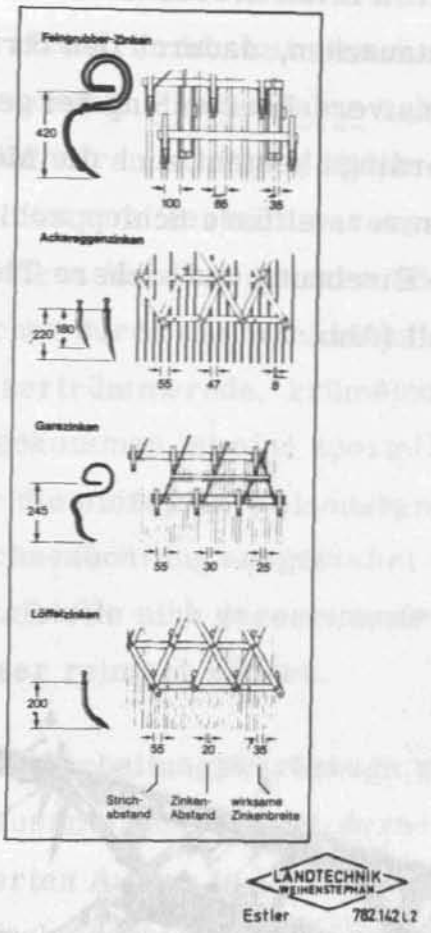



Abb. 2 Arbeitsbild verschiedener Zinkenformen bei gleichem Strichabstand

Besonderer Wert wird auf eine vielseitige Verwendbarkeit der Einzelgeräte bei unterschiedlichen Voraussetzungen und Anforderungen gestellt. Im Hinblick darauf wurde ein bereits früher angewandtes Konstruktionsprinzip wieder neu aufgegriffen, bei welchem der Anstellwinkel der Zinken variiert und dadurch je nach Einsatzbedingungen eine mehr aufreißende bzw. mehr schleppende, einebnende Wirkung erzielt werden kann.

Strichabstand, Arbeitstiefe und Funktion der Werkzeuge (vor allem Verstopfungsanfälligkeit) stehen in einer gewissen Wechselwirkung zu einander. Je größer der Strichabstand, desto geringer die Verstopfungsgefahr, desto tiefer muß jedoch gearbeitet werden, um

einen gleichmäßig gelockerten Saathorizont herzustellen. Um hier gewisse Variationen möglich zu machen, besteht bei einem Fabrikat die Möglichkeit, durch Schnellverschlüsse z. B. Einzelzinken gegen Doppelzinken auszutauschen, dadurch den Strichabstand zu halbieren und somit eine intensivere Bearbeitung bei geringerer Arbeitstiefe zu erreichen. Neuerdings besteht auch die Möglichkeit, zwischen den Eggenzinken-Reihen verstellbare Schleppschienen anzuordnen, wodurch eine bessere Einebnung und sichere Tiefenführung der Zinken erreicht werden soll (Abb. 3).

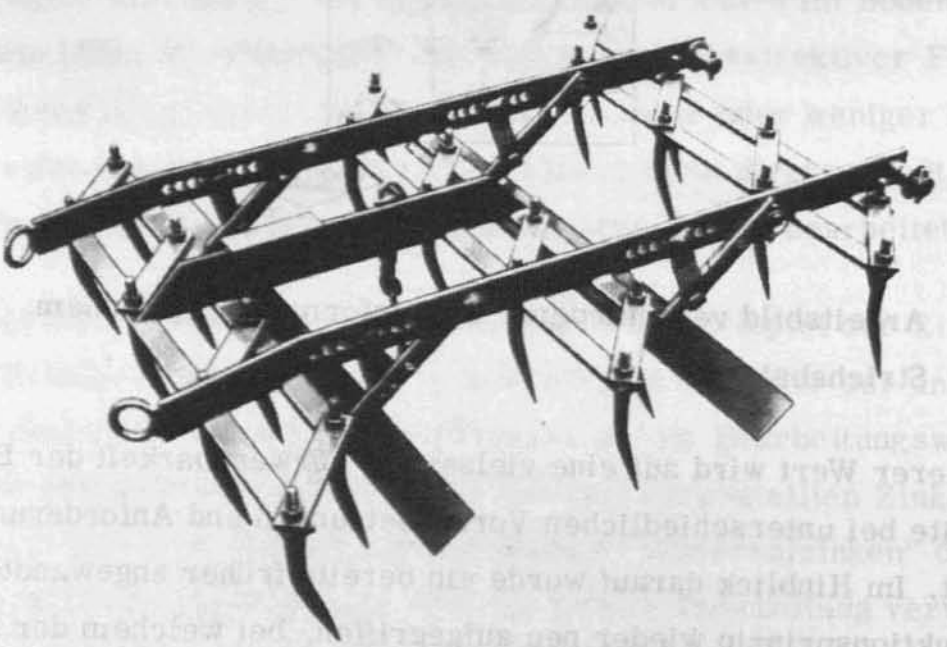


Abb. 3 Schleppschienen zwischen den Zinkenreihen bewirken eine gleichmäßige Tiefenführung und Einebnung

Zinkeneggen werden relativ selten allein verwendet, sondern meist in Gerätekombinationen gemeinsam mit verschiedenen Nachläufern eingesetzt. Die früher sehr vielfältige Auswahl an derartigen Nachläufern hat sich in letzter Zeit weitgehend vereinheitlicht und beschränkt sich heute auf etwa vier wesentliche Bauformen.

Stegwalzenkrümler mit senkrecht zum Boden angeordneten Flacheisen sind relativ vielseitig auf den meisten Bodentypen einzusetzen. Um eine ausreichend krümelnde und verdichtende Wirkung zu erzielen, werden oftmals Doppelwalzenkrümler mit zwei im Durchmesser unterschiedlichen Walzen verwendet. Zahnkrümler haben ihren bevorzugten Einsatzbereich auf den schweren, klutigen Böden, auf denen das zahnförmige Stegprofil eine intensive Zertrümmerung der groben Kluten bewirkt. Ebenfalls besonders für die schweren Böden geeignet ist die Drahtwälzegge, bei welcher durch die Wahl eines entsprechenden Drahtdurchmessers die zertrümmernde, krümelnde Wirkung verändert werden kann. Neu hinzugekommen ist eine spezielle Bauform einer Sternwalze, bei welcher die einzelnen Walzensegmente geteilt und mit unterschiedlicher Achsenbohrung ausgestattet sind. Dadurch wird erreicht, daß die Halbteile sich gegeneinander verschieben und auf klebenden Böden besser reinigen können.

Derartige gezogene Bodenbearbeitungswerkzeuge werden vorwiegend in Gerätekombinationen zusammengefaßt. Moderne Bauformen bestechen durch einen klar gegliederten Aufbau in Vorlauf- und Nachlaufaggregate (Abb. 4). Durch verschiedene Anlenk- und Abstützvorrichtungen ist gewährleistet, daß auf der ganzen Länge eine gleichmäßige Bearbeitungstiefe und gegebenenfalls ausreichende Belastung der Einzelaggregate gewährleistet ist. Für die gewünschte Belastung der Nachläufer (vor allem Krümelwalzen) werden mechanische Druckvorrichtungen bzw. Belastungseinrichtungen mit Hydraulikzylindern angeboten. Da sich in der Regel die gesamte Gerätekombination auf diese Krümelwalzen abstützt, kann durch diese Vorrichtungen auch eine exakte Tiefenführung der gesamten Gerätekombination erreicht werden.

Bei der Verwendung von Gerätekombinationen mit mehr als drei Meter Gesamtarbeitsbreite schreibt die StVzO vor, daß die überstehenden Seitenteile so eingeklappt werden müssen, daß die Zinken nach unten bzw. nach innen stehen und keine Verletzungsgefahr verursachen können. Hierfür werden preiswerte, funktionssichere mechanische Einklappvorrichtunge, daneben aber auch elegante, aber etwas teuere hydraulische Vorrichtungen angeboten.

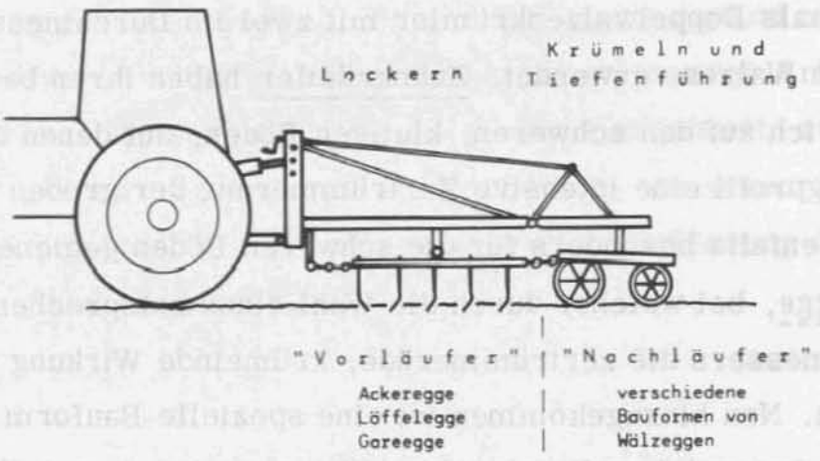



Abb. 4 Aufgliederung moderner Gerätekombinationen in Vorläufer und Nachläufer

Auf locker liegenden Böden besteht oftmals das Problem, insbesondere bei etwas tieferer Bearbeitung, den ausreichenden "Bodenschluß" wieder herzustellen. Derzeit werden mehrere Bauformen angeboten, die eine Wiederverfestigung des Bodens zum Ziel haben. Im Wesentlichen handelt es sich um Dreifach-Gerätekombinationen, bei welchen zwischen Eggenaggregat und Krümler ein Packerelement angeordnet ist, welches den tief gelockerten Boden ausreichend verdichtet. Seit neuestem finden hierfür auch zapfwellenangetriebene Rüttelpacker Verwendung (Abb. 5).

Ein echtes Problem stellt die Saatbettbereitung in einem oder nur wenigen Arbeitsgängen auf schweren, scholligen Böden dar. Ein hierfür angebotenes Spezialgerät besitzt mehrreihig hintereinander

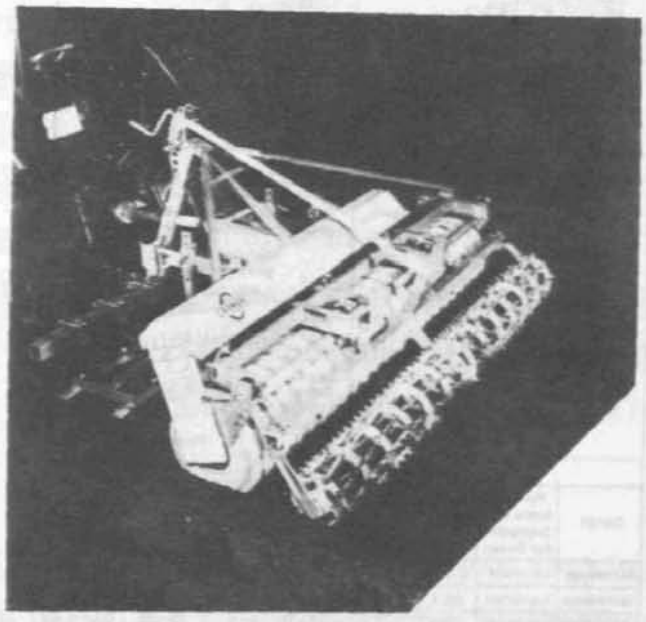


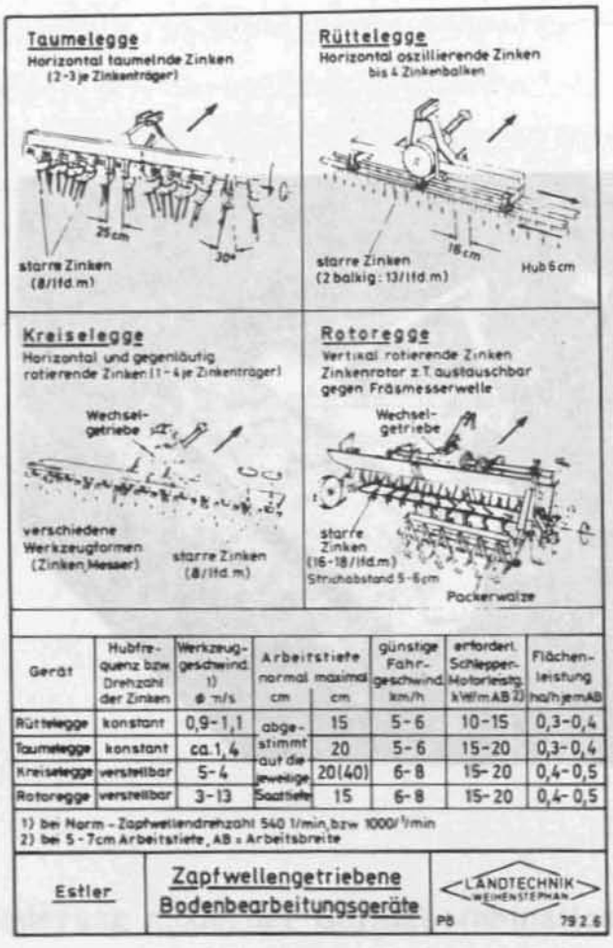
Abb. 5 Rüttelpacker sollen eine intensivere, oberflächliche Wiederverfestigung des Bodens bewirken

angeordnete, scheibeneggenähnliche Werkzeuge mit abgekröpften Zackenspitzen. Die Kombination mit Grubber und anderen Bearbeitungswerkzeugen ist möglich, ebenso der Anbau einer Drillmaschine.

Zapfwellengeräte

Das Bestreben, auch auf schwer bearbeitbaren, tonigen Böden in einem Arbeitsgang das Feld saatfertig vorzubereiten, hat zu einem wachsenden Interesse an zapfwellengetriebenen Nachbearbeitungsgeräten geführt.

Die Übersicht (Abb. 6) läßt erkennen, daß derzeit ein sehr vielseitiges Angebot an zapfwellengetriebenen Nachbearbeitungsgeräten mit sehr unterschiedlicher Werkzeugbestückung und -bewegungsbahn vor-




| Gerät | Hubfrequenz bzw. Drehzahl der Zinken | Werkzeuggeschwind. 1) ϕ m/s | Arbeitstiefe normal cm | Arbeitstiefe maximal cm | günstige Fahrgeschwind. km/h | erforderl. Schlepper-Motorleistg. kW/m AB 2) | Flächenleistung ha/h je m AB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rüttelegge | konstant | 0,9-1,1 | abgestimmt auf die jeweilige Saattiefe | 15 | 5-6 | 10-15 | 0,3-0,4 |
| Taumelegge | konstant | ca. 1,4 | | 20 | 5-6 | 15-20 | 0,3-0,4 |
| Kreiselegge | verstellbar | 5-4 | | 20(40) | 6-8 | 15-20 | 0,4-0,5 |
| Rotoregge | verstellbar | 3-13 | | 15 | 6-8 | 15-20 | 0,4-0,5 |

1) bei Norm-Zapfwellendrehzahl 540 l/min bzw. 1000 l/min
2) bei 5-7 cm Arbeitstiefe, AB = Arbeitsbreite

Estler — Zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte — LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN — P8 — 79.2.6

Abb. 6 Übersicht und technische Kenndaten für Zapfwellengetriebene Nachbearbeitungsgeräte

liegt. Eine Einordnung der verschiedenen Systeme kann nach mehreren Beurteilungskriterien vorgenommen werden:

- Lage der Antriebswelle: Bei Bodenfräse und Rotoregge sind die Arbeitswerkzeuge (unterschiedlich geformte Messer, Rund- oder Ovalzinken) auf einer waagerecht angeordneten rotierenden Welle angebracht. Da sich die Werkzeuge stets nur mit einem Teil der gesamten Bewegungsbahn im Eingriff mit dem Boden befinden, muß eine Prallhaube mit Staublech vorhanden sein, damit dort die Bodenkrümel von den Werkzeugen nochmals getroffen und zerkleinert werden. Aufgrund dieses Funktionsprinzips ergibt sich beim Einsatz eine gewisse Entmischung des Bodens, feineres Material wird nach unten verlagert, gröbere Krümel darüber geschichtet.

Die Werkzeuge der Kreiselegge sind paarweise an senkrechtstehen-

den, gegenläufig rotierenden Wellen angeordnet. Da die Zinken etwas "auf Zug" stehen, bleibt die ursprünglich im Boden vorhandene Schichtung erhalten. Dies ist z. B. beim Einsatz im Frühjahr sehr vorteilhaft, es wird dann kein feuchter Boden an die Oberfläche gebracht.

Bei der Rüttel- und Taumelegge sind die Werkzeuge schwingend angeordnet, d. h. sie bewegen sich in einer Sinuskurve durch den Boden. Durch Anordnung mehrerer Werkzeuge hintereinander soll die gewünschte, intensive Krümelung des Bodens erreicht werden. Auch hier erfolgt eine gewisse Schichtung des Bodens (Feinmaterial nach unten, Grobmaterial nach oben).

- Arbeitswerkzeuge: Während bei der Bodenfräse vorwiegend messerartige Werkzeuge (z. B. leicht geschwungene Mulchmesser, rechtwinkelige Fräsmesser) verwendet werden, benutzen nahezu sämtliche anderen Zapfwellengeräte zinkenartige Arbeitswerkzeuge. Dadurch soll erreicht werden, daß durch den Aufprall der stumpfen Werkzeuge auf die Bodenkrümel eine schonende Krümelung erreicht wird. Eine Ausnahme bilden spezielle Bauformen von Rotoreggen-Werkzeugen, die entweder säbelartig geformt sind, oder als Spitzzinken mit speziellem Einstichwinkel in den Boden gestaltet sind.

- Verstellung des Bearbeitungseffektes: Von modernen Zapfwellengeräten für die Bodenbearbeitung wird verlangt, daß sich die Werkzeuggeschwindigkeit gezielt einstellen und damit eine Anpassung an die jeweiligen Einsatzbedingungen erreichen läßt. Hierfür sind die Geräte teilweise mit einem mehrstufigen Untersetzungsgetriebe ausgestattet, zuzüglich kann bei manchen Geräten wahlweise die 540er und 1.000er Zapfwelle zum Antrieb benutzt werden. Dadurch ergeben sich in der Grundausstattung drei bis etwa sechs (mit Zusatzausrüstung bis etwa zehn) unterschiedliche Werkzeuggeschwindigkeiten.

- Überlastsicherung: Beim Einsatz auf stark verhärteten und vor allem steinigen Böden ist es vorteilhaft, wenn das Zapfwellengerät

mit einer Überlastsicherung ausgestattet ist. Eine universelle Ausstattung bildet die Überlastsicherung an der Gelenkwelle, die mit unterschiedlichem Ansprechverhalten gewählt werden kann. Darüberhinaus sind bei Zapfwelleneggen, bei welchen aufgrund des Bewegungsprinzips der Arbeitswerkzeuge eine besondere Steinempfindlichkeit vorherrscht (z. B. Kreiseleggen) teilweise zusätzliche Sicherungselemente vorhanden (z. B. Abscherstifte, gekröpfte, schwenkbare Zinken, hydraulisch gesicherte, voll ausschwenkbare Kreiselelemente, Federentlastungen für den gesamten Werkzeugbereich).

- Kombinationsmöglichkeiten von Sä- und Pflanzgeräten: Für alle Zapfwellengeräte werden Anbauteile zum heckseitigen Anbringen von Sä- und Pflanzgeräten angeboten. Nach Auskunft verschiedener Herstellerfirmen werden derzeit ca. 50 - 70 % aller ausgelieferten Zapfwellengeräte mit derartigen Anlenkvorrichtungen ausgeliefert. Währenddessen die Anlenkung von Säaggregaten mit Eigenantrieb (z. B. Drillmaschinen, Einzelkornsämaschinen mit Einzelantrieb) unproblematisch ist, können z. B. pneumatische Einzelkornsämaschinen nur an solche Zapfwellengeräte angelenkt werden, die mit einem "Zapfwellen-Durchtrieb" ausgestattet sind (z. B. Bodenfräse, Rotoregge, Kreiselegge), Abb. 7.

Nahezu sämtliche Zapfwelleneggen werden heute mit einem Nachläufer ausgestattet, der eine Wiederverfestigung des intensiv gelockerten Bodens bewirken und gleichzeitig die exakte Tiefenführung übernehmen soll. Das Angebot derartiger Nachläufer ist sehr vielseitig und umfangreich, zum Teil wurden Krümel/Packerwalzen von den gezogenen Gerätekombinationen übernommen. Das Problem ist jedoch, daß diese Nachläufer einerseits eine intensive Verdichtung bewirken sollen, andererseits bei feuchtem Boden nicht verkleben dürfen. Daher können die derzeit angebotenen Nachläufer (z. B. Zahnkrümler, Stegwalzenkrümler, Doppelwalzenkrümler, Messerkrümler, Prismenwalze, Packer-Nachläufer) noch nicht voll befriedigen.

Abb. 7 Zapfwellengeräte mit "Durchtrieb" sind auch für die Kombination z. B. mit pneumatischen Einzelkornsämaschinen geeignet

Um eine rasche, exakte Tiefeneinstellung zu erreichen, bietet eine zentrale oder beidseitig angeordnete Spindel-Höhenverstellung des Nachläufers günstigere Voraussetzungen als in Lochleisten verstellbare Aggregate.

Gerätevergleich

Wesentliche Aufgabe der Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte ist es, angepaßt an die jeweiligen Standortbedingungen und die zum Anbau vorgesehene Fruchtart ein jeweils möglichst günstiges Saatbett herzustellen. Hierbei soll der Boden derart gelockert gekrümelt und gegebenenfalls wiederverfestigt werden, daß die keimungs- und wachstumsbeeinflussenden Faktoren Wärme, Sauerstoff und Wasser in einem günstigen Verhältnis zur Verfügung stehen.

Erster Beurteilungspunkt soll daher sein, welchen Krümelungseffekt die verschiedenen Werkzeuge hervorbringen. Bei gezogenen Geräten läßt sich bekanntlich der Bearbeitungseffekt lediglich durch die Wahl bzw. Zueinanderordnung von geeigneten Einzelgeräten, durch die Fahrgeschwindigkeit sowie durch die Anzahl von Bearbeitungsgängen variieren. Größten Einfluß übt jedoch der Bearbeitungszeitpunkt (Herbst oder Frühjahr), die Bodenart und der Bodenfeuchtigkeitszustand aus.

Vorliegende Untersuchungsergebnisse, denen die Wirkung von gezogenen und zapfwellengetriebenen Nachbearbeitungsgeräten verglichen wurde, zeigen dies sehr deutlich (Abb. 8).

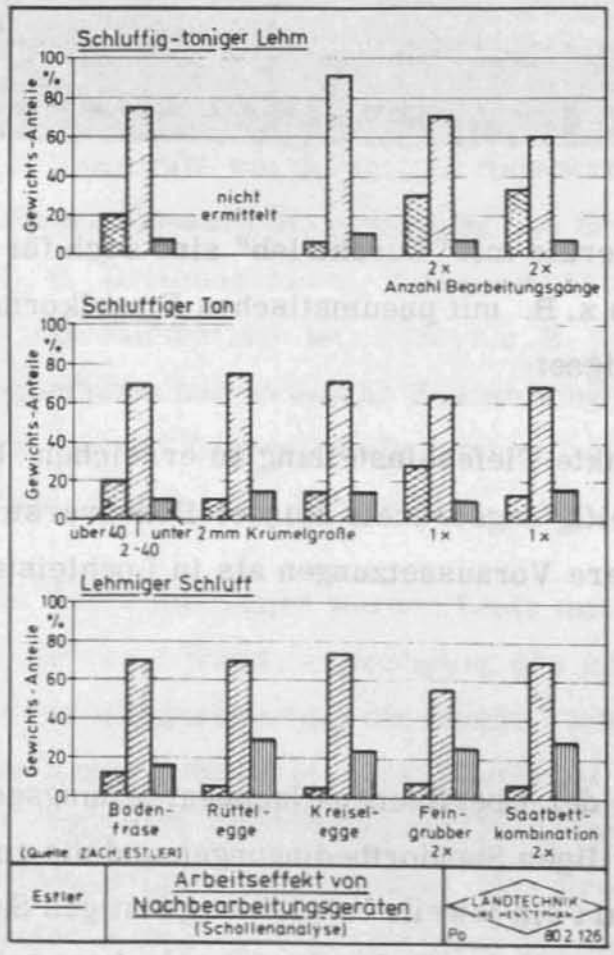



Abb. 8 Bearbeitungseffekt gezogener und Zapfwellen-betriebener Geräte auf 3 Standorten mit verschiedener Bodenart (Siebanalyse), nach ZACH

Bezeichnend ist, daß bei sämtlichen Geräten die höchsten Anteile in der Siebfraktion 2 - 40 mm Krümelgröße anfallen.

Bei zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungswerkzeugen steht die Zerkleinerungswirkung in enger Wechselbeziehung zu der Zinkenbewegung im Boden. Am Beispiel von Kreiselegge, Rüttelegge und Bodenfräse wird deutlich, daß sich die Zinken von Kreiselegge und Rüttelegge ständig im Boden befinden und eine Zerkleinerungswirkung ausüben können. Die Arbeitswerkzeuge der Bodenfräse (ähnlich auch bei der Rotoregge) befinden sich jedoch nur zu einem geringen Teil der Bewegungszykloide im Boden. Ein wesentlicher Teil des Bearbeitungseffektes wird deshalb durch den Aufprall der Bodenbissen an Fräsenhaube und Prallblech hervorgehoben.

Bei Bodenfräse, Rotoregge und Kreiselegge wird der Abstand zwischen den Werkzeugbahnen in Fahrtrichtung als "Bissenlänge" gekennzeichnet. Diese ist abhängig von Fahrgeschwindigkeit, Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge und Anzahl Werkzeuge pro Werkzeugträger. Je nach Bissenlänge wird eine unterschiedliche Krümelung des Bodens hervorgerufen. Die Abbildung 9 zeigt, daß bei konstanter Werkzeug-Umfangsgeschwindigkeit eine Erhöhung der Bissenlänge (infolge höherer Fahrgeschwindigkeit) eine Veränderung der Krümelung bewirkt. So wirkt sich z. B. bei der Kreiselegge mit 3,4 m/sek. Werkzeuggeschwindigkeit eine Steigerung der Bissenlänge von 10 auf 20 cm in einer Vergrößerung des Krümeldurchmessers (gewogener mittlerer Durchmesser der Bodenaggregate) von ca. 14 auf 20 mm aus. Im praktischen Einsatz gilt es daher, Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge und Fahrgeschwindigkeit so günstig aufeinander abzustimmen, daß einerseits eine hohe Flächenleistung, andererseits auch die gewünschte Lockerung und Krümelung des Bodens erreicht wird.

Eine vergleichende Untersuchung an verschiedenen Zapfwellengeräten über fünf Jahre hinweg (Abb. 10) zeigt deutlich auf, daß im Durchschnitt der Jahre z. B. bei Winterweizen keine wesentlichen Unter-

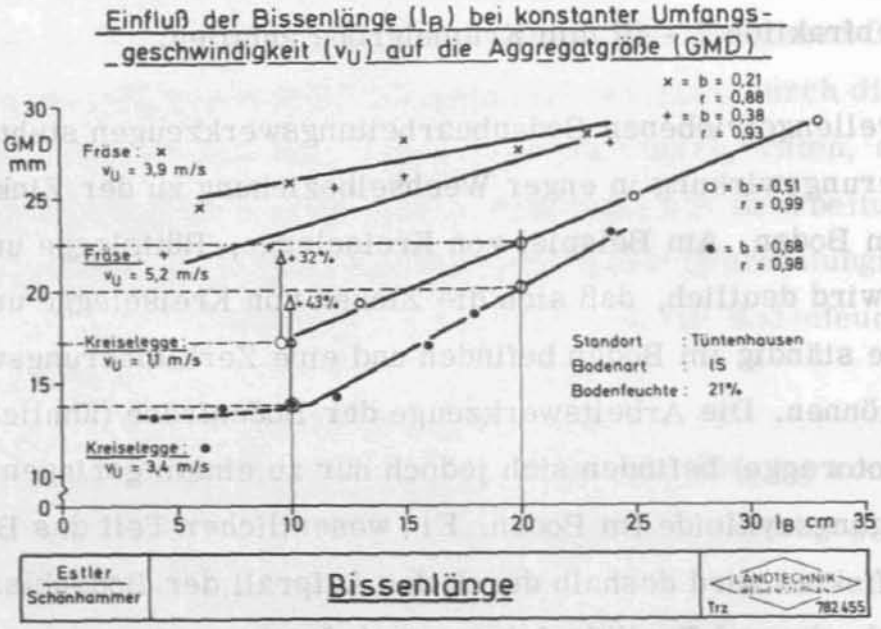



Abb. 9 Einfluß der Bissenlänge auf den erzielbaren Krümelungseffekt (dargestellt am gezogenen mittleren Durchmesser der Bodenaggregate)

Zerkleinerungseffekt (GMD) verschiedener Geräte
(5 Jahre, 3 Fruchtarten, Standort: Dürnast, Bodenart: tL)

| Jahr | W-Weizen | | | S-Gerste | | | Mais | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RE | KE | F | RE | KE | F | RE | KE | F |
| | G M D (mm) | | | | | | | | |
| 1973/74 | 14,9 | 23,2 | 25,7 | 10,8 | 10,8 | 20,2 | 13,1 | 12,7 | 14,8 |
| 74/75 | 31,3 | 28,5 | 30,7 | 10,2 | 12,4 | 10,7 | 8,8 | 14,3 | 15,4 |
| 75/76 | 38,1 | 32,7 | 32,7 | 5,2 | 5,5 | 10,5 | 4,0 | 5,9 | 7,5 |
| 76/77 | 16,5 | 21,5 | 19,7 | 10,7 | 15,7 | 20,0 | 12,2 | 11,2 | 12,5 |
| 77/78 | 25,9 | 24,8 | 27,5 | 14,6 | 18,2 | 20,5 | 9,4 | 12,0 | 9,0 |
| $\bar{x}$ | 25,3 | 26,1 | 27,3 | RE 9,9 | | | KE 11,9 | | F 14,2 |

RE = Rüttelegge KE = Kreiselegge F = Fräse

Estler — Zerkleinerungseffekt — LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN Schl 792 352

Abb. 10 Ergebnisse mehrjähriger Untersuchungen hinsichtlich des Bearbeitungseffektes von 3 Zapfwellengeräten bei Winterweizen, Sommergerste und Mais

schiede im Zerkleinerungseffekt der verschiedenen Geräte besteht. Wesentlich größer sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Jahren. Außerdem zeigt sich, daß generell bei Frühjahrs-Bodenbearbeitung (Sommergerste, Mais) ein wesentlich kleineres Aggregatgemisch als bei Herbstbestellung (Winterweizen) erreicht werden kann.

Hier macht sich die physikalische Wirkung der Winterwitterung (Frost) auf das Bodengefüge deutlich bemerkbar.

Zusammenfassend sollen noch einmal die Kriterien dargestellt werden, die bei der Anschaffung von gezogenen bzw. zapfwellengetriebenen Nachbearbeitungsgeräten zu beachten sind.

Bestimmungsgründe für

| gezogene Kombinationen | Zapfwellengeräte |
|---|---|
| - günstiger Anschaffungspreis | - "gezieltere Saatbettbereitung" möglich |
| - Mehrfachkombinationen möglich | - bessere Einebnung |
| - höhere Fahrgeschwindigkeit | - Kraftübertragung mit hohem Wirkungsgrad |
| - geringerer spezifischer Leistungsbedarf | - weniger Fahrspuren |
| | - kombinierbar mit Sägeräten etc. |

Wichtige Beurteilungs- und Auswahlkriterien für Nachbearbeitungsgeräte

1. Im Betrieb überwiegend vorhandene oder besonders "anspruchsvolle" Bodenarten
2. Bodenzustand (zuvor eingesetzte Geräte, Klimaeinflüsse)
3. Welcher Effekt hat Priorität? Lockern, Krümeln, Verdichten?
4. Druckempfindlichkeit des Bodens, zulässige Zahl von Bearbeitungsgängen
5. Besteht Erosions- oder Verschlämmungsgefahr?
6. Durch Fruchtarten bedingte Arbeitstiefen

7. Restpflanzenteile im Boden, Unkrautbesatz
8. Abstimmung von Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit auf die Schlepper-Motorleistung
9. Preiswerte (mechanische) oder elegante (hydraulische) Betätigung von Gerätebauteilen
10. Ansprüche an spezielle Handhabung (Tiefeneinstellung, getrennte Be- und Entlastbarkeit, Schnellkuppler)
11. Erforderliche Hubkraft des Schleppers
12. Anschaffungspreis und Folgekosten.

## Der Leistungsbedarf der Bodenbearbeitungsgeräte und zugehörige Schlepperstärken

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

Nach wie vor sind die Bodenbearbeitungsgeräte für die meisten landwirtschaftlichen Betriebe ausschlaggebend für die richtige Dimensionierung der Schlepperstärken. Denn die Bodenbearbeitung, und dabei insbesondere das Pflügen oder andere Formen der Grundbodenbearbeitung, bringt im Ackerbaubetrieb inzwischen den größten arbeitswirtschaftlichen Engpaß mit sich; dies gilt besonders für alle Arbeitsgänge im Herbst je nach zur Verfügung stehenden Feldarbeitstagen, aber auch für manche Betriebe für die Bodenbearbeitung im Frühjahr. Hierfür wird eine zunehmende Schlagkraft verlangt, also steigende Flächenleistungen der Geräte. Denn bei den meisten Getreidebaubetrieben entfällt auf die Bodenbearbeitung, Düngung und Saat im Herbst etwa 2/3 des Gesamtarbeitsumfanges für die Getreideproduktion, während Getreideernte und Körnerabfuhr nur etwa 1/3 beanspruchen. Allein die Grundbodenbearbeitung, also das Pflügen, benötigt mehr als 1/4 des Gesamtarbeitsumfanges!

Ausschlaggebend jedoch für den Wunsch nach Erhöhung der Schlagkraft ist der hohe Leistungsbedarf der Bodenbearbeitungsgeräte, folglich also die notwendige Schlepperstärke. Es muß also die Frage beantwortet werden, welchen Leistungsbedarf die Bodenbearbeitungsgeräte in Abhängigkeit verschiedener Einflußfaktoren verlangen und welche Schlepperstärken hierfür letztlich erforderlich sind. In Prospekten der Gerätehersteller werden in der Regel sehr optimistische Angaben über die erforderlichen Schlepperleistungen gemacht. Die Praxis hilft sich mit Erfahrungswerten, z. B. für das Pflügen je nach Einsatzbedingungen 20 bis 30 Schlepper-PS je Schar. Dieser Bezug zur notwendigen Schlepperstärke weist bereits darauf

hin, daß der Geräteleistungsbedarf in der Regel weniger von Interesse ist als vielmehr die notwendige Schlepper-Motornennleistung.

Um für die verschiedenen Bodenbearbeitungsgeräte Kenndaten über die notwendige Schlepperstärke ermitteln zu können, muß zunächst der Wirkungsgrad der Leistungsübertragung des Schleppers betrachtet werden (Abb. 1).

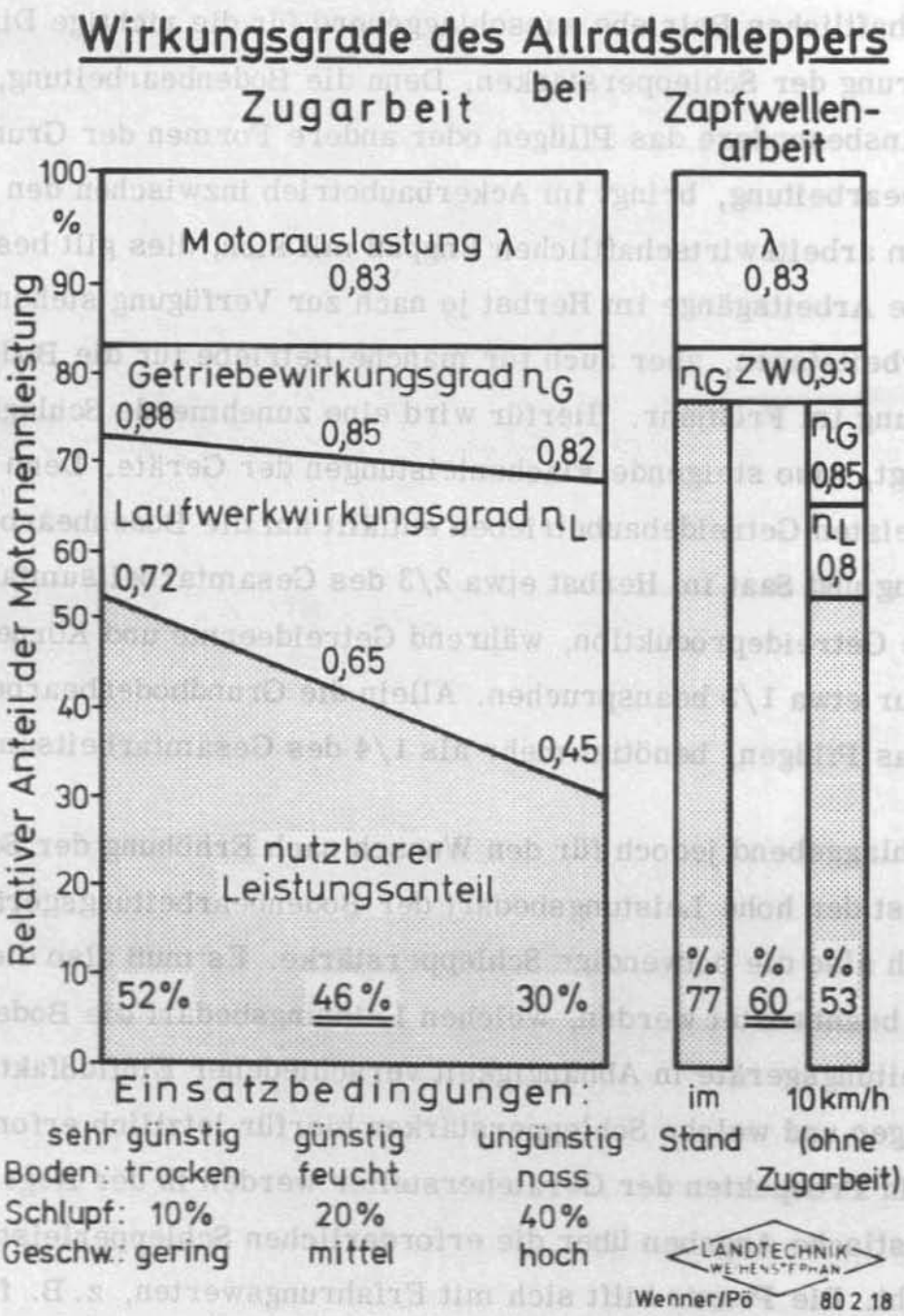



Abb. 1

Für den Allradschlepper ergibt sich bei reiner Zugarbeit, daß nach Abzug des Motorauslastungsgrades, des Getriebewirkungsgrades und des Laufwerkwirkungsgrades je nach Einsatzbedingungen zwischen 52 und 30 % als nutzbarer Leistungsanteil für die Zugarbeit übrig bleiben. Unterstellt man durchschnittlich günstige Einsatzbedingungen bei Schlupfwerten von 20 % und mittlerer Geschwindigkeit, kann man 46 % an Wirkungsgrad der Leistungsübertragung annehmen. Das bedeutet letztlich, daß bei der Umrechnung vom Geräteleistungsbedarf zur notwendigen Schlepper-Motornennleistung mit einem Faktor im Durchschnitt von 2,2 gerechnet werden muß. Wird jedoch vom Schlepper Zapfwellenarbeit verlangt, dann liegen die nutzbaren Leistungsanteile wesentlich höher. Bei Zapfwellenarbeit im Stand sind es 77 %, während bei Zapfwellenarbeit und Vorfahrt des Schleppers mit 10 km/h - jedoch ohne weitere Zugarbeit - der nutzbare Leistungsanteil immerhin noch 53 % beträgt. Im Durchschnitt kann man bei Zapfwellenarbeit in etwa mit 60 % nutzbarem Leistungsanteil rechnen. Folglich muß die Geräteleistung von Zapfwellengeräten mit einem Faktor von etwa 1,7 multipliziert werden, um auf die notwendige Schleppernennleistung zu kommen. Insgesamt erbringt also der Zapfwellenantrieb eine um 20 bis 30 % bessere Ausnutzung der Motorleistung, was letztlich gleichbedeutend ist mit 33 % verbessertem energetischen Nutzgrad des Kraftstoffes.

Für den Leistungsbedarf der Bodenbearbeitungsgeräte sind vielfältige Einflußfaktoren maßgebend. Grundsätzlich ergeben sich jedoch folgende Abhängigkeiten:

1. Von dem zu bearbeitenden Bodenvolumen, also von der Gerätebreite und der Arbeitstiefe
2. Vom spezifischen Zugkraftbedarf (je $dm^2$ Anschnittfläche, je m Arbeitsbreite oder anderes mehr) in Abhängigkeit von den Bodenbearbeitungswerkzeugen, der Bodenart, dem Bodenzustand, Hang oder Ebene, sowie anderen Einflüssen

3. Von der Arbeitsgeschwindigkeit, mit der das Bodenbearbeitungsgerät vorwärts bewegt wird.

Da jedoch in der Praxis sehr große Unterschiede insbesondere für den spezifischen Zugkraftbedarf auftreten, können nachfolgend nur grobe Anhaltswerte deutlich gemacht werden.

Nach wie vor ist für die meisten unserer landwirtschaftlichen Betriebe das Pflügen der wichtigste Arbeitsgang bei der Bodenbearbeitung. Daher bestimmt sehr oft der Pflug als Leitmaschine auch die notwendigen Schlepperstärken; alle anderen Geräte haben sich vielfach dieser Berechnung der notwendigen Schleppermotornennleistung für den Pflug anzupassen. Daher erscheint es sinnvoll, den Schlepperleistungsbedarf für das Pflügen ausführlicher zu behandeln.

Wie aus einer vereinfachten Übersichtsdarstellung (Abb. 2) hervorgeht, nimmt grundsätzlich der erforderliche Schlepperleistungsbedarf bei konstanter Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h linear mit Steigerung der Arbeitsbreite

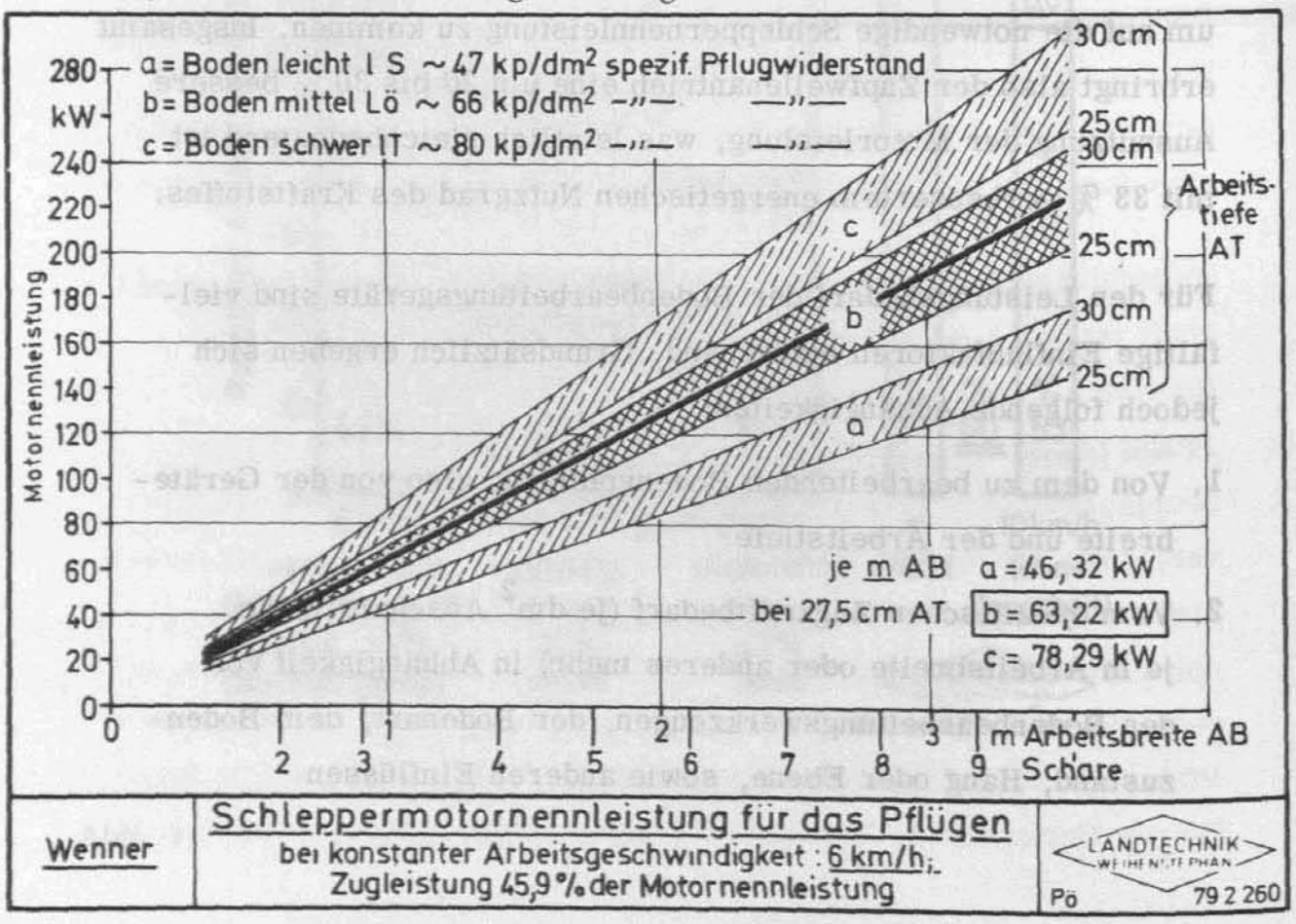



Abb. 2

vom 2-Schar-bis zum 9-Scharpflug zu. Der Einfluß der Arbeitstiefe ist nicht unbeträchtlich, da beim Übergang von 25 cm auf 30 cm tiefes Pflügen ein größeres Bodenvolumen bewegt werden muß. In Wirklichkeit würde der Leistungsbedarf bei großen Arbeitstiefen noch weiter steigen, weil die tieferen und härteren Bodenschichten eine Erhöhung des spezifischen Pflugwiderstandes verursachen würden, was hier jedoch aus Einfachheitsgründen nicht berücksichtigt wurde. Besondere Bedeutung für die zu errechnende Schleppermotornennleistung besitzt jedoch die Bodenart, also der jeweils vorliegende spezifische Pflugwiderstand. Leichter Boden, z. B. lehmiger Sand mit einem durchschnittlichen spezifischen Pflugwiderstand von 47 kp/dm$^2$, verlangt bei gleicher Arbeitsbreite wesentlich geringere Schlepperstärken gegenüber schwerem Boden, z. B. lehmigem Ton mit durchschnittlich 80 kp/dm$^2$. Unterstellt man eine durchschnittliche Arbeitstiefe von 27,5 cm, dann werden je m Arbeitsbreite des Pfluges (etwa 3 Schare à 0,35 m Schnittbreite) bei leichtem Boden rd. 46 kW Schlepperstärke notwendig, bei mittleren Bodenverhältnissen rd. 63 kW und bei schweren Böden rd. 78 kW Schleppermotornennleistung. Allein durch die Bodenart bedingt kann der Schlepperleistungsbedarf in einem Verhältnis von 1:2 schwanken. Oder bei gleicher Schleppernennleistung von z. B. 120 kW können je nach Einsatzbedingungen Pflüge von 4 bis herauf zu 8 Scharen angebaut werden. Da in größeren Betrieben oft unterschiedliche Bodenverhältnisse vorliegen, sollte man auf diese Zusammenhänge dergestalt Rücksicht nehmen, daß möglichst jeweils 1 Schar an- oder abgebaut werden kann.

Im übrigen wird seit einiger Zeit immer wieder die Frage aufgeworfen, welchen Einfluß die Arbeitstiefe beim Pflügen auf den Dieselölverbrauch ausübt. Dabei ist der Treibstoffverbrauch für das Pflügen wiederum abhängig von der Bodenart (Abb. 3). Bei 25 cm Arbeitstiefe und leichtem Boden (hier 46,1 daN/dm$^2$) werden nur gut 20 l Dieselkraftstoff je ha benötigt, bei mittleren Böden (64,7 daN/dm$^2$) steigt der Dieselölverbrauch auf etwa 28 l/ha,

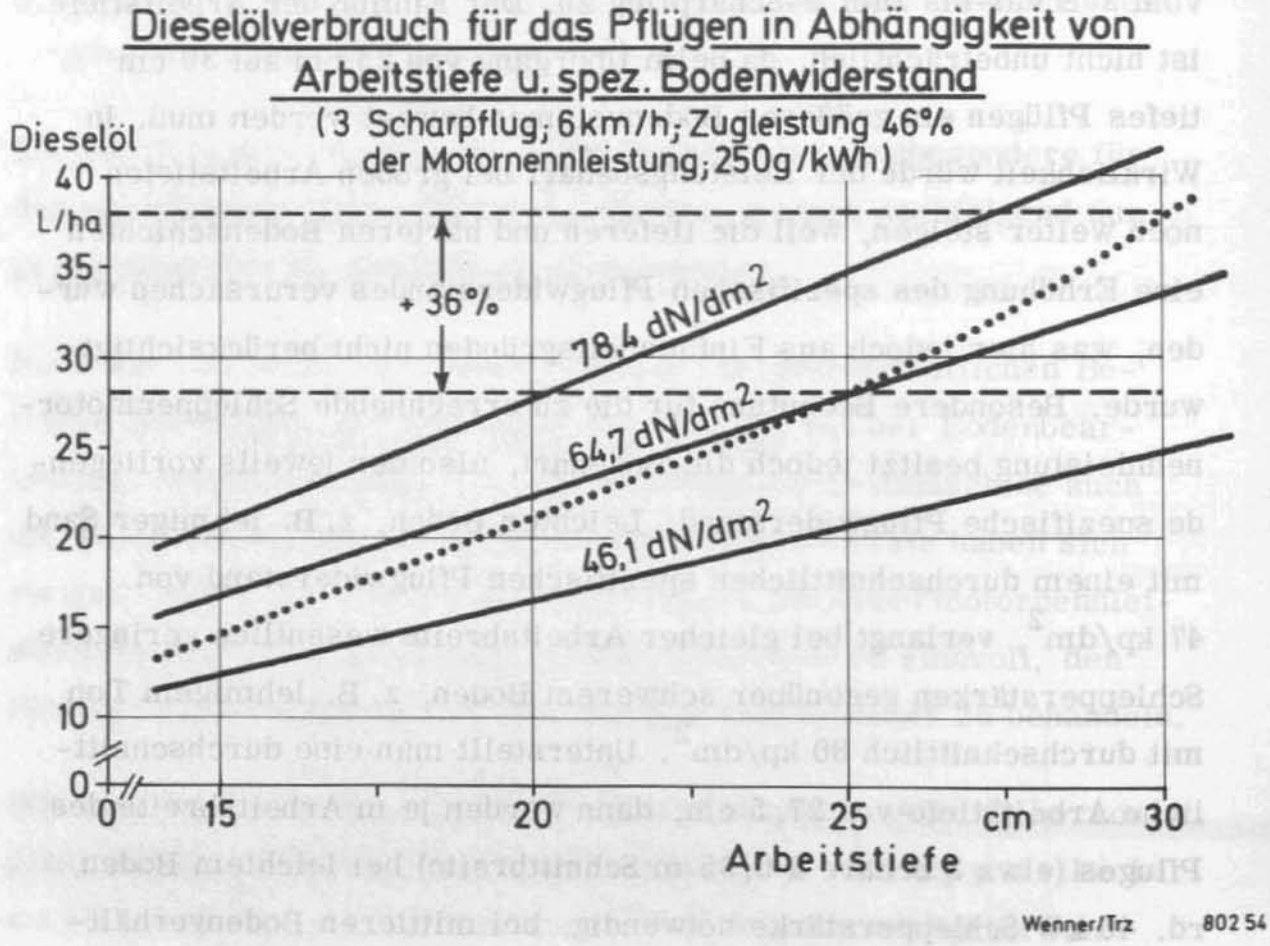



Abb. 3

jedoch bei tonigen Lehmböden (78, 4 daN/dm$^2$) ist bei gleicher Arbeitstiefe mit rd. 35 l Dieselöl je ha zu rechnen. Wird nun die Arbeitstiefe verändert, fällt oder steigt der Dieselölverbrauch linear, wenn der gleiche spezifische Bodenwiderstand unterstellt wird. In Wirklichkeit nimmt jedoch dieser Pflugwiderstand mit Vergrößerung der Arbeitstiefe zu, weil die tieferen Bodenschichten in der Regel härter und verdichtet sind (Verlauf bei mittelschweren Böden etwa nach punktierter Linie). So ist bei mittleren Böden für den Übergang von 25 cm auf 30 cm Arbeitstiefe mit einer Steigerung des Dieselölverbrauches von etwa 28 l/ha auf 38 l/ha zu rechnen, also mit einer Zunahme um 10 l entsprechend etwa + 36 %. Auf den ersten Blick hin wird also die größere Arbeitstiefe durch einen beträchtlichen Dieselölmehrverbrauch erkauft. Wenn man jedoch

bedenkt, daß dieser Dieselölmehrverbrauch von etwa 10 l/ha lediglich Mehrkosten von rd. 8, 50 DM/ha (unter Berücksichtigung der Dieselölverbilligung) ausmacht, und daß diese geringen Mehrkosten geldmäßig etwa 25 kg Getreide je ha entsprechen, muß der Effekt einer Dieselöleinsparung doch als sehr problematisch angesehen werden. Denn unter normalen Anbaubedingungen wird man mit diesem geringen Mehrertrag bei besserer Bodenbearbeitung sicherlich immer rechnen können. Alle Maßnahmen zur Dieselöleinsparung dürfen also in keinem Falle zur Ertragsverschlechterung führen, auch nicht bei weiter steigenden Energiepreisen.

Von weiterhin großem E i n f l u ß auf die erforderliche Schlepper-Motornennleistung beim Pflügen ist die A r b e i t s g e s c h w i n d i g k e i t (Abb. 4). Bei konstanter Arbeitsbreite von 1 m (etwa 3-Scharpflug) und konstanter Arbeitstiefe von 27, 5 cm nimmt je nach Bodenart die notwendige Schlepperstärke mit Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit überproportional zu. Dies wird durch 2 Faktoren verursacht. Zum einen geht die Geschwindigkeit in

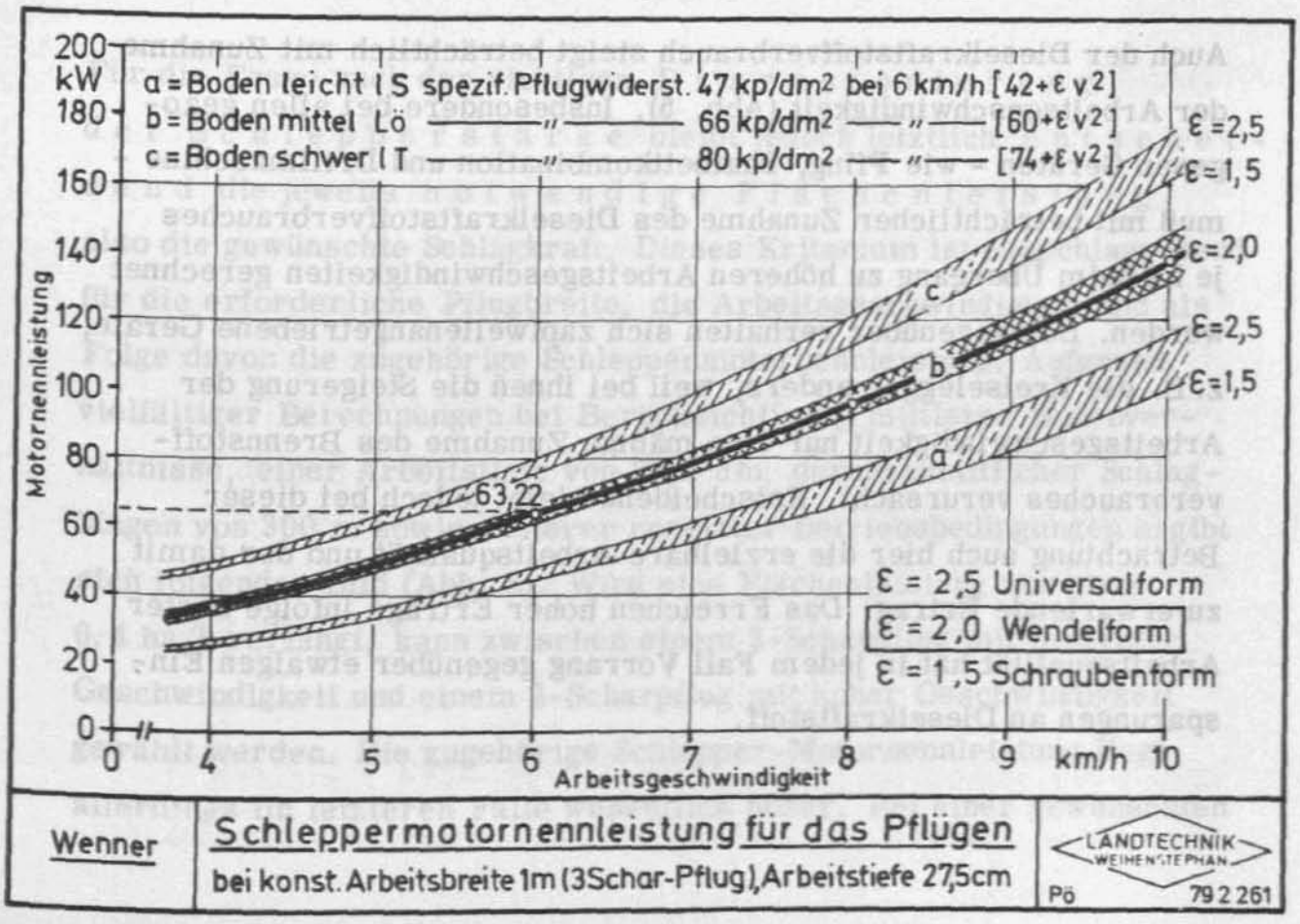



Abb. 4

Abhängigkeit der Pflugkörperform (E-Werte) im Quadrat in die Berechnung mit ein, zum anderen vermindert sich der Laufwerkwirkungsgrad der Schleppertriebräder mit Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit. So wächst die Schlepper-Motornennleistung bei 6 km/h Arbeitsgeschwindigkeit und mittleren Bodenverhältnissen sowie einem Pflugkörper mit Wendelform (E= 2, 0) von rd. 63 kW auf knapp 100 kW Motornennleistung, wenn die Arbeitsgeschwindigkeit auf 8 km/h gesteigert wird. Insbesondere bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten ist die Pflugkörperform von Bedeutung. Um nun eine hohe Schlagkraft beim Pflügen zu erreichen, wird bei gegebenen Verhältnissen in der Praxis die Pfluggeschwindigkeit soweit erhöht, bis der vorhandene Schlepper mit einer bestimmten Motornennleistung voll ausgelastet ist. Das bedeutet, daß in der Praxis eine Anpassung durch Verändern der Arbeitsgeschwindigkeit herbeigeführt wird, sofern es die Arbeitsqualität zuläßt. Insbesondere aber bei Schlepperneuanschaffungen muß die Arbeitsgeschwindigkeit des Pflügens als wesentlicher Einflußfaktor Berücksichtigung finden.

Auch der Dieselkraftstoffverbrauch steigt beträchtlich mit Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit (Abb. 5). Insbesondere bei allen gezogenen Geräten - wie Pflug, Saatbettkombination und Drillmaschine - muß mit beträchtlicher Zunahme des Dieselkraftstoffverbrauches je ha beim Übergang zu höheren Arbeitsgeschwindigkeiten gerechnet werden. Demgegenüber verhalten sich zapfwellenangetriebene Geräte, z. B. die Kreiselegge, anders, weil bei ihnen die Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit nur eine mäßige Zunahme des Brennstoffverbrauches verursacht. Entscheidend bleibt jedoch bei dieser Betrachtung auch hier die erzielbare Arbeitsqualität und der damit zu erwartende Ertrag. Das Erreichen hoher Erträge infolge bester Arbeitsqualität hat in jedem Fall Vorrang gegenüber etwaigen Einsparungen an Dieselkraftstoff.

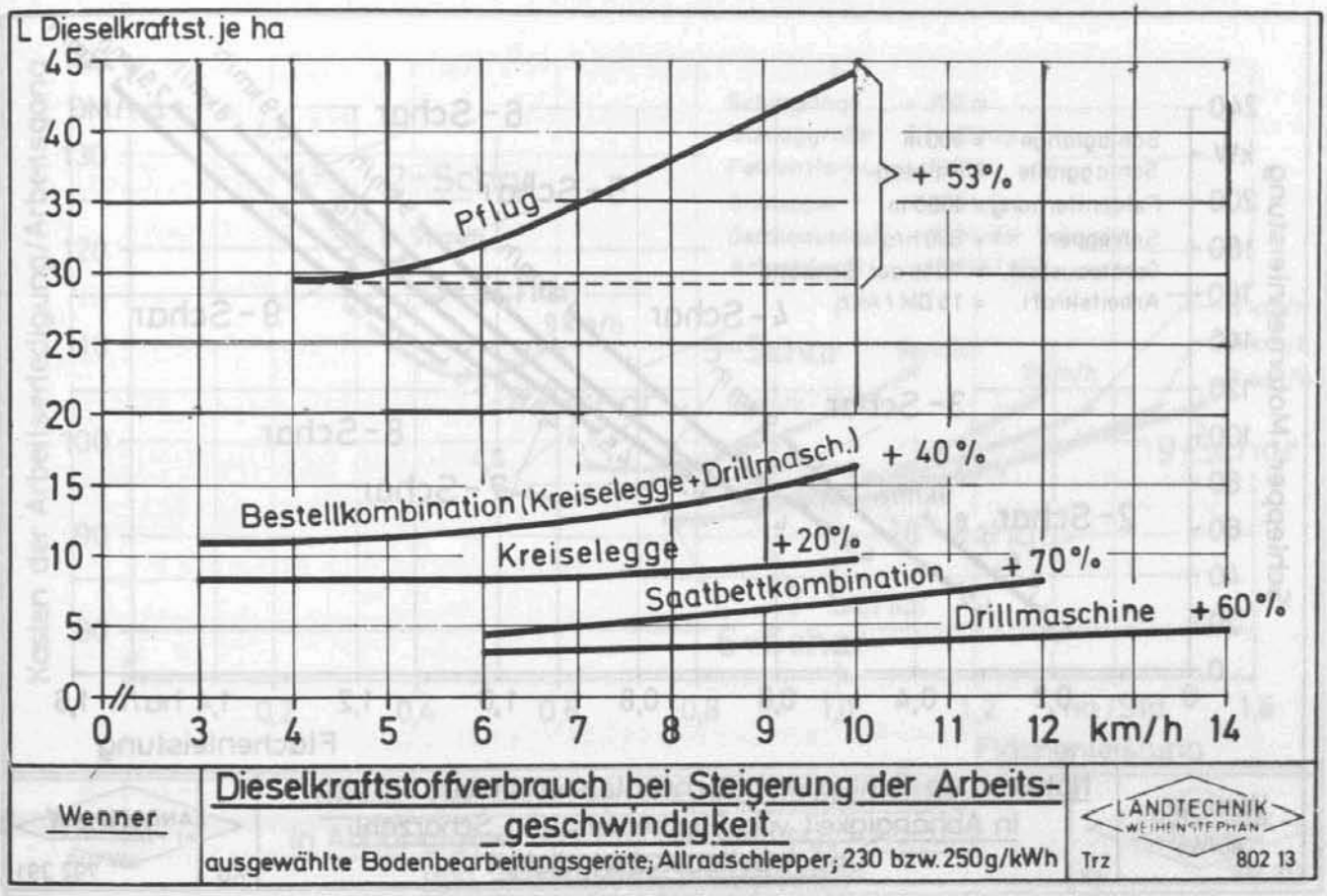



Abb. 5

Für die Frage nach der richtigen Dimensionierung der Schlepperstärke bleibt jedoch letztlich entscheidend die jeweils notwendige Flächenleistung, also die gewünschte Schlagkraft. Dieses Kriterium ist ausschlaggebend für die erforderliche Pflugbreite, die Arbeitsgeschwindigkeit und als Folge davon die zugehörige Schleppermotornennleistung. Aufgrund vielfältiger Berechnungen bei Berücksichtigung mittlerer Bodenverhältnisse, einer Arbeitstiefe von 27, 5 cm, durchschnittlicher Schlaglängen von 300 m sowie weiterer normaler Betriebsbedingungen ergibt sich folgendes Bild (Abb. 6). Wird eine Flächenleistung von etwa 0, 4 ha/h verlangt, kann zwischen einem 3-Scharpflug mit niedriger Geschwindigkeit und einem 2-Scharpflug mit hoher Geschwindigkeit gewählt werden. Die zugehörige Schlepper-Motornennleistung liegt allerdings im letzteren Falle wesentlich höher. Bei einer gewünschten

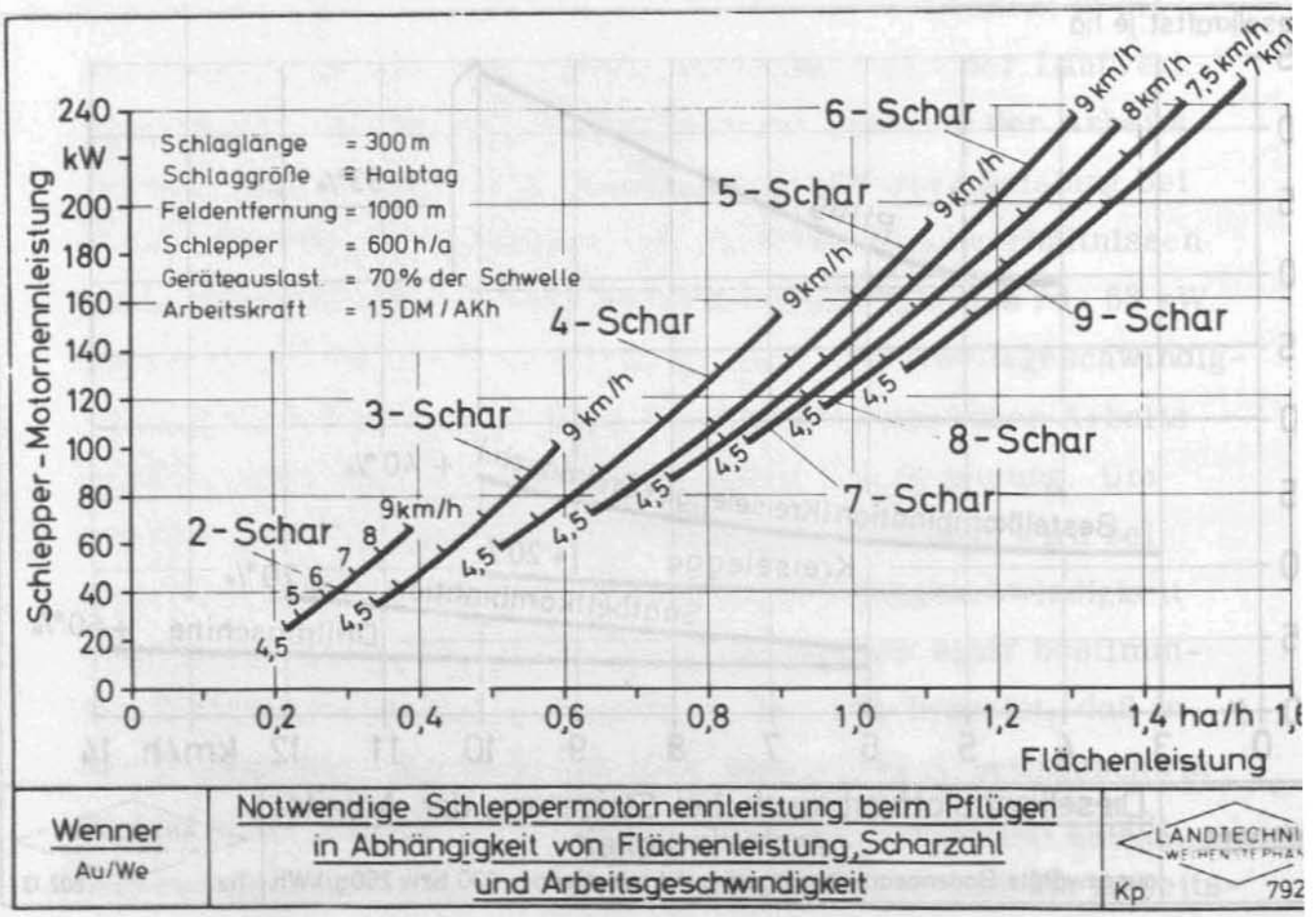



Abb. 6

hohen Flächenleistung von 1 ha/h wird ein Bereich vom 8-Scharpflug mit niedriger Geschwindigkeit bis hin zum 5-Scharpflug mit hoher Geschwindigkeit abgedeckt; allerdings nimmt die erforderliche Schlepperstärke dann von 120 auf 160 kW zu. Oder ein vorhandener leistungsstarker Schlepper mit 160 kW kann beim 4-Scharpflug mit etwa 9 km/h eine Flächenleistung von 0,9 ha/h erreichen, jedoch mit angebautem 9-Scharpflug und geringer Arbeitsgeschwindigkeit von nur gut 5 km/h eine Flächenleistung von 1,2 ha/h. Schon aus dieser Gegenüberstellung wird deutlich, daß größere Arbeitsbreiten mit geringerer Arbeitsgeschwindigkeit einen besseren Effekt erbringen gegenüber geringer Arbeitsbreite und hoher Geschwindigkeit.

Dieser Zusammenhang geht letztlich auch aus einer Kostenermittlung hervor (Abb. 7). Bei bestimmten Unterstellungen (insbesondere

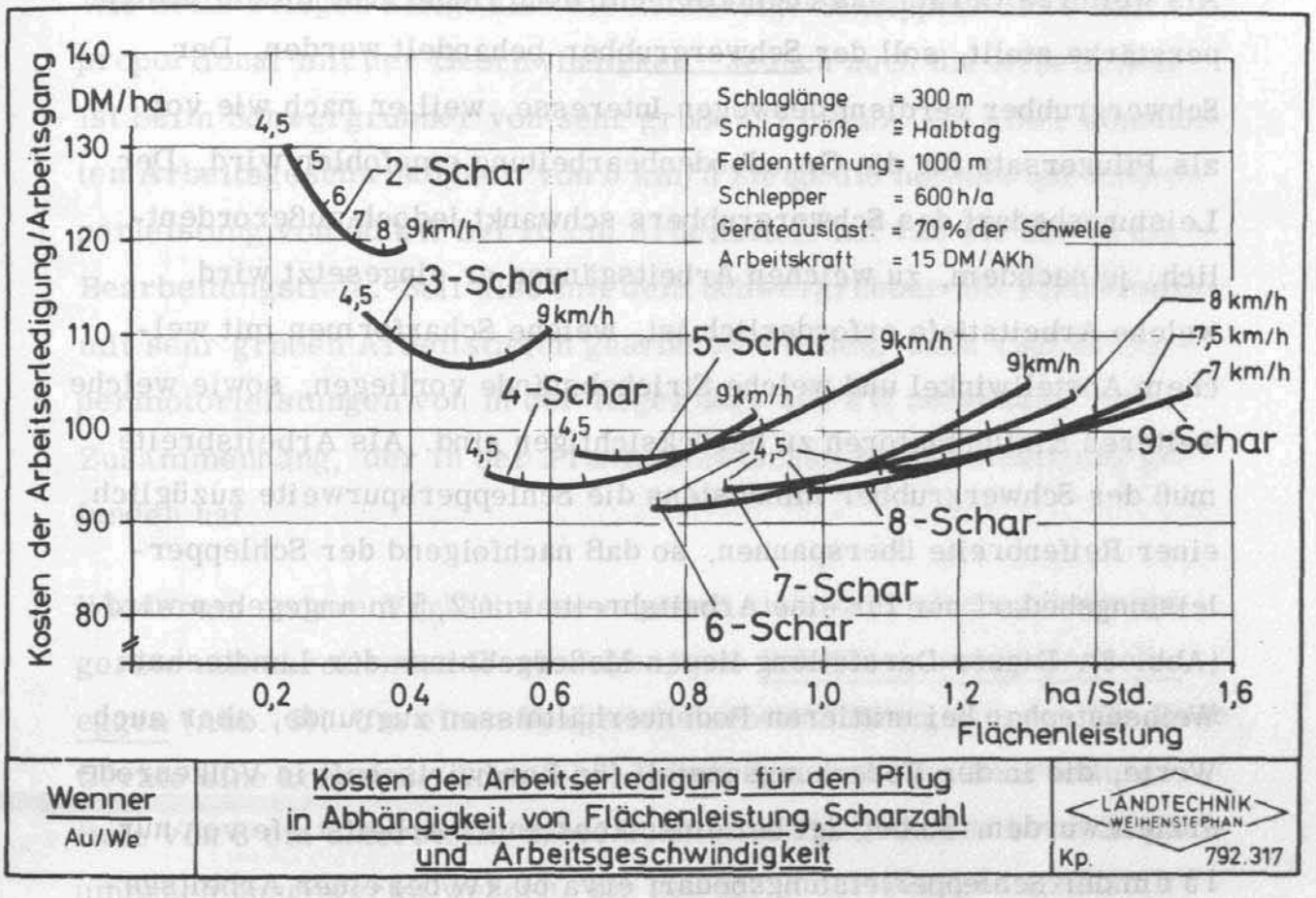



Abb. 7

für die jährliche Schlepper- und Gerätenutzung sowie die Kosten der Arbeitskraft) arbeitet bei einer gewünschten Flächenleistung von z. B. 0, 4 ha/h der 3-Scharpflug mit geringer Arbeitsgeschwindigkeit kostengünstiger als der 2-Scharpflug mit hoher Geschwindigkeit. Gleiche Verhältnisse liegen bei einer Flächenleistung von 0, 6 ha/h vor, wobei der breitere Pflug eine beträchtliche Kostenverminderung verursacht. Bei hohen gewünschten Flächenleistungen über 0, 8 ha/h sind diese Kostendifferenzen wesentlich geringer. Überall zeigt sich jedoch, daß breitere Arbeit mit geringerer Geschwindigkeit in der Regel kostengünstiger ist als geringe Arbeitsbreite mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit. Dieser eindeutige Zusammenhang hat Gültigkeit nicht nur für das Pflügen sondern grundsätzlich auch für alle anderen gezogenen Bodenbearbeitungsgeräte.

Als weiteres Gerät, das ebenfalls sehr hohe Ansprüche an die Schlepperstärke stellt, soll der Schwergrubber behandelt werden. Der Schwergrubber verdient deswegen Interesse, weil er nach wie vor als Pflugersatz für die Grundbodenbearbeitung empfohlen wird. Der Leistungsbedarf des Schwergrubbers schwankt jedoch außerordentlich, je nachdem, zu welchen Arbeitsgängen er eingesetzt wird, welche Arbeitstiefe erforderlich ist, welche Scharformen mit welchem Anstellwinkel und welche Strichabstände vorliegen, sowie welche weiteren Einflußfaktoren zu berücksichtigen sind. Als Arbeitsbreite muß der Schwergrubber mindestens die Schlepperspurweite zuzüglich einer Reifenbreite überspannen, so daß nachfolgend der Schlepperleistungsbedarf nur für eine Arbeitsbreite von 2,5 m angegeben wird (Abb. 8). Dieser Darstellung liegen Meßergebnisse der Landtechnik Weihenstephan bei mittleren Bodenverhältnissen zugrunde, aber auch Werte, die in der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Völkenrode erzielt wurden. So beträgt bei einer konstanten Arbeitstiefe von nur 15 cm der Schlepperleistungsbedarf etwa 60 kW bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 5 km/h; Schlepperstärken von 170 kW werden jedoch bei Verdoppelung der Arbeitsgeschwindigkeit auf 10 km/h erforderlich.

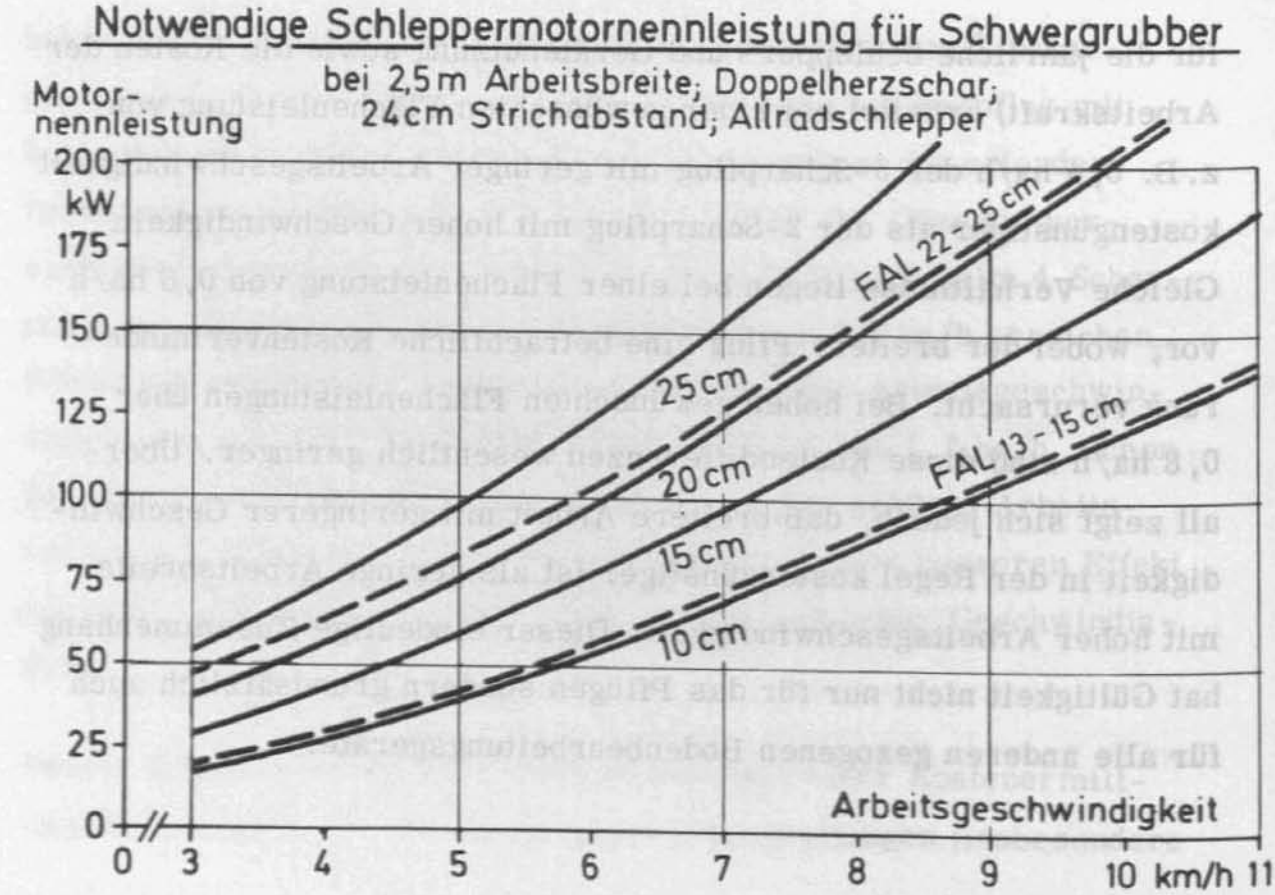



Abb. 8

Wie beim Pflügen steigt also die notwendige Schlepperstärke überproportional mit der Geschwindigkeit. Jedoch auch die Arbeitstiefe ist beim Schwergrubber von sehr großem Einfluß. Bei einer konstanten Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h steigt die notwendige Schlepperleistung von 50 kW bei 10 cm Arbeitstiefe auf 125 kW bei 25 cm Bearbeitungstiefe. Soll also mit dem Schwergrubber als Pflugersatz mit sehr großen Arbeitstiefen gearbeitet werden, dann sind Schlepermotorleistungen von in der Regel über 100 kW notwendig, ein Zusammenhang, der in der Praxis inzwischen Berücksichtigung gefunden hat.

Wiederum andere Verhältnisse ergeben sich für Bodenbearbeitungsgeräte mit abrollenden Werkzeugen, wie Scheiben- und Spatenrolleggen (Abb. 9). Um einen Vergleich herbeizuführen, wurden für diese Geräte eine konstante Arbeitsbreite von 3 m und eine Bearbeitungstiefe von 8 cm unterstellt; dabei konnten Meßergebnisse beim Stoppelumbruch ausgewertet werden, die sowohl in der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Völkenrode als auch in der Landtechnik Weihenstephan festgestellt wurden.

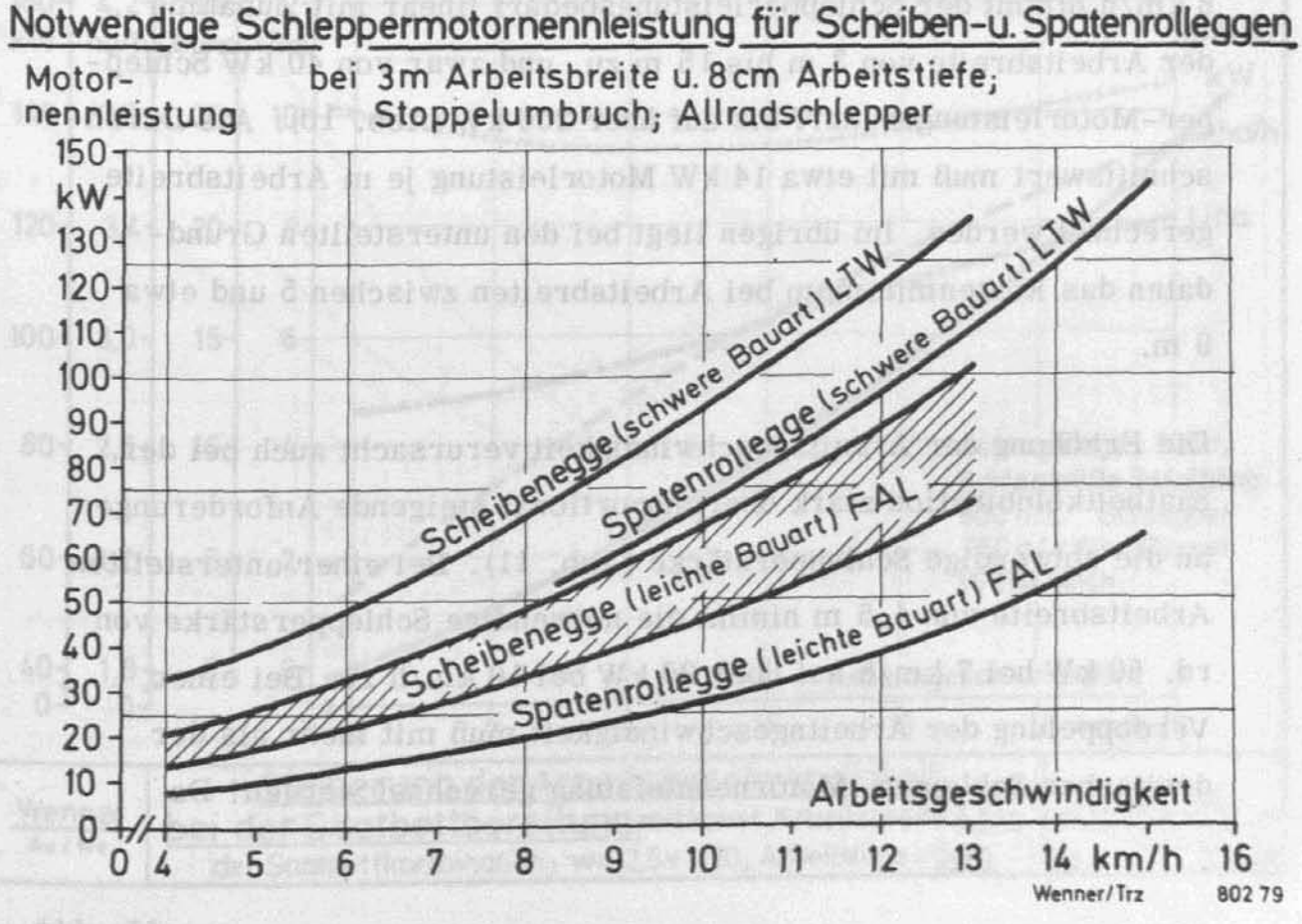



Abb. 9

Der Schlepperleistungsbedarf nimmt mit steigender Arbeitsgeschwindigkeit beträchtlich zu. Während bei einer schweren Scheibenegge bei 6 km/h ein Schlepper mit 50 kW Motornennleistung genügt, sind bei 10 km/h bereits 95 kW Schlepperleistung erforderlich. Scheibeneggen leichter Bauart liegen in ihren Leistungsbedarfswerten wesentlich niedriger. Ähnliche Verhältnisse liegen bei den Spatenrolleggen vor, die allerdings in der Regel mit höheren Arbeitsgeschwindigkeiten um etwa 10 km/h gefahren werden. Jedenfalls grenzen Scheiben- und Spatenrolleggen die Schlepperstärken nicht zu sehr ein, zumal man sich mit Wahl der Arbeitsgeschwindigkeit und auch der Gerätebreite anpassen kann.

Höhere Ansprüche stellen demgegenüber Saatbettkombinationen, zumal für die Saatbettbereitung steigende Flächenleistungen von der Praxis verlangt werden. Aus einer Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten an Einzelgeräten (Eggen, Feingrubber verschiedensten Strichabstandes, Wälzeggen u. a. m.) soll nachfolgend eine mittelschwere Saatbettkombination bei einer Arbeitstiefe von rd. 6 cm betrachtet werden. Bei mittlerer Vorfahrtgeschwindigkeit von 8 km/h nimmt der Schlepperleistungsbedarf linear mit Zunahme der Arbeitsbreite von 3 m bis 15 m zu, und zwar von 40 kW Schlepper-Motorleistungsbedarf bis auf über 200 kW (Abb. 10). Als Durchschnittswert muß mit etwa 14 kW Motorleistung je m Arbeitsbreite gerechnet werden. Im übrigen liegt bei den unterstellten Grunddaten das Kostenminimum bei Arbeitsbreiten zwischen 5 und etwa 9 m.

Die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit verursacht auch bei der Saatbettkombination stark überproportional steigende Anforderungen an die notwendige Schlepperstärke (Abb. 11). Bei einer unterstellten Arbeitsbreite von 4, 5 m nimmt die notwendige Schlepperstärke von rd. 50 kW bei 7 km/h auf über 90 kW bei 10 km/h zu. Bei einer Verdoppelung der Arbeitsgeschwindigkeit muß mit mehr als der dreifachen Schlepper-Motornennleistung gerechnet werden! Da

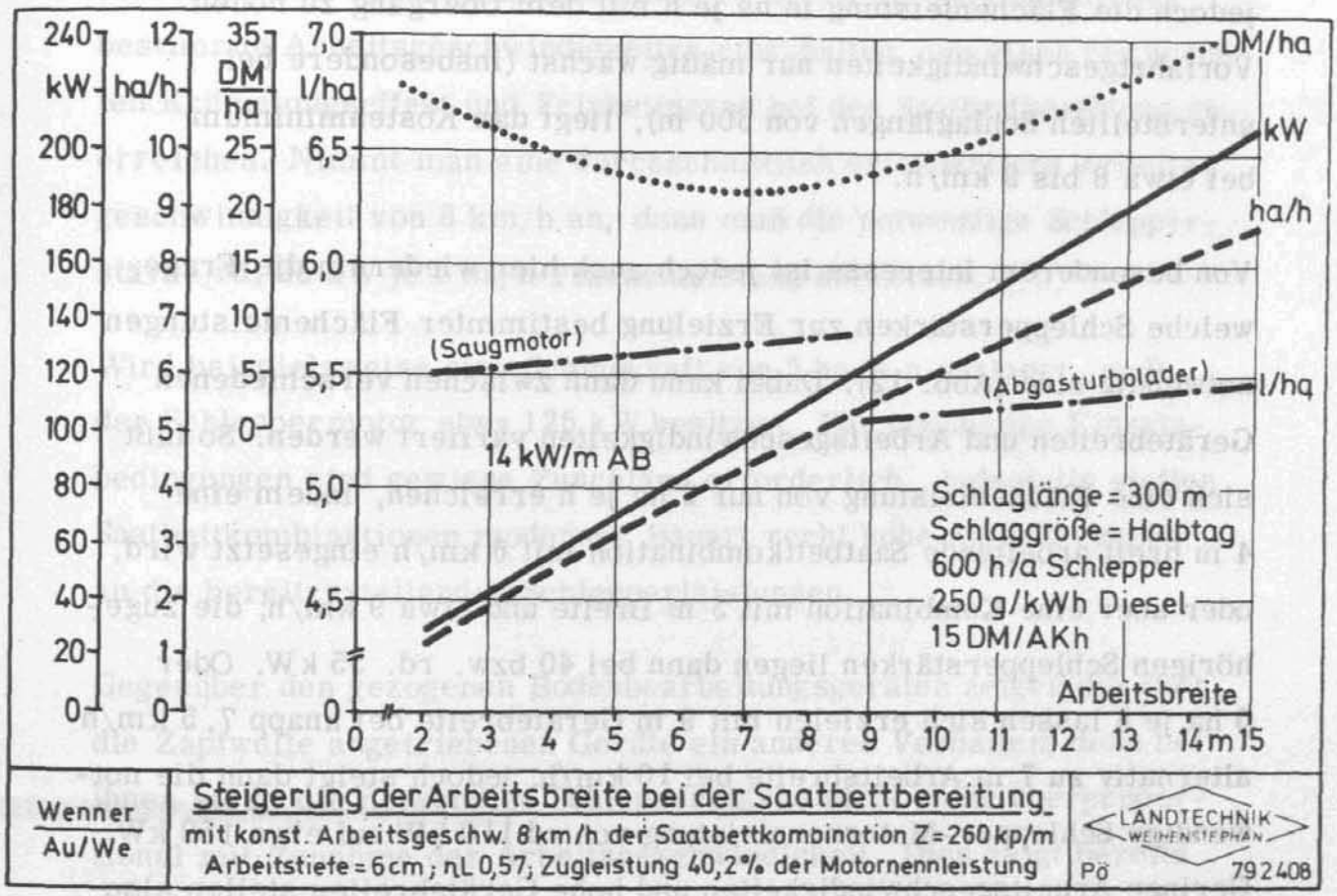

240 kW
12 ha/h
35 DM/ha
7,0 l/ha
DM/ha
kW
ha/h
l/ha
(Saugmotor)
(Abgasturbolader)
14 kW/m AB
Schlaglänge = 300 m
Schlaggröße = Halbtag
600 h/a Schlepper
250 g/kWh Diesel
15 DM/AKh
Arbeitsbreite
0 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 m 15
Wenner
Au/We
Steigerung der Arbeitsbreite bei der Saatbettbereitung
mit konst. Arbeitsgeschw. 8 km/h der Saatbettkombination Z = 260 kp/m
Arbeitstiefe = 6 cm; ηL 0,57; Zugleistung 40,2 % der Motornennleistung
LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN
Pö 792408

Abb. 10

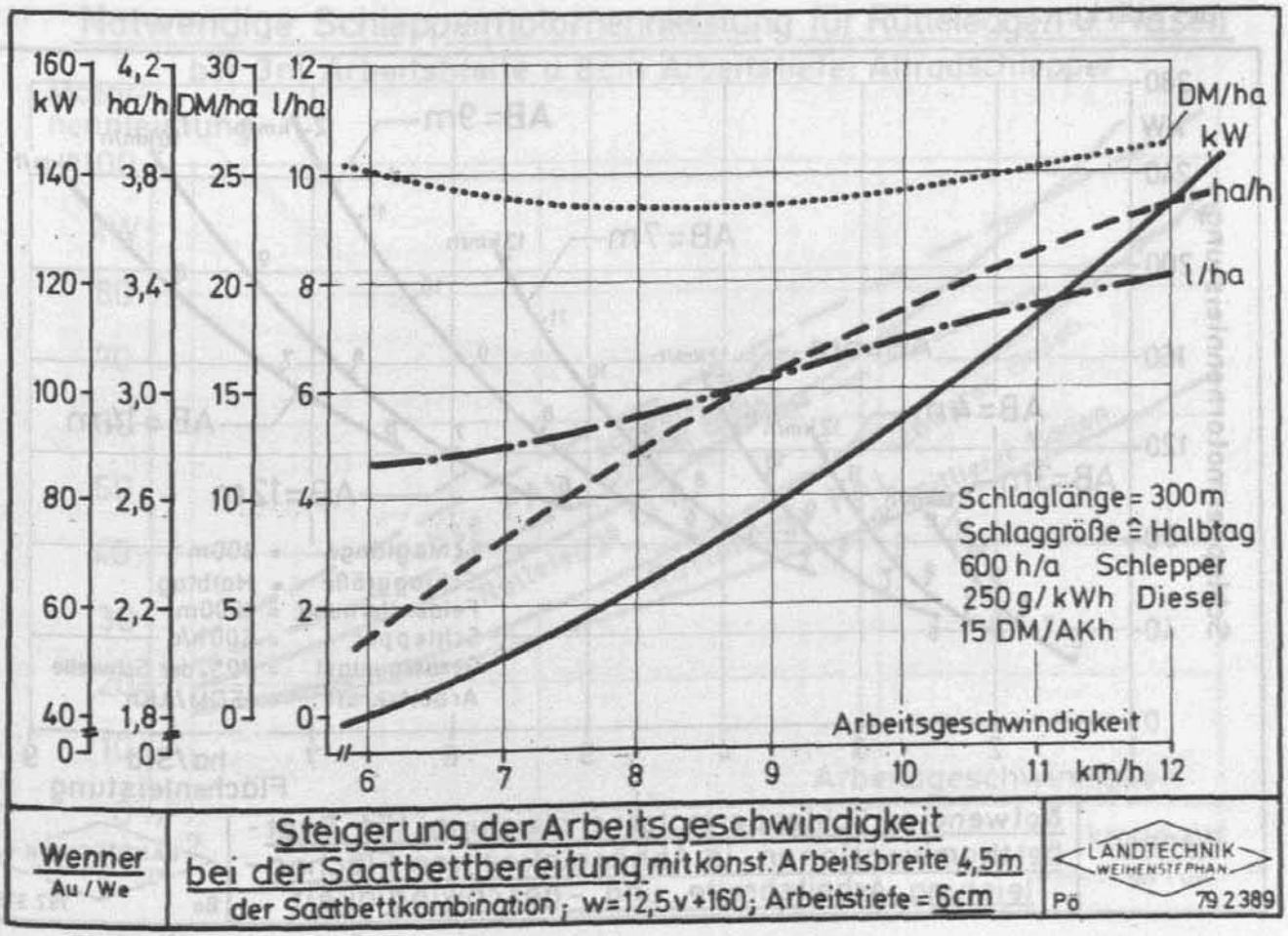

160 kW
4,2 ha/h
30 DM/ha
12 l/ha
DM/ha
kW
ha/h
l/ha
Schlaglänge = 300 m
Schlaggröße ≙ Halbtag
600 h/a Schlepper
250 g/kWh Diesel
15 DM/AKh
Arbeitsgeschwindigkeit
6 7 8 9 10 11 km/h 12
Wenner
Au/We
Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit
bei der Saatbettbereitung mit konst. Arbeitsbreite 4,5 m
der Saatbettkombination; w = 12,5 v + 160; Arbeitstiefe = 6 cm
LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN
Pö 792389

Abb. 11

jedoch die Flächenleistung in ha je h mit dem Übergang zu hohen Vorfahrtgeschwindigkeiten nur mäßig wächst (insbesondere bei unterstellten Schlaglängen von 300 m), liegt das Kostenminimum bei etwa 8 bis 9 km/h.

Von besonderem Interesse ist jedoch auch hier wiederum die Frage, welche Schlepperstärken zur Erzielung bestimmter Flächenleistungen notwendig sind (Abb. 12). Dabei kann dann zwischen verschiedenen Gerätebreiten und Arbeitsgeschwindigkeiten variiert werden. So läßt sich eine Flächenleistung von nur 2 ha je h erreichen, indem eine 4 m breit arbeitende Saatbettkombination mit 6 km/h eingesetzt wird, oder aber eine Kombination mit 3 m Breite und etwa 9 km/h; die zugehörigen Schlepperstärken liegen dann bei 40 bzw. rd. 55 kW. Oder 5 ha je h lassen sich erzielen mit 9 m Gerätebreite bei knapp 7, 5 km/h alternativ zu 7 m Arbeitsbreite bei 10 km/h; jedoch steigt dann die notwendige Schlepper-Motornennleistung von rd.110 kW auf etwa 150 kW. Geringe Arbeitsgeschwindigkeiten und hohe Gerätebreiten stellen also in allen Fällen die geringsten Ansprüche an die erforderlichen Schlepperstärken.

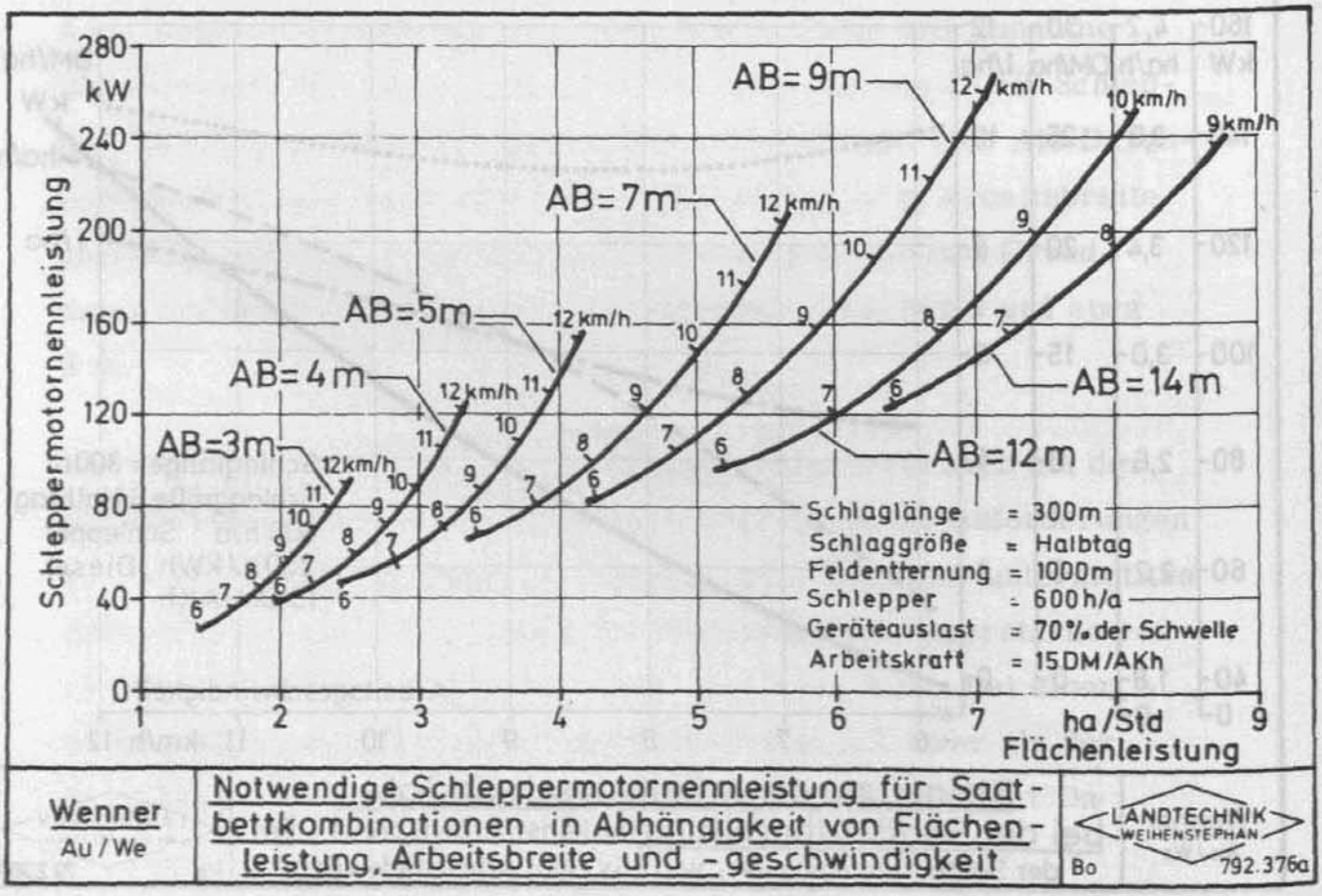



Abb. 12

Jedoch sind in der Praxis insbesondere bei Saatbettkombinationen bestimmte Arbeitsgeschwindigkeiten einzuhalten, um einen gewünschten Krümelungseffekt und Feinheitsgrad bei der Saatbettbereitung zu erreichen. Nimmt man eine durchschnittlich erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit von 8 km/h an, dann muß die notwendige Schlepperstärke rd. 25 kW je 1 ha/h Flächenleistung aufweisen.

Wird beispielsweise eine Schlagkraft von 5 ha je h verlangt, muß der Schleppermotor etwa 125 kW besitzen. Für ungünstige Einsatzbedingungen sind gewisse Zuschläge erforderlich. Jedenfalls stellen Saatbettkombinationen moderner Bauart recht hohe Anforderungen an die bereitzustellenden Schlepperleistungen.

Gegenüber den gezogenen Bodenbearbeitungsgeräten zeigen die über die Zapfwelle angetriebenen Geräte ein anderes Verhalten; denn bei ihnen steigt die notwendige Schlepperstärke nicht mehr überproportional mit Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit. Dies zeigt bereits eine Gegenüberstellung für Rütteleggen und Fräsen (Abb. 13).

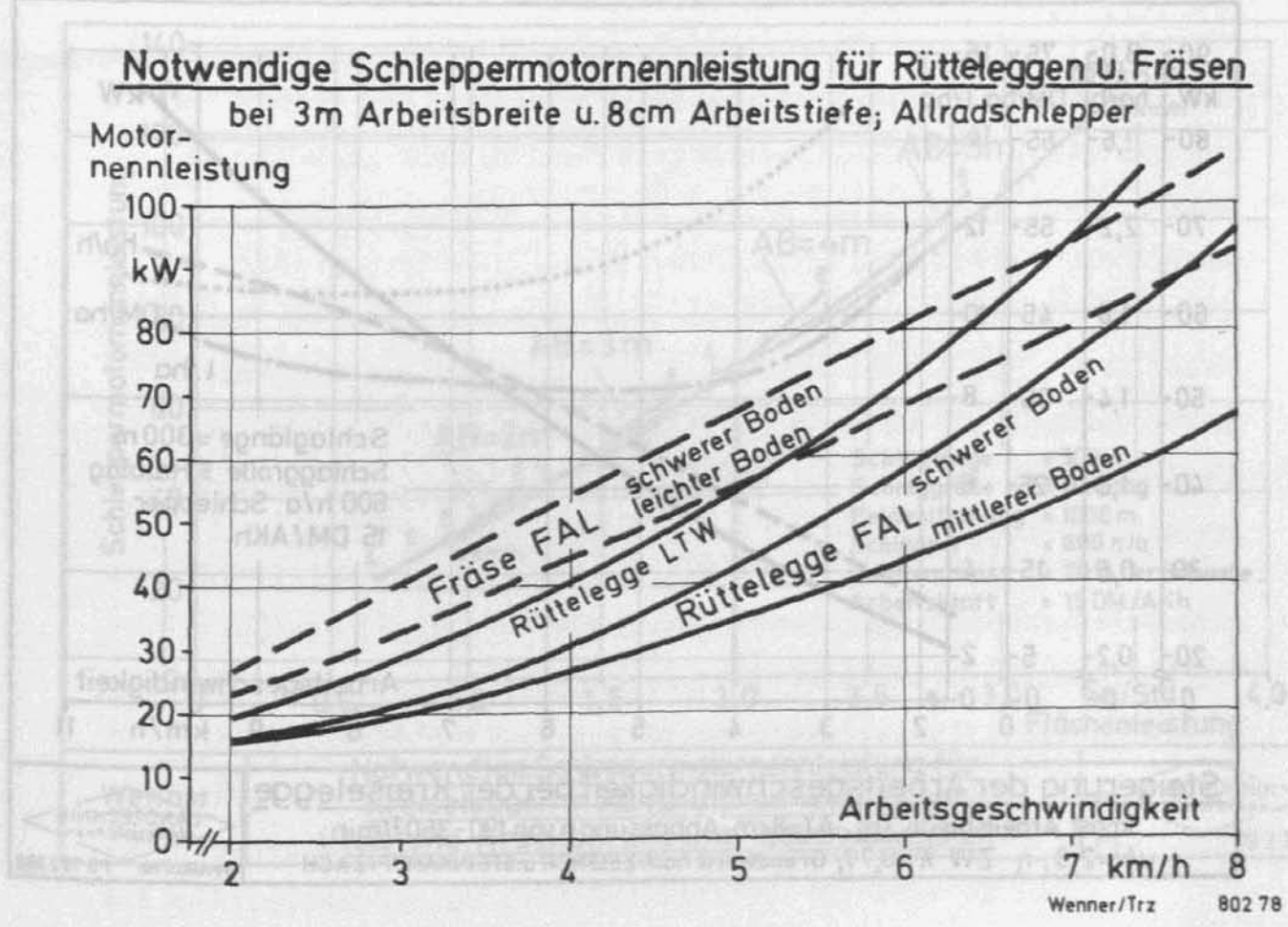
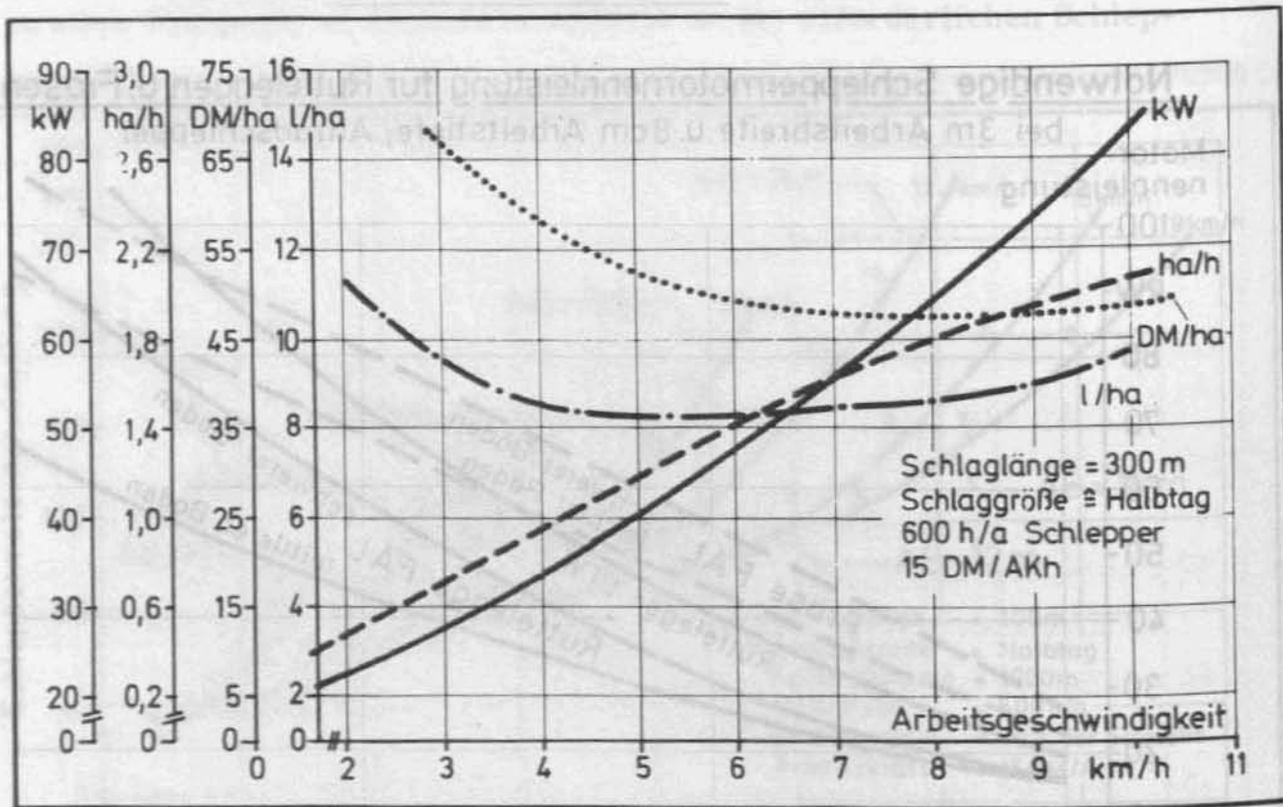



Abb. 13

Aufgrund veröffentlichter Meßergebnisse verschiedener Autoren nimmt bei konstant 3 m Arbeitsbreite und 8 cm Bearbeitungstiefe der notwendige Schlepperleistungsbedarf bei Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit von 3 auf 6 km/h bei der Fräse linear zu, etwas differenziert nach leichten oder schweren Bodenverhältnissen. Die Rüttelegge liegt bei mittlerer Arbeitsgeschwindigkeit niedriger, mit zunehmender Vorfahrt ergibt sich bei ihr jedoch eine überproportionale Steigerung der Schleppermotorleistung. Das liegt insbesondere bei schwereren Böden an dem Stau, der sich vor dem ersten Zinkenkamm bei höherer Geschwindigkeit bildet. Sehr hohe Schlepperleistungen können bei diesen Geräten jedoch nur dann genutzt werden, wenn die Arbeitsbreite über 3 m ausgedehnt wird.

Genauere Grunddaten und in größerem Umfang liegen über die Kreiselegge vor (Abb. 14). Um bei diesem Gerät mit Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit trotzdem eine gleich gute Bodenzerkleinerung zu erreichen, wurde für die Berechnung des Schlepperleistungsbedarfes




Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit bei der Kreiselegge

konst. Arbeitsbreite 3 m ; AT=8 cm ; Anpassung n von 190-350 1/min ;
u/v=2-3 ; η ZW · λ=0,77 ; Grundwerte nach ZELTNER u. STEINKAMPF/ZACH

LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN
Wen/Au/We Pö 792388

Abb. 14

eine Anpassung der Werkzeuggeschwindigkeiten vorgenommen, indem das Verhältnis von Werkzeugumfanggeschwindigkeit zu Vorfahrtgeschwindigkeit des Gerätes in einem engen Bereich konstant gehalten wurde. Nun zeigt sich, daß bei gleicher Arbeitsbreite von 3 m die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit von 5 auf 10 km/h praktisch eine Verdoppelung der notwendigen Schleppermotornennleistung von 40 auf gut 80 kW bringt. Es liegt hier also nicht, wie bei den gezogenen Geräten, eine überproportionale Steigerung der Schlepperleistung bei Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit vor.

Hieraus kann die Folgerung gezogen werden, daß bei zapfwellenangetriebenen Geräten grundsätzlich die Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit ebenso effektiv ist wie die Vergrößerung der Arbeitsbreite.

Diese Zusammenhänge werden besonders deutlich, wenn man von bestimmten verlangten Flächenleistungen ausgeht (Abb. 15). Die als

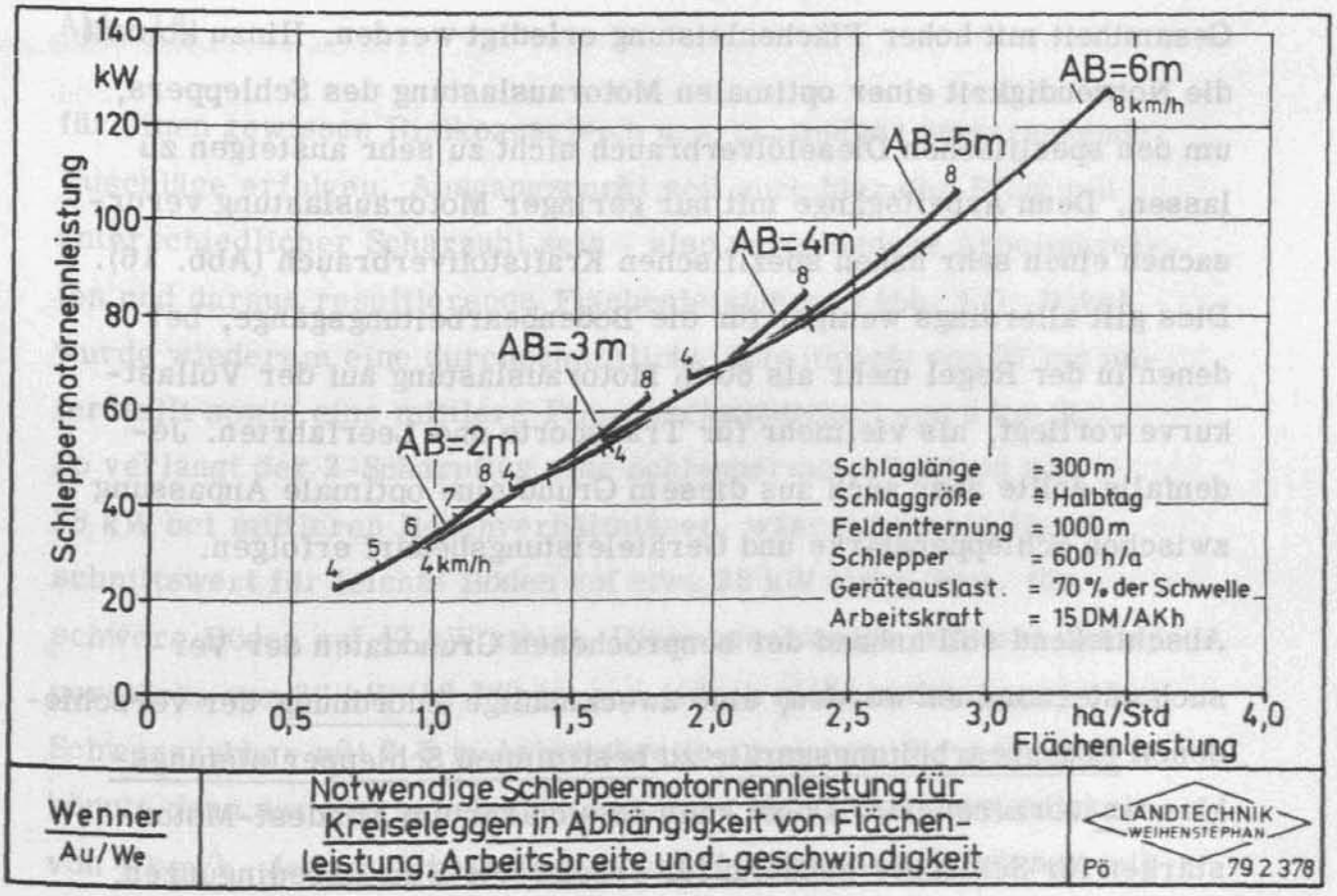



Abb. 15

Parameter eingezeichneten Gerätebreiten mit jeweils zugehörigen Arbeitsgeschwindigkeiten liegen praktisch auf einer Linie. Das bedeutet letztlich, daß in Bezug auf die erforderliche Schlepperstärke die Arbeitsgeschwindigkeit gleichwertig mit der Arbeitsbreite zu bewerten ist. Bei Zapfwellengeräten mit veränderbarer Werkzeugdrehzahl (Schaltgetriebe auf dem Gerät) läßt sich also offenbar ein vorhandener Schlepper mit bestimmter Leistung voll und ganz ausnutzen, indem die Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend angepaßt wird.

Diese optimale Anpassung des Geräteleistungsbedarfes an den jeweils vorhandenen oder neu zu beschaffenden Schlepper mit bestimmter Motornennleistung ist aus 2 Gründen sehr wichtig. Man möchte nicht nur beim Pflügen eine hohe Schlagkraft erreichen, sondern auch bei allen anderen Arbeitsgängen einschließlich der Bestellung; denn eine zur Verfügung stehende Zeitspanne beispielsweise im Herbst kann nur dann eingehalten werden, wenn alle Arbeitsgänge von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saat in ihrer Gesamtheit mit hoher Flächenleistung erledigt werden. Hinzu kommt die Notwendigkeit einer optimalen Motorauslastung des Schleppers, um den spezifischen Dieselölverbrauch nicht zu sehr ansteigen zu lassen. Denn Arbeitsgänge mit nur geringer Motorauslastung verursachen einen sehr hohen spezifischen Kraftstoffverbrauch (Abb. 16). Dies gilt allerdings weniger für die Bodenbearbeitungsgänge, bei denen in der Regel mehr als 60 % Motorauslastung auf der Vollastkurve vorliegt, als vielmehr für Transporte und Leerfahrten. Jedenfalls sollte aber auch aus diesem Grund eine optimale Anpassung zwischen Schlepperstärke und Geräteleistungsbedarf erfolgen.

Abschließend soll anhand der besprochenen Grunddaten der Versuch unternommen werden, eine zweckmäßige Zuordnung der verschiedenen Bodenbearbeitungsgeräte zu bestimmten Schlepperleistungsklassen vorzunehmen. Dabei kann es sich nur um Mindest-Motorstärken für Schlepper handeln; für erschwerte Einsatzbedingungen,

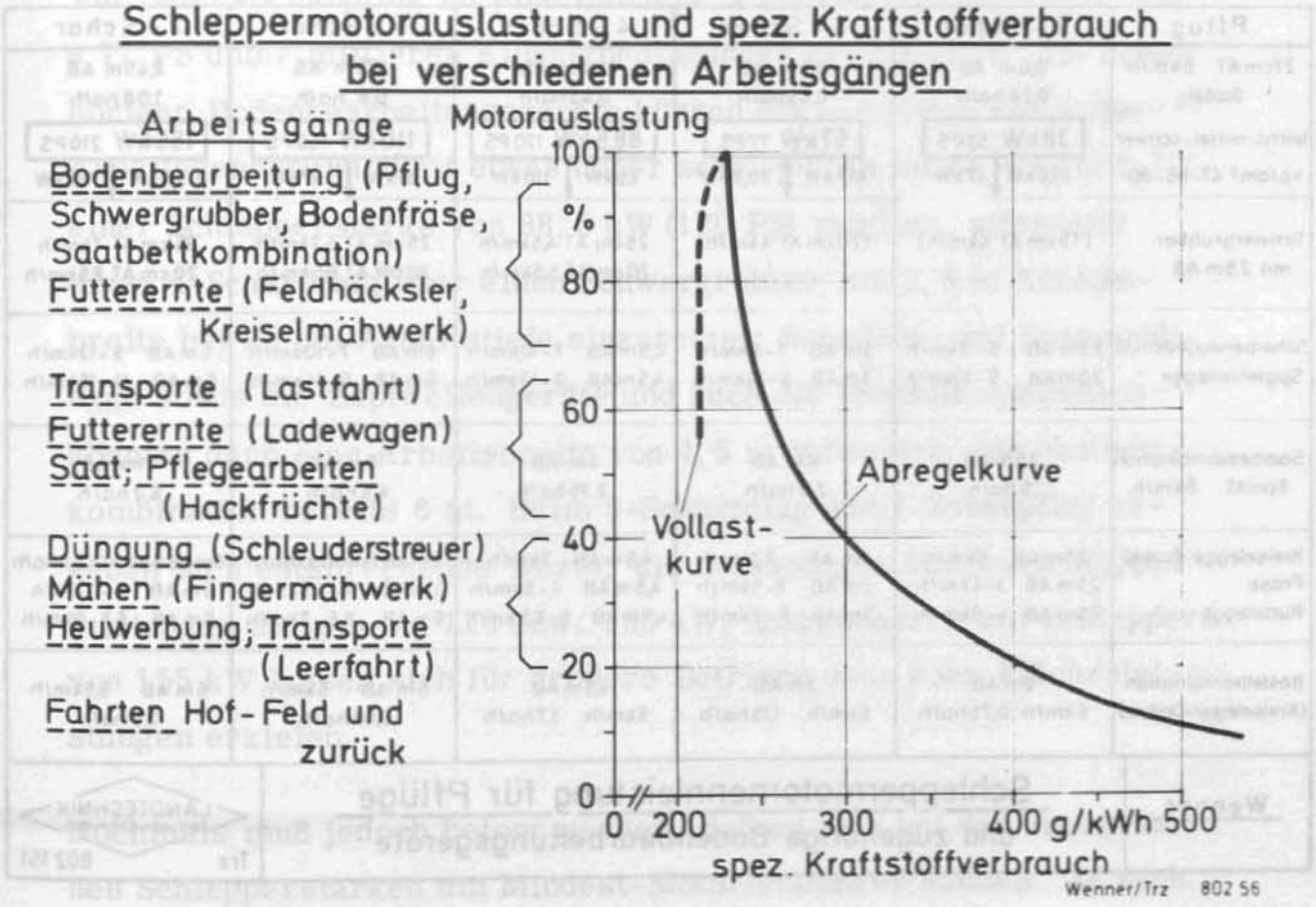



Abb. 16

für einen gewissen Risikoausgleich u. a. m. müßten entsprechende Zuschläge erfolgen. Ausgangspunkt soll auch hier der Pflug mit unterschiedlicher Scharzahl sein - also verschiedene Arbeitsbreiten und daraus resultierende Flächenleistungen (Abb. 17). Dabei wurde wiederum eine durchschnittliche Arbeitstiefe von 27 cm unterstellt sowie eine mittlere Pfluggeschwindigkeit von 6 km/h. So verlangt der 2-Scharpflug eine Schleppermotorleistung von 38 kW bei mittleren Bodenverhältnissen, während dieser Durchschnittswert für leichte Böden auf etwa 28 kW sinkt, bzw. für schwere Böden auf 47 kW steigt. Diese unterstellte mittlere Schlepperstärke von 38 kW (52 PS) ist nun jedoch nicht in der Lage, einen Schwergrubber mit 2, 5 m Arbeitsbreite zu ziehen; die Arbeitstiefe könnte dann nur 15 cm betragen bei einer Vorfahrtgeschwindigkeit von 4 km/h. Jedoch Scheibeneggen und Spatenrolleggen können mit 2, 5 m Arbeitsbreite und Geschwindigkeiten von 6 bis herauf zu

| Pflug | 2 - Schar | 3 - Schar | 4 - Schar | 5 - Schar | 7 - Schar |
|---|---|---|---|---|---|
| 27cm AT 6km/h Boden | 0,6 m AB 0,28 ha/h | 0,9 m AB 0,43 ha/h | 1,4 m AB 0,65 ha/h | 1,75 m AB 0,8 ha/h | 2,45 m AB 1,08 ha/h |
| leicht - mittel - schwer | 38 kW 52 PS | 57 kW 77 PS | 88,5 kW 120 PS | 110 kW 150 PS | 155 kW 210 PS |
| kp/dm² 47 - 66 - 80 | 27,8 kW ↓ 47 kW | 41,7 kW ↓ 70,7 kW | 65 kW ↓ 110 kW | 81 kW ↓ 137 kW | 113,5 kW ↓ 192 kW |
| Schwergrubber mit 2,5 m AB | (15 cm AT 4 km/h) | (20 cm AT 4 km/h) | 25 cm AT 4,5 km/h<br>20 cm AT 5,5 km/h | 25 cm AT 5,2 km/h<br>20 cm AT 6,5 km/h | 25 cm AT 7 km/h<br>20 cm AT 8,5 km/h |
| Scheibenegge 8 cm AT | 2,5 m AB 6 - 9 km/h | 3 m AB 7 - 9 km/h | 4,5 m AB 7 - 10 km/h | 6 m AB 7 - 10 km/h | 6 m AB 9 - 13 km/h |
| Spatenrollegge " | 2,5 m AB 9 - 13 km/h | 3 m AB 9 - 14 km/h | 4,5 m AB 9 - 13 km/h | 6 m AB 9 - 14 km/h | 6 m AB 11 - 15 km/h |
| Saatbettkombination 6 cm AT 8 km/h | 2,5 m AB 1,5 ha/h | 4 m AB 2,5 ha/h | 6 m AB 3,75 ha/h | 8 m AB 4,8 ha/h | 11 m AB 6,2 ha/h |
| Kreiselegge 8 cm AT | 2,5 m AB 6 km/h | 3 m AB 7,2 km/h | 4,5 m AB 7 km/h | 6 m AB 7 km/h 3,1 ha/h | 6 m AB 9,5 km/h 3,9 ha/h |
| Fräse " | 2,5 m AB 3 - 4 km/h | 3 m AB 3 - 5 km/h | 4,5 m AB 4 - 5 km/h | 6 m AB 4 - 5,5 km/h | 6 m AB 5 - 7 km/h |
| Rüttelegge " | 2,5 m AB 4 - 6 km/h | 3 m AB 5 - 7 km/h | 4,5 m AB 5 - 6,5 km/h | 6 m AB 5,5 - 7 km/h | 6 m AB 6,5 - 9 km/h |
| Bestellkombination (Kreiselegge + Drillm.) | 2 m AB 6 km/h 0,75 ha/h | 3 m AB 6 km/h 1,15 ha/h | 4,5 m AB 6 km/h 1,7 ha/h | 6 m AB 6 km/h 2,05 ha/h | 6 m AB 8,5 km/h 2,5 ha/h |

Wenner

**Schleppermotornennleistung für Pflüge**
und zugehörige Bodenbearbeitungsgeräte

LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN

Trz 802 151

Abb. 17

13 km/h dem Schlepper zugeordnet werden. Auch die Saatbettkombination mit 2, 5 m Arbeitsbreite und 8 km/h Geschwindigkeit besitzt einen Leistungsbedarf, der von diesem Schlepper mit 38 kW befriedigt werden kann; die Flächenleistung liegt für diese Saatbettkombination dann bei 1, 5 ha/h. Eine Kreiselegge, die Fräse und auch die Rüttelegge lassen sich ebenfalls mit 2, 5 m Arbeitsbreite einsetzen, allerdings mit unterschiedlichen Vorfahrtgeschwindigkeiten. Für eine Bestellkombination aus Kreiselegge mit Drillmaschine - also Bodenbearbeitung und Saat in einem Arbeitsgang - ist jedoch nur eine Arbeitsbreite von 2 m möglich, die durchschnittliche Flächenleistung liegt dann bei 0, 75 ha/h. Für diesen 2-Schar-Schlepper mit 38 kW wären damit alle wichtigen Bodenbearbeitungsgeräte mit entsprechender Breite und Vorfahrtgeschwindigkeit optimal angepaßt.

Für den 3-Scharpflug ist eine mittlere Schlepperleistung von 57 kW = 77 PS unter mittleren Einsatzbedingungen erforderlich, die zugehörigen Bodenbearbeitungsgeräte können etwas breiter sowie die Arbeitsgeschwindigkeit etwas höher sein, jedoch ist es erst mit einer Schlepperstärke von 88, 5 kW (120 PS) möglich, alternativ einen 4-Scharpflug oder einen Schwergrubber mit 2, 5 m Arbeitsbreite bei 25 cm Arbeitstiefe einzusetzen; Scheiben- und Spatenrollegge sowie die Zapfwellengeräte und auch die Bestellkombination könnten dann eine Arbeitsbreite von 4, 5 m aufweisen, die Saatbettkombination bereits 6 m. Beim 5-Scharpflug und 7-Scharpflug ergeben sich entsprechende Werte, die notwendigen Mindestschlepperleistungen steigen auf 110 bzw. 155 kW. Insbesondere mit Schleppern von 155 kW lassen sich für größere Betriebe sehr hohe Flächenleistungen erzielen.

Nochmals muß jedoch betont werden, daß es sich bei den angegebenen Schlepperstärken um Mindest-Motorleistungen handelt. Je nach örtlichen Einsatzbedingungen sowie dem Wunsch, die Schlagkraft noch weiter zu steigern mit dem Ziel einer Risikoverminderung, erscheinen Zuschläge zu diesen Grundwerten in der Größenordnung von 10 bis 20 % sinnvoll zu sein. Selbstverständlich wurde bei allen Berechnungen der Allradantrieb unterstellt.

Selbst wenn in der Praxis von diesen aufgetragenen Zuordnungswerten mehr oder weniger abgewichen wird, so sollte jedoch jeder Betrieb danach streben, insbesondere für alle Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung die vorhandene oder geplante Schlepperstärke in hohem Maße auszunutzen. Mit in diese Überlegungen einbezogen werden müssen aber auch die Erntegeräte, die Transporte und alle anderen Einsätze des Schleppers im Laufe des Jahres. Aus Gründen weiterer Rationalisierung verdienen diese Zusammenhänge wachsende Bedeutung.

## Verbindung von Schlepper und Gerät

von Landw. Direktor Dr. Manfred Schurig, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan

Die ständig größer und schwerer gewordenen Geräte, die die gesteigerte Leistungsfähigkeit des Schleppers voll ausnutzen, werden so dicht wie möglich an den Schlepper angebaut, um den Schwerpunkt nicht unnötig weit nach hinten zu verlegen. Enges Anbauen der Geräte an den Schlepper geht auf Kosten des verfügbaren Freiraumes zwischen Ackerschlepper und Gerät. Oft bleibt nur noch Platz für extrem schlanke Fahrer, um in die Anbauräume zu schlüpfen. Hinzu kommt, daß es aus den modernen Fahrerschutzkabinen praktisch unmöglich ist, in den Kupplungsvorgang selbst einzugreifen. Das gleiche gilt für den frontseitigen Anbau von Geräten, wo eine Kupplungshilfe wegen der erschwerten Sichtverhältnisse fast unumgänglich ist. Aus diesen Gründen besteht ein echtes Interesse an funktionssicheren Kupplungshilfen.

Man unterteilt die Kupplungshilfen in zwei Gruppen und zwar in Zweiphasenkuppler und Einphasenkuppler. Beim Zweiphasenkuppler wird zuerst die Verbindung Unterlenker-Gerät und in der zweiten Phase Oberlenker-Gerät hergestellt. Beim Einphasenkuppler werden die als Dreieck zusammengefaßten Unterlenker- und Oberlenker-Punkte in einem Takt mit dem Gerät verbunden (Abb. 1).

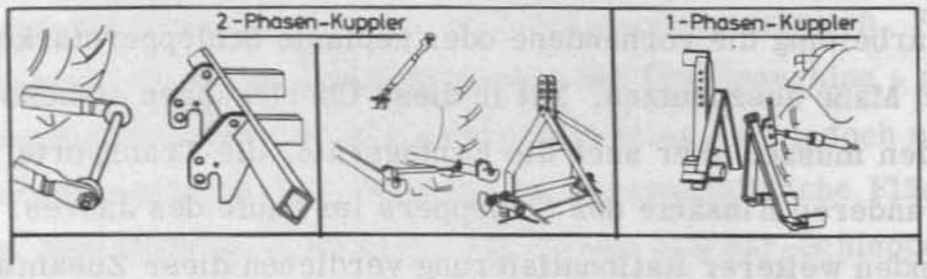



Abb. 1

Als einfachste Lösung bei den Zweiphasenkupplern findet man die sogenannte Querwelle (Abb. 2). Für deren Verwendung sind keinerlei Veränderungen am Dreipunktgestänge des Schleppers erforderlich.

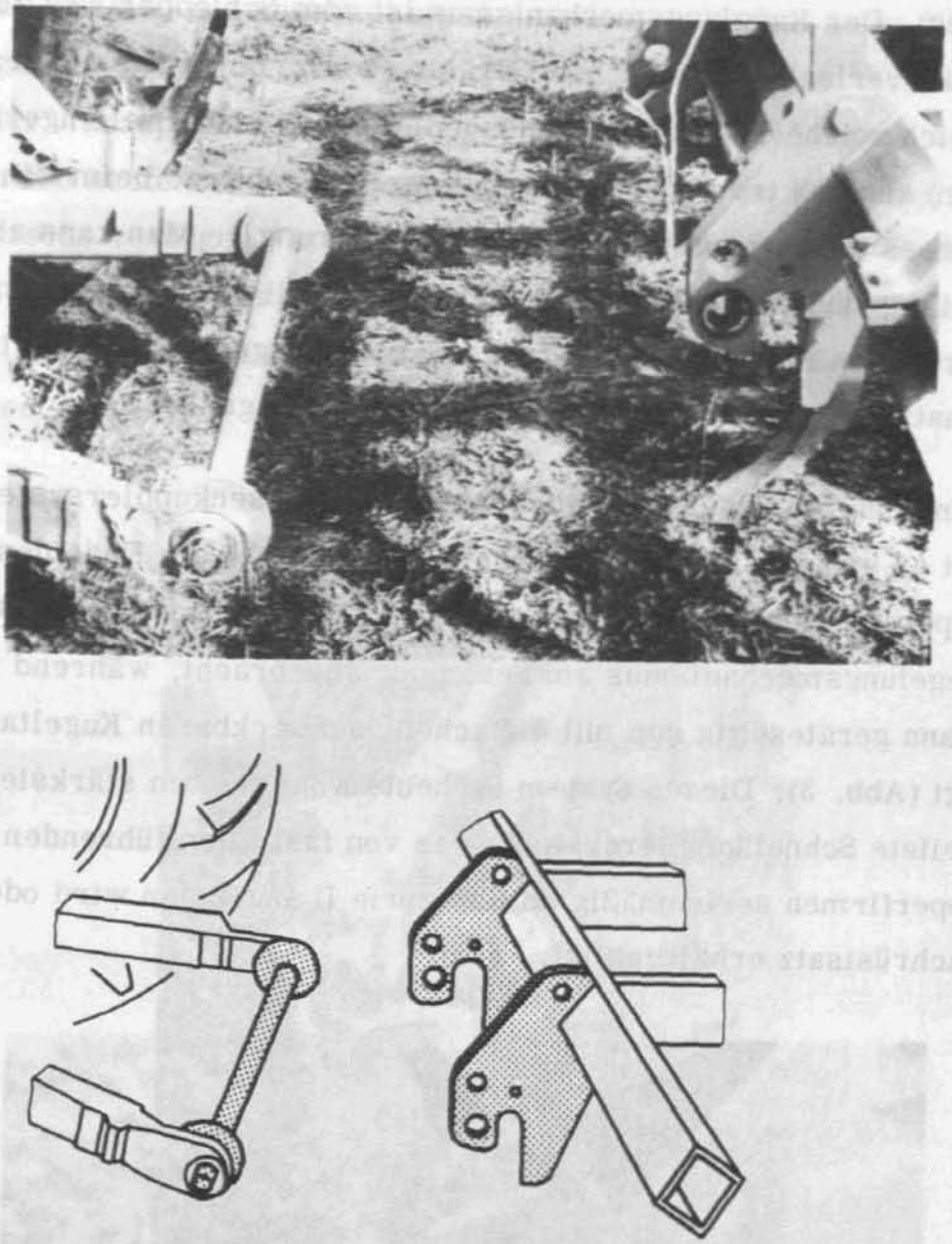


Abb. 2

Eine Rohrwelle wird in die Augen der unteren Lenker gesteckt, die dann beim Anheben in geräteseitig montierte Fanghaken greift. Finige Firmen rüsten auf Wunsch ihre Geräte bereits in der Grundausstattung mit diesem Fanghaken aus. Diese einfache Kupplungshilfe ist preiswert, zumindest was die schlepperseitige Ausrüstung anbetrifft; die Querwelle kostet etwa 50, -- DM und die geräteseitigen Fanghaken etwa 100, -- DM.

Es ist jedoch erforderlich, daß jedes Gerät mit Fanghaken ausgerüstet ist. Der Kupplungsmechanismus ist vom Schlepper weg zum Gerät hin verlegt. Bei manchen Geräten, wie z. B. Pflügen ist es unmöglich solche Fanghaken anzubauen. Auch bei Zapfwellengeräten (Fräsen) kann es trotz gekröpfter Querwelle Probleme beim Einsatz dieses Kupplers geben (Gelenkwellenführung!). Man kann aber feststellen, daß die Querwelle in Verbindung mit dem Fanghaken am Gerät zum Kuppeln von Grubber, Scheibeneggen und Saatbettkombinationen eine durchaus brauchbare Kupplungshilfe ist.

Bei dem anderen, heute gebräuchlichen Zweiphasenkupplersystem handelt es sich um sogenannte Kugelfanghaken, die am Ende des Schlepperunterlenkers angeschweißt sind. Hier hat man den Fang- und Verriegelungsmechanismus am Schlepper angebracht, während man sich dann geräteseitig nur mit einfachen, aufsteckbaren Kugeltaschen begnügt (Abb. 3). Dieses System ist heute wohl das am stärksten verbreitete Schnellkupplersystem, was von fast allen führenden Schlepperfirmen serienmäßig ab Kategorie II angeboten wird oder als Nachrüstsatz erhältlich ist.

Abb. 3

Dieses System hat den Vorteil, daß es universell einzusetzen ist. An den Geräten, die angebaut werden sollen, brauchen keine Veränderungen vorgenommen zu werden. Es ergibt sich keine Verschiebung der Anbaupunkte zum Schlepper hin oder vom Schlepper weg. Es werden heute nur noch Fanghaken verwendet, die über eine Art Kugeltasche verfügen, in die die Kugelschalen, die auf die Gerätezapfen aufgesteckt sind, liegen. Es ergibt sich so eine ausreichende Beweglichkeit zwischen Schlepper und Gerät (Abb. 4), sowie ein sicheres Fangen.

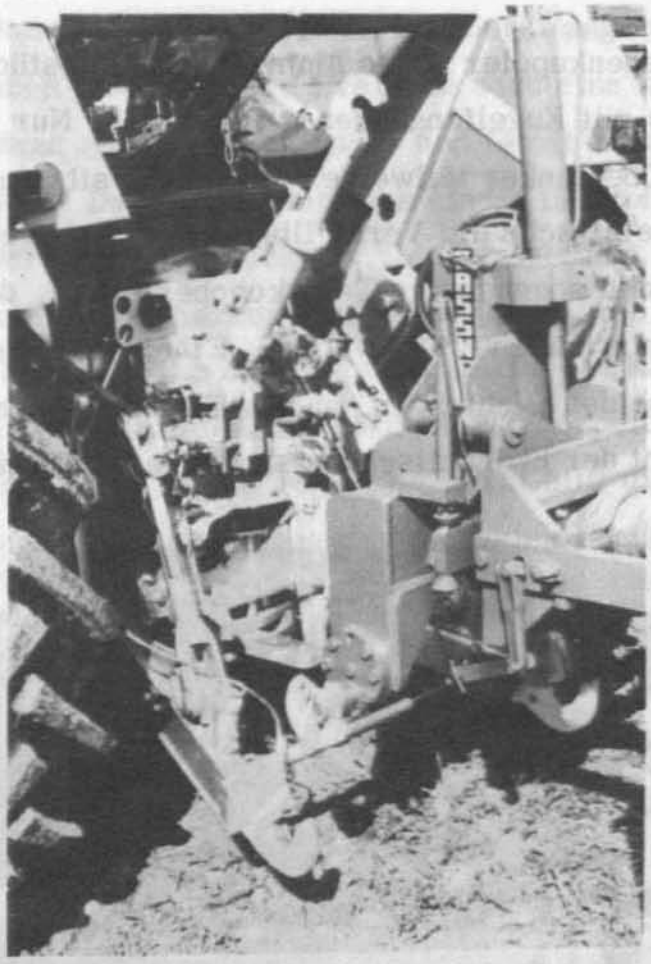


Abb. 4

Beim Aufnehmen des Gerätes verriegelt sich der Haken selbsttätig. Durch Ziehen an Schnüren, die mit dem Entriegelungsmechanismus verbunden sind, kann der Haken das Gerät freigeben. Wen diese Schnüre stören, kann, nachdem er vom Schlepper abgestiegen ist, zumindest beim System Walterscheid, den Entriegelungsmechanis-

mus von Hand öffnen.

Über eine Kniehebelmechanik bleibt der Haken dann geöffnet und schließt sich erst wieder, wenn beim Anheben des Gerätes die Kugel im Fanghaken sitzt.

Durch die Kugelfanghaken tritt keine Beeinträchtigung irgendwelcher Einrichtungen am Schlepper auf. Das gilt sowohl für die Ackerschiene, die einwandfrei mitgeführt werden kann, noch ist der Schwenkraum einer Zugdeichsel eingeengt. Auch die Zapfwelle ist in ihrer Führung nicht behindert.

Für die Zweiphasenkuppler ist es sinnvoll, die Endstücke der Oberlenker ebenfalls mit Kugelfanghaken auszurüsten. Nur so ist es möglich, auch den Oberlenker teilweise vom Fahrersitz zu kuppeln. Wer darüber hinaus eine schnelle Verstellbarkeit des oberen Lenkers wünscht, wählt den sogenannten Teleskopoberlenker, der sich in 7 mm Abständen schnell verstellen läßt. Eine wirkliche stufenlose Verstellung in beiden Richtungen, auch während der Arbeit unter Last, ermöglicht der hydraulisch verstellbare Oberlenker (Abb. 5).

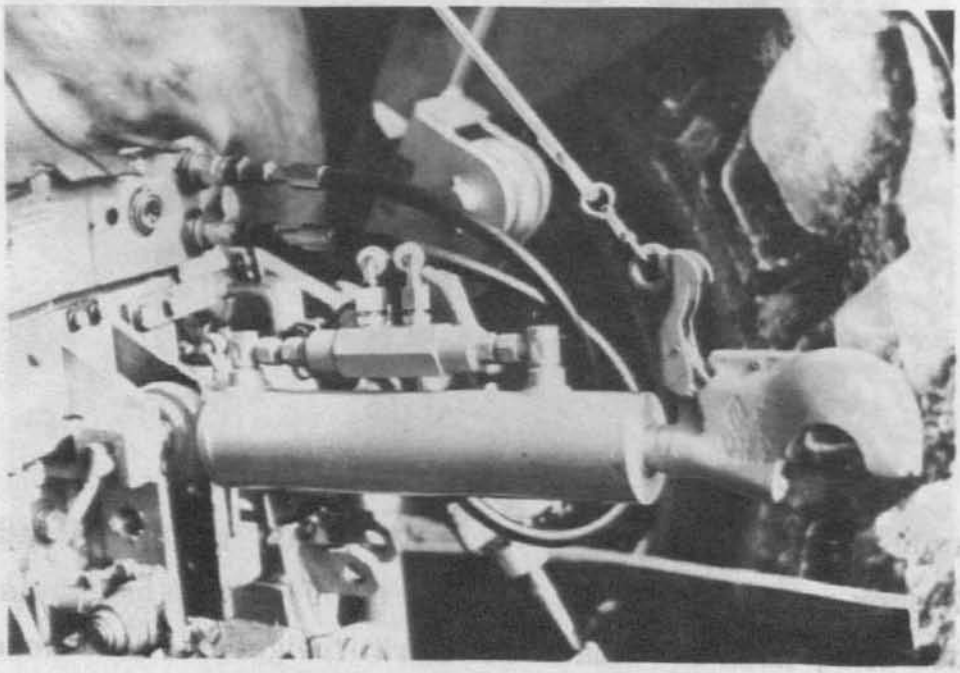


Abb. 5

Dieser bietet den großen Vorteil, daß vom Fahrersitz auch eine Finstellung des Gerätes während der Arbeit vorgenommen werden kann. Das gilt sowohl für die Bodenbearbeitung, als auch z. B. für das Arbeiten mit Feldhäckslern in Verbindung mit rückwärts fahrenden Schleppern. Hier läßt sich während der Fahrt die Arbeitshöhe über den hydraulisch verstellbaren Oberlenker mühelos regulieren und den jeweiligen Arbeitsverhältnissen anpassen.

Der bei uns gebräuchlichste Einphasenkuppler ist das sogenannte Weiste-Dreieck. Hier sind schlepperseitig die beiden unteren Anlenkpunkte und der Oberlenker mit einem Dreiecksrahmen verbunden (Abb. 6). Das Gegenstück dazu ist am Gerät angebracht. Durch Ineinanderschieben dieser beiden Dreiecke wird eine schnelle, sichere Verbindung zwischen Schlepper und Gerät hergestellt. Das am Gerät montierte Dreieck besteht aus einem U-Profil-Stück, in das das schlepperseitige Dreieck von unten eingeführt wird. Die sogenannten Fangmaße zwischen den beiden Dreiecken sind für Kategorie I - III gleich. Um die größeren Kräfte bei Kategorie II und III aufzunehmen, ist die Materialstärke verdoppelt. Bei einem seitlichenach links oder rechts geneigten Gerät hilft die Kugelrolle an der Spitze des Schlepperdreiecks zum exakten Finfädeln.

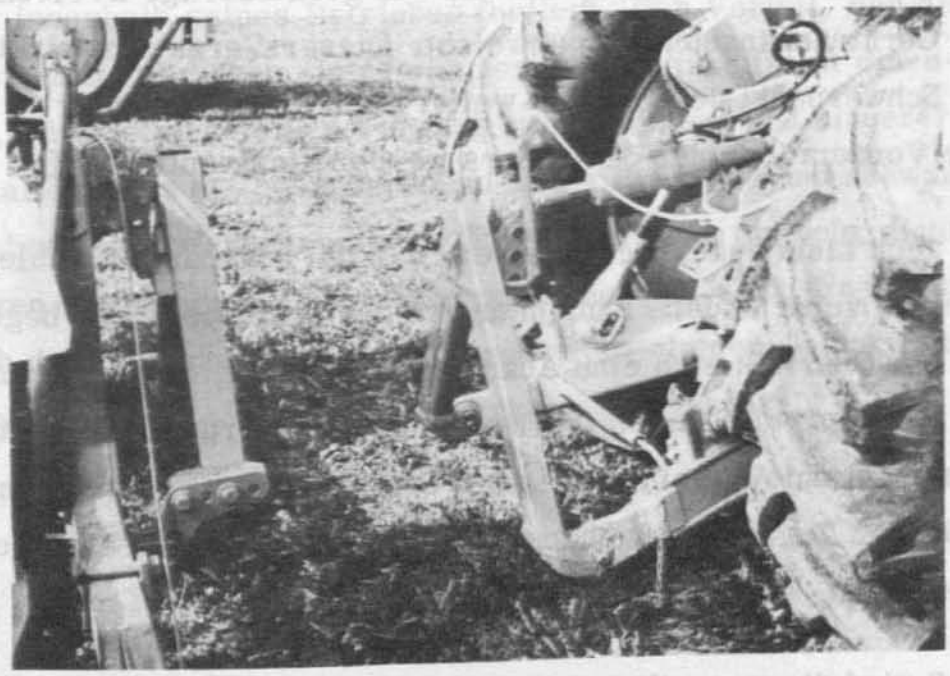


Abb. 6

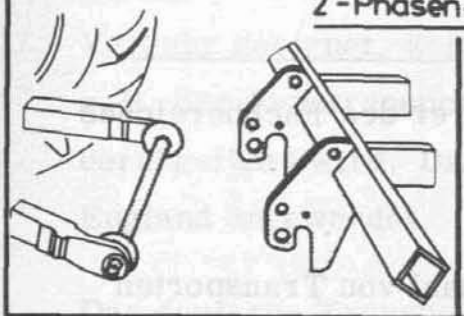
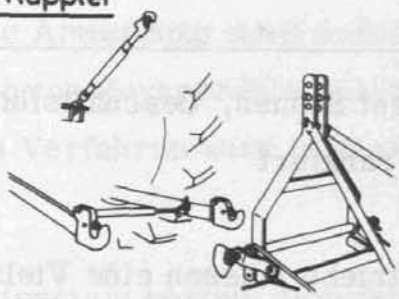
Wenn dabei der obere Lenker noch hydraulisch in beiden Richtungen verstellbar ist, ergibt sich eine vom Fahrersitz, aus der Schlepperkabine heraus, mühelos zu bedienende Kupplungshilfe, die nicht nur in der Heckhydraulik, sondern auch in der Fronthydraulik eingesetzt werden kann.

Dieses Kupplungssystem funktioniert nur, wenn sowohl am Schlepper als auch am Gerät die Dreiecke vorhanden sind. Das heißt, wenn der Schlepper mit Dreieck ausgerüstet ist, müssen alle Geräte, die gekoppelt werden sollen, ein Gegenstück dazu haben. Diese Gerätedreiecke werden, wo es möglich ist, angeschweißt oder angeschraubt. Fast alle Gerätehersteller liefern auf Wunsch und natürlich gegen Aufpreis von ca. 400, -- DM ab Werk ihre Geräte mit einem solchen Dreieck. Es ist festzustellen, daß bei manchen schweren Geräten es nicht möglich ist, das Dreieck so in das Gerät zu integrieren, ohne daß sich ein größerer Abstand des Gerätes vom Schlepper ergibt, als das mit anderen Kupplern der Fall ist.

Dieser sogenannte Versatz nach hinten kann bis zu 20 cm betragen. Er resultiert einmal aus dem schlepperseitigen Kupplungsteil, welches von vornherein ca. 8 cm nach hinten über die Anlenkpunkte hinausragt, und aus dem Maß, um das das geräteseitige Dreieck von den Geräteanhängepunkten abweicht. Dieser Versatz bewirkt, daß der Schwerpunkt des Gerätes weiter nach hinten verlagert wird, d.h. die Vorderräder des Schleppers werden stark entlastet.

Es darf auch nicht außer Acht bleiben, daß bei angebautem Schlepper-Dreieck verschiedene Einrichtungen des Schleppers nur begrenzt nutzbar sind. So läßt sich eine Ackerschiene nicht gleichzeitig mitführen, die Zapfwelle muß teilweise verlängert werden, u. U. kann auch der maximale Arbeitswinkel der Gelenkwelle etwas eingeschränkt sein. Eine im Zugmaul eingehängte Zugdeichsel ist in ihrem Freiraum eingeengt, wenn das Dreieck angebaut ist.

In Abb. 7 sind die wesentlichsten Vergleichsmerkmale der heute bei uns gebräuchlichen Schnellkuppler zusammengestellt. Daraus geht

| 2-Phasen-Kuppler | | 1-Phasen-Kuppler |
|---|---|---|
|  |  | |
| nicht für alle Geräte<br>nicht für Frontanbau<br>eingeschränkte Nutzung einzelner Schlepperbauteile (Zapfwelle, Ackerschiene)<br>Preis: Schlepperteil ca. 50 DM<br>je Gerät ca. 100 DM<br>einfache, preiswerte Lösung zum Kuppeln bestimmter Geräte | für alle Geräte<br>bedingt für Frontanbau<br>keine Beeinträchtigung anderer Schlepperbauteile<br>Preis: Schlepperteil ca. 500 DM<br>je Gerät ca. 20 DM<br>universelle Kuppler | für fast alle Geräte, aber Versatz nach hinten (nicht wenn integr.)<br>gut für Frontanbau<br>beschränkte Nutzung einzelner Schlepperbauteile (Anhängekupplung, Zapfwelle, Ackerschiene)<br>Preis: Schlepperteil ca. 500 DM<br>je Gerät ca. 100 - 400 DM<br>schnellstes Kuppeln - Front/Heck<br>Achtung: Versatz, Zapfwelle, Anhängekupplung, Ackerschiene |

Schurig

**Vergleichsmerkmale wesentlicher Schnellkuppler**

(Preise ohne MWSt.)

LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN

Kp 803.34

Abb. 7

hervor, daß es für jeden Zweck brauchbare Kupplungshilfen gibt. Es erscheint aber zweckmäßig, daß sich jeder Landwirt auf ein System innerhalb seines Betriebes festlegt. Der Vorteil, den die Kupplungshilfen bringen, liegt weniger darin, Arbeitszeit einzusparen, als vielmehr einen Vorgang zu erleichtern und sicherer zu gestalten. Das hat besondere Bedeutung für große und schwere Geräte bei der Bodenbearbeitung und bei Geräten, die sehr dicht, mit engen Freiräumen an den Schlepper angebaut sind. Ungelöst ist noch das gleichzeitige, automatische Kuppeln der Gelenkwelle, ein Problem, dem besondere Aufmerksamkeit gebührt.

## Wodurch wird die technische Weiterentwicklung bei Transportfahrzeugen bestimmt?

von Dr. Ing. Franz-Josef Sonnen, Geschäftsführer des Fachbereiches Landtechnik der DLG Frankfurt

Landwirtschaftliche Betriebe müssen eine Vielzahl von Transporten durchführen, bei denen sowohl kleine bis große Massen bewegt, aber auch kleine bis große Entfernungen überbrückt werden müssen. In vielen Fällen kann sogar die vorhandene Transportkapazität darüber entscheiden, welche Arbeitsverfahren eingesetzt werden können. Da Dr. Auernhammer in seinem Vortrag auf die entsprechenden Zahlen eingehen wird, kann ich mir dies hier ersparen.

Die landwirtschaftlichen Betriebe verfügten seit jeher über entsprechende Bespannung und Fahrzeuge, so daß sie selbstverständlich ihre Transporte selbst durchführten. Im Laufe der Jahre haben sich jedoch in den einzelnen Ländern unterschiedliche Transportsysteme entwickelt, je nach dem wie unterschiedlich die Einsatzbedingungen waren. Solche Bedingungen können z. B. sein

unterschiedliche Geländebeschaffenheit, z. B. hängig oder eben,
unterschiedliche Organisation der Abnehmerseite, z. B. Transport der Rüben durch die Zuckerfabrik oder Transportvergütung
unterschiedliche Konditionen für den Frachtführer.

In Frankreich hat sich ein Transportsystem eingebürgert, das aus einer Zugeinheit und einem vorderlastigen Einachsfahrzeug besteht. Es wurde bereits bei Pferdebetrieb benutzt und hat sich mit dem Vordringen des Schleppers weiter entwickelt zum heutigen System, bei dem ein Einachsanhänger sich mit einem verhältnismäßig hohen Lastanteil auf den Schlepper abstützt.

Dieses Verfahren ist besonders gut für den innerbetrieblichen Verkehr geeignet, seine Anwendung wird dadurch unterstützt, daß z. B. der Ferntransport von Zuckerrüben durch die Fabrik selbst durchgeführt wird. Das Verfahren wird in ähnlicher Weise auch in England angewendet.

Das deutsche Transportsystem besteht demgegenüber aus einer Zugeinheit mit einem oder mehreren Zweiachsanhängern; besonders nach dem Aufkommen der Schlepper wurde bei uns die Verwendung von zwei Anhängern hinter einem Schlepper üblich. Hierzu hat sicherlich beigetragen, daß sowohl Schlepper als auch Anhänger steuerfrei sind, daß eine Dieselkraftstoffverbilligung für land- und forstwirtschaftliche Betriebe gewährt wird und daß die Zuckerfabriken im allgemeinen eine Transportvergütung zahlen.

In der Bundesrepublik werden heute für den Schwerverkehr überwiegend zweiachsige Anhänger eingesetzt, wobei eine Tendenz zu steigender Nutzlast besteht. Für bestimmte Einsatzfälle werden Einachs-Anhänger, ggf. mit einer sogenannten Tandem-Achse benutzt.

Sonderfahrzeuge wie Ladewagen, Stalldungstreuer, Gülle- oder Faßwagen werden meist als Einachs-Anhänger ausgeführt, ggf. auch mit Tandemachse.

Wenn man die Richtung der möglichen Entwicklung abstecken will, muß man sich zunächst über die gesetzlichen Voraussetzungen und die durch sie gezogenen Grenzen klar sein. Entscheidenden Einfluß auf die mögliche Transportleistung haben die Abmessungen und die zulässigen Gewichte. Die höchstzulässige Breite beträgt sowohl für Einzelfahrzeuge als auch für Züge 2, 5 m; dies gilt für die festen Aufbauten der Transportfahrzeuge, besteht die Ladung aus landwirtschaftlichem Erntegut, so kann dieses Maß auf üblichen Straßen und Wegen, jedoch nicht auf der Autobahn überschritten werden. Diese

zulässige Breite wird im allgemeinen jedoch kaum ausgenutzt, weil dadurch auch die Manövrierfähigkeit eingeschränkt werden kann.

Die Länge von Einzelfahrzeugen ist auf 12 m begrenzt, die Länge von Sattelzugmaschinen mit Sattelanhängern auf 15 m, während sowohl die Länge von Lkw's mit einem Anhänger als auch von Schleppern mit zwei Anhängern auf höchstens 18 m begrenzt ist. Die Einhaltung der Zuglänge von 18 m bereitet Schwierigkeiten, wenn man hinter einem Schlepper zwei Anhänger mit hoher Nutzlast fahren will. So haben beispielsweise zwei Anhänger mit je einem Gesamtgewicht von 16 t eine Gesamtlänge von etwa 13, 8 m, benutzt man verkürzte Zuggabeln, die aber bei entsprechender Fahrzeugbreite die Kurvengängigkeit verkleinern können, dann ist die Gesamtlänge von zwei Anhängern dieser Größenordnung etwa 13, 4 m. Das bedeutet, daß für die Länge des Schleppers von seiner Vorderkante bis zum Mittelpunkt der Anhängerkupplung nur etwa 4, 2 - 4, 6 m zur Verfügung stehen. Dieser Wert kann für Schlepper mit hoher Motorleistung schon recht knapp sein.

Tab. : Nach StVZO zulässige Achslasten und Zuggewichte in Tonnen

| Zulässige Achslast[3] | | Zulässiges Gesamtgewicht | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Einzelfahrzeuge | | Züge | | |
| Einzel-achse | Doppel-achse | zwei-achsig | drei-achsig | LKW mit Anhänger | Sattel-züge | Schlepper mit Anhängern |
| 10 | 16 | 16[1] | 22 | 38 | 38 | 38[2] |

(1) Bei Verwendung einer Auflaufbremse ist das zulässige Gesamtgewicht 8t.

(2) Bei Verwendung von zwei auflaufgebremsten Anhängern ist deren zulässiges Gesamtgewicht je 8t, die zul. Höchstgeschwindigkeit beträgt dann 25 km/h.

(3) Tragfähigkeit der Hauptwirtschaftswege : 8t Achslast.

Abb. 1

Bei den Gewichten gibt es zunächst die einschneidende Grenze, daß die zulässige Achslast für eine Einzelachse 10 t beträgt, für eine Doppelachse 16 t. Diese Größen, die auch für den Straßenverkehr gültig sind, galten lange Zeit als fast unerreichbar für landwirtschaftliche Fahrzeuge. Aus diesem Grunde wurden auch die Haupt-

wirtschaftswege meistens nur für Achslasten bis zu 8 t ausgebaut, Wirtschaftswege mit untergeordneter Bedeutung häufig nur bis zu 5 t. Inzwischen zeigt sich aber, daß die Tragfähigkeit mancher Wirtschaftswege durch den landwirtschaftlichen Schwergutverkehr überfordert ist, daher mehren sich die Fragen der für den Wirtschaftswegebau zuständigen Ämter nach der in Zukunft erforderlichen Ausbautragfähigkeit; da die Ausbautragfähigkeit erheblichen Einfluß auf die Wegebaukosten hat, ist sie ggf. bei der Wahl des Transportsystems zu berücksichtigen.

Einzelfahrzeuge mit nicht mehr als zwei Achsen dürfen ein zulässiges Gesamtgewicht von 16 t haben. Das gilt sowohl für übliche Zweiachsanhänger als auch für Einachsanhänger mit Tandem-Achse. Für den "einachsigen" Einachsanhänger gilt, daß das Gesamtgewicht so groß sein darf, wie die zulässige Achslast vermehrt um die Stützlast, die der Anhänger auf den ziehenden Schlepper überträgt. Vom Anhänger her gesehen dürfen das nur 20 % des Anhängergesamtgewichtes sein; häufig sind jedoch die Schlepper nicht in der Lage, so hohe Stützlasten aufzunehmen; dann verkleinert sich das zulässige Gesamtgewicht des Anhängers entsprechend.

Einzelfahrzeuge mit mehr als zwei Achsen dürfen ein zulässiges Gesamtgewicht bis zu 22 t besitzen; solche Fahrzeuge sind sicher nur für bestimmte Sonderfälle interessant, z. Zt. gibt es eine gewisse Anzahl von ihnen, die aus dem Speditionsgewerbe in die Landwirtschaft gekommen sind.

Das zulässige Gesamtgewicht für Züge ist mit 38 t begrenzt, dieser Wert gilt sowohl für Schlepper mit Anhängern als auch für Lkw-Züge. Da hinter einem Schlepper nur ein großer Einachsanhänger mitgeführt werden darf, kann mit einer solchen Kombination das zulässige Gesamtgewicht nicht ausgeschöpft und in eine optimale Nutzlast verwandelt werden.

Stellt man einen Zug mit zwei Anhängern von je 16 t Gesamtgewicht

zusammen, dann bleibt bei einem zulässigen Gesamtgewicht von 38 t für den Schlepper nur ein Gesamtgewicht von 6 t übrig. Rechnet man mit einem Leistungsgewicht von ca. 55 kg/kW, dann kann das ein Schlepper mit ca. 110 kW oder rund 150 PS sein. Die auf das Gesamtgewicht bezogene Leistung beträgt dann etwa 2,9 kW/t.

Lkw- und Sattelzüge können das maximale Zuggewicht ausschöpfen.

Entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung von Transportfahrzeugen haben die Bremsvorschriften. Dabei nimmt der leichte Einachsanhänger, dessen Achslast weniger als 3 t ist und der von einem genügend schweren Zugfahrzeug gezogen wird, eine Sonderstellung ein, denn er braucht keine Bremsen zu besitzen. Er kann allerdings auch in der weiteren Betrachtung unberücksichtigt bleiben, weil er nur wenig zur Bewältigung der hier zu besprechenden Massentransporte beitragen kann.

Ist die Achslast des Einachsanhängers größer als 3 t, dann muß er mit einer Betriebsbremsanlage, mit einer Feststellbremsanlage und einer Abreißbremsanlage ausgerüstet sein. Die gleichen Forderungen gelten auch für Zweiachs- oder Mehrachs-Anhänger, auch sie müssen Betriebs-, Feststell- und Abreißbremsanlagen besitzen.

Außer diesen grundsätzlichen Forderungen gibt es noch Sondervorschriften, die unter bestimmten Bedingungen Erleichterungen zulassen oder Erschwernisse verlangen. An land- und forstwirtschaftlichen Anhängern hat die sogenannte Auflaufbremse weite Verbreitung gefunden. Sie darf jedoch nur bei Fahrzeugen eingebaut werden, deren Gesamtgewicht nicht größer als 8 t ist. Zwei Anhänger mit Auflaufbremse dürfen nur dann in einem Zug mitgeführt werden, wenn die tatsächlich gefahrene Höchstgeschwindigkeit nicht größer als 25 km/h ist und der Schlepper bauartbedingt nicht schneller als 30 km/h fahren kann. Nach deutschem Recht können z. Zt. auch Anhänger mit Auflaufbremse mit einem zulässigen

Gesamtgewicht von bis zu 8 t für höhere Geschwindigkeiten als 25 km/h zugelassen werden, jedoch darf dann hinter einem Schlepper nur ein Anhänger mit Auflaufbremse mitgeführt werden. Im Rahmen der EG-Gesetzgebung ist jedoch damit zu rechnen, daß für schnellaufende Anhänger mit Auflaufbremse in Zukunft nur mehr ein Gesamtgewicht von 3, 5 t zulässig sein wird.

Eine weitere Sondervorschrift gesagt, daß bei Fahrzeugen, die nur für eine Geschwindigkeit bis 25 km/h zugelassen sind, nur eine Achse gebremst werden muß, während bei Fahrzeugen für größere Geschwindigkeiten alle Räder abgebremst werden müssen. Ferner werden für schnellaufende Anhänger mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 9 t eine sogenannte Dauerbremsanlage sowie in bestimmten Zeitabständen Bremsensonderuntersuchungen und Zwischenuntersuchungen gefordert. Außerdem müssen druckluftgebremste schnellaufende Anhänger eine sogenannte "Zweileitungsanlage" besitzen.

Für Züge gilt die Vorschrift, daß die Bremsanlage der Anhänger vom ziehenden Fahrzeug aus betätigt werden können oder selbsttätig wirken muß. Die Bremsanlagen müssen abstufbar sein, die Abbremsung muß der Beladung angepaßt werden können; dies ist besonders wichtig für den Fall, daß unterschiedlich ausgelastete Fahrzeuge in einem Zug mitgeführt werden. In der EG-Gesetzgebung ist ferner vorgesehen, daß schnellaufende Züge dann eine sogenannte "Durchgehende Bremse" also eine Druckmittelbremse haben müssen, wenn das zulässige Gesamtgewicht des Anhängers größer als 3, 5 t ist.

Damit ergeben sich aus der Bremsvorschrift in Abhängigkeit vom Bremssystem und von der Fahrgeschwindigkeit des Zuges Folgerungen, die kurz zusammengefaßt werden sollen.
Für Fahrgeschwindigkeiten bis 25 km/h

muß die Bremsanlage nur auf eine Achse jedes Anhängers wirken, das Gewicht von zwei auflaufgebremsten Anhängern

darf zusammen nur 16 t betragen, je nach Gewicht des Schleppers ergibt sich also ein Zuggewicht von 20 bis etwa 22 t;

mit Druckmittelbremse darf das Gesamtgewicht der Anhänger und des Schleppers 38 t betragen.

Bei Fahrgeschwindigkeiten über 25 km/h

müssen alle Räder des Anhängerzuges gebremst werden,

nur ein auflaufgebremster Anhänger mit max. 8 t Gesamtgewicht darf mitgeführt werden, das Zuggewicht kann je nach Wahl des Schleppers bei etwa 11 bis 12 t liegen;

mit Druckmittelbremse kann das Gesamtgewicht von Anhängern und Schlepper 38 t betragen.

Diese Gegenüberstellung zeigt, daß der Zwang zum Transport großer Lasten zur Ausrüstung der Schlepper und Anhänger mit Druckmittelbremsen führt.

Druckmittelbremsen können nach dem augenblicklichen Stand der Technik auf der Basis von Druckluft oder von Drucköl betrieben werden. Dabei sind die Anforderungen an die Bremsanlagen grundsätzlich gleich, unabhängig davon, welches Druckmittel zur Betätigung verwendet wird. Es muß also in allen Fällen die Betriebsbremse abstufbar und ihre Wirkung der Beladung entsprechend sein, die Feststellbremse muß das Wegrollen des Fahrzeuges verhindern und die Abreißbremse muß den Anhänger selbsttätig beim Lösen vom Zugfahrzeug zum Stehen bringen können.

Bremsen, die mit dem Druckmittel Luft arbeiten, steuern die Bremswirkung des Anhängers durch Druckabsenken in der Zuleitung; beim Abreißen eines Anhängers wird dessen Zuleitung drucklos und löst die Bremsung aus. Diese Wirkung wird auch beim zweiten Anhänger erzielt, wenn die Verbindung zwischen Schlepper und erstem Anhänger getrennt wird.

Bremsen, die das Druckmittel Öl benutzen, betätigen die Anhängerbremse durch Druckerhöhen, sie lösen die Anhängerbremse durch Druckabsenken. Damit ist eine zusätzliche Installation erforderlich, die auch auf den zweiten Anhänger wirkt, wenn die Trennung zwischen dem Schlepper und dem ersten Anhänger erfolgt.

Für Fahrgeschwindigkeiten bis 25 km/h können sowohl Druckluft-Einleitungs-Bremsanlagen oder Druckölbremsanlagen benutzt werden; bei vergleichbarem Stand der Technik steht es jedem Betriebsleiter frei, das für ihn günstigste Bremssystem zu wählen. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß die überbetriebliche Verwendung von Schleppern und Anhängern nur dann gefahrlos möglich ist, wenn die Bremsanlagen in dieser Gemeinschaft aufeinander abgestimmt sind.

Für Züge, die mit Geschwindigkeiten über 25 km/h gefahren werden sollen, können z. Zt. nur Zwei-Leitungs-Druckluftbremsanlagen benutzt werden - sofern die Fahrzeuge neu in den Verkehr kommen. Druckölanlagen für schnellaufende Zweiachsanhänger gibt es z. Zt. noch nicht in einer genehmigten Ausführung, an solchen Anlagen wird gearbeitet.

Unabhängig von diesen erörterten gesetzlichen Vorgaben besteht der Wunsch nach einer Steigerung der Transportleistung landwirtschaftlicher Fahrzeuge dauernd fort, er wird durch die hohe Leistungsfähigkeit der Erntemaschinen geschürt, die nur bei richtiger Abstimmung der Arbeitskette ausgenutzt werden kann. Er findet seinen Grund aber auch in allgemeinen Fragen der Kosten- und Arbeitszeitersparnis, die sich beim Transport von großen Massen über weite Entfernungen ergeben. Auch die seit Jahren stetig steigende Motorleistung der neu in Betrieb kommenden Schlepper weckt die Hoffnung auf eine Steigerung der Transportleistung.

Dieser Wunsch hat in mittleren landwirtschaftlichen Betrieben dazu geführt, daß die Nutzlast der "gängigen" Anhänger heute etwa bei 5-6 t liegt, d. h. bei Gesamtgewichten von etwa 7-8 t. Diese Wagen

sind vorzugsweise mit Auflaufbremsen ausgerüstet; damit ist auch das Arbeiten im überbetrieblichen Einsatz erleichtert. Die kleineren Anhänger, die früher beschafft wurden, werden nach wie vor als "Erntewagen" mitbenutzt, wenn entsprechender Bedarf besteht.

Große Betriebe gehen über die Grenze der Auflaufbremse, also über 8 t Gesamtgewicht, hinaus. Teilweise wurden von ihnen Erfahrungen gesammelt mit alten Speditionsanhängern, die wegen der notwendigen Umstellung auf Zweileitungs-Bremsanlagen günstig erworben werden konnten, das gilt sowohl für Zweiachs- als auch für Dreiachsanhänger. Inzwischen werden aber auch für den Einsatz in der Landwirtschaft konzipierte Zweiachsanhänger mit bis zu 16 t Gesamtgewicht benutzt. Erfahrungen liegen ebenfalls vor mit großen Einachsanhängern des französischen Systems, die bei uns mit etwa 10-16 t Gesamtgewicht in einer Anzahl von Betrieben eingesetzt werden.

Die in diese Fahrzeuge gesetzten Erwartungen wurden zum Teil erfüllt, zum Teil enttäuscht. Wesentliche Gründe hierfür sollen nachfolgend diskutiert werden, weil sie auch in Zukunft gültig sind und die Entwicklung beeinflussen.

Bei Einachsanhängern hängt der gewünschte Erfolg sehr davon ab, mit welchen Schleppern sie kombiniert werden. Die Schlepper müssen eine ausreichende Stützlast aufnehmen und die erforderliche Zugkraft sicher übertragen können, auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen im Herbst. Eine Gegenüberstellung einzelner Zahlen soll dies deutlich machen. Betrachtet man zunächst die Stützlast, die die Zugfähigkeit der Schlepper beeinflußt, so zeigt sich, daß ihr Anteil am Gesamtgewicht mit größer werdendem Anhänger sinkt. Bei einem Anhängergesamtgewicht von etwa 3,5 t, das entspricht dem Ferguson-Anhänger der fünfziger Jahre, liegt der Stützlastanteil bei 20 %, bei einem Anhänger-Gesamtgewicht von 11 1/2 t sinkt er auf etwa 13 % und erreicht bei einem Gesamtgewicht des Einachsanhängers von 16 t nur mehr 9,4 %. Diese

Werte hängen selbstverständlich auch von der Schlepperkonstruktion, insbesondere aber auch von der Ausführung der Anhängerkupplung ab, deren höchste Stützlast derzeit bei etwa 1 500 daN liegt.

Drückt man die Zugfähigkeit auf dem Acker durch den "erforderlichen Kraftschlußbeiwert" aus, - geringe Werte entsprechen guter Tauglichkeit - dann zeigt sich, daß bei einer sinnvoll erscheinenden vergleichbaren Kombination von Schlepper und Anhänger der erforderliche Kraftschlußbeiwert für Anhänger mit 3 t Nutzlast bei etwa 0, 445 liegt, mit zunehmender Nutzlast ansteigt und bei 11, 5 t Nutzlast nun den Wert von 0, 557 erfordert, d.h. daß der notwendige Kraftschlußbeiwert um etwa 25 % größer wird. Diese Tatsache hat zu einer gewissen Enttäuschung der Betriebe geführt, die mit kleinen Einachsanhängern auch unter ungünstigen Feldverhältnissen gute Erfahrungen gemacht haben und sie auf die größeren Ausführungen glaubten übertragen zu können. Zwar kann die Verschlechterung der Zugfähigkeit auf dem Acker in gewisser Weise durch Zuordnung eines schwereren Schleppers zum Einachsanhänger ausgeglichen werden, dadurch wird aber das Verhältnis von Nutzlast bezogen auf das Zuggewicht verschlechtert; es wird also - zumindest bei der Straßenfahrt - ein nicht notwendiger höherer Ballastanteil transportiert.

Zweiachsanhänger übertragen üblicherweise keine Stützlasten, daher steht nur das Eigengewicht des Schleppers als Belastung der Triebräder zur Fortbewegung des Zuges zur Verfügung. Geht man von einer Zugkombination mit einem Schlepper von etwa 70 kW und zwei Anhängern mit je einem Gesamtgewicht von 8 t aus, so ergibt sich ein Gesamtzuggewicht von etwa 19, 5 t mit einem Nutzlastfaktor von etwa 0, 61. Der Nutzlastfaktor ist das Verhältnis Nutzlast geteilt durch Zuggewicht. Der erforderliche Kraftschlußbeiwert unter gleichen Bedingungen wie vorstehend geschildert errechnet sich zu 0, 835; läßt man den Schlepper die Anhänger einzeln vom Felde ziehen, so benötigt er dazu einen erforderlichen Kraftschlußbeiwert von etwas unter 0, 5, er benötigt also

etwa gleiche Werte wie der Schlepper mit Einachsanhänger.

Selbstverständlich kann - soweit vorhanden - auch ein schwerer Schlepper eingesetzt werden. Geht man beispielsweise von einem Schleppergewicht von ca. 5.500 kg aus - das entspricht etwa einer Motorleistung von 100 kW und einem Nutzlastfaktor von 0,56 - dann ist für diesen Zug mit zwei 8-t-Anhängern ein Kraftschlußbeiwert von etwa 0,58 erforderlich; werden die Anhänger einzeln herausgezogen, dann wird nur ein Kraftschlußbeiwert von etwa 0,37 benötigt.

Betrachtet man nun eine Zugkombination mit einem Schlepper und zwei Anhängern mit je 16 t Gesamtgewicht, dann bleibt für die Zugmaschine nur ein Eigengewicht von 6.000 kg, das entspricht etwa einer Motorleistung von 110 kW. Mit einer Zug-Nutzlast von 22 t erhält man einen Nutzlastfaktor von 0,58. Der erforderliche Kraftschlußbeiwert für das Fahren dieses Zuges unter ungünstigen Feldbedingungen liegt mit 0,95 außerordentlich hoch; er ist unter üblichen Herbstbedingungen nicht zu erreichen. Fährt man jedoch die Anhänger einzeln aus dem Feld, dann reicht ein Kraftschlußbeiwert von 0,55. Größere Schlepper können für das Fahren auf dem Acker benutzt werden, damit ist der Anspruch an den Kraftschlußbeiwert zu senken; sie dürfen jedoch bei der Straßenfahrt nicht im Zug eingesetzt werden, weil dadurch die 38 t-Grenze überschritten würde. Bei der Straßenfahrt ist - und das gilt allgemein - sowohl der Rollwiderstand kleiner als auch der ausnutzbare Kraftschlußbeiwert höher. Im Falle des 38 t-Zuges wäre auch bei Steigungen von 5 % nur ein Kraftschlußbeiwert von etwa 0,5 erforderlich, der auch auf nasser Straße zur Verfügung steht.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß das Eigengewicht von Speditionsanhängern der 16 t-Gewichtsklasse, die ja für schnellen Transport schwerer Güter gebaut wurden, im allgemeinen mehr als 5 t beträgt. Die in neuerer Zeit entwickelten landwirtschaftlichen Anhänger dieser Klasse sind etwa 1 t leichter

und erlauben eine um diesen Betrag höhere Nutzlast je Fahrzeug; damit verbessert sich der Nutzlastfaktor. Die aus dem Speditionsgewerbe stammenden Dreiachsanhänger haben meist das höchst zulässige Gesamtgewicht von 22 t und eine Nutzlast von etwa 16 t; kombiniert man einen solchen Anhänger mit einem Schlepper von 5.000 kg und etwa 90 kW, dann erhält man einen Nutzlastfaktor von 0,59 und einen erforderlichen Kraftschlußbeiwert von 0,81. Dieser hohe Kraftschlußbeiwert steht auf dem Acker aber fast nie zur Verfügung. Selbst bei einem Schlepper mit einem Eigengewicht von 6 t - das entspricht etwa 110 kW Motorleistung - wäre ein Kraftschlußbeiwert von 0,7 notwendig; auch dieser Wert ist auf dem Acker selten. Daher sind solche Anhänger nur für den Straßentransport, aber nicht für den Feldeinsatz geeignet.

Eine Übersicht über die Transportmöglichkeiten wäre ohne Betrachtung des Lkw-Einsatzes unvollständig. Setzt man einen 38 t-Zug aus Lkw und Anhänger an, dann sind damit etwa 22 t Nutzlast zu bewegen; der Nutzlastfaktor beträgt hierbei 0,58. In einem solchen Zug sind etwa 235 kW installiert, das sind etwa 6,2 kW/t. Auch für eine dreiachsige Sattelzugmaschine mit Sattelauflieger beträgt das zulässige Gesamtgewicht 38 t; dabei können etwa 25 t Nutzlast verwirklicht werden. In diesem Fall beträgt der Nutzlastfaktor 0,65; die Motorleistung liegt ebenfalls bei etwa 6,2 kW/t Zuggewicht.

Betrachtet man die Nutzlast der verschiedenen Transportzüge, dann zeigt sich, daß von den landwirtschaftlichen Fahrzeugen die größte Ladung mit zwei 16 t-Anhängern befördert werden kann. Benutzt man zwei 8 t-Anhänger oder einen 16 t-Tandem-Anhänger, dann halbiert man auch die Nutzlast. Interessant ist, daß auch der Lkw mit Anhänger etwa 22 t transportieren kann, nur der Sattelzug schafft etwa 10 % mehr.

Beispiele möglicher Zugzusammenstellungen

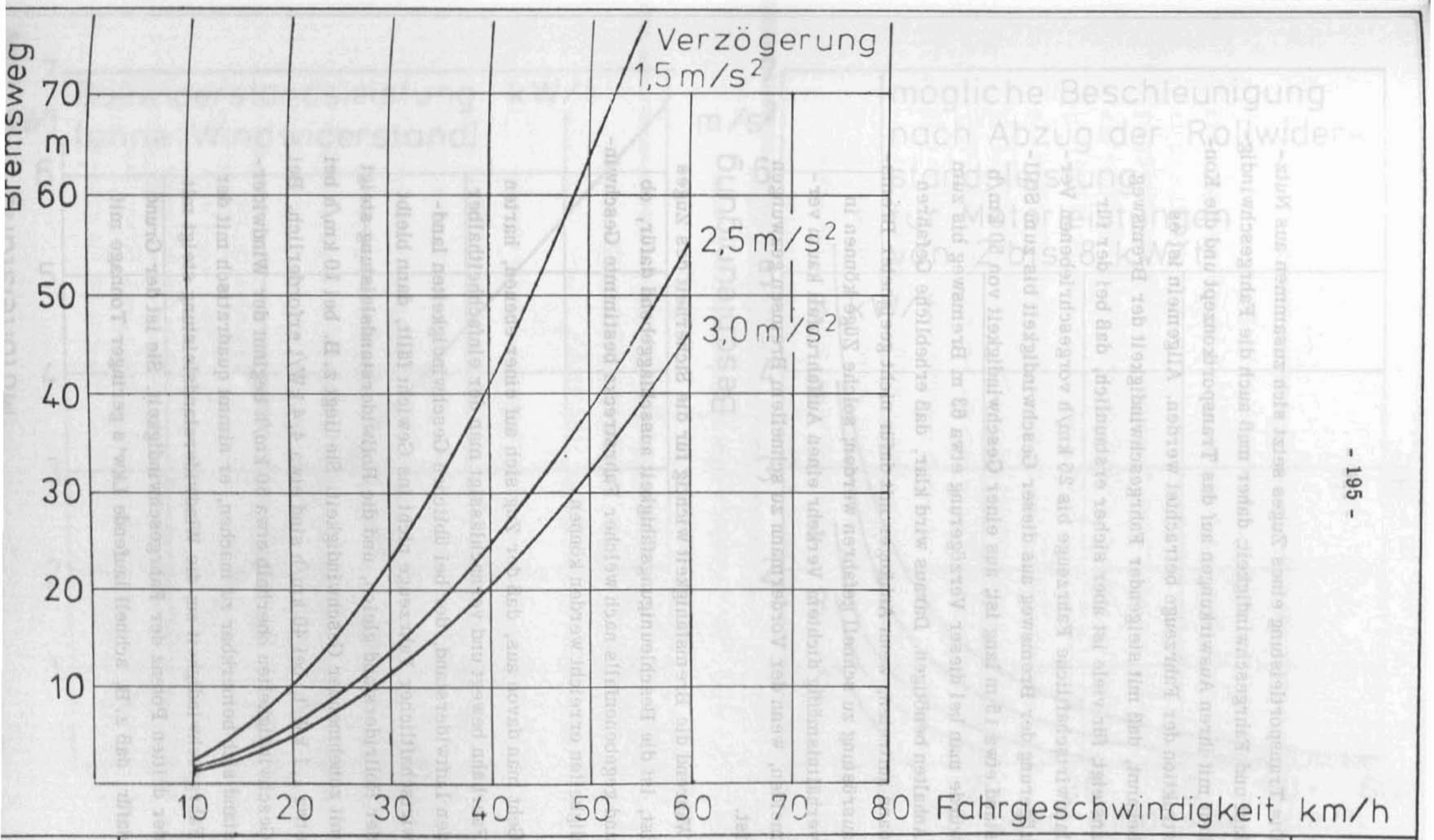
Druckmittel-Bremse, soweit erforderlich

| Schlepper mit | $G_{ges}$ (t) | $G_{Nutz}$ (t) | $G_N/G_{ges}$ | K erf bei (g+tg ) 15 % | 10 % |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 Anhängern | 6 + 2.16 =38 | ~ 22 | 0,58 | 0,95 (0,55) | 0,633 |
| | 5,5+ 2. 8 =21,5 | ~ 12 | 0,56 | 0,586 (0,37) | 0,391 |
| Einachsan- | 5,5+ 1.16 =21,5 | ~ 11,5 | 0,53 | 0,586 | 0,391 |
| hänger mit | 7,0+ 1.14,5=21,5 | ~11,5 | 0,53 | 0,461 | 0,307 |
| Doppelachse | 3,5+ 1.10 =13,5 | ~ 7,0 | 0,52 | 0,578 | 0,385 |
| | 4,7+ 1.10 =14,7 | ~ 8,0 | 0,54 | 0,469 | 0,313 |
| Einachs- | 3,0+ 1.10 =13 | ~ 7,5 | 0,58 | 0,65 | 0,433 |
| anhänger | 4,2+ 1.10 =14,2 | ~ 8,2 | 0,58 | 0,507 | 0,338 |
| Lkw m. Anh. | 38 | ~ 22 | 0,58 | 0,57 | 0,38 |
| Sattelzug | 38 | ~25 | 0,65 | 0,356 | 0,238 |

Abb. 2

Die Nutzlastfaktoren liegen bei einachsigen Anhängern mit Doppelachse niedriger als bei den anderen Zügen, auch niedriger als bei Lkw- und Sattelzügen.

Die erforderlichen Kraftschlußbeiwerte (für den Transport nur eines Anhängers bei zwei möglichen in Klammern angegeben) zeigen zunächst eine Überlegenheit des Einachsanhängers, sie lassen aber auch erkennen, daß unter schwierigen Bodenverhältnissen auch schwere zweiachsige Anhänger einzeln vom Feld gezogen werden können, die dann auf fester Fahrbahn hintereinander gehängt werden können. Der geringe Anspruch des Sattelzuges ist interessant, aber bei wenig tragfähigen Böden nicht ausnutzbar, da die Lkw-Reifen dann zu sehr einsinken.




DLG

Bremsweg in Abhängigkeit von Verzögerung und Ausgangsgeschwindigkeit

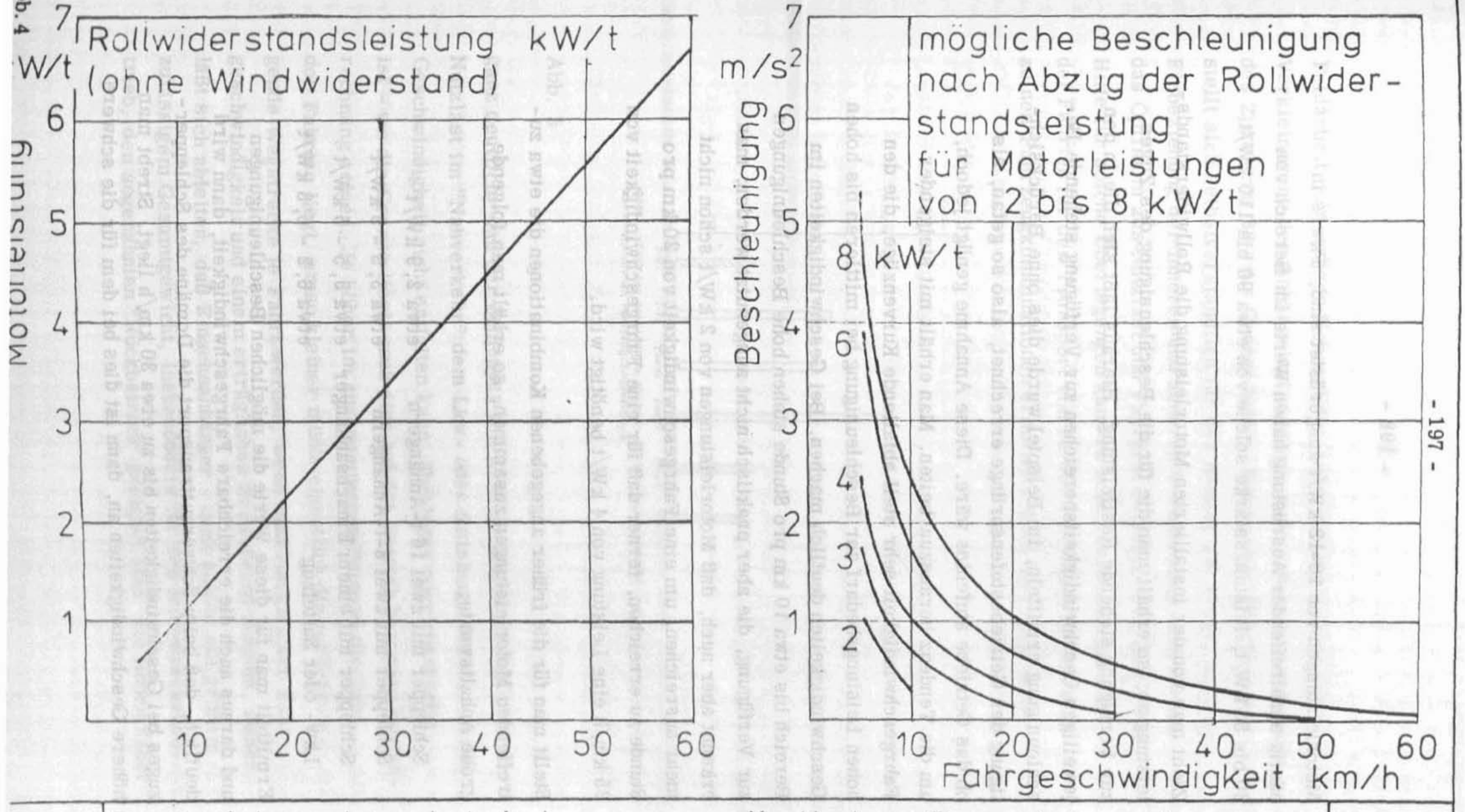
1980

Die Transportleistung eines Zuges setzt sich zusammen aus Nutzlast und Fahrgeschwindigkeit; daher muß auch die Fahrgeschwindigkeit mit ihren Auswirkungen auf das Transportkonzept und die Konstruktion der Fahrzeuge betrachtet werden. Allgemein ist es bekannt, daß mit steigender Fahrgeschwindigkeit der Bremsweg ansteigt; für viele ist aber sicher erstaunlich, daß bei der für landwirtschaftliche Fahrzeuge bis 25 km/h vorgeschriebenen Verzögerung der Bremsweg aus dieser Geschwindigkeit bis zum Stillstand etwa 15 m lang ist; aus einer Geschwindigkeit von 50 km/h würde man bei dieser Verzögerung etwa 63 m Bremsweg bis zum Anhalten benötigen. Daraus wird klar, daß erhebliche Gefahren dann auftreten, wenn Anhänger mit dafür nicht geeigneter Bremsausrüstung zu schnell gefahren werden; solche Züge können in verhältnismäßig dichtem Verkehr einen Auffahrunfall kaum vermeiden, wenn der Vordermann zu schnellem Bremsen gezwungen ist.

Während die Bremsfähigkeit wichtig für die Sicherheit des Zuges ist, ist die Beschleunigungsfähigkeit ausschlaggebend dafür, ob und gegebenenfalls nach welcher Fahrstrecke bestimmte Geschwindigkeiten erreicht werden können.

Geht man davon aus, daß der Zug sich auf einer ebenen, harten Fahrbahn bewegt und vernachlässigt man der einfachheithalber den Luftwiderstand, der bei üblichen Geschwindigkeiten landwirtschaftlicher Fahrzeuge nicht ins Gewicht fällt, dann bleibt der Rollriderstand gleich, und die Rollwiderstandsleistung steigt mit zunehmender Geschwindigkeit. Sie liegt z. B. bei 10 km/h bei etwa 1,1 kW/t, bei 40 km/h sind etwa 4,4 kW/t erforderlich. Bei Geschwindigkeiten oberhalb etwa 30 km/h beginnt der Windwiderstand sich bemerkbar zu machen, er nimmt quadratisch mit der Fahrgeschwindigkeit zu; die Windwiderstandsleistung steigt mit der dritten Potenz der Fahrgeschwindigkeit. Sie ist der Grund dafür, daß z. B. schnell laufende Lkw's geringer Tonnage mit

Abb. 4




DLG | Rollwiderstandsleistung u. mögliche Beschleunigung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit | 1980

Motorleistungen von 10-12 kW/t ausgerüstet sind, Pkw's in häufig anzutreffender Ausrüstung haben Werte im Bereich von 30 bis 50 kW/t, leistungsstarke solche von etwa 90 bis 110 kW/t.

Zieht man von der installierten Motorleistung die Rollwiderstandsleistung ab, so erhält man die für die Beschleunigung des Zuges zur Verfügung stehende Restleistung. Hieraus läßt sich die in den jeweiligen Geschwindigkeitsbereichen zur Verfügung stehende Beschleunigung ermitteln, im Beispiel wurde dies ohne Berücksichtigung der Getriebestufensprünge errechnet, also so getan, als ob das Getriebe stufenlos wäre. Diese Annahme genügt jedoch, um die Tendenz herauszuarbeiten. Man erhält mit steigender Fahrgeschwindigkeit sehr steil abfallende Kurvenzüge, die den hohen Leistungsbedarf zur Beschleunigung bei mittleren bis hohen Geschwindigkeiten deutlich machen. Bei Geschwindigkeiten im Bereich bis etwa 10 km pro Stunde stehen hohe Beschleunigungen zur Verfügung, die aber praktisch nicht ausgenutzt werden; man erkennt aber auch, daß Motorleistungen von 2 kW/t schon nicht mehr ausreichen, um eine Fahrgeschwindigkeit von 20 km pro Stunde zu erreichen, ferner daß für eine Fahrgeschwindigkeit von 35 km/h eine Leistung von 4 kW/t benötigt wird.

Stellt man für die früher angegebenen Kombinationen die etwa zutreffenden Motorleistungen zusammen, so erhält man folgende grobe Anhaltswerte:

| | |
|---|---|
| Schlepper mit zwei 16 t-Anhängern | etwa 2,9 kW/t |
| Schlepper mit zwei 8-t-Anhängern | etwa 3,5 - 5 kW/t |
| Schlepper mit einem Einachsanhänger | etwa 3,5 - 5 kW/t |
| Lkw- oder Sattelzug | etwa 6,2 - 6,8 kW/t |

Ermittelt man für diese Werte die möglichen Beschleunigungen und daraus auch die erreichbare Fahrgeschwindigkeit, dann wird deutlich, daß beim Schwerguttransport die Domäne des Schlepperzuges bei Geschwindigkeiten bis zu etwa 30 km/h liegt. Strebt man höhere Geschwindigkeiten an, dann ist dies bei dem für die schwere

Feldarbeit notwendigen Konzept des Ackerschleppers nur unter Verkleinerung der Anhängelast möglich, sofern das Gesamtgewicht des Zuges mit 38 t die Grenze bildet. Bei solchen Überlegungen stellt sich selbstverständlich für den Betrieb die Frage, wo unter Einbeziehung der inneren und äußeren Verkehrslage sich für ihn das Optimum aus Nutzlast und Fahrgeschwindigkeit befindet. Eine Hilfe für solche Überlegungen kann es sein, wenn man die Zahl der Fahrten für den Transport von 10.000 t Nutzlast für die einzelnen Fahrzeugkombinationen ermittelt. Auch hier zeigt sich

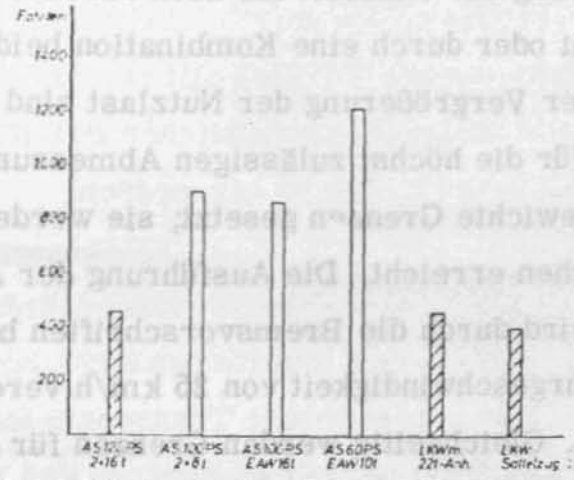



Abb. : Zahl der notwendigen Fahrten zum Transport von 10 000 t Nutzlast bei verschiedenen Fahrzeugkombinationen

Abb. 5

ganz deutlich, daß der Schlepper mit zwei Anhängern und großer Nutzlast im "Nahverkehr" dem Lkw- oder Sattelzug, der hier seine Geschwindigkeit nicht entfalten kann, überlegen oder ebenbürtig ist - wo die Grenze liegt, muß eine auf den Betrieb bezogene Kostenrechnung zeigen. Je höher im angenommenen Beispiel die Zahl der Fahrten liegt, umso kleiner müßte eigentlich die zurückzulegende Wegstrecke je Fahrt werden, wenn man von gleicher Fahrgeschwindigkeit und einem erträglichen Zeitaufwand ausgeht. Daher läßt sich ableiten, daß Einachsanhänger - auch solche mit großem zulässigem Gesamtgewicht, insbesondere für den Kurzstreckenbetrieb, den sogenannten "Rückbetrieb" geeignet sind. Sie finden daher

vorzugsweise auch dort ihr Einsatzgebiet, wo sie als "Bunker auf Rädern" leistungsfähige Erntemaschinen begleiten und das Erntegut zum Zwischenlager am Feldrand befördern; bei dieser Tätigkeit kann auch ihre gute Manövrierfähigkeit voll ausgenutzt werden.

Zusammenfassend ist zu den Rahmenbedingungen für die technische Weiterentwicklung darauf hinzuweisen, daß sowohl die hohe Schlagkraft moderner Produktions- und Ernteverfahren, aber auch der Zwang zur Kostenminimierung den Wunsch nach leistungsfähigeren Transporteinheiten verstärkt. Dabei kann die Leistungsfähigkeit sowohl durch Vergrößerung der Nutzlast als auch durch Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit oder durch eine Kombination beider Faktoren erreicht werden. Der Vergrößerung der Nutzlast sind durch gesetzliche Vorschriften für die höchst zulässigen Abmessungen und die höchst zulässigen Gewichte Grenzen gesetzt; sie werden bei modernen Fahrzeugen inzwischen erreicht. Die Ausführung der Anhänger-- und damit ihr Preis - wird durch die Bremsvorschriften beeinflußt, die nur bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 25 km/h vereinfachte Bremsanlagen zulassen. Gleichzeitig werden Grenzen für die installierbaren Motorleistungen sichtbar, wenn man bei einem höchstzulässigen Zuggewicht von 38 t eine möglichst große Nutzlast befördern will.

Diese Bedingungen haben in Betrieben, die vorwiegend mit Schleppern einer Leistung bis zu etwa 75 kW ausgestattet sind, zur Beschaffung von Anhängern mit einem zulässigen Gesamtgewicht von etwa 8 t und einer Nutzlast von etwa 6 t geführt, dieser Trend wird zunächst anhalten, weil diese Fahrzeuge mit der verhältnismäßig leicht überschaubaren Auflaufbremsanlage ausgerüstet sind und ohne Schwierigkeiten auch im überbetrieblichen Einsatz verwendet werden können. Betriebe, die über Schlepper mit Motorleistungen von 100 kW und mehr verfügen, setzen in zunehmendem Maße Anhänger mit zulässigen Gesamtgewichten von 12 bis 16 t ein; der Wunsch nach zweiachsigen Anhängern ist dabei überwiegend, Einachsanhänger - auch

solche mit Tandemachse - werden mehr zur Lösung von Spezialaufgaben, weniger als Allzweckfahrzeuge eingesetzt. In dieser Richtung liegt auch, daß sich das Einachsfahrgestell bei Sonderanhängern, wie Ladewagen, Güllewagen, Stalldungstreuer und ähnlichem durchgesetzt hat.

Abschließend sei der Hinweis erlaubt, daß auch die modernsten Transportfahrzeuge auf die Dauer nur dann die in sie gesetzten Erwartungen auf Leistungsfähigkeit und Sicherheit erfüllen können, wenn ihnen das notwendige Mindestmaß an Wartung und Pflege zuteil wird.

## Notwendige Transportleistungen im landwirtschaftlichen Betrieb

von Akad. Rat Dr. Hermann Auernhammer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Weihenstephan

Zunehmende Erträge, bessere Qualität durch Ernte zum optimalen Zeitpunkt und ein knapper werdendes Angebot an Arbeitskräften fordern eine höhere Schlagkraft landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren. Größere Schlagkraft bedeutet aber gleichzeitig steigende Anforderungen an die Transportleistung zur Bewältigung größerer Mengen in kürzerer Zeit. Dazu bietet sich der Einsatz von mehr Transporteinheiten, von größeren Transporteinheiten und von schnelleren Transporteinheiten an. Folglich gilt es, die erforderlichen Transportleistungen im landwirtschaftlichen Betrieb abzuklären und sinnvollen Transportverfahren zuzuordnen.

### Das landwirtschaftliche Transportvolumen

Betrachten wir dazu das in der Landwirtschaft zu bewältigende Transportvolumen, dann sind 2 wesentliche Transportleistungen zu erbringen. Auf der einen Seite handelt es sich um den Transport von Produktionsmitteln zum Feld, also Saatgut, Pflanzenschutzmittel mit Trägerflüssigkeit, Mineraldünger und Stalldung oder Gülle (21), während auf der anderen Seite Erntegüter vom Feld zum Hof oder zur Verarbeitungs- bzw. zur Sammelstelle zu transportieren sind.

Beide Gruppen unterscheiden sich sowohl hinsichtlich des Zeitpunktes als auch hinsichtlich des Transportvolumens. So sind die zum Feld zu transportierenden Mengen pro ha mit Ausnahme von Stalldung oder Gülle relativ niedrig (0,4 - 6 t/ha), die Erntemengen mit 5 - 90 t/ha dagegen nahezu 20 mal so hoch (25). Deshalb gilt das Hauptaugenmerk vor allem den Erntegütern (Abb. 1).

Bei diesen fallen vor allem die Hackfrüchte und die Futterpflanzen mit dem Grünland ins Auge. Beide bringen zusammen schon etwa

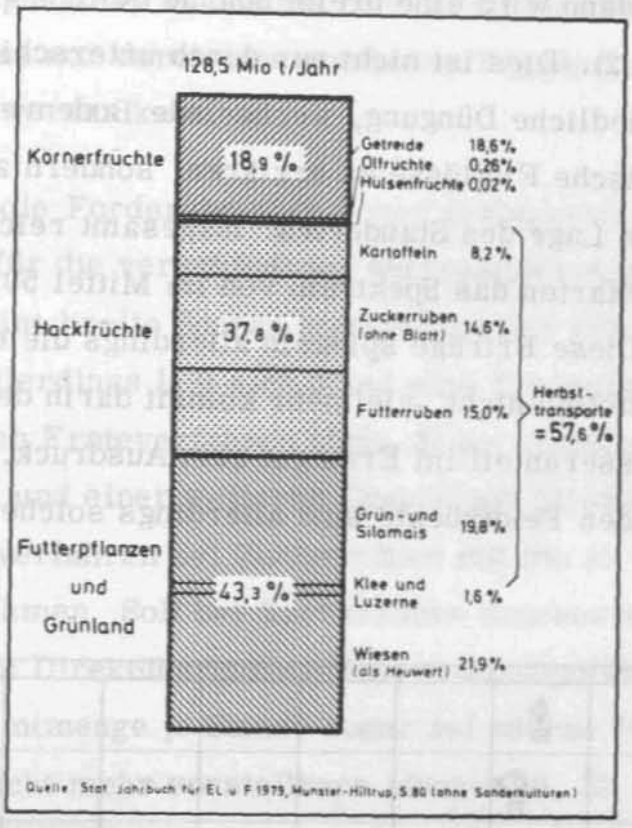



Abb. 1 Erntemengenanteile der Feldfrüchte in der Bundesrepublik Deutschland 1978 (ohne Zuckerrübenblatt und ohne Sonderkulturen)

80 % der gesamten Erntemenge und eine weitere Aufgliederung zeigt, daß einzelne Feldfrüchte wie Rüben, Grün- und Silomais und schließlich das Heu die größten Teilmengen darstellen. Bezogen auf den Jahresablauf ergibt sich allerdings das Problem der starken Anhäufung von Transportarbeiten im Herbst. Anteilig müssen etwa 60 % aller Erntemengen (Zuckerrübenblatt noch nicht inbegriffen) in einem Zeitraum von etwa 10 Wochen transportiert werden.

Diese starke Konzentration der Transporte in der Landwirtschaft verdeutlicht den Zwang zu höheren Transportleistungen, wobei sicher eine Verallgemeinerung für alle Transportprobleme nicht zutrifft. Grundsätzlich wird hierbei zwischen Erträgen und stündlichem Erntegutanfall zu differenzieren sein.

Hektarerträge und stündliche Erntegutmenge

Betrachtet man die in der Literatur genannten durchschnittlichen

Erträge (25, 7), dann wird eine breite Spanne bei jeder Fruchtart ersichtlich (Abb. 2). Dies ist nicht nur durch unterschiedliche Sorten, unterschiedliche Düngung, wechselnde Bodenverhältnisse und durch klimatische Einflüsse zu erklären, sondern auch durch die geographische Lage des Standortes. Insgesamt reicht für die wichtigsten Fruchtarten das Spektrum von im Mittel 50 dt/ha bis über 600 dt/ha. Diese Erträge spiegeln allerdings die echten Erträge in Nährstoffen nicht, vielmehr kommt darin der mehr oder weniger hohe Wasseranteil im Erntegut zum Ausdruck. Alle im Herbst zu erntenden Feldfrüchte sind allerdings solche mit hohem Wasseranteil.

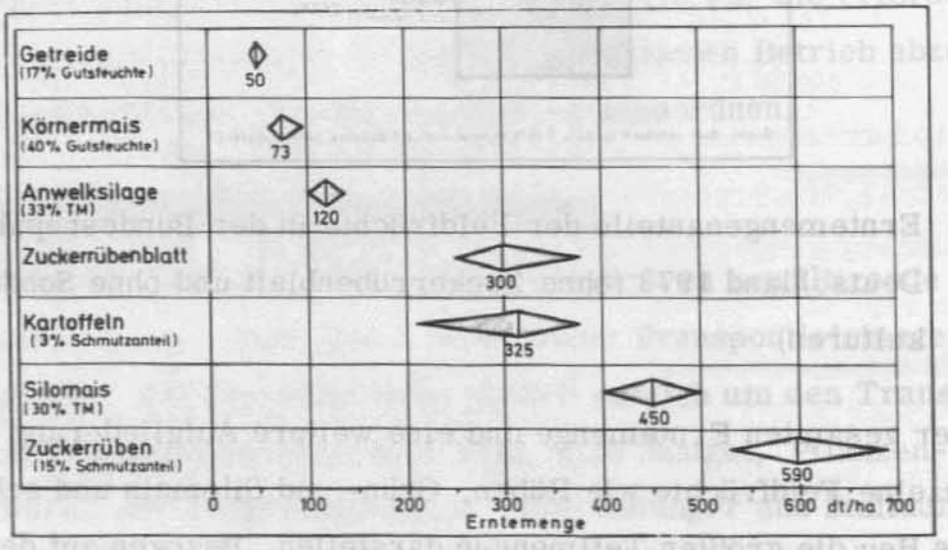



Abb. 2 Erntemengen je ha mit Streubereichen ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte

Hinzu kommt, daß nicht zuletzt durch den hohen Wasseranteil fast alle Feldfrüchte eine sofortige Verarbeitung bzw. Einlagerung erfordern. Nur so ist es möglich, Verluste durch Verderb zu verhindern oder wie bei den Siliergütern höchste Qualität zu erreichen. Kürzere Feldlagerzeiten erlauben lediglich Zuckerrüben und bedingt auch Rübenblatt, wobei allerdings ebenfalls schon nach kurzer Zeit Verluste zu erwarten sind.

Somit ergibt sich für fast alle landwirtschaftlichen Feldfrüchte der Zwang zum Transport unmittelbar während der Ernte oder während

des Schnittzeitpunktes, so daß die hohe Leistungsfähigkeit des Ernteverfahrens nur durch eine angepaßte Transportkapazität sichergestellt werden kann.

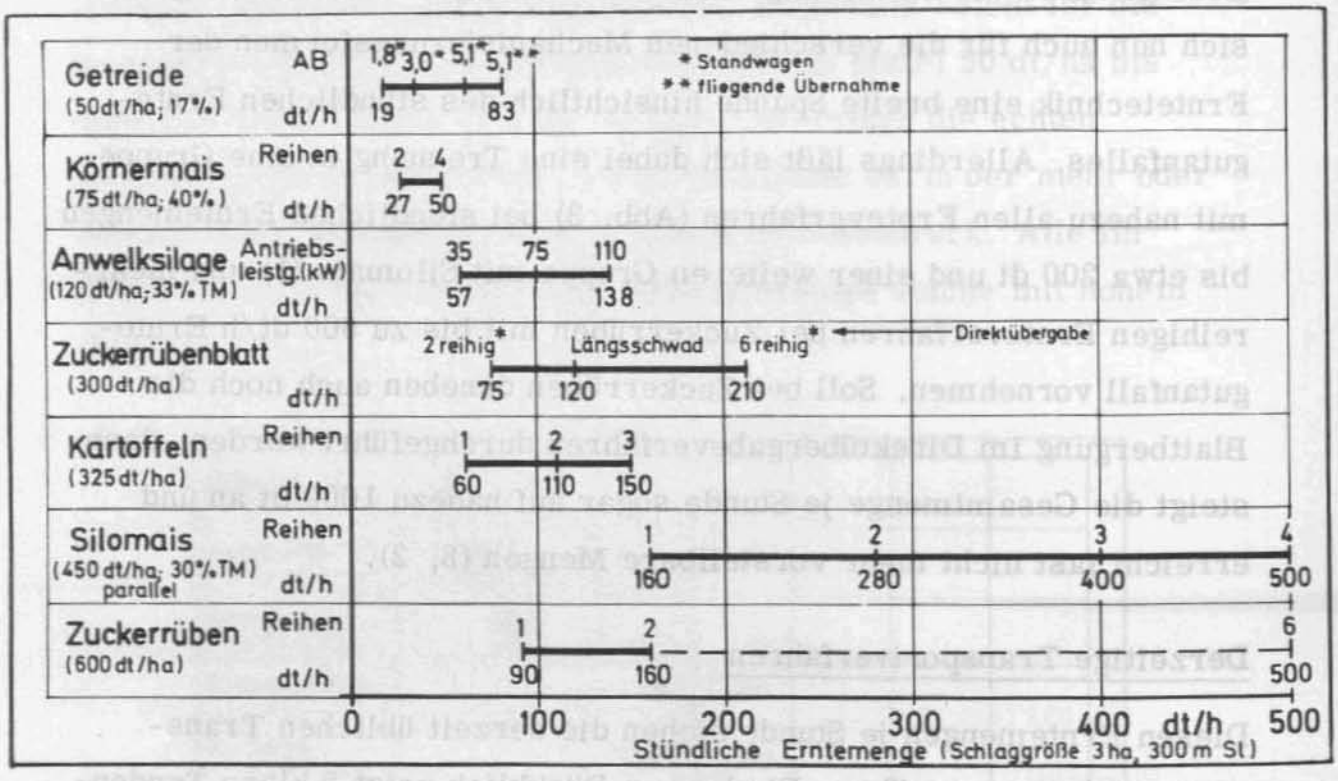
Bedingt durch die Forderung nach hoher Schlagkraft in ha/h ergibt sich nun auch für die verschiedenen Mechanisierungsformen der Erntetechnik eine breite Spanne hinsichtlich des stündlichen Erntegutanfalles. Allerdings läßt sich dabei eine Trennung in eine Gruppe mit nahezu allen Ernteverfahren (Abb. 3) bei stündlichen Erntemengen bis etwa 200 dt und einer weiteren Gruppe mit Silomais (1) und mehrreihigen Ernteverfahren bei Zuckerrüben mit bis zu 600 dt/h Erntegutanfall vornehmen. Soll bei Zuckerrüben daneben auch noch die Blattbergung im Direktübergabeverfahren durchgeführt werden, dann steigt die Gesamtmenge je Stunde sogar auf nahezu 1000 dt an und erreicht fast nicht mehr vorstellbare Mengen (8, 2).

Derzeitige Transportverfahren

Diesen Erntemengen je Stunde stehen die derzeit üblichen Transportverfahren gegenüber. Ein kurzer Rückblick zeigt 2 klare Tendenzen (6, 16, 17, 18, 19, 20). Zweifellos kann festgestellt werden, daß bis Mitte der 60er Jahre der 2-Achswagen die Standardtransporteinheit darstellte. Mittlere Nutzmassen um 4 t waren die Regel. Für Transporte über größere Entfernungen wurden Transportzüge aus je einem Schlepper und 2 Anhängern gebildet. Die großen Stärken dieser Anhängerbauart lagen und liegen in seiner Unkompliziertheit und in seiner hervorragenden Eignung für den Standwagenbetrieb. Seine größten Schwächen dagegen zeigt dieser Wagentyp in der eingeschränkten Manövrierbarkeit und in der Schwierigkeit der Lastübertragung auf die immer leichter werdenden Schlepper mit heute nur noch 55 bis 65 kg Gewicht je kW Motorleistung.

Beide Mängel führten zuerst bei Spezialfahrzeugen wie Dungstreuern und großen Güllewagen zum Einachsanhänger und heute hat dieser Fahrzeugtyp seinen festen Platz im landwirtschaftlichen Betrieb gefunden, Seine Stärken liegen im Paralleleinsatz mit Erntemaschi-

Abb. 3 Stündlicher Erntegutanfall ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte bei unterschiedlichen Mechanisierungsstufen



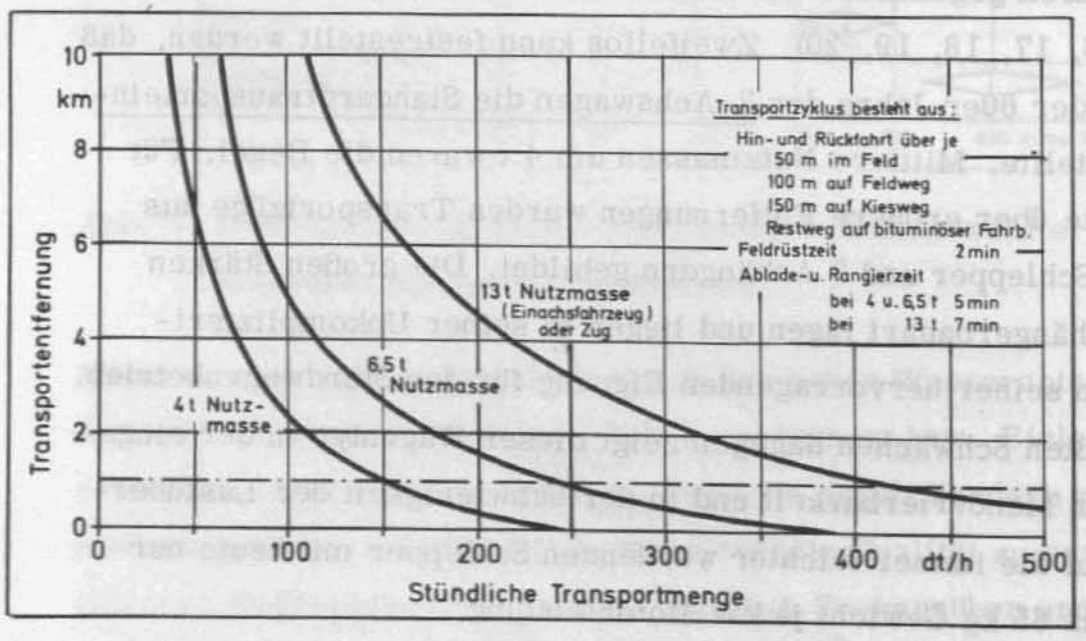




Abb. 9 Stündliche Transportleistung für Transporteinheiten mit 4, 6,5 und 13 t Nutzmasse bei unterschiedlicher Transportentfernung ($v_{max}$ = 25 km/h)

nen, wobei die problematische Trennung von Schlepper und Anhänger auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt.

Beiden Wagenbauarten gemeinsam ist die beständige Vergrößerung der Nutzmassen, wobei die StVZO (3, 4) eine wichtige Grenze darstellt. Bis 8 t zulässiges Gesamtgewicht läßt diese die einfachere und billigere Auflaufbremse zu, während bei darüberhinausgehenden Gesamtgewichten auf eine Fremdkraftbremsanlage überzugehen ist. Die dafür erforderlichen höheren finanziellen Aufwendungen führen nun jedoch zu einer starken relativen Verteuerung des betreffenden Anhängers, wenn die gesetzlich vorgegebene Grenze nur unwesentlich überschritten wird. Sie relativieren sich allerdings wieder, wenn ein größerer Sprung bis an die maximale Grenze des zulässigen Gesamtgewichtes von 16 t bei 2-achsigen oder 1-achsigen Fahrzeugen mit Doppelachse herangegangen wird.

Als Folge dieser Überlegungen haben sich für die Praxis 4 wesentliche Wagengrößen herausgebildet. Dies sind einmal Anhänger mit einer Nutzmasse von 4 t (zulässiges Gesamtgewicht von 5 bis 5, 5 t), zum anderen solche mit etwa 6, 5 t Nutzmasse bei 8 t Gesamtgewicht. Darüber führen sich unter speziellen Einsatzbedingungen Muldenkipper mit 12 bis 13 t Nutzmasse (zulässiges Gesamtgewicht = 16 t) ein, und stellen ebenso wie die vom Transportgewerbe übernommenen 2- oder 3-achsigen Anhänger (10) eine echte Alternative für leistungsstarke Schlepper dar. Hingegen blieb bisher den Containersystemen der Durchbruch versagt (11, 12, 13, 14).

Trotzdem führt der Begriff der Nutzmasse sehr oft zu falschen Vorstellungen, wie eine Analyse handelsüblicher Anhängeraufbauten zeigt. Demnach werden die möglichen Nutzlasten nur in wenigen Fällen durch die Schüttgewichte unserer Erntegüter erreicht (Abb. 4). Nahezu alle Hersteller bieten nämlich ihre Anhänger mit einem Transportvolumen einschließlich Aufsatzwände von 0, 85 bis 0, 95 cbm/t Nutzmasse an; das bedeutet, daß mit einem Schüttkegel versehen nur bei Körner- und Hackfruchttransporten die mögliche Nutzmasse

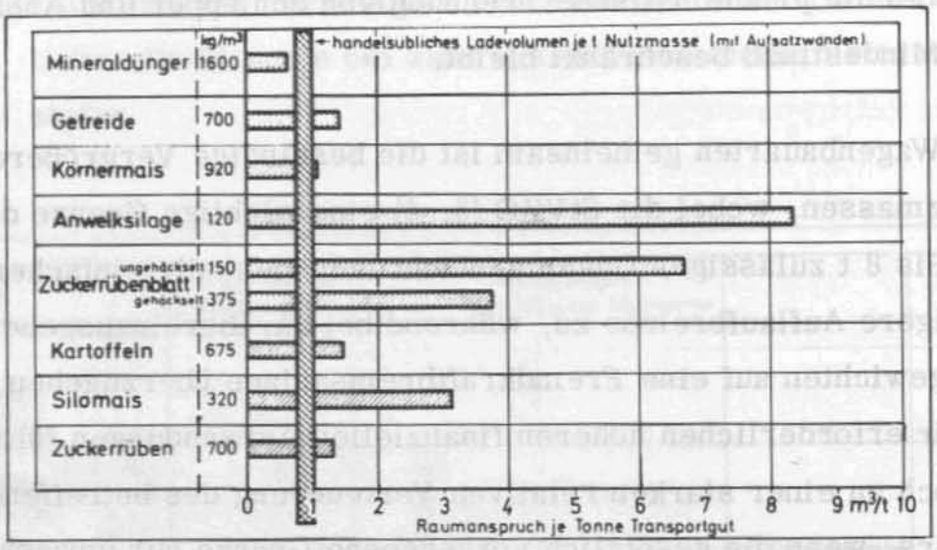



Abb. 4 Raumanspruch ausgewählter landwirtschaftlicher Transportgüter, mittlere Schüttdichte und handelsübliches Ladevolumen je t Nutzmasse

ausgelastet werden kann. Bei Silomais und Rübenblatt hingegen wird damit nur eine Auslastung von 30 bis 40 % möglich. Wenngleich beim 2-Achsanhänger und auch beim herkömmlichen Einachsanhänger zusätzliche Aufbauten dieses Manko beseitigen können, ergeben sich bei den großen 1-Achsmuldenkippern erhebliche Probleme. Zum einen schränkt die selbsttätig öffnende Rückwand Aufbaumöglichkeiten ein, zum anderen sind insbesondere Überladevorrichtungen für Rübenblatt (Abb. 5) für große Fahrzeughöhen ungeeignet und zwingen trotz großem Massenanfall zu unökonomischem Transportmitteleinsatz, wenn wir nach BRINKMANN und GEHLEN, 1978 (2) und (23) bedenken, daß in der Bundesrepublik Deutschland 60 bis 70 % des Rübenblattes geerntet werden.

Neben der Erhöhung der Nutzmassen ist seit Jahren zudem der Trend zur höheren Transportgeschwindigkeit zu beobachten. Für sog. langsam laufende Schlepper wurde dafür vor Jahren die Transportgeschwindigkeit auf 25 km/h erhöht, schnellaufende Ackerschlepper mit 80 km/h Höchstgeschwindigkeit werden speziell von einem Hersteller seit Anfang der 50er Jahre angeboten. Neuerdings wird auch der Ruf nach einer Transportgeschwindigkeit ähnlich wie in einigen Ländern Europas mit 40 km/h wieder lauter. Insbesondere kommt diese Forderung von Zupachtbetrieben mit weiter entfernt liegenden Flächen oder Teilbe-

trieben und von Betrieben mit Zuckerrübentransport per Schlepper über bis zu 20 km Entfernung in die Zuckerfabriken.

Abb. 5 Bei großen Muldenkippen bestehen Probleme hinsichtlich einer Laderaumvergrößerung durch begrenzte Übergabehöhen der Erntemaschinen

Derartige Forderungen gehen meist davon aus, daß jede Erhöhung der maximalen Schleppergeschwindigkeit automatisch zu einer höheren Transportleistung führt. Daß diese Annahme nur teilweise richtig ist, beweisen eigene Untersuchungen über die mittleren Transportgeschwindigkeiten bei Schleppern mit einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von 25 km/h (Abb. 6). Nahezu 1000 Einzelwerte verschiedener Transportarbeiten lieferten dabei folgendes Ergebnis: Erst nach Transportweglängen von 2 bis 3 km erreicht eine Transporteinheit die höchste mittlere Transportgeschwindigkeit mit etwa 80 % der maximalen Geschwindigkeit. Schlechte Fahrbahnen wirken sich erwartungsgemäß negativ aus und senken die mittlere Transportgeschwindigkeit. Auf reinen Feldwegen wird im Mittel eine höchste Transportgeschwindigkeit um 10 bis 12 km/h erreicht.

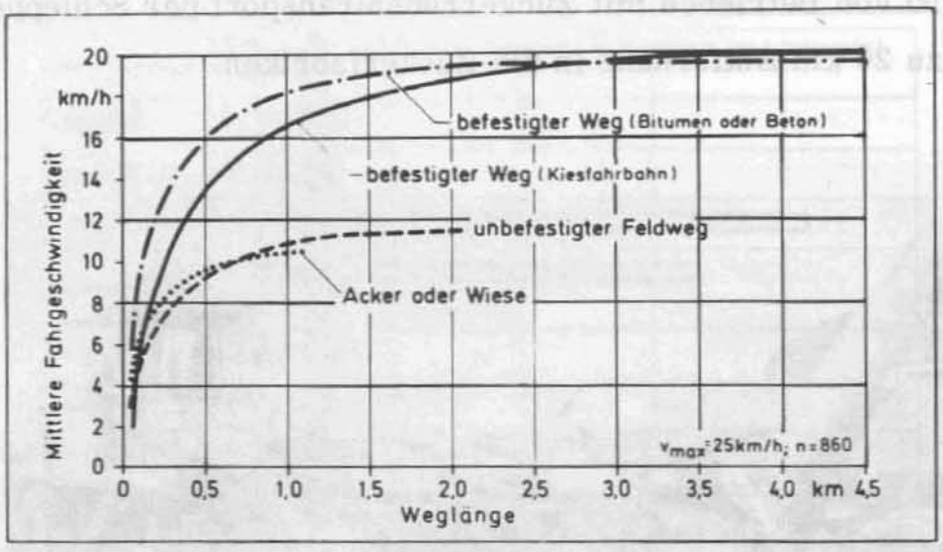



Abb. 6 Mittlere, in der Praxis ermittelte Transportgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Wegeart und Wegelänge

Wird nun die maximale Schleppergeschwindigkeit angehoben, dann ist ein weiteres relatives Absinken des Verhältnisses maximale Geschwindigkeit zu höchster mittlerer Transportgeschwindigkeit zu erwarten, weil aus dem höheren Geschwindigkeitsbereich öfters abgebremst und wiederbeschleunigt werden muß. Hinzu kommt, daß auch schnellere Fahrzeuge ab Feld auf schlechteren Wegen mit niedriger Geschwindigkeit fahren müssen und das schlechtere Beschleunigungsvermögen und ungünstigere Gangabstufungen auf kurzen Transportwegen sogar zu einer Unterlegenheit führen (Abb. 7).

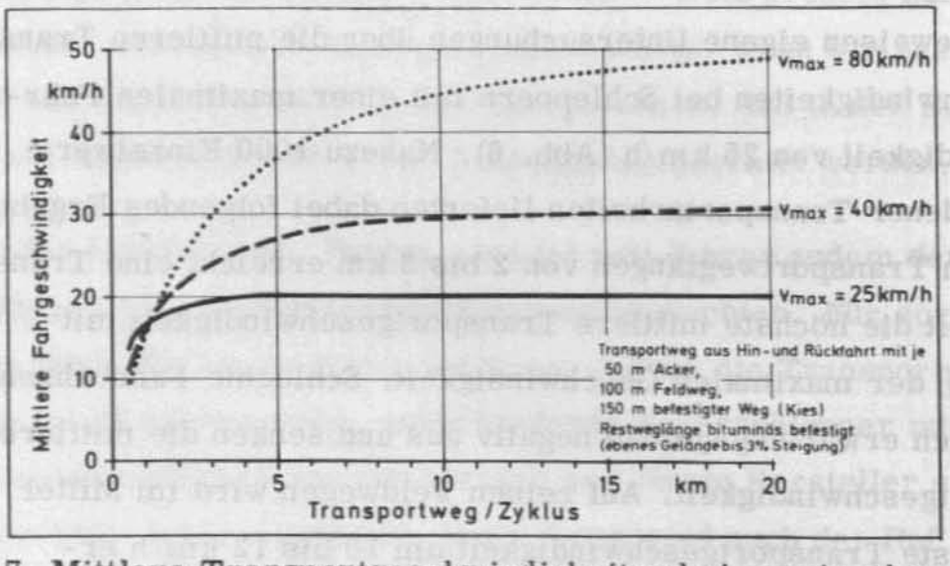



Abb. 7 Mittlere Transportgeschwindigkeiten bei praxisnahen Wegeverhältnissen in Abhängigkeit von maximaler Schleppergeschwindigkeit und Transportweg

Aus diesen Zusammenhängen wird eindeutig ersichtlich, daß zwar durch höhere maximale Schleppergeschwindigkeiten auch höhere mittlere Transportgeschwindigkeiten zu erreichen sind, daß die relativen mittleren Transportgeschwindigkeiten aber von 80 % über 75 bis auf 60 % zurückgehen (6) und diese erst nach bis zu 20 km Transportweg erreichbar sind. Noch ungünstiger werden diese Verhältnisse im hügeligen Gelände, wenn dann die Höchstgeschwindigkeit aufgrund zu niedriger Schleppermotornennleistung nicht mehr erbracht werden kann und bei Leerfahrt ebenfalls die maximale Schlepperfahrgeschwindigkeit die Begrenzung darstellt.

Transportzyklen unter praktischen Bedingungen

Alleine auf die Transportgeschwindigkeit einzugehen wäre aber unrealistisch. Vielmehr ist hierbei der komplette Transportzyklus zu betrachten, der grundsätzlich auch mit Standzeiten für die Beladung, für das Anrangieren an die Entladestelle und für das Entladen selbst behaftet ist. Innerhalb dieses Zyklus ergibt sich nun bei gleicher Zykluszeit für ein Ernteverfahren die Tatsache, daß eine höhere Transportgeschwindigkeit nur zu erreichen ist, wenn auch mehr Zeit für die Beschleunigung bzw. Verzögerung zur Verfügung steht. Folglich werden sich die Verhältnisse bei gleicher Zykluslänge und unterschiedlichen Standzeiten wie in Abb. 8 ändern.

Verhältnisse mit einem Transportzug sind dabei durch überaus hohe Standzeiten auf dem Feld (4 min für das Umhängen und Zusammenkoppeln) und auf dem Hof (7 min für das aufeinanderfolgende Anrangieren und Abkippen) sicher realistisch. Bei einer Zyklusdauer von 20 min könnten demnach knapp 1 km Transportweg in Hin- und Rückfahrt zurückgelegt werden. Zwischen den unterschiedlichen maximalen Schleppergeschwindigkeiten besteht nur ein geringer Unterschied und aus den schon genannten Gründen erreicht das schnellste Gespann sogar den geringsten Transportweg. Erst durch eine Abnahme der Standzeiten können die schnelleren Ackerschlepper bei gleicher Zyklusdauer ihre Vorteile ausspielen, so daß schließ-

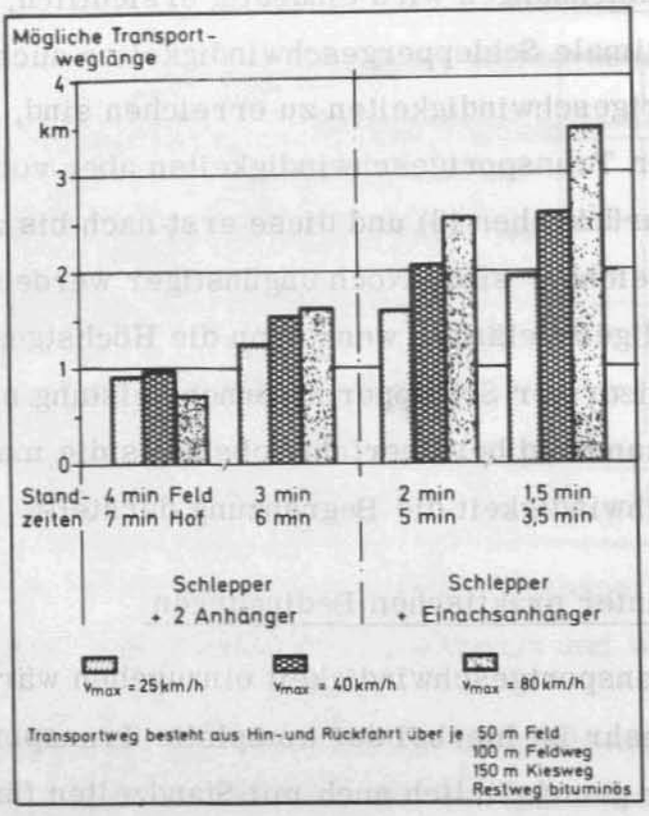



Abb. 8 Transportweglängen bei unterschiedlichen Standzeiten und zunehmender Transportgeschwindigkeit (Zyklusdauer = 20 min)

lich bei geringstmöglichen Standzeiten ein Ackerschlepper mit einer Maximalgeschwindigkeit von 80 km/h nahezu die doppelte Transportweglänge gegenüber dem Schlepper mit maximal 25 km/h erreichen würde.

Folglich kann aus diesen Zusammenhängen abgeleitet werden, daß bei geringer Zyklusdauer der schnelle Ackerschlepper nur dann sinnvoll einzusetzen ist, wenn seine Standzeiten kurz sind. Dies bedeutet für die Praxis weitgehenden Fortfall von Rangierzeiten durch Entleerung bei Vorbeifahrt mit Abkippung und ebenso geringstmögliche Standzeiten bei der Befüllung. Ähnliche Verhältnisse werden aber auch möglich, wenn bei längeren Zykluszeiten (z. B. Getreideabfuhr) langen Standzeiten lange Transportwege gegenüberstehen. Auch dadurch wird wiederum ein relativ hoher Zeitanteil durch eine relativ hohe mittlere Transportgeschwindigkeit ausgenützt.

Erforderliche Transportkapazitäten

Somit sind die Zyklusdauer, die Nutzmasse je Zyklus und die Transportentfernung die wichtigsten Bestimmungsgründe für die erzielbare Transportleistung. Bewußt wird dabei auf eine exakte minütliche Abstimmung verzichtet, wie sie Gegenstand einschlägiger Untersuchungen (5, 9) war.

Wesentlicher erscheint vielmehr die direkte Verbindung zwischen ständlichem Erntegutanfall (bzw. Produktionsmittelverbrauch bei Saat oder Düngung) und sinnvoller Zuordnung der Transporteinheiten. Deshalb wurde in Abbildung 9 der gleihhe Abszissenmaßstab wie in Abbildung 3 gewählt. Direkt aus der oberen Darstellung können nun die von den einzelnen Verfahren erbrachten stündlichen Erntemengen auf die darunterliegende Abbildung projiziert werden und es ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Ein 3-reihiger selbstfahrender Häcksler leistet als Beispiel bei der Silomaisbergung etwa 40 t/h. Mit einem Einachsfahrzeug oder einem Schlepperzug könnte diese Menge über etwa 1200 m Entfernung transportiert werden, wenn gleiche Transporteinheiten zwischenzeitlich im Parallelbetrieb befüllt werden. Da für einen reibungslosen Ablauf etwa 20 % Pufferzeit benötigt werden, verringert sich in diesem Beispiel die mögliche Transportentfernung auf etwa 1000 m. Soll dagegen die gleiche Erntemenge durch Einzelanhänger von je 6, 5 t Nutzmasse (auch hier kann die tatsächliche Nutzmasse nur durch zusätzliche Aufbauten erreicht werden) über eine Entfernung von 1 km transportiert werden, dann leistet eine derartige Transporteinheit je Stunde nur etwa 240 dt. Folglich wären dann 3 Transportfahrzeuge für den Parallelbetrieb erforderlich und diese hätten wiederum eine Pufferzeit von 20 %.

Schließlich zeigt eine Betrachtung für 4, 5 t Nutzmasse je Anhänger, daß nun insgesamt 4 Fahrzeuge mit einer etwas geringeren Pufferzeit für den Abtransport erforderlich wären und damit sowohl aus arbeitswirtschaftlicher, als auch aus organisatorischer Sicht die höchsten Anforderungen zu erfüllen wären.

Insgesamt geht aus dieser Abbildung aber auch die starke Abnahme der Transportleistung mit zunehmender Transportentfernung hervor. So nimmt z. B. für die Nutzmasse von 6, 5 t durch die Erhöhung der Transportentfernung von 1 auf 5 km die stündliche Transportmenge auf 40 % ab. Darüberhinausgehende Entfernungen wirken sich dagegen wesentlich schwächer aus, weil dann die mittlere Transportgeschwindigkeit einen hohen Wert erreicht hat. Höhere maximale Fahrgeschwindigkeiten würden dann erheblich höhere Transportleistungen erbringen, die entsprechenden Kurven für die einzelnen Nutzmassen hätten demzufolge einen wesentlich geringeren Abfall.

Höhere Nutzmassen oder schnellerer Transport

Somit stellt sich unmittelbar die Frage nach der relativen Vorzüglichkeit höherer Nutzmassen je Transportzyklus oder erhöhter Fahrgeschwindigkeiten.

Ausgehend von einer zunehmenden Transportentfernung soll deshalb sowohl die Nutzmasse als auch die Fahrgeschwindigkeit in relativ gleichen Abständen gesteigert werden. Dabei ergeben 4, 6, 5 und 13 t Nutzmasse etwa dieselbe Steigerung wie maximal 25, 40 und 80 km/h Fahrgeschwindigkeit. Für die einzelnen Transportentfernungen werden dazu die schon angezeigten mittleren Transportgeschwindigkeiten in die Kalkulation eingesetzt. Auch hinsichtlich der erforderlichen Motornennleistung je t Nutzmasse ergeben sich bei diesen Annahmen und bei Vollast etwa identische relative Zuordnungen (Tabelle 1).

Wird nun bei 1 km Transportweg die Nutzmasse um 60 % erhöht, dann steigt die erzielbare Transportmenge um 44 % an, wird sie sogar von 4 auf 13 t (+ 225 %) gesteigert, dann erfolgt eine Transportmengensteigerung um 159 %. Demgegenüber nimmt sich die Geschwindigkeitssteigerung mit nur 4 % mehr Transportmenge in der ersten Stufe bescheiden aus, eine noch stärkere Geschwindigkeitssteigerung erbringt sogar bei dieser relativ kurzen Transportstrecke eine Einbuße.

Tabelle 1 kW-Bedarf für den landwirtschaftlichen Transport
(ebenes Gelände mit Steigungen bis 3 %;
n = 0, 85; Schlupf = 4 %)

| Nutzmasse (80% des zul.Ges.G.) \ Geschwindigkeit | 25 | 40 | 80 km/h |
|---|---|---|---|
| 4 t | 20,8 | 33,3 | 66,6 |
| 6,5 t | 33.8 | 54,2 | 108,3 |
| 13 t | 67,7 | 108,3 | 216,6 |
| kW/t Nutzm. | 5,2 | 8,3 | 16,6 |
| + 30 % für Schlepper | 6,8 | 10,8 | 21,6 |

vereinfacht nach REHRL, K.: 208. ÖKL-Arbeit, Wien 1977

Jede weitere Erhöhung des Transportweges zeigt weiter zunehmende relative Transportleistungen gegenüber der jeweiligen Basis. Diese Zunahme ist wiederum durch die höhere mittlere Transportgeschwindigkeit zu erklären. Im Vergleich zeigt sich nun allerdings, daß die Leistungssteigerungen bei der Geschwindigkeitszunahme wesentlich höher als bei der Nutzmassenerhöhung sind.

Diese Zusammenhänge lassen nun folgende Schlüsse zu:

- Eine vorhandene Schleppermotornennleistung kann sowohl über die Nutzmassensteigerung als auch über die Geschwindigkeitserhöhung genutzt werden, wobei gleiche relative Steigerungen gleiche relative Zunahmen ermöglichen.

- Eine höhere Motorleistung sollte bei kürzeren Transportwegen zuerst durch höhere Nutzmassen ökonomisch eingesetzt werden, weil dafür die gesetzlichen Bedingungen einfacher und kostengünstiger zu erfüllen sind.

- Höhere maximale Schleppergeschwindigkeiten bringen erst ab 10 km Transportentfernung gleiche Effizienzen wie höhere Nutzmassen bei niedriger maximaler Schleppergeschwindigkeit.

- Die in jedem Transportzyklus enthaltenen Leerfahrten sollten energiesparend im Bereich des maximalen Drehmomentes gefahren werden. Folglich muß überlegt werden, ob nicht künftig ein gesperrter Schnellgang die bisherigen Transportgeschwindigkeiten bei dann erheblich reduzierten Motordrehzahlen erbringen kann.

Tabelle 2 Relative Veränderungen der Transportmenge durch Nutzmassen- oder durch Geschwindigkeitssteigerung bei zunehmendem Transportweg

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nutzmassen-steigerung | 4 → 13 t (+ 225%) | + 159 | + 172 | + 185 | + 194 | + 206 |
| | 4 → 6,5 t (+ 63%) | + 44 | + 48 | + 52 | + 54 | + 57 |
| Transportweg* | (km) | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 |
| Geschwindig-keitssteigerung | 25 → 40 km/h (+ 60%) | + 3 | + 14 | + 21 | + 28 | + 40 |
| $v_{max}$ | 25 → 80 km/h (+ 220%) | — | + 20 | + 36 | + 59 | + 91 |

* Bestehend aus Hin- und Rückfahrt mit je 50 m Feld, 100 m Feldweg, 150 m Kiesweg und Reststrecke bituminöse Decke

Bei Nutzmassen- und Geschwindigkeitssteigerung jeweils Zeitbedarf für Beschleunigung / Verzögerung pro Stufe um 2 min erhöht

Literatur

(1) Auernhammer, H.: Was leistet moderne Technik bei der Silomaisernte?
Mais 6 (1978), H. 3, S. 12-15

(2) Brinkmann, W., Gehlen, W.: Maschinen für die Rübenernte gezielt einsetzen.
Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen/Lippe 40 (1978), Sonderdruck

(3) DLG: Verkehrsvorschriften für angehängte land- und forstwirtschaftliche Arbeitsgeräte.
DLG-Merkblatt 123, Frankfurt 1975

(4) DLG: Schlepper mit Fahrgeschwindigkeiten über 25 km/h.
DLG-Merkblatt 127, Frankfurt 1976

(5) Daelemans, J.: Arbeitsorganisation und Arbeitszeitbedarf mechanisierter Feld- und Transportarbeiten.
Dissertation - Gießen 1977

(6) Fatehi, D.: Prozeßgerechte Gestaltung von Ernteguttransporten in der Landwirtschaft.
Dissertation Hohenheim 1975, MEG-Schriftenreihe Nr. 8

(7) Fischbeck, G.: Züchterische Tendenzen und Sortenwahl.
In: Landwirtschaftliches Unternehmerseminar, Gut Schlüterhof, Heft 1: Getreidebau und innerbetriebliche Verwertung 1977, S. 23 - 44

(8) Göbbel, H.-T.: Zuckerrübenernteverfahren großer Leistung und der Abtransport der Zuckerrüben - ihre wirtschaftlichen Einsatzbereiche.
Dissertation Bonn 1977, MEG-Schriftenreihe Nr. 20

(9) Heckmann, G.: Bestimmung ablaufbedingter Unterbrechungen mit Hilfe von Arbeitszeitfunktionen und Möglichkeiten ihrer Beseitigung zur Rationalisierung von Fließverfahren.
Dissertation Hohenheim 1978, MEG-Schriftenreihe Nr. 28

(10) Imholze, H., Eichblatt, H.: Umbau gebrauchter Lkw-Anhänger zur Nutzung in der Landwirtschaft.
RKL Kiel 1979, Seite 127 - 140

(11) Isensee, E.: Außerbetrieblicher Transport in der Landwirtschaft - mit Schlepper oder Lastkraftwagen?
Landtechnik 29 (1974), Heft 7, Seite 290 - 293

(12) Isensee, E.: Transporttechnik für die Getreideabfuhr.
Landtechnik 30 (1975), Heft 12, Seite 518 - 525

(13) Isensee, E.: Weiterentwicklung in der Transporttechnik.
Landtechnik 31 (1976), Heft 9, Seite 372 - 374

(14) Isensee, E.: Großmaschinen.
Frankfurt: DLG-Verlag 1978, Band 156

(15) Nacke, E.: Untersuchung über Flurstücke und Wegeverhältnisse an ausgewählten Flurbereinigungsverfahren in Bayer. Diplomarbeit Institut für Landtechnik Weihenstephan, 1979

(16) Neuber, E.: Anhänger für den landwirtschaftlichen Transport. DLG-Merkblatt, Frankfurt 1975

(17) Neuber, E., Bunk, A.: Einachshänger - pro und kontra. DLG-Mitteilungen 91 (1976) H. 10, S. 560 - 569

(18) Neuber, E., Wacker, P.: Landwirtschaftliche Transportsysteme. Landtechnik 30 (1975), H. 12, S. 505 - 510

(19) Neuber, E.: Leistungsfähige Ernteverfahren und Transportsysteme Landtechnik 30 (1975), H. 2, S. 77 - 79

(20) Neuber, E., Wacker, P.: Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Transporttechnik. Landtechnik 29 (1974), H. 9, S. 396 - 407

(21) Putz, M.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen beim Ausbringen von Festmist. Diplomarbeit: Institut für Landtechnik, Weihenstephan 1979

(22) Rehrl, K.: Der Kraftstoffbedarf landwirtschaftlicher Transporte auf Straßen und Wegen. 208. ÖKL-Arbeit, Wien 1977

(23) Stöckl, G.: Überbetriebliche Zusammenarbeit bei der Zuckerrübenernte im Landkreis Landshut. Diplomarbeit: Institut für Landtechnik Weihenstephan, 1979

(24) Anonym: Hydrospeed - ein neues Bremssystem für Land- und Forstwirtschaft. Landtechnik 34 (1979), H. 6, S. 306 - 307

(25) Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Münster-Hiltrup 1979

## Die Entwicklung der EG-Agrarmärkte in den 1980er Jahren

von Prof. Dr. Friedrich Hülsemeyer [1], Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Professur für Landwirtschaftliche Marktlehre, der Technischen Universität München-Weihenstephan

1. An der Schwelle eines neuen Jahrzehnts haben die "Propheten" Hochkonjunktur. Das erlaubt zumindest eine gesicherte Vorhersage: Die ohnedies schon hohe Zahl falscher Prognosen wird weiter steigen.

Unzweifelhaft ist die Zukunft für den Menschen nicht exakt einsehbar. Der Prognostiker kann daher lediglich versuchen, Entwicklungstendenzen aufzuzeigen, die unter bestimmten Voraussetzungen am wahrscheinlichsten eintreten werden.

Diese der Prognose zugrunde liegenden Prämissen gründen sich zunächst auf die Resultate mehr oder minder exakt durchführbarer rückblickender Untersuchungen und in einem zweiten, weniger sicheren Schritt auf die Ergebnisse der Überlegung, inwieweit diese aus der Vergangenheit beobachteten Änderungsraten der Bestimmungsgründe der Nachfrage und des Angebots sowie der Verhaltensweisen der Entscheidungsträger sich gleichermaßen in der Zukunft fortsetzen oder sich in bestimmter Richtung ändern können. [2]

Damit ist bereits eine häufige Ursache falscher Prognosen genannt: Die Annahmen waren falsch, sei es aufgrund zu oberflächlicher Überlegungen oder sei es entschuldbarer, weil die menschliche Phantasie gemeinhin nicht ausreicht, sich alle denkbaren Entwicklungen vorzustellen.

---

[1] Der Autor ist den Herren Dr. Graser und Dr. Sagmeister für die wertvolle Mitarbeit bei der Erstellung der Projektionen zu Dank verpflichtet.

[2] Vgl. G. Weinschenck, Das Dilemma langfristiger Prognosen der wirtschaftlichen Entwicklung im Agrarbereich. In: Beiträge zur Agrarökonomie. Festschrift zum 80. Geburtstag von Emil Woermann. Hrsg. von M. Köhne. Hamburg u. Berlin 1979. S. 109.

Ein zweiter Grund letztlich falscher Vorhersagen liegt im Sinne einer Prognose selbst begründet, nämlich auf Fehlentwicklungen hinzuweisen. Werden sie von den Entscheidungsträgern als solche akzeptiert und sind diese willens, wichtiger noch in der Lage, solchen Fehlentwicklungen zu begegnen, so werden die Prognostiker eher zufrieden sein, wenn die vorausgesagten Ergebnisse ihrer Überlegungen gar nicht erst Realität werden.

In diesem Sinne wird auch der Vortragende nicht unglücklich sein, wenn sich aus der rückblickenden Betrachtung der 1980er Jahre manche der im folgenden darzustellenden Fehlentwicklungen als zu pessimistisch erweisen sollten. Das allerdings müßte wohl auch voraussetzen, daß jene Prognose des Bundesernährungsministers, derzufolge es einen Grundsatz in der Politik gibt, "daß nichts beständiger ist als falsche Lösungen", sich (hoffentlich) ebenso als falsch herausstellen würde.

2. Die Entwicklung der Agrarproduktion wird bestimmt durch

- die Marktentwicklung,
- den technischen Fortschritt und
- die agrar(markt)politischen Rahmenbedingungen.

Diese Aufzählung stellt keineswegs eine allgemeingültige Reihung dar. Tatsächlich werden die unternehmerischen Entscheidungen unter den herrschenden Bedingungen nur im Falle der getreideveredelnden Nutztierhaltung und des Kartoffelbaues, weil durch eine vergleichsweise liberale bzw. gar keine Marktorganisation geregelt, unmittelbar durch die Marktentwicklung bestimmt. In nahezu allen anderen hier untersuchten Fällen - die einzige Ausnahme bildet der Zuckermarkt - kann sich zumindest die mengenmäßige Entwicklung der Produktion von der Marktentwicklung lösen, ohne drastische Preiszusammenbrüche befürchten zu müssen, weil die Marktordnungen in Gestalt der Intervention ein wenigstens bislang unbegrenztes Nachfragevolumen mit Mindestpreisgarantie gewährleisten.

Hier, wo die Marktentwicklung weitgehend ignoriert wird, kann der Prognostiker zwar das mögliche Marktvolumen abzuschätzen suchen,. Die für die Entscheidungsfindung der Landwirte wichtigere Frage, wieviel darüber hinaus abzusetzen sein wird, entzieht sich jedoch, zumal soweit das Angebotsvolumen auch die berechtigten Versorgungssicherungsansprüche übersteigt, einer rationalen Antwort; diese wird vielmehr allein von der politisch verantwortbaren Tragfähigkeit, d.h. Finanzierbarkeit der Marktordnungen bestimmt.

2.1 Eine solche Frage wird sich im vor uns liegenden Jahrzehnt auch auf dem europäischen Getreidemarkt stellen.

Die Fortschreibung der angebots- und nachfragerelevanten Daten der 1970er Jahre, das bedeutet, bezugnehmend auf Übersicht 1,

- eine durch weiterhin steigende Flächenerträge fortgesetzte spürbare Zunahme des inländischen Getreideaufkommens,
- eine weitgehend stagnierende Verwendung von Getreide zum Zwecke menschlicher Ernährung und industrieller Verwertung,
- einen, gemessen an der Entwicklung der Getreideerzeugung, deutlich geringeren Anstieg der Getreideverfütterung, sofern die weiter wachsende getreideveredelnde Nutztierhaltung in gleichem Maße wie bisher auf Getreideersatzstoffe ausweichen kann und wird,

stellt für die Europäische Gemeinschaft - dies in Übereinstimmung mit allen anderen vorliegenden Projektionen - eine zunehmende Überversorgung des Getreidemarktes, vorrangig bei Weizen und Gerste, in Aussicht: Die heimische Erzeugung wird dem Nachfragepotential Mitte der 1980er Jahre um wenigstens 8 Mill. t, zum Ende des Jahrzehnts bereits um rd. 13 Mill. t vorauseilen.

Zwar läßt die zweite Erweiterung der EG vor allem aufgrund der erheblich defizitären Futtergetreidebilanzen der Beitrittsländer ein Absinken des Selbstversorgungsgrades erwarten; das Ausmaß (vgl. Übersicht 2) stellt jedoch den erwarteten Wandel von der rechnerischen Unter- zur Überversorgung nicht in Frage.

Übersicht 1 - Erzeugung und Verbrauch von Getreide[a] in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Anbaufläche | Ertrag | Verwendb. Erzeugung | Inlandsverwendung | | | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Menschl. Ernährung | Futter | Industrielle Verwertung[b] | insgesamt[c] | |
| | Mill.ha | dt/ha | Mill.t | Mill.t | Mill.t | Mill.t | Mill.t | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | | | | | |
| 1970/71 | 27,0 | 32,7 | 87,5 | 29,0 | 66,7 | 7,7 | 108,5 | 81 |
| 1972/73 | 27,0 | 38,3 | 102,1 | 28,9 | 71,1 | . | 112,9 | 90 |
| 1974/75 | 26,8 | 40,5 | 107,2 | 28,3 | 70,1 | . | 113,2 | 95 |
| 1976/77 | 26,3 | 34,8 | 90,0 | 28,2 | 67,0 | . | 109,7 | 82 |
| 1978/79 | 26,8 | 43,3 | 115,3 | 29,1 | 69,3 | 10,7 | 114,4 | 101 |
| 2. Trendwerte | | | | | | | | |
| 1970/71 | (27,0) | 34,4 | 95,8 | (28,9) | 68,9 | . | 110,9 | . |
| 1978/79 | (26,2) | 40,2 | 107,1 | (28,5) | 69,0 | . | 112,2 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | | | | | |
| Um 1985 | ca. 27 | 47 | 127 | 29 | 74 | 11 | 119 | 107 |
| Gegen 1990 | ca. 27 | 50 | 135 | 29 | 77 | 12 | 122 | 111 |

[a] Ohne Reis. - [b] Industriestärke, Dextrine, Alkohol und Bier. - [c] Einschließlich Saatgut und Marktverluste.

Quellen: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hamburg u. Berlin / Münster-Hiltrup, versch. Jgg. - ZMP Bilanz Getreide - Futtermittel, Bonn - Bad Godesberg, versch. Jgg. - Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode, Agrarbericht 1980 - Materialband - der Bundesregierung, Bonn, 1980. - SAEG, Agrarstatistisches Jahrbuch, Luxemburg u. Brüssel, versch. Jgg. - "Agrarwirtschaft", Hannover, Jg. 28 (1979), H.12, S. 362. - Eigene Berechnungen.

Übersicht 2 - Entwicklungstendenzen der Getreideversorgung der EG (9), der Neumitglieder sowie der EG (12) 1985 und 1990

| Position | Einheit | EG(9) | | Neumitglieder | | EG(12) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1985 | 1990 | 1985 | 1990 | 1985 | 1990 |
| Weizen | | | | | | | |
| Verwendbare Erzeugung | Mill.t | 52 | 56 | 8 | 9 | 60 | 65 |
| Inlandsverwendung | Mill.t | 41 | 42 | 8 | 9 | 49 | 51 |
| Selbstversorgungsgrad | v.H. | 127 | 133 | 100 | 100 | 122 | 127 |
| Gerste | | | | | | | |
| Verwendbare Erzeugung | Mill.t | 43 | 46 | 9 | 10 | 52 | 56 |
| Inlandsverwendung | Mill.t | 37 | 38 | 8 | 9 | 45 | 47 |
| Selbstversorgungsgrad | v.H. | 116 | 121 | 113 | 111 | 116 | 119 |
| Mais | | | | | | | |
| Verwendbare Erzeugung | Mill.t | 20 | 21 | 3 | 4 | 23 | 25 |
| Inlandsverwendung | Mill.t | 29 | 30 | 9 | 9 | 38 | 39 |
| Selbstversorgungsgrad | v.H. | 69 | 70 | 33 | 44 | 61 | 64 |
| Getreide insgesamt | | | | | | | |
| Verwendbare Erzeugung | Mill.t | 127 | 135 | 22 | 25 | 149 | 160 |
| Inlandsverwendung | Mill.t | 119 | 122 | 27 | 29 | 146 | 151 |
| Selbstversorgungsgrad | v.H. | 107 | 111 | 81 | 86 | 102 | 106 |

Quelle: S. GRASER, F. HÜLSEMEYER, Der Getreidemarkt in einer erweiterten EG. In: Agrarwirtschaft und Agrarpolitik in einer erweiterten Gemeinschaft. (Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V., Bd. 19) Münster-Hiltrup. Im Druck.

2.2 Demgegenüber wird sich die Gefahr eines überversorgten Kartoffelmarktes in Erwartung einer vergleichsweise liberalen europäischen Marktorganisation nur sporadisch, dies bedingt durch die jährlichen Ertragsschwankungen, auftun.

Die Projektion (vgl. Übersicht 3) geht analog derEntwicklung in den 1970er Jahren auch im vor uns liegenden Jahrzehnt von einer vollen rechnerischen Selbstversorgung aus. Unter dieser Bedingung resultiert aus einer nurmehr leicht auf ca. 33 Mill. t rückläufigen Inlandsverwendung - ihr liegt die Annahme eines auf insgesamt rd. 20 Mill. t entsprechend etwa 75 kg pro Kopf begrenzten Kartoffelverzehrs, eines weiteren Rückgangs der Verfütterung und konstanter der industriellen Verwertung zugeführter Mengen zugrunde - bei noch steigenden Flächenerträgen eine notwendige Gesamt-Kartoffelanbaufläche von reichlich 1 Mill. ha gleichbedeutend einer Anbaueinschränkung um 100.000 bis 200.000 ha.

2.3 Auch die Zuckerwirtschaft sieht sich im Interesse einer sukzessiven Anpassung der Erzeugung an das Nachfragevolumen der in diesem Falle politischen Absichtserklärung einer Reduzierung des Anbauumfangs konfrontiert.

Der seit Mitte der 1970er Jahre zu beobachtende langsame Rückgang des Saccharoseverbrauchs für menschliche Ernährung wird sich, vor allem bedingt durch die Marktausweitung substitutiver Süßungsmittel (vorrangig Stärkeverzuckerungsprodukte, Süßstoffe, Sorbit, Fructose und Lactose)[1], in den 1980er Jahren fortsetzen und das innergemeinschaftliche Absatzpotential einschließlich derzeit geringer Zuckermengen für chemische Verwendungszwecke auf ca. 9,5 Mill. t begrenzen. Würden davon allein 1,7 Mill. t aus der DOM-Quote und den AKP-Abnahmeverpflichtungen gedeckt, so bliebe der heimischen Zuckerwirtschaft ein Absatzpotential von nurmehr 7,8 Mill. t

---

1) Vgl. dazu L. SAMEISTER, Die Entwicklung des Zuckermarktes in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung substitutiver Konkurrenzbeziehungen. Weihenstephaner Dissertation 1979.

Übersicht 3 - Erzeugung und Verbrauch von Kartoffeln in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Anbaufläche | Ertrag | Verwendb. Ernte | Inlandsverwendung | | | | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Menschl. Ernährung | | Futter | Industrielle Verwertung | insgesamt | |
| | Mill.ha | dt/ha | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | Mill.t | Mill.t | Mill.t | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | | | | | | |
| 1970 | 1,87 | 246 | 45,2 | 22,0 | 87 | 13,2 | 4,2 | 45,3 | 100 |
| 1978 | 1,29 | 291 | 36,8 | 20,5 | 79 | 5,9 | 5,0 | 36,4 | 101 |
| 2. Trendwerte | | | | | | | | | |
| 1970 | 1,7 | 256 | 44,8 | 21,6 | 86,2 | 11,7 | . | 43,0 | |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | -0,06 | +1,23 | -1,18 | -0,01 | -1,06 | -0,70 | . | -0,93 | |
| 1978 | 1,3 | 266 | 35,4 | 21,5 | 78,0 | 6,1 | . | 35,6 | |
| 3. Schätzwerte | | | | | | | | | |
| Um 1985 | 1,2 | 275 | 33 | 20 | 75 | 4 | 5 | 33 | 100 |
| Gegen 1990 | 1,1-1,2 | 278 | 32 | 20 | 75 | 3 | 5 | 32 | 100 |

Quellen: Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, versch. Jgg. - ZMP-Bilanz Kartoffeln, versch. Jgg. - SAEG, Agrarstatistisches Jahrbuch, versch. Jgg. - "Agrarwirtschaft", Jg. 28 (1979), H. 12, S. 362. - Eigene Berechnungen.

entsprechend - bei weiter steigenden Zuckererträgen pro ha - einer Anbaufläche von knapp 1, 2 Mill. ha gegenüber fast 1, 8 Mill. ha 1978.

Die Ausrichtung der Angebotsprojektion an der für die neun Mitgliedsländer vorgeschlagenen Höchstquote - lt. Übersicht 4 10 Mill. t entsprechend 1, 5 Mill. bis 1, 4 Mill. ha Rübenfläche - entschärft zwar das Problem für die Zuckerrüben produzierenden Landwirte, macht jedoch zugleich deutlich, daß der EG-Zuckermarkt auch in den 1980er Jahren durch Überschüsse gekennzeichnet sein wird.

2.4 Der Markt für pflanzliche Öle und Fette ist lt. Übersicht 5 charakterisiert durch

- nurmehr geringe Zuwachsraten des Verbrauchs,
- ein offensichtlich beträchtliches Verwendungspotential im Non-Food-Bereich für technisch-industrielle, kosmetische u. a. Zwecke,
- eine schwache Zunahme des heimischen Aufkommens, das jedoch nur rd. ein Fünftel zum Bedarf beiträgt.

Eine Fortschreibung dieser Erzeugungs- und Verwendungsdaten deutet zwar einen weiter steigenden Eigenversorgungsgrad an, der aber auch gegen Ende der 1980er Jahre allenfalls 25 v. H. betragen wird.

Diese Situation vermag sich durch den Beitritt Spaniens als dem neben Italien größten Olivenölproduzenten der Welt, Portugals und Griechenlands mit annähernd ausgeglichenen Bilanzen insoweit zu ändern, als dann der Olivenölmarkt zwar weitgehend gesättigt ist, der Selbstversorgungsgrad bei pflanzlichen Ölen und Fetten insgesamt jedoch nur knapp die 30-v. H. -Marke erreicht.

Übersicht 4 - Erzeugung und Verbrauch von Zucker in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Anbaufläche | Zuckerertrag | Erzeugung | Inlandsverwendung | | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Menschliche Ernährung | | insges. | |
| | Mill.ha | dt/ha | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | Mill.t | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | | | | |
| 1970 | 1,33 | 60 | 8,0 | 9,4 | 37,0 | 9,7 | 82 |
| 1978 | 1,76 | 65 | 11,4 | 9,5 | 36,5 | 9,6 | 119 (132) |
| 2. Trendwerte | | | | | | | |
| 1970 | 1,4 | . | 8,0 | . | . | 9,9 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | +0,06 | . | +0,36 | . | . | -0,04 | . |
| 1978 | 1,9 | . | 10,9 | . | . | 9,6 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | | | | |
| Um 1985 | 1,5 | 66 | 10,0[a] | 9,45 | 36,0 | 9,6 | 104 (122) |
| Gegen 1990 | 1,4 | 69 | 10,0[a] | 9,4 | 35,5 | 9,5 | 105 (123) |

[a]Ohne DOM (0,4 Mill.t). - ( ) Einschl. DOM- und AKP-Mengen (1,3 Mill.t).

Quellen: Zuckerwirtschaftliches Taschenbuch, Berlin-Nikolassee, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

Übersicht 5 - Erzeugung und Verbrauch pflanzlicher Öle und Fette[a] in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Verwendbare Erzeugung | Inlandsverwendung | | insgesamt | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Menschliche Ernährung | | | |
| | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | Mill.t | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | | |
| 1970 | 0,8 | . | . | 4,4 | 18 |
| 1978 | 1,0 | 2,6 | 10 | 4,7 | 21 |
| 2. Trendwerte | | | | | |
| 1970 | 0,92 | . | . | 4,5 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | +0,01 | . | . | +0,02 | . |
| 1978 | 0,99 | . | . | 4,7 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | | |
| Um 1985 | 1,1 | . | . | 4,8 | 23 |
| Gegen 1990 | 1,2 | . | . | 4,8 | 25 |

[a] Rohölbasis.

Quellen: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, versch. Jgg. - SAEG, Agrarstatistisches Jahrbuch versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

2.5 Die Krise auf dem europäischen Milchmarkt wird im Falle einer Fortsetzung der bisherigen Politik eskalieren.

Die Bestandsaufnahme der zurückliegenden fünf Jahre offenbart einen Anstieg des Eigenversorgungsgrades von 104 auf 113 v.H., eine Zunahme der strukturellen Überschüsse (Erzeugung abzüglich des Verbrauchs zu Marktpreisen) bei Milchfett von knapp 200.000 t auf nahezu 500.000 t, bei Milcheiweiß von 900.000 t auf fast 1,1 Mill. t pro Jahr.

Die Ursachen dieser Entwicklung sind bekannt:

(1) Im Bereich des Außenschutzes wird das Funktionieren der EG-

Marktregelung für Milch und Milcherzeugnisse durch ein zweifaches Mißverhältnis zwischen gestützten Milchfett- und Milcheiweißpreisen einerseits sowie zollfrei (Ölsaaten) oder zu Niedrigzöllen (Öle) eingeführten pflanzlichen Fetten bzw. im allgemeinen abschöpfungs- und zollfrei importierten pflanzlichen Eiweißstoffen andererseits beeinträchtigt. Diese beiden Ungleichgewichte wirken sich ungünstig sowohl auf den Butterverzehr als auch auf den Verbrauch von Magermilch und Magermilchpulver für Futterzwecke aus. Andererseits ermöglichen sie eine günstige Preisrelation Ölkuchen/Schrot: Milch, die einen wesentlichen Anreiz für die Intensivierung der Milchproduktion darstellt.

(2) Auf dem Binnenmarkt liegt das in Gestalt des Richtpreises angestrebte und durch die Interventionspreise für Butter und Magermilchpulver weitgehendst abgesicherte Preisziel für Milch über dem Gleichgewichtsniveau. Damit wird den Interventionsmaßnahmen auf dem Milchmarkt vorrangig eine preisstützende Funktion zugewiesen, die jedoch den herrschenden Marktbedingungen in mehrfacher Hinsicht zuwiderläuft.

(3) Durch den Primat neutralisierungspolitischer Maßnahmen werden nur etwa 5 v.H. der Aufwendungen ursachenpolitisch im Interesse einer zunehmenden Vermeidung des Entstehens von Überschüssen ausgegeben, rd. 95 v.H. hingegen für die Unterbringung der permanenten Überproduktion.

Eine Fortsetzung dieses Mißverhältnisses gestattet die sichere Vorhersage, daß die praktizierte Preisstützungspolitik auf Sicht an ihren wachsenden Kosten scheitern wird:

Ein nahezu unveränderter Milchkuhbestand in der EG auch in den 1980er Jahren läßt aufgrund des existenten wirtschaftlichen Antriebs zur genetisch möglichen Leistungssteigerung um wenigstens 50 - 60 kg pro Kuh und Jahr eine durchschnittliche Erhöhung des jährlichen Milchaufkommens um bis zu 1,5 Mill. t erwarten.

Übersicht 6 - Erzeugung und Verbrauch von Milch in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Milchkuh-bestand | Milch-ertrag | Kuhmilch-erzeugung | Milcherzeugung insges.[a] | Inlandsverwendung | | | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Menschl. Ernährung | | Verfütterung | insgesamt | |
| | Mill.St. | kg/Kuh | Mill.t | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | Mill.t | Mill.t | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | | | | | | |
| 1974 | 25,2 | 3570 | 91,4 | 104,9 | 82,9 | 321 | 17,7 | 100,6 | 104 |
| 1978 | 25,3 | 4010 | 100,0 | 113,5 | 83,4 | 320 | 17,1 | 100,5 | 113 |
| 2. Trendwerte | | | | | | | | | |
| 1974 | 25,0 | 3552 | 90,3 | 104,1 | 82,7 | . | 17,8 | 99,4 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | +0,02 | +106 | +2,2 | +2,2 | +0,2 | . | -0,2 | +0,2 | . |
| 1978 | 25,1 | 3976 | 99,0 | 112,9 | 83,3 | . | 17,0 | 100,2 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | | | | | | |
| Um 1985 | 25 | 4400 | 110 | 122 | 85 | 320 | 16 | 101 | 121 |
| Gegen 1990 | 25 | 4650 | 116 | 127 | 86 | 320 | 15 | 101 | 126 |

[a]Einschl. Milch von Fleischrassen, Schafen und Ziegen sowie einschl. Abnahmeverpflichtungen Großbritanniens aus Neuseeland.

Quellen: Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode, Agrarbericht 1979 -Materialband- der Bundesregierung, Bonn, 1979. - ZMP Bilanz Milch, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

Bei insgesamt stagnierender Inlandsverwendung muß diese zusätzliche Menge in die Verarbeitung zu den interventionsfähigen Produkten drängen und damit das Aufkommen an Butter um fast 70.000 t, jenes an Magermilchpulver um nahezu 140.000 t pro Jahr erhöhen. Das würde im Falle einer mit öffentlichen Mitteln gestützten Verwertung dieses Produktionszuwachses eine jährliche Steigerung der finanziellen Aufwendungen für den europäischen Milchmarkt um 1,0 Mrd. bis 1,5 Mrd. DM bedeuten.

Es muß hier von nebensächlichem Interesse sein, ob die damit zusehens akuter werdende Notwendigkeit einer Wiederherstellung eines Gleichgewichts auf dem Milchmarkt durch die Fortführung der Nichtvermarktungs- und Umstellungsaktion, ergänzend oder alternativ durch eine Politik des Preisdrucks oder nur mittels einer restriktiven Erzeugungsregulierung erreicht werden kann.

2.6 Im Hinblick auf die Beurteilung des Rindfleischmarktes von entscheidenderer Bedeutung, weil das Nutzkälberaufkommen beeinflussend, ist die Frage nach dem notwendigen Ausmaß der Bestandsreduzierung:

Die in Übersicht 6 ausgewiesene Milchbilanz deutet derzeit einen echten Kapazitätsüberhang von rd. 2,5 Mill., für 1985 einen solchen von fast 4,5 Mill. Milchkühen an. Hieraus leitet sich eine Verknappung des für die Kalb- und Rindfleischproduktion verfügbaren Kälberpotentials um bis zu 2,6 Mill. Stück ab.

Vor diesem Hintergrund dürfen hinsichtlich der künftigen Entwicklung des Rindfleischmarktes drei Tendenzen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit vorhergesagt werden.

(1) Der Schlachtrinderpreis wird sich spürbar erhöhen. Daraus darf allerdings keine wesentliche Verbesserung der relativen Wettbewerbsfähigkeit der Rindermast abgeleitet werden, denn die Zunahme des Schlachtrinderpreises wird vor allem eine Folge weiter steigender Kälberpreise sein.

Übersicht 7 - Erzeugung und Verbrauch von Rindfleisch[a] in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Bruttoeigenerzeugung | Verbrauch | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|
| | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | |
| 1970 | 5,8 | 6,4 | 25,4 | 91 |
| 1978 | 6,4 | 6,7 | 26,0 | 96 |
| 2. Trendwerte | | | | |
| 1970 | 5,5 | 6,3 | 24,8 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | +0,14 | +0,05 | +0,09 | . |
| 1978 | 6,6 | 6,6 | 25,5 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | |
| Um 1985 | 6,9 | 7,0 | 26,5 | 98 |
| Gegen 1990 | 7,0 | 7,1 | 26,8 | 98 |

[a]Einschließlich Kalbfleisch.

Quellen: ZMP Bilanz Vieh und Fleisch, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

(2) Die von der Einkommensentwicklung ausgehenden Impulse zum vermehrten Rindfleischkonsum werden durch die Preisentwicklung empfindlich gedämpft werden, so daß der Verbrauchszuwachs nurmehr gering sein wird.

(3) Da dem Anstieg des Schlachtkälberpreises aufgrund der möglichen Substitution von Kalbfleisch durch billigere Fleischarten Grenzen gesetzt sind, verliert die Kälbermast gegenüber der Kälberaufzucht zur Jungrindermast an Wettbewerbsfähigkeit. Der Anteil der Kälberschlachtungen am Kälberzugang wird daher spürbar zurückgehen. Infolgedessen sinkt die Zahl der Färsen- und Bullenschlachtungen nicht in gleichem Maße wie das Nutzkälberaufkommen; ebenso werden steigende durchschnittliche Schlachtgewichte

dazu beitragen, daß die inländische Produktion der Nachfrage dennoch annähernd zu folgen vermag.

2.7 Nutznießer einer weiteren Verteuerung des Rindfleisches wird wie in der Vergangenheit so auch in den 1980er Jahren die Entwicklung der Nachfrage nach dem preiswerteren Schweinefleisch sein.

Übersicht 8 - Erzeugung und Verbrauch von Schweinefleisch in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Bruttoeigenerzeugung | Verbrauch | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|
| | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | |
| 1970 | 7,5 | 7,4 | 29,5 | 101 |
| 1978 | 9,3 | 9,3 | 35,9 | 100 |
| 2. Trendwerte | | | | |
| 1970 | 7,7 | 7,6 | 30,0 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | +0,17 | +0,19 | +0,61 | . |
| 1978 | 9,0 | 9,1 | 34,9 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | |
| Um 1985 | 10,4 | 10,4 | 39,5 | 100 |
| Gegen 1990 | 11,0 | 11,0 | 42,0 | 100 |

Quellen: ZMP Bilanz Vieh und Fleisch, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

Bis zum Jahre 1985 dürfte sich der Verbrauch in der Gemeinschaft gegenüber 1978 um reichlich 1 Mill. t, in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts um weitere 0,6 Mill. t auf schließlich rd. 11 Mill. t erhöhen.

Die zumal längerfristig sehr elastische Reaktion der Schlachtschweineproduktion auf Veränderungen der Marktdaten läßt erwarten, daß die Inlandserzeugung mit dieser Nachfrageentwicklung Schritt hält; infolgedessen wird der Eigenversorgungsgrad analog der Entwicklung

in den 1970er Jahren auch im vor uns liegenden Jahrzehnt um die 100 v.H. -Marke schwanken.

2.8 Diese Feststellung besitzt gleichermaßen für die geflügelwirtschaftlichen Märkte Gültigkeit.

Geflügelfleisch, in der Vergangenheit preisbedingt zu den Spitzenreitern in der Verbrauchszunahme gehörend, wird auch in den 1980er Jahren noch vermehrt nachgefragt werden. Allerdings dürfte sich der gegen Ende des vor uns liegenden Jahrzehnts vermutete Pro-Kopf-Verzehr von reichlich 15 kg - er liegt damit um 2 kg über dem von der Statistik für 1978 ausgewiesenen Wert - nahe der Sättigungsgrenze bewegen und damit das inländische Produktionsvolumen auf rd. 4 Mill. t begrenzen.

Übersicht 9 - Erzeugung und Verbrauch von Geflügelfleisch in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Bruttoeigenerzeugung | Verbrauch | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|
| | Mill.t | Mill.t | kg/Kopf | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | |
| 1970 | 2,8 | 2,7 | 10,5 | 104 |
| 1978 | 3,5 | 3,4 | 13,2 | 103 |
| 2. Trendwerte | | | | |
| 1970 | 2,7 | 2,7 | 10,5 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | 0,1 | 0,09 | 0,32 | . |
| 1978 | 3,5 | 3,4 | 13,1 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | |
| Um 1985 | 3,8 | 3,8 | 14,5 | 100 |
| Gegen 1990 | 4,0 | 4,0 | 15,2 | 100 |

Quellen: ZMP Bilanz Eier und Geflügel, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

2.9 Die Stagnation des Eierverbrauchs in der Europäischen Gemeinschaft während der 1970er Jahre zeigt bereits jetzt eine gesättigte Nachfrage an. Die Übertragung dieses Sachverhalts in die 1980er Jahre limitiert das Absatzvolumen auf 62 Mrd. Stück und zwingt damit infolge weiter steigender Legeleistungen zu einer Einschränkung des Bestandes um rd. 20 Mill. Legehennen.

3. Die zusammenfassende Darstellung der europäischen Agrarmarktsituation in den 1980er Jahren (vgl. Übersicht 11) erlaubt drei Feststellungen:

(1) Der Verbrauch an Agrarprodukten - umgerechnet und aggregiert in Getreideeinheiten - wird in den 1980er Jahren nurmehr mit einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von 0,3 v.H. gegenüber 0,8 v.H. im zurückliegenden Jahrzehnt steigen.

(2) Zwar reduzieren sich auch die durchschnittlichen jährlichen Zuwachsraten der landwirtschaftlichen Erzeugung; die Produktionsausdehnung, während der 1970er Jahre doppelt so hoch wie die Verbrauchszunahme, wird jedoch im vor uns liegenden Jahrzehnt den Nachfrageanstieg um das Vier- bis Dreifache übertreffen.

(3) Damit verkehrt sich die rechnerische Unterversorgung der Europäischen Gemeinschaft, während der 1970er Jahre bereits rückläufig, in der ersten Hälfte der 1980er Jahre in einen Überschuß an Agrarprodukten, dessen Größenordnung zum Ende des Betrachtungszeitraumes einem Flächenvolumen von wenigstens 5 Mill. ha entspricht.

4. Einem Export dieses Erzeugungspotentials in dritte Länder als einem denkbaren Ansatz zur Bewältigung von Überschußproblemen sind wegen des hohen Finanzaufwandes sowie außen(handels)-politischer Rücksichten enge Grenzen gesetzt.

Das gilt um so mehr hinsichtlich der Überlegungen, Agrarüberschüsse

Übersicht 10 - Erzeugung und Verbrauch von Eiern in der EG (9) während der 1970er und 1980er Jahre

| Position | Legehennen | Legeleistung | Erzeugung zum Verzehr | Verbrauch | | Selbstversorgungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mill.Stück | Eier/Henne | Mrd.Stück | Mrd.Stück | Eier/Kopf | v.H. |
| 1. Beobachtete Werte | | | | | | |
| 1970 | 319,9 | 195 | 60,6 | 60,1 | 238 | 101 |
| 1978 | 326,2 | 204 | 62,7 | 61,6 | 236 | 102 |
| 2. Trendwerte | | | | | | |
| 1970 | 321,5 | 195,3 | 58,9 | 58,2 | 236,0 | . |
| Durchschnittl. jährl. Veränderung | -0,11 | +1,15 | +0,45 | +0,40 | -0,35 | . |
| 1978 | 320,6 | 204,5 | 62,4 | 61,4 | 233,2 | . |
| 3. Schätzwerte | | | | | | |
| Um 1985 | 309 | 210 | 61,7 | 61,7 | 235 | 100 |
| Gegen 1990 | 306 | 213 | 62,0 | 62,0 | 235 | 100 |

Quellen: ZMP Bilanz Eier und Geflügel, versch. Jgg. - Eigene Berechnungen.

Übersicht 11 - Kenndaten des EG-Agrarmarktes in den 1970er und 1980er Jahren

| Position | Einheit | Ø 1970/72 | Ø 1976/78 | Mitte der 1980er Jahre | Ende der 1980er Jahre |
|---|---|---|---|---|---|
| Nahrungsmittelverbrauch | Mill. t GE | 302 | 322 | 329 | 334 |
| Durchschnittliche jährliche Zuwachsrate | v.H. | 0,8 | 0,3 | 0,3 | |
| Nahrungsmittelverbrauch | t GE/Kopf | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| Nahrungsmittelproduktion[a] | Mill. t GE | 268 | 308 | 337 | 352 |
| Durchschnittliche jährliche Zuwachsrate | v.H. | 1,8 | 1,3 | 0,9 | |
| Nahrungsmittelproduktion | t GE/ha | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 3,8 |
| Unter- bzw. Überschuß | Mill. t GE | -34 | -14 | + 8 | +18 |
| Eigenversorgungsgrad | v.H. | 89 | 96 | 102 | 105 |

[a]Die Nahrungsmittelproduktion umfaßt alle Mengen (einschl. jener aus eingeführten Futtermitteln), die an Nahrungsmitteln (inkl. Eigenverbrauch) und an Rohstoffen für gewerbliche Zwecke verfügbar werden. Im einzelnen fanden hier an pflanzlichen Erzeugnissen Getreide, Kartoffeln, Zucker, Gemüse, Obst, Zitrusfrüchte, Wein sowie pflanzliche Öle und Fette, an tierischen Produkten Rind- einschl. Kalbfleisch, Schweinefleisch, Geflügelfleisch, Milch, Eier Berücksichtigung. Die für Futterzwecke verwendeten landwirtschaftlichen Erzeugnisse (Getreide, Kartoffeln) wurden nur einmal bei der Berechnung der tierischen Nahrungsmittelproduktion berücksichtigt.

im Rahmen der Entwicklungshilfe zu verwerten. Man kann nämlich "den Hunger in einem Teil der Welt nicht dauerhaft dadurch bekämpfen, daß man in anderen Teilen der Welt Nahrungsmittelüberschüsse in der gleichen Größenordnung bereitstellt. Das Volumen der Nahrungsmittelhilfe steht in keinem zahlenmäßigen Zusammenhang mit dem Volumen des Nahrungsmitteldefizits; es wird von anderen Faktoren bestimmt, nämlich Transportkosten, Verteilungsschwierigkeiten in den Empfängerländern, ungünstigen Einflüssen der Nahrungsmittelhilfe auf die Währungsstabilität und die landwirtschaftliche Produktion der Empfängerländer und schließlich von der finanziellen Belastungsfähigkeit der Geberländer" 1).

Gleichermaßen dürfen der Erschließung neuer Märkte im Bereich der außerlandwirtschaftlichen Verwertung agrarischer Rohstoffe zumindest auf Sicht nur sehr begrenzte Wachstumschancen eingeräumt werden.

5. Infolgedessen sieht sich europäische Agrarmarktpolitik der 1980er Jahre dem Problem konfrontiert, ein begrenztes Absatzvolumen auf eine bestimmte Zahl landwirtschaftlicher Produzenten mit einer bestimmten Kapazitätsausstattung zu verteilen.

Dabei wächst gleichermaßen die Dringlichkeit eines Lösungsansatzes mit dem Ausmaß der auf den jeweiligen Produktmärkten erreichten Überschußlage, mehr noch - angesichts der Begrenztheit der finanziellen Mittel - mit dem Volumen der daraus erwachsenden Marktordnungskosten wie die Schwierigkeit der politischen Durchsetzbarkeit notwendiger Korrekturen der Marktpolitik mit der wirtschaftlichen Bedeutung des jeweiligen Produktionszweiges für die Landwirtschaft zunimmt.

---

1) O. SCHILLER, Überschußproduktion zwecks Hungerhilfe? "Agrarwirtschaft", Hannover, Jg. 13 (1964), S. 184.

Generell bieten sich zur besseren Anpassung von Erzeugung und Verbrauch auf den EG-Agrarmärkten - in Umkehrung der Ursachen der zunehmend ungleichgewichtigen Marktlage - zwei Ansatzpunkte an:

- die Verringerung des Einsatzes von Arbeitskräften und Fläche in der Landwirtschaft, entweder durch eine stärkere Betonung der Marktgleichgewichtsfunktion der Agrarpreise (Preissenkung) und zumindest befristeten und teilweisen Ausgleich der dadurch bedingten Einkommensverluste mittels direkter Einkommensübertragungen oder durch eine auf den Problemmärkten durchaus mögliche, wenngleich ordnungspolitisch umstrittene und einkommenspolitisch problematische restriktive Erzeugungsregulierung und/oder

- die Änderung der gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen durch preisliche oder administrierte Begrenzung des Einsatzes von Mitteln des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, zumal von ertragssteigernden Betriebsmitteln, in der pflanzlichen und tierischen Erzeugung mit der Maßgabe sinkender Verkaufserlöse oder höherer Verbraucherausgaben.

Letztlich sieht sich die Agrarmarktpolitik mithin vor die Frage gestellt: wieviel Markt, wieviel Interventionismus?

Die vorrangige Betonung marktwirtschaftlicher Prinzipien bedeutet zwangsläufig Strukturwandlungen mit der Maßgabe des Verzichts auf eine weitgehendst flächendeckende Zielstruktur der Agrarproduktion.

Hingegen ist eine Zielsetzung, der weitaus überwiegenden Mehrzahl der bäuerlichen Existenzen über den Markt ein ausreichendes Einkommen gewährleisten zu wollen, ohne weitreichende Eingriffe in diesen Markt und ebenso in das unternehmerische Verhalten der Anbieter nicht möglich.

# Moderne Betriebskalkulation und ihr Nutzen

von Prof. Dr. Friedrich Kuhlmann, Direktor des Institutes für landwirtschaftliche Betriebslehre der Justus Liebig-Universität, Gießen

## 1. Einleitung und Fragestellung

Eine wesentliche Kraft, die die Entwicklung unserer Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten beeinflußt hat und auch weiter beeinflussen wird, ist der biologische und der technische Fortschritt.

Die agrarwissenschaftliche Forschung entwickelt fortgesetzt neue Technologien, effizientere Produktionsmittel und zusätzliche Produktvarianten - oder allgemein - verbessertes Wissen. Daraus entstehen neue Produktionsalternativen und leistungsfähigere Produktionstechniken, die der Landwirt kontinuierlich verfolgen und teils auch übernehmen muß, falls er wettbewerbsfähig bleiben will.

Hinzu kommt, daß größere Neuerungen für den Landwirt in immer kürzeren Zeitabständen auftreten, so daß ihm immer weniger Zeit bleibt, die jeweilige Neuerung zu übernehmen und auch zu beherrschen. Das aber hat zur Folge, daß tüchtige Unternehmer gegenüber ihren langsamer anpassenden Kollegen zunehmend größere Einkommensunterschiede erwirtschaften. Die Einkommensstatistik bestätigt diesen Tatbestand. Übersicht 1 zeigt für buchführende Betriebe in Hessen in den Zeilen 1 und 2 die Einkommensunterschiede zwischen den 20 % der erfolgreichsten (E-Betriebe) und den 20 % der am wenigsten erfolgreichen Landwirte (W-Betriebe) für die Jahre 1969-1973 und in den Zeilen 3 und 4 diejenigen für die Jahre 1975-1979. Gegenüber dem Ausgangszeitraum haben sich die Einkommensunterschiede von 1:3 (Gewinn) bzw. 1:2 (Wertschöpfung) in den letzten Jahren auf 1:4, 5 bzw. 1:3 entscheidend vergrößert.

Weiterhin wird aus Übersicht 2 deutlich, daß die unterschiedlichen Betriebsleiterfähigkeiten bezüglich der Anpassung an neue Produktionstechniken inzwischen sehr viel mehr Einfluß auf die Einkom-

Übersicht 1: Entwicklung von Erfolgsgrößen in landw. Betrieben (30-50 ha LF) der Wirtschaftsgebiete 1 und 2 Hessens von 1969/70 bis 1978/79.

| Zeile | Art der Werte | GEWINN je ha LF | | WERTSCHÖPFUNG 1) je ha LF | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | E-Betriebe | W-Betriebe | E-Betriebe | W-Betriebe |
| 1 | Ø der Jahre 1969/70 bis 1972/73 in DM | 1304 | 417 | 1435 | 662 |
| 2 | Ø der Jahre 1969/70 bis 1972/73 in v.H. der W-Betriebe | 312 | 100 | 216 | 100 |
| 3 | Ø der Jahre 1975/76 bis 1978/79 in DM | 2224 | 486 | 2564 | 842 |
| 4 | Ø der Jahre 1975/76 bis 1978/79 in v.H. der W-Betriebe | 457 | 100 | 304 | 100 |

1) Betriebseinkommen je ha LF = Betriebsertrag abzüglich Sachaufwand.

Quelle: n. Daten der "Buchführungsergebnisse ldw. Betriebe in Hessen" berechnet

Übersicht 2: Vergleich von Erfolgsgrößen landwirtschaftlicher Betriebe (30-50 ha LF) in verschiedenen Wirtschaftsgebieten Hessens

| Zeile | Art der Werte | GEWINN je ha LF | | WERTSCHÖPFUNG je ha LF | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | E-Betriebe | W-Betriebe | E-Betriebe | W-Betriebe |
| | Betriebe der Wirtschaftsgebiete 1 u.2 (Wetterau, Rhein-Main-Gebiet | | | | |
| 1 | Ø der Jahre 1975/76 bis 1978/79 in DM | 2224 | 486 | 2564 | 842 |
| | Ø der Jahre 1975/76 bis 1978/79 in v.H. der W-Betriebe | 457 | 100 | 304 | 100 |
| | Betriebe des Wirtschaftsgebietes 10 (Osthessische Mittelgebirge) | | | | |
| 3 | Ø der Jahre 1975/76 bis 1978/79 in DM | 1660 | 307 | 1792 | 449 |
| 4 | Ø der Jahre 1975/76 bis 1978/79 in v.H. der W-Betriebe | 541 | 100 | 399 | 100 |
| | Erfolgsgrößen im Vergleich der Wirtschaftsgebiete | | | | |
| 5 | Werte der Betriebe der Wirtschaftsgebiete 1 u.2 in v.H. der Werte der Betriebe des Wirtschaftsgebietes 10 | 134 | 158 | 143 | 188 |

Quelle: n. Daten der "Buchführungsergebnisse ldw. Betriebe in Hessen" berechnet.

menshöhe ausüben als die natürlichen und wirtschaftlichen Standortbedingungen. Die Zeilen 1 und 2, sowie 3 und 4 weisen für zwei sehr unterschiedliche Standorte jeweils sehr hohe Unterschiede zwischen den Einkommen der E- und denjenigen der W-Betriebe aus. Im Vergleich dazu zeigt Zeile 6, daß die Einkommensunterschiede zwischen den erfolgreichen Landwirten des guten und des benachteiligten Standortes nur 30 - 40 % betragen. Etwas höher liegen sie bei einem Vergleich der weniger erfolgreichen Landwirte auf verschiedenen Standorten, was den zusätzlichen - seit Aereboe - bekannten Schluß zuläßt, daß Standortnachteile für den tüchtigen Unternehmer ein geringeres Hindernis sind. Insgesamt läßt sich aus der Übersicht 2 der Schluß ziehen, daß eine gute Betriebsleitung in Zeiten - wie den gegenwärtigen und wohl auch zukünftigen - mit hohen technisch-biologischen Fortschrittsraten eine zunehmend größere Chance darstellt, während umgekehrt eine geringere Qualität der Betriebsleitung zu einem immer stärkeren Risiko für die Erhaltung der landwirtschaftlichen Existenzgrundlage wird.

Damit tritt jedoch die Frage auf, was zu tun ist, um die Chance für ein hohes Einkommen voll zu nutzen, ohne gleichzeitig die damit verbundenen Risiken zu groß werden zu lassen?

## 2. Systematische Informationsgewinnung zur Milderung der Auswirkungen technisch-biologischer Fortschritte

Gegen die Risiken der technisch-biologischen Fortschritte kann man sich nicht versichern. Vielmehr kommt dagegen vornehmlich die systematische Informationsbeschaffung, Vorausschau und Planung in Frage, um auftretende Neuerungen möglichst frühzeitig erkennen und in ihren Auswirkungen für den Betrieb beurteilen zu können.

Weshalb aber liegt die Betonung so auf der Frühzeitigkeit? Würde es nicht auch genügen, wenn man eine Neuerung erst dann übernähme, wenn sie sich z. B. bei anderen Landwirten als wirklich nützlich erwiesen hat? - Für die Frühzeitigkeit spricht folgende generelle Überlegung:

Technische und biologische Fortschritte haben in der Landwirtschaft in aller Regel entweder arbeitssparende oder bodensparende Wirkungen, d.h. durch Einführung der Neuerung kann man bei gleichbleibendem Arbeitseinsatz und/oder Nutzflächenumfang größere Produktionsmengen erzeugen. Gehört ein Betriebsleiter nun zu den ersten, die diese Neuerung einführen, so entstehen daraus noch keine Wirkungen für das allgemeine Lohn- und Preisniveau. Die betriebliche Mehrproduktion bei unverändertem Arbeitsaufwand führt also zu sinkenden Stückkosten infolge geringerer Arbeitsstückkosten und damit zu höheren Betriebsgewinnen. Andererseits aber steigen in unserer hochentwickelten Volkswirtschaft die Arbeitslöhne fortgesetzt an, wodurch die Mehrgewinne nach und nach wieder aufgezehrt werden. Würde nun jedoch eine Neuerung erst später im Betrieb eingeführt, so entgingen dem Unternehmer diese vorübergehenden Mehrgewinne. Berücksichtigt man dann weiter, daß sich in unserer Wirtschaft eine recht stetige Kette von Neuerungen ergibt, so läßt sich sagen, daß der jeweils frühzeitig einführende Unternehmer ebenso stetig in den Genuß relativ niedriger Arbeitsstückkosten kommt und damit einen permanent breiteren Gewinnstrom als seine "späten" Kollegen realisieren kann.

Ähnliche Konsequenzen ergeben sich auch bei der Entwicklung der Produktpreise. Da die Einführung technisch-biologischer Neuerungen in den Betrieben zur Mehrproduktion führt, wird der daraus resultierende Angebotsdruck irgendwann zu relativ oder gar absolut sinkenden Produktpreisen führen, so daß die Mehrgewinne, den die ersten Einführer einer Neuerung noch erzielen, für die große Masse der "Nachmacher" dann entfällt. Die Produktionssteigerungen bei Milch und Getreide infolge hoher biologischer und technischer Fortschritte bei jetzt stagnierenden oder sinkenden Preisen sind Beispiele für diesen Prozeß. Die möglichen Mehrgewinne haben nur diejenigen solange erzielt, wie sie die Fortschritte bei der Züchtung und Fütterung bzw. bei der Getreidebestandsführung durch Pflanzenschutz und Düngung vor der Masse ihrer Kollegen erkannt und in die Tat umgesetzt haben.

Es gehört nur wenig Mut zu der Vorhersage, daß sich in unserer hochentwickelten Wirtschaft der Strom von technisch-biologischen Fortschritten mit entsprechenden Auswirkungen auf die Betriebe eher verstärken als abschwächen wird. Rechtzeitiges Erkennen und Beurteilen der Neuerungen wird daher weiterhin die Chance für relativ positive Einkommensentwicklungen bieten, während umgekehrt spätes Erkennen und Umsetzen zu relativ negativen Einkommensentwicklungen führt. Man kann also jedem Landwirt nur empfehlen, möglichst systematisch und kontinuierlich nach Neuerungen und deren Konsequenzen für den Betrieb Ausschau zu halten.

Welche Voraussetzungen sind dafür notwendig? Neben einer soliden Fachausbildung und einer ständigen Fortbildung braucht man dafür gewissermaßen ein betriebliches "Informationssystem", welches so sensibel ist, daß es 1. schon kleinere Anzeichen für negative Entwicklungen aufzeigt und 2. diese Anzeichen möglichst frühzeitig erkennbar macht, um zu einer rechtzeitigen Suche nach Lösungen anzuregen. Ein solches Informationssystem als "Frühwarnsystem" muß nicht unbedingt einen riesenhaften Aufwand verursachen, es sollte jedoch die folgenden drei Elemente mindestens enthalten:

1. Eine laufende Produktionskontrolle, die neben einer Finanzbuchhaltung kontinuierliche Mengenfeststellungen erlaubt, die dann durch verschiedene IST-Kosten-Leistungs-Rechnungen ebenso kontinuierlich ausgewertet werden (z. B. Schlagkartei, Vieh- und Futterbücher).
2. Eine laufende Information über mögliche Neuerungen durch Fachgespräche, Zeitschriften, Ausstellungen, Tagungen und Betriebsvergleiche, um dann, wenn die Produktionskontrolle zu Warnungen führt, möglichst unverzüglich zu Planungsrechnungen übergehen zu können.
3. Einen Satz von Kalkulationsverfahren, mit denen die Einführung möglicher Neuerungen in ihren zahlreichen Konsequenzen für den Betrieb durchgerechnet werden kann.

Am ehesten wird eine Bereitschaft noch zum 2. Schritt, d.h. zur laufenden Informationsbeschaffung über Neuerungen, stehen. Der 1. und der 3. Schritt scheitern bisher häufig an dem hohen Betriebsleiteraufwand, der mit dem Zählen, Messen und Wiegen sowie mit der Durchführung von Kostenrechnungen und Planungskalkulationen verbunden ist. Landwirtschaftliche Betriebe sind kompliziert, entsprechend kompliziert müssen deshalb auch die Kalkulations- und Planungsverfahren sein, wenn sie die Strukturen und Abläufe der Betriebe wirklichkeitsgerecht einfangen sollen. Andererseits wird das systematische Informationsmanagement jedoch gebraucht, wenn man den zukünftig noch zunehmenden Risiken der Wirtschaftsführung aktiv begegnen will. Wir können deshalb sagen, daß der Zeit- und Arbeitsaufwand für die eigentliche Betriebsführungstätigkeit zukünftig immer weiter ansteigen wird.

Andererseits ist aber verfügbare Zeit für die Durchführung der Betriebsleitungstätigkeiten eine begrenzte Größe.
Die Forderung ist deshalb naheliegend, daß die Einführung von Neuerungen in den Betrieben beginnen muß, mit deren Hilfe jetzt nicht die durchführende Arbeit, sondern die planende und kontrollierende Tätigkeit des Betriebsleiters rationalisiert werden kann.

Konkret gesagt: Auch in der Landwirtschaft muß - wie in allen übrigen Wirtschaftsbereichen - nach technischen Hilfsmitteln, wie Computern, Datenfernübertragungs- und Datenerfassungsgeräten gesucht werden, die einerseits den vollen Einsatz von leistungsfähigen methodischen Hilfsmitteln der Unternehmensführung gestatten, die andererseits jedoch erlauben, den damit notwendigerweise verbundenen Zeitaufwand für die Datenbeschaffung und die Kalkulation auf ein Minimum zu reduzieren. Auch für den Bereich der Betriebsführung muß also die Arbeitsproduktivität gesteigert werden.

Um welche Betriebsführungstätigkeiten geht es im einzelnen, welche Erfahrungen liegen mit zur Zeit praktizierten technischen Systemen

vor und welche Forderungen können daraus für die Zukunft abgeleitet werden?

3. Formen und Strukturen landwirtschaftlicher Betriebsführungsaufgaben

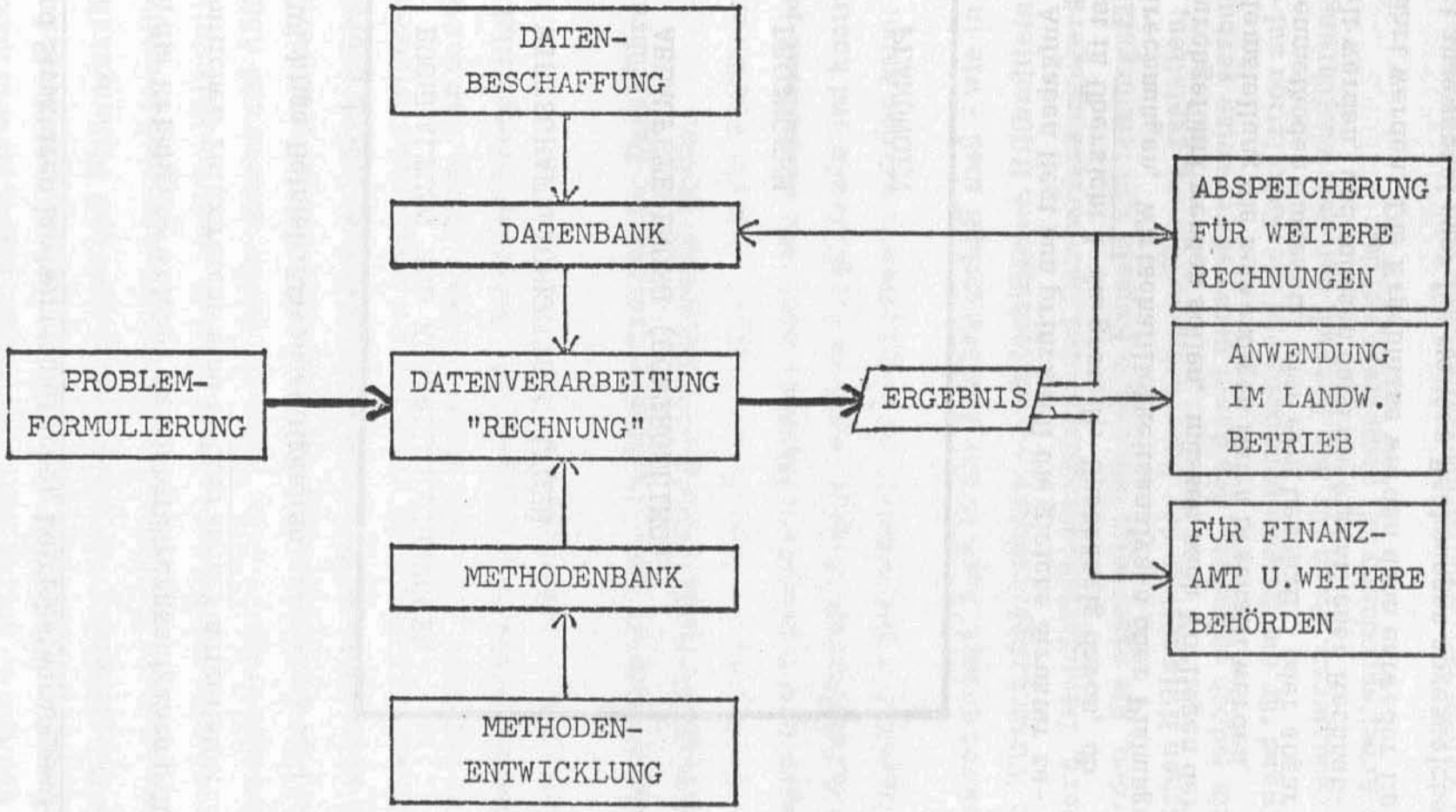
Zunächst: Um die Erledigung welcher Betriebsführungsaufgaben geht es? Die wesentlichen Teilbereiche sind in Übersicht 3 aufgelistet.

Übersicht 3: Wichtige Betriebsführungstätigkeiten

1. BUCHHALTUNG UND KONTROLLRECHNUNGEN
2. WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSEN
3. ABLAUFSTEUERUNG (CONTROLLING)
4. PROGNOSEN
5. PLANUNGEN

Jeder dieser Aufgaben liegt nun prinzipiell die gleiche Struktur zugrunde. Sie ist in Übersicht 4 dargestellt. Unabhängig davon, ob etwa Kontrollrechnungen, Wirtschaftlichkeitsanalysen oder Planungsrechnungen durchgeführt werden sollen, müssen nach Vorliegen der exakten Problemstellung die notwendigen Daten beschafft werden, müssen Rechenmethoden eingesetzt oder erst beschafft, oder sogar erst entwickelt werden, und müssen dann die eigentlichen Rechnungen durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden dann entweder im Betrieb direkt angewendet oder für weitere Rechnungen abgespeichert, oder auch an Behörden - wie z. B. der steuerliche Jahresabschluß an das Finanzamt - weitergeleitet.

Übersicht 4: Struktur von Betriebsführungstätigkeiten



Daraus, daß sämtliche Betriebsführungstätigkeiten die gleiche Struktur aufweisen, folgt nun, daß man für sämtliche Aufgaben ein einheitliches System aus Menschen, Maschinen und Methoden, nämlich ein sog. "computergestütztes Management-Informations-System" gestalten kann. Aufbau und Implementierung solcher Systeme für größere Unternehmen sind schon längst keine unlösbaren Probleme mehr.

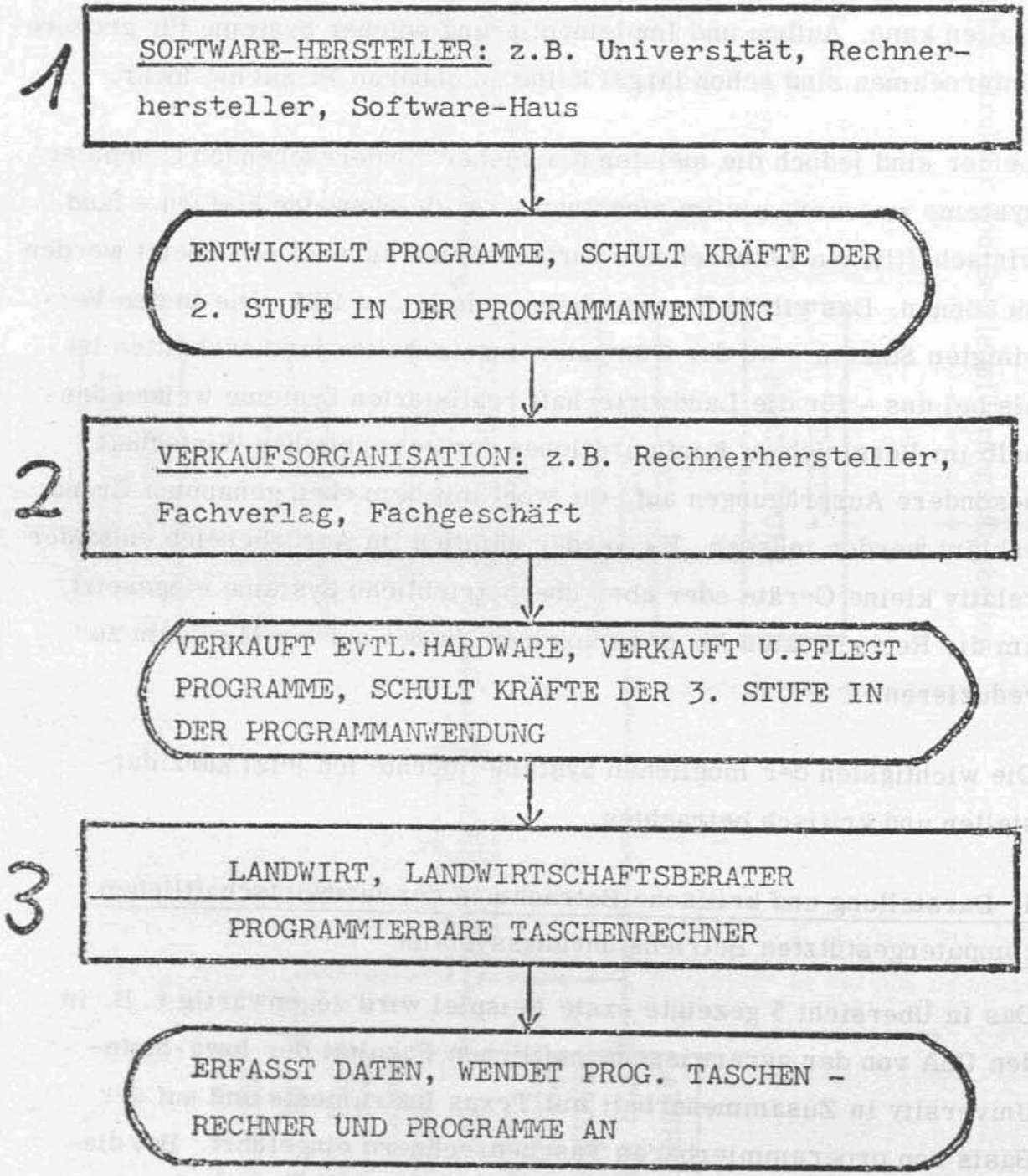
Leider sind jedoch die meisten der bisher vorherrschenden Computersysteme zu teuer, um im einzelnen - vergleichsweise kleinen - landwirtschaftlichen Unternehmen wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden zu können. Das gilt in Europa ebenso wie in den USA. Die in den Vereinigten Staaten - wo der Computereinsatz weiter fortgeschritten ist als bei uns - für die Landwirtschaft realisierten Systeme weisen deshalb im Vergleich zu Konfigurationen der gewerblichen Wirtschaft besondere Ausprägungen auf, die wohl mit dem eben genannten Grund erklärt werden müssen. Es werden nämlich im Agrarbereich entweder relativ kleine Geräte oder aber überbetriebliche Systeme eingesetzt, um die Rechenkosten für den einzelnen Nutzer auf ein Minimum zu reduzieren.

Die wichtigsten der möglichen Systeme möchte ich jetzt kurz darstellen und kritisch betrachten.

## 4. Darstellung und kritische Betrachtung der landwirtschaftlichen computergestützten Betriebsführungssysteme

Das in Übersicht 5 gezeigte erste Beispiel wird gegenwärtig z. B. in den USA von der agrarwissenschaftlichen Fakultät der Iowa-State-University in Zusammenarbeit mit Texas Instruments und auf der Basis von programmierbaren Taschenrechnern eingeführt. Bei diesem - am unteren Ende der Computerisierung stehenden System - geht man davon aus, daß Landwirte und deren Berater im Besitz von programmierbaren Taschenrechnern sind und von einer einschlägigen Verkaufsorganisation - etwa einem Fachverlag - Programmpakete als Steckmodulen kaufen. Das erste Modul mit 17

Übersicht 5: Prog. Taschenrechner (Iowa-State University + TI, USA)



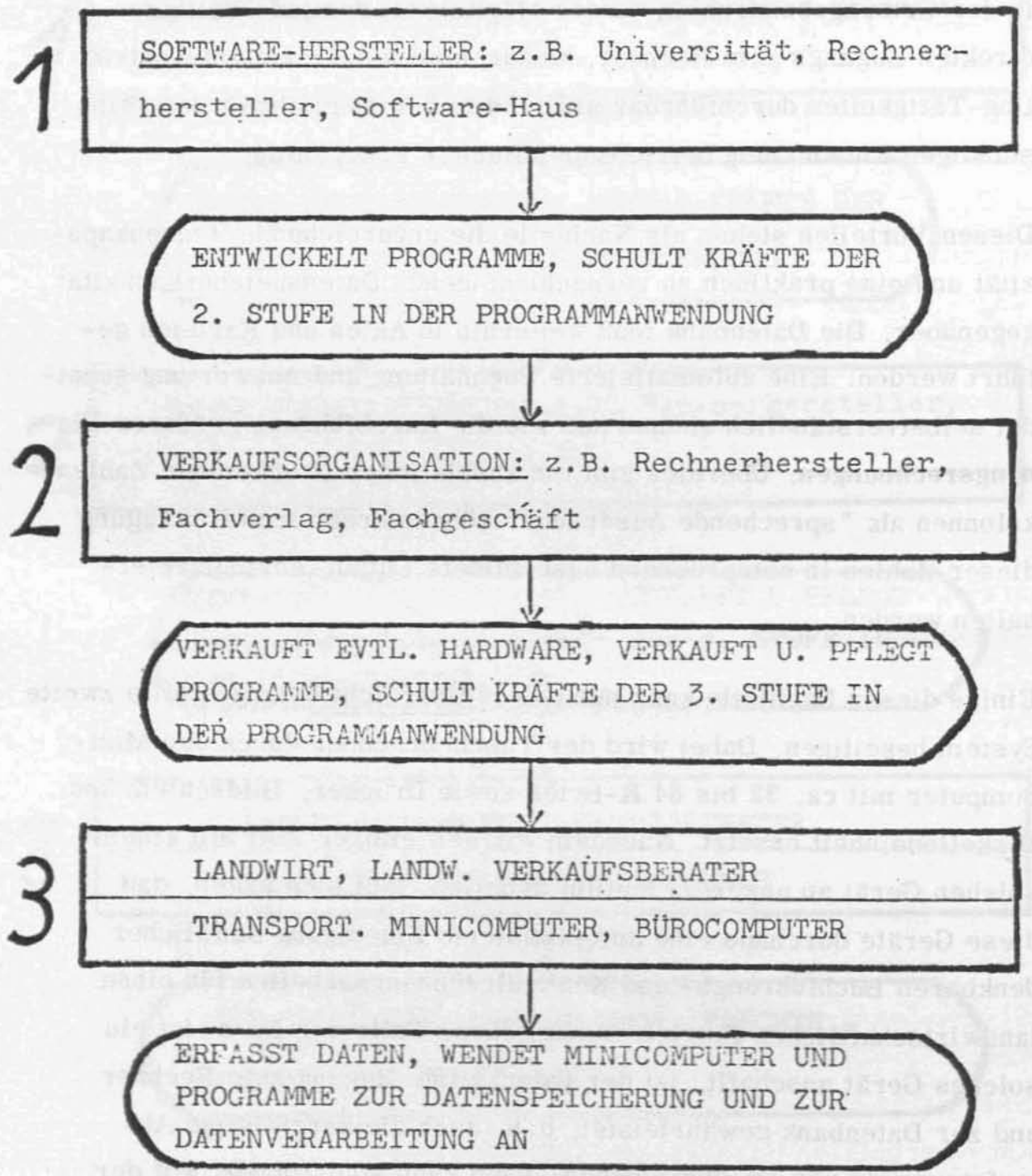
einfachen Programmen zur Kalkulation von Futterrationen und für einfache Liquiditätsplanungen kostet ca. 100, -- DM.

Die Vorteile dieses Systems für den Landwirt und/oder seinen Berater liegen in den geringen Investitions- und Operationskosten, in der Ortsungebundenheit, in der Möglichkeit des jederzeitigen direkten Zugangs zum Rechner, wodurch auch kurzfristige Controlling-Tätigkeiten durchführbar sind und in der Möglichkeit zur selbständigen Entwicklung betriebsspezifischer Programme.

Diesen Vorteilen stehen als Nachteile die unzureichende Rechenkapazität und eine praktisch zu vernachlässigende Datenspeicherkapazität gegenüber. Die Datenbank muß weiterhin in Akten und Karteien geführt werden. Eine automatisierte Buchhaltung und Auswertung scheidet selbstverständlich ebenso aus wie die Durchführung größerer Planungsrechnungen. Überdies gibt ein zusätzlicher Drucker nur Zahlenkolonnen ab; "sprechende Ausdrucke" können erst durch Eintragung dieser Zahlen in entsprechend ausgebildete Output-Formulare erhalten werden.

Einige dieser Nachteile kann nun das in Übersicht 6 dargestellte zweite System beseitigen. Dabei wird der Taschenrechner durch den Minicomputer mit ca. 32 bis 64 K-Bytes sowie Drucker, Bildschirm und Disketteneinheit ersetzt. Nachdem wir seit einiger Zeit mit einem solchen Gerät an unserem Institut arbeiten, läßt sich sagen, daß diese Geräte durchaus eine automatisierte Erledigung sämtlicher denkbaren Buchführungs- und Kontrollrechnungsarbeiten für einen landwirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Falls der Landwirt ein solches Gerät anschafft, ist der jederzeitige Zugang zum Rechner und zur Datenbank gewährleistet, d.h. auch die kurzfristige Ablaufsteuerung von Produktionsprozessen kann so erfolgen. Mit der Ausnahme sehr umfangreicher Planungsmodelle können praktisch sämtliche Prognose- und Planungsrechnungen für den Landwirtschaftsbetrieb durchgeführt werden. Fine mechanische Datenbank läßt sich mit einer Disketteneinheit unschwer anlegen. Vorteilhaft kann

Übersicht 6: Minicomputer (Realisiert in einigen größeren landw. Unternehmen und bei Verkaufsberatern in den USA und in Europa)



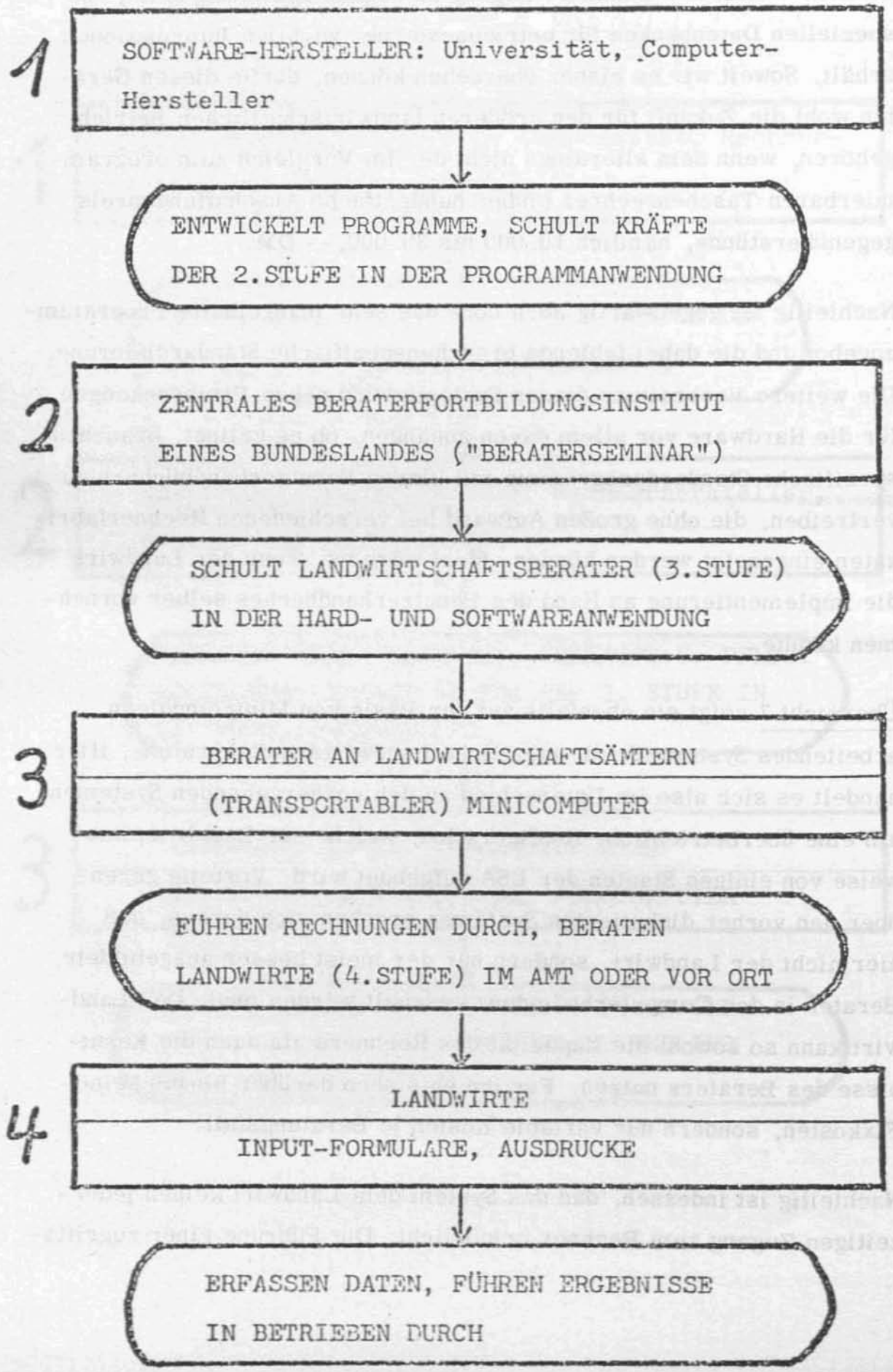
schließlich auch sein, daß diese Geräte mit Telefonkopplern als intelligente Terminals für einen Großrechner verwendet werden können, womit der Landwirt Zugang zu dessen Rechenkapazität und speziellen Datenbänken für betriebsexterne, wichtige Informationen erhält. Soweit wir es bisher übersehen können, dürfte diesen Geräten wohl die Zukunft für den größeren landwirtschaftlichen Betrieb gehören, wenn dem allerdings nicht der im Vergleich zum programmierbaren Taschenrechner bisher hundertfache Anschaffungspreis gegenüberstünde, nämlich 10.000 bis 30.000,-- DM.

Nachteilig ist gegenwärtig auch noch das sehr mangelhafte Programmangebot und die dabei fehlende branchenspezifische Standardisierung. Die weitere Verbreitung dieses Systems wird neben Preissenkungen für die Hardware vor allem davon abhängen, ob es gelingt, branchenspezifische Standardprogramme mit klaren Benutzerhandbüchern zu vertreiben, die ohne großen Aufwand bei verschiedenen Rechnerfabrikaten eingesetzt werden können. Ideal wäre es, wenn der Landwirt die Implementierung an Hand des Benutzerhandbuches selber vornehmen könnte.

Übersicht 7 zeigt ein ebenfalls auf der Basis von Minicomputern arbeitendes System für die staatliche Landwirtschaftsberatung. Hier handelt es sich also im Unterschied zu den vorhergehenden Systemen um eine überbetriebliche Konfiguration, welche zur Zeit beispielsweise von einigen Staaten der USA aufgebaut wird. Vorteile gegenüber den vorher diskutierten Systemen ergeben sich daraus, daß hier nicht der Landwirt, sondern nur der meist besser ausgebildete Berater in der Computerbedienung geschult werden muß. Der Landwirt kann so sowohl die Kapazität des Rechners als auch die Kenntnisse des Beraters nutzen. Für ihn entstehen darüber hinaus keine Fixkosten, sondern nur variable Kosten je Beratungsfall.

Nachteilig ist indessen, daß das System dem Landwirt keinen jederzeitigen Zugang zum Rechner ermöglicht. Die Führung einer zugriffs-

Übersicht 7: Minicomputer für staatliche Landwirtschaftsberatung eines Bundeslandes (Purdue-University im Aufbau)



schnellen, betriebsspezifischen Datenbank muß deshalb ebenso unterbleiben wie die Durchführung kurzfristiger Controlling-Tätigkeiten.

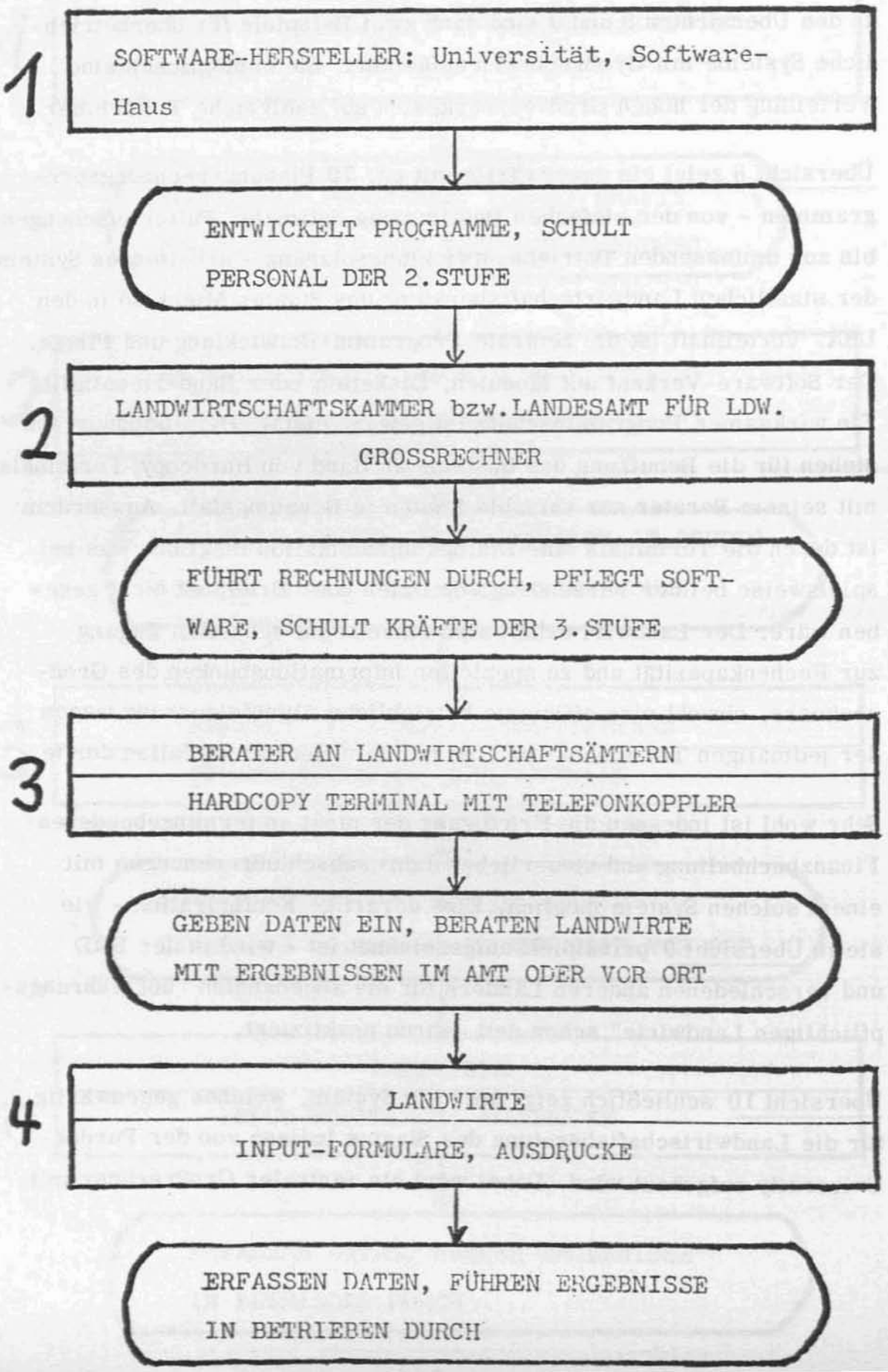
In den Übersichten 8 und 9 sind dann zwei Beispiele für überbetriebliche Systeme mit Großrechnern aufgeführt. Sie ermöglichen eine Verteilung der hohen Großrechnerkosten auf zahlreiche Teilnehmer.

Übersicht 8 zeigt ein gegenwärtig mit ca. 70 Planungsrechnungsprogrammen - von der einfachen Bestimmung optimaler Futtermischungen bis zur umfassenden Betriebsentwicklungsplanung - arbeitendes System der staatlichen Landwirtschaftsberatung des Staates Michigan in den USA. Vorteilhaft ist die zentrale Programm-Entwicklung und Pflege. Der Software-Verkauf auf Modulen, Disketten oder Bändern entfällt. Ein wirksamer Programmschutz ist gewährleistet. Dem Landwirt entstehen für die Benutzung des Systems an Hand von Hardcopy-Terminals mit seinem Berater nur variable Kosten je Beratungsfall. Ausserdem ist durch die Terminals eine Dialogkommunikation möglich, was beispielsweise bei der Versendung von Daten über Briefpost nicht gegeben wäre. Der Landwirt erhält also einen recht schnellen Zugang zur Rechenkapazität und zu speziellen Informationsbänken des Großrechners, obwohl eine effiziente betriebliche Ablaufsteuerung wegen der jedmaligen Terminabstimmung mit dem Berater entfallen dürfte.

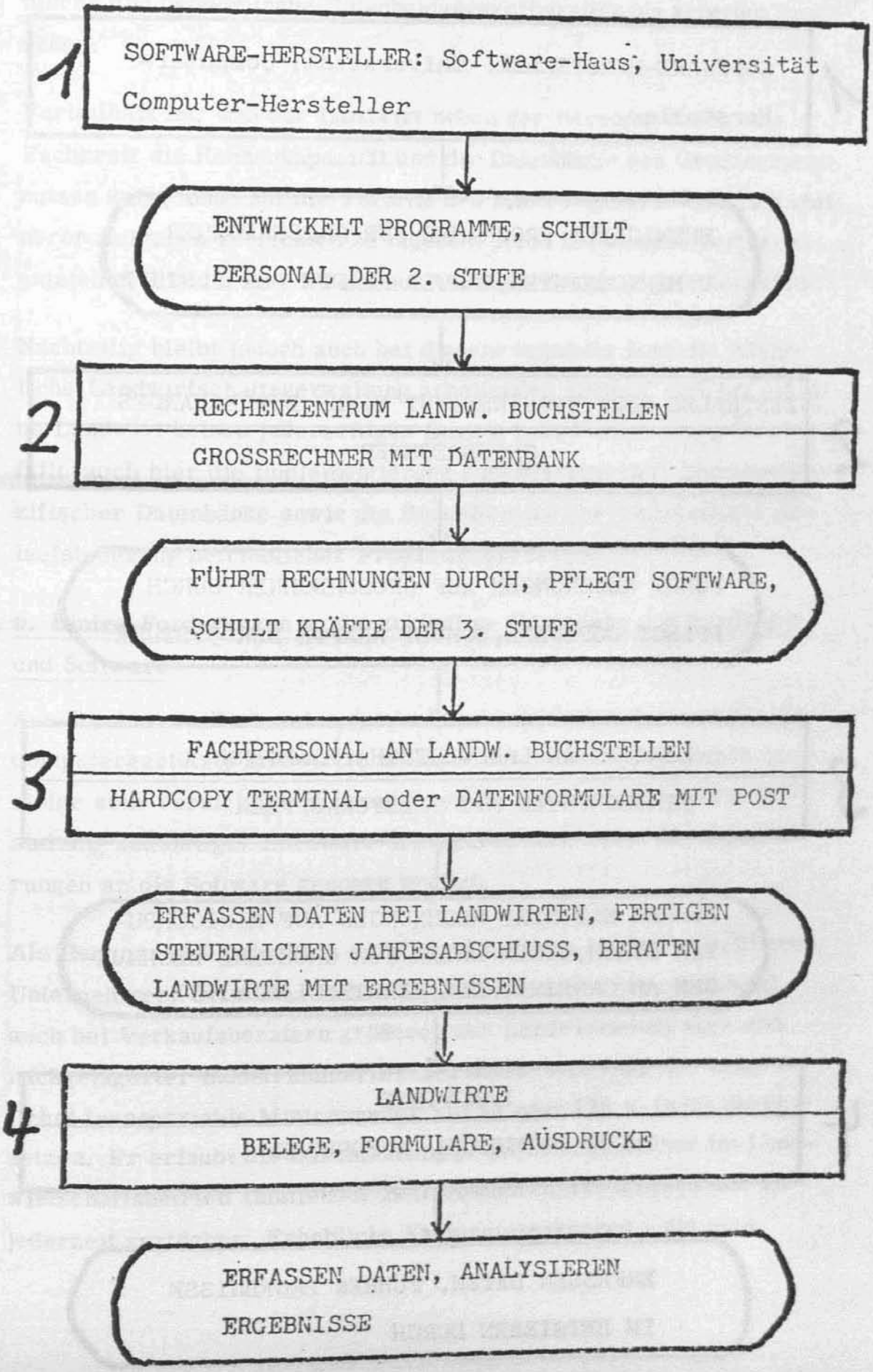
Sehr wohl ist indessen die Frledigung der nicht so termingebundenen Finanzbuchhaltung und steuerlichen Jahresabschlußrechnungen mit einem solchen System möglich. Eine derartige Konfiguration - wie sie in Übersicht 9 prinzipiell aufgezeichnet ist - wird in der BRD und verschiedenen anderen Ländern für die sogenannten "buchführungspflichtigen Landwirte" schon seit Jahren praktiziert.

Übersicht 10 schließlich zeigt noch ein System, welches gegenwärtig für die Landwirtschaftsberatung des Staates Indiana von der Purdue-University aufgebaut wird. Dabei wird ein zentraler Großrechner mit

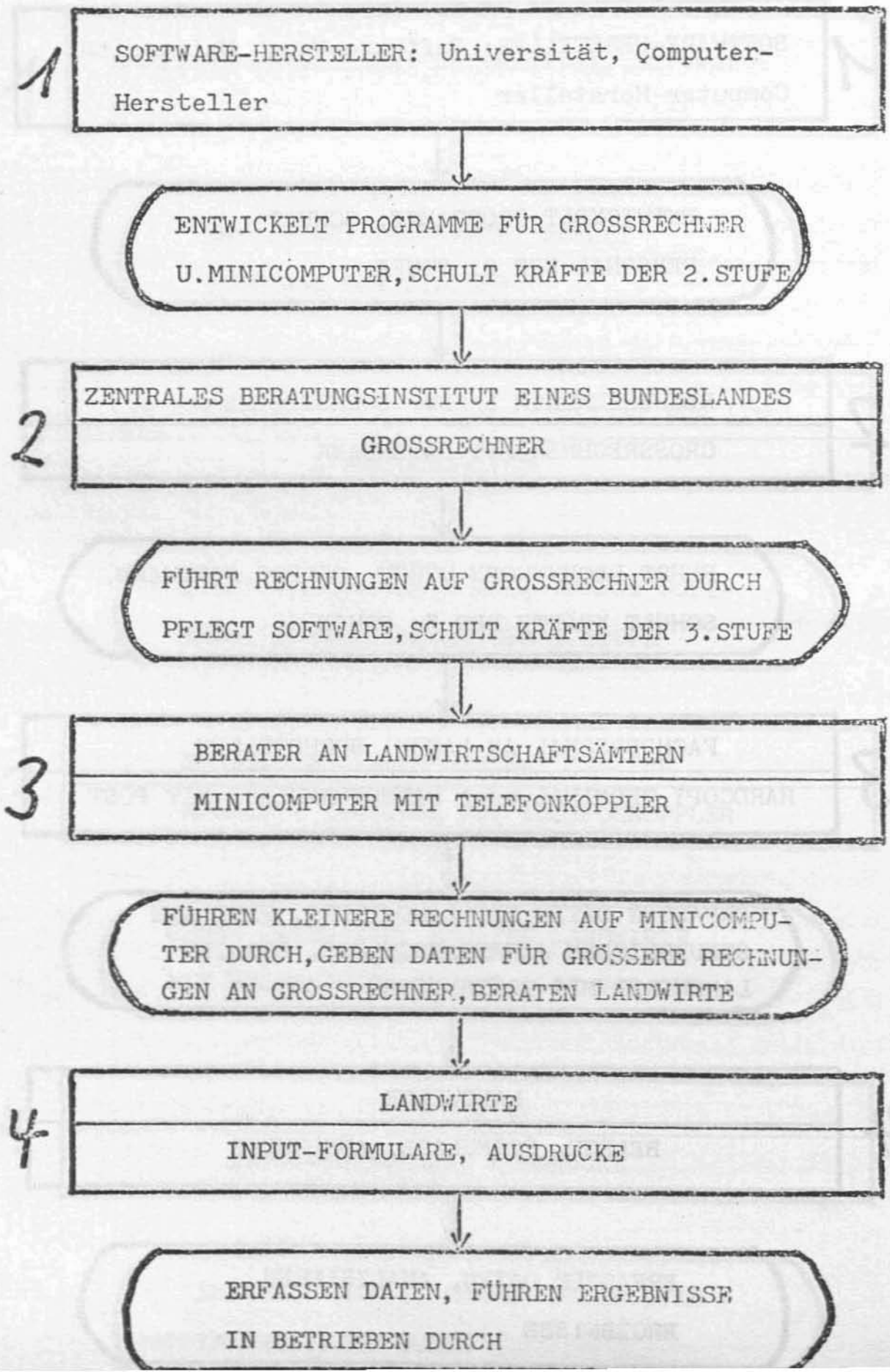
Übersicht 8: Zentraler Großrechner mit Hardcopy Terminals über Telefonkoppler für Planungsrechnungen (Telplan der Michigan State University)



Übersicht 9: Zentraler Großrechner mit Hardcopy Terminals oder Postzusendung der Daten für die Buchführung (Arbeitende Systeme in verschiedenen Ländern)



Übersicht 10: Zentraler Großrechner mit Minicomputern und Telefonkopplern für Planungsrechnungen (Purdue University)



zahlreichen Minicomputern kombiniert, um die Vorteile beider Maschinentypen zu gewinnen. Die Buchhaltung mit Abschlußrechnungen sowie etwa 20 Planungsrechnungsprogramme für produktionstechnische und ökonomische Entscheidungsvorbereitungen arbeiten inzwischen.

Vorteilhaft ist, daß der Landwirt neben der Beratung durch eine Fachkraft die Rechenkapazität und die Datenbänke des Großrechners nutzen kann, ohne auf die Vorteile des Minicomputers bezüglich kleinerer Aufgaben verzichten zu müssen. Auch bei diesem Verfahren entstehen ihm darüber hinaus nur variable Kosten je Beratungsfall.

Nachteilig bleibt jedoch auch bei diesem ebenfalls über die öffentliche Landwirtschaftsverwaltung arbeitenden System, daß der einzelne Landwirt keinen jederzeitigen Zugang zum Rechner hat. Damit entfällt auch hier die Implementierung zugriffsschneller, betriebsspezifischer Datenbänke sowie die Durchführung der kurzfristigen Ablaufsteuerung betrieblicher Produktionsprozesse.

## 5. Einige Forderungen an die zukünftige Gestaltung von Hardware und Software

Aus der kurzen Diskussion der bisher bestehenden Systeme für die computergestützte landwirtschaftliche Betriebsführung können nun einige sehr vorsichtige Konsequenzen für die wünschenswerte Gestaltung zukünftiger Hardware-Konfigurationen sowie für Anforderungen an die Software gezogen werden.

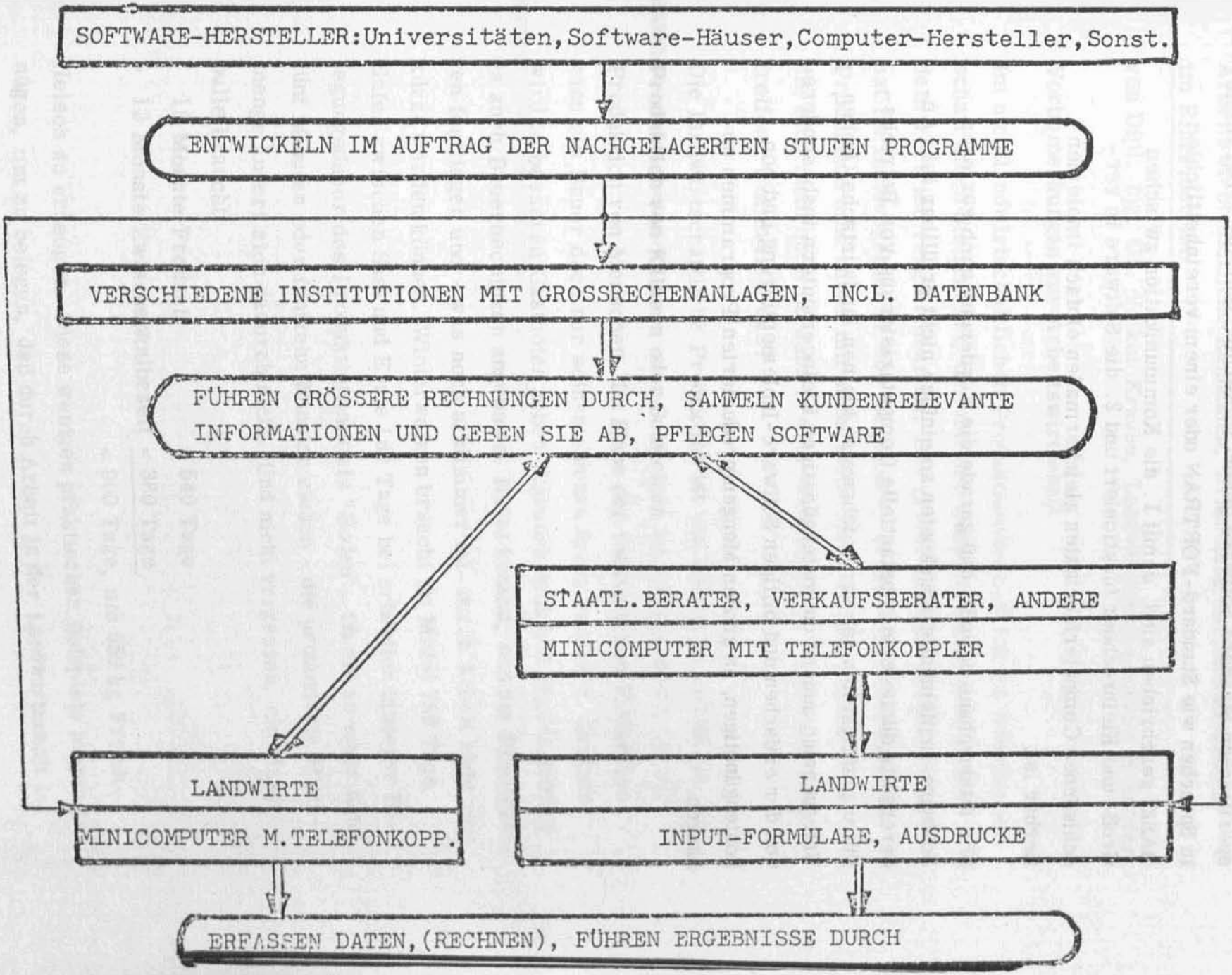
Als Rechner und Datenbank vor Ort, d.h. beim landwirtschaftlichen Unternehmer, beim staatlichen Landwirtschaftsberater und wohl auch bei Verkaufsberatern größerer der Landwirtschaft vor- und nachgelagerter Industrieunternehmen dürfte sich wohl der möglichst transportable Minicomputer mit 64 oder 128 K-Bytes durchsetzen. Er erlaubt die Durchführung praktisch sämtlicher im Landwirtschaftsbetrieb anfallender Betriebsführungstätigkeiten und ist jederzeit verfügbar. Erhebliche Kaufpreissenkungen - die man

vermutlich erwarten kann - würden seine Einführung in der praktischen Landwirtschaft auch für mittlere Betriebe durchaus fördern.

Darüber hinaus kann der Minicomputer mit Telefonkoppler den schnellen Zugang zum Großrechner ermöglichen, um die Vorteile dieses Maschinentyps ebenso zu nutzen. Mehrere Großrechner, die verschiedene Serviceleistungen bieten - z. B. Buchhaltungsprogramme, größere Simulationsmodelle als Planspiele für Schulungszwecke oder für die Unternehmensentwicklungsplanung oder bestimmte Datenbanken für produktionstechnische und marktwirtschaftliche Informationen - sollten von jeweils einem Minicomputer anwählbar sein. Großrechner mit derartigen Serviceleistungen sind bereits von einigen für die Landwirtschaft tätigen öffentlichen und privaten Institutionen in der Bundesrepublik installiert, weitere sind in der Vorbereitungsphase.

Insgesamt könnte sich daraus das in Übersicht 11 skizzierte System ergeben: Software-Hersteller entwickeln im Auftrag der Service-Rechenzentren und der verschiedenen Kleinberechnerbetreiber - Landwirte und Berater - die Programme. Landwirte und Berater haben mit ihren Geräten die Möglichkeit, einen Großteil der Betriebsführungstätigkeiten selber zu erledigen und außerdem für spezielle Zwecke die Serviceleistungen verschiedener Großrechner zu nutzen.

Besondere Probleme dürfte indessen die rasche Entwicklung der notwendigen Software bereiten. Wegen verschiedener Besonderheiten der landwirtschaftlichen Produktion und auch der zuständigen Gesetzgebung kann hier kaum Software aus anderen Wirtschaftsbereichen übernommen werden. Es müßte also landwirtschaftsspezifische Software entwickelt werden, die jedoch so standardisiert ist, daß sie von vielen Betrieben dieser Branche eingesetzt werden kann. Außerdem sollten die Programme so nutzerfreundlich aufbereitet sein, bzw. mit entsprechend detaillierten Benutzerhandbüchern versehen sein, daß sie auch vom meist vergleichsweise gering vorgebildeten Landwirt, der nicht über Verwaltungsfachkräfte verfügt, nach einer eventuellen Gruppenschulung implementiert werden können. Zur branchen-


SOFTWARE-HERSTELLER: Universitäten, Software-Häuser, Computer-Hersteller, Sonst.
ENTWICKELN IM AUFTRAG DER NACHGELAGERTEN STUFEN PROGRAMME
VERSCHIEDENE INSTITUTIONEN MIT GROSSRECHENANLAGEN, INCL. DATENBANK
FÜHREN GRÖSSERE RECHNUNGEN DURCH, SAMMELN KUNDENRELEVANTE INFORMATIONEN UND GEBEN SIE AB, PFLEGEN SOFTWARE
STAATL. BERATER, VERKAUFSBERATER, ANDERE
MINICOMPUTER MIT TELEFONKOPPLER
LANDWIRTE
MINICOMPUTER M. TELEFONKOPP.
LANDWIRTE
INPUT-FORMULARE, AUSDRUCKE
ERFASSEN DATEN, (RECHNEN), FÜHREN ERGEBNISSE DURCH

spezifischen Standard Software gehört weiterhin, daß die Programme in Sprachen wie Standard-FORTRAN oder einem vereinheitlichten BASIC geschrieben sind, damit 1. die Kommunikation zwischen Groß- und Kleinrechner funktioniert und 2. die Software in verschiedenen Computerfabrikaten gleichermaßen einfach implementierbar ist.

Mir ist durchaus bewußt, daß gerade die Forderung nach geringen Software-Implementierungskosten so einfach nicht erfüllbar ist. Andererseits dürfte eine substantielle Computerisierung von Betriebsführungstätigkeiten der vergleichsweise kleinen landwirtschaftlichen Unternehmen außer von kostengünstigen Kleincomputern insbesondere von der einfachen und billigen Software-Inplementierung und von kostengünstigen, in großen Mengen produzierten Programmen abhängen.

# Arbeitswirtschaftliche Kenndaten, Ermittlung und Nutzanwendung im Einzelbetrieb

von Dipl. Ing. Dr. Volker Krause, Landwirtschaftskammer Hannover

## Vorbemerkungen zur Arbeitswirtschaft

Im nichtlandwirtschaftlichen Produktionsbereich hat die Arbeitswirtschaft einen Stellenwert, der mit der Konstruktionsabteilung oder dem Vertrieb vergleichbar ist. Der größte Berufsverband (REFA) hat im Bundesgebiet 47.000 Mitglieder. In der landwirtschaftlichen Produktion sind außer mir nicht mehr als zehn Spezialisten tätig, die sich mehrmals im Jahr in drei verschiedenen Fachausschüssen treffen. Woran liegt das?

Die landwirtschaftliche Produktion ist von Anfang an biologisch. Die Produktion von Kälbern oder Schweinen ist so altmodisch wie die Produktion von Menschen. Im Sinne der industriellen Produktion kann ein Bauer doch nur seinen eigenen Speck erzeugen. Deshalb wird in besseren Gasthöfen neben Zigeunersteak und Jägerschnitzel ja auch Bauernschinken angeboten. Hinzu kommt, daß die Prozeßzeiten festliegen und - was noch schlimmer ist- durch Arbeit nicht verkürzt werden können. Winterweizen braucht im Mittel 260 Tage, Hafer zwischen Saat und Ernte 160 Tage bei erheblich längerer Belegungsdauer des Produktionsmittels "Boden". Ob Sie an einer Kuh fünf Minuten oder fünfzehn Minuten ziehen - die produzierte Milchmenge ändert sich dadurch nicht. Und nicht vergessen, ein Mastbulle braucht

18 Monate Freßzeit = 540 Tage
\+ 12 Monate Zwischenkalbezeit = 360 Tage
= 900 Tage, um 550 kg Frischfleisch zu erzeugen.

Diese wenigen praktischen Beispiele mögen genügen, um zu belegen, daß durch Arbeit in der Landwirtschaft in der Regel nichts produziert wird.

Wir definieren Arbeit als

berufsmäßiges Tätigsein für andere.

Wird jedoch durch Arbeit nichts produziert, so ist sie zwecklos oder? Wir definieren Zweck als

vorweggenommene Wirkung unseres Tätigseins

und finden daher in der landwirtschaftlichen Produktion zehn verschiedene Arbeitszwecke (Abb. 1).

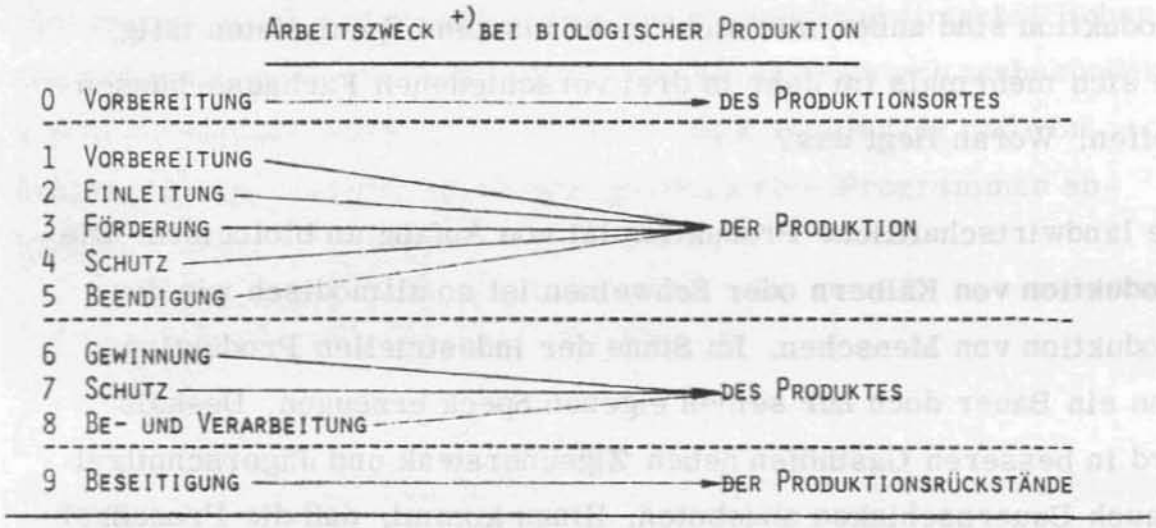



Abb. 1

Der Ordnung halber weise ich auf die nicht produktionsbezogenen Arbeiten hin, wie z. B. Ein- und Verkauf, Buchhaltung, Arbeiten im Lohn, d. h. für den Maschinenring usw. Diese zehn Zwecke ermöglichen uns ein dezimales Sortierprogramm für alle produktionsbezogenen Arbeitsgänge (Abb. 2). Das kommt der Datensammlung und -verarbeitung sehr zustatten, wie wir noch sehen werden.

Leider ist die Zeit und die Zeitmessung von Anfang an mit Ideologie befrachtet, wie das Zifferblatt Ihrer Armbanduhr auch Ihnen bestätigt:

12 oder 24 + 60 + 60

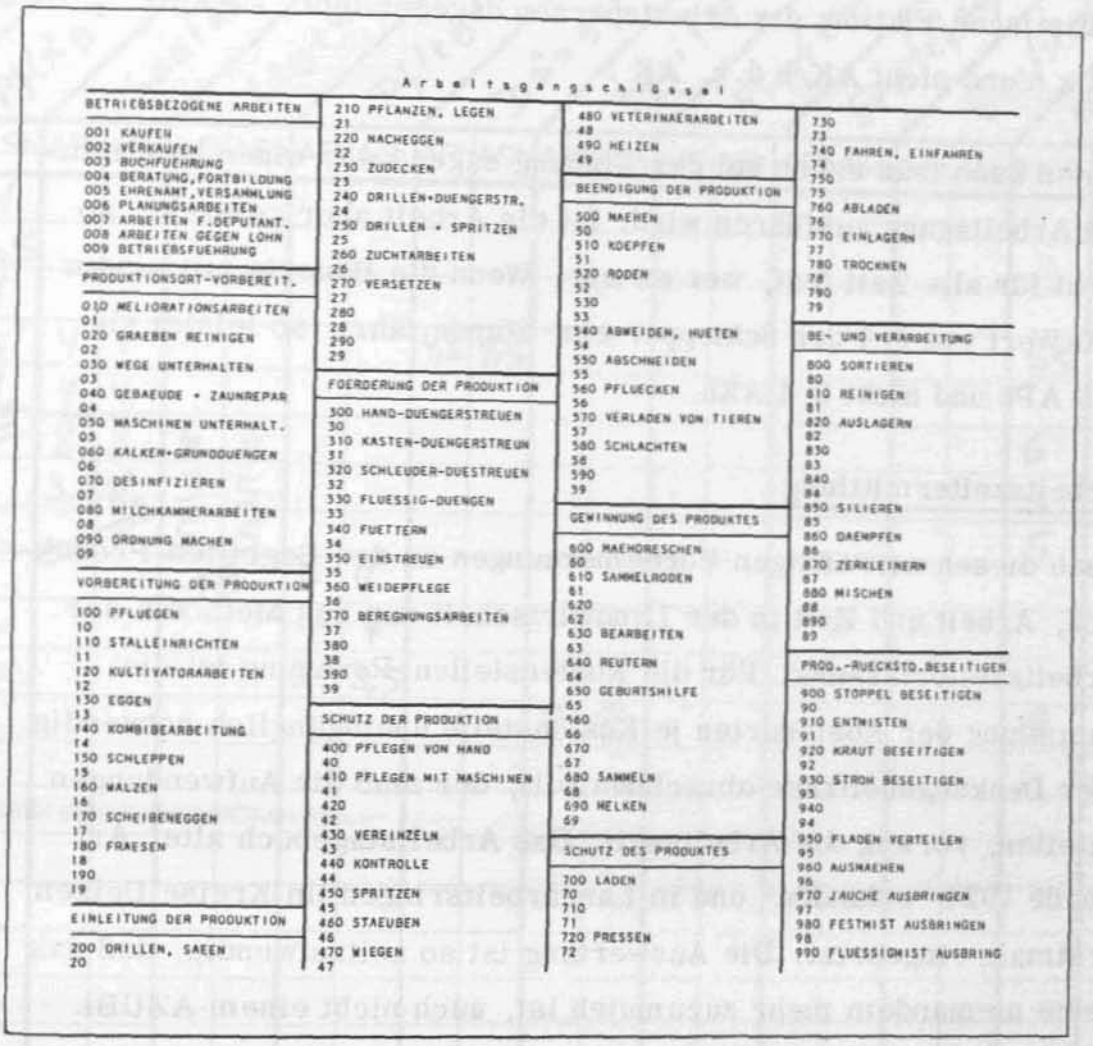



Abb. 2

d.h. Duo-Dezimalsystem und Sexagesimalsystem aber kein Dezimalsystem. Napoleon I. hat den gotteslästerlichen Versuch zur Dezimalteilung der Zeit gewagt und den Tag in 10 "Stunden" à 100 "Minuten" zu 100 "Sekunden" geteilt. Die katholische Kirche ließ ihn scheitern. TAYLOR bescherte uns vor 100 Jahren die Dezimalminute, der vor ca. 50 Jahren die TMU (Time Measurement Unit) als 100.000ster Teil eines Tages, entsprechend 1 Napoleon-Einheit, in der modernen Arbeitswirtschaft folgte. Änderungen der bürgerlichen Zeitrechnung erwarte ich nicht.

In der Arbeitswirtschaft benutzen wir als Maß für die Zeitkalkulation die AKh = Arbeitskraftstunde und für die Zeitkontrolle die APh = Arbeitspersonenstunde. Diese Unterscheidung wurde schon 1941 von RIES eingeführt, denn die AK ist nur eine Rechengröße, eine

statistische Fiktion; die Arbeitsperson dagegen lebt. - AKh = AK x h und nicht AK/h d.h. $\frac{AK}{h}$ !

Selten kann man schon bei der Planung sagen, wer einen bestimmten Arbeitsgang ausführen wird. Ist die Arbeit aber gemacht, so steht für alle Zeit fest, wer es war. Wenn die Bäuerin mit einem AK-Wert von 0,4 den Schlepper eine Stunde fährt, so leistet sie 1,0 APh und nicht 0,4 AKh.

Arbeitszeitermittlung

Nach diesen notwendigen Vorbemerkungen zu den Begriffen Produktion, Arbeit und Zeit in der Landwirtschaft nun zur Methodik der Arbeitszeiterfassung. Für die Kostenstellen-Rechnung ist die Sammlung der Kostenarten je Kostenstelle unumgänglich notwendig. Wer Deckungsbeiträge abrechnen will, der muß die Aufwendungen zuteilen, vorweg die Arbeitszeit. Das Arbeitstagebuch alter Art wurde 1924 "erfunden" und in Landarbeitsringen im Kreise Uelzen erstmals eingesetzt. Die Auswertung ist so zeitaufwendig, daß das heute niemandem mehr zuzumuten ist, auch nicht einem AZUBI. So kamen wir 1966 auf dem logischen Weg zum Zeitkonto mit Naturalkonto (Abb. 3 und 4). Jeder Arbeitsgang wird dabei nur einmal aufgeschrieben und dann nur noch die Dauer, d.h. der Zeitaufwand eingetragen. Zeit ist aber nur ein Maßstab für die Leistung, deshalb muß das Arbeitsergebnis gleichzeitig angegeben werden. Für die Bodenproduktion ist das in der Regel das ortsübliche Flächenmaß. Umrechnung auf bundeseinheitliche Hektar sollte man nur einmal bei der Verwertung machen. Das verringert die Fehlerzahl.

Das Naturalkonto wird immer dann bewegt, wenn ein Verteil- oder Sammelarbeitsgang ausgeführt wurde. Bruttomengen genügen! Auch hier gilt, daß Umrechnungen später und dann nur einmal gemacht werden sollen. Die Auswertung der Kontenblätter sollte fortlaufend erfolgen. Wenn z.B. am 10. Mai die Kartoffelbestellung beendet ist, sollten noch am selben Abend alle hierzu gehörenden Arbeitsgangdaten aufaddiert und der Mittelwert gebildet werden. Jetzt, so kurz

Abb. 3

**Zeitkonto** Kartoffelbau 2,5 ha

| Arbeitsergebnis | | Pflügen | | Saatbeet | | Legen, Ggr. | | Pflegen | | Düngerstr. | | Spritzen | | Ernten | | Erntetransp. | | Einlagern | | Nichtständige | 1970 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| vha | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | APh | ASh | NAPh | Datum |
| 4 | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4. IV. |
| 3 | 3,5 | 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4. IV. |
| 3 | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10. IV. |
| 10 | 11,5 | | 4 | 4 | | | | | 4,5 | 4,5 | | | | | | | | | 4,5 | 11. IV. |
| 10 | 4,6 l/ha | | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | 23. IV. |
| 4 | | | 8 | 8 | 6 | 6 | | | | | | | | | | | | | 6 | 24. IV. |
| 3 | | | 3,2 l/ha | | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 | 25. IV. |
| 3 | | | | | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 | 27. IV. |
| 10 | | | | | 16 | | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | 6. V. |
| 10 | | | | | | | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | 16. V. |
| 10 | | | | | | | 3,5 | 3,5 | | | | | | | | | | | | 25. V. |
| 10 | | | | | | | | | | | 9 | 9 | | | | | | | 9 | 5. VI. |

Abb. 4

**Naturalkonto** Speisekartoffel

**JAHR:** 1976
**BETRIEB:** Max Neumann

| 12/12/17/2 | Saatgut, Zukauf | „ , Eigen | Aresin | Ditbane | KAS | Gusathion | | Ernte | | | | | je ha o. Stck. / inges. / Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DT | DT | DT | KG | KG | DT | KG | | DT | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | 8.3.76 |
| | 21,5 | 50,0 | | | | | | | | | | | 11.3. |
| | | | 7 | | | | | | | | | | 21.4. |
| | | | | 4 | | | | | | | | | 12.5. |
| 11 | | | | | | | | | | | | | 20.5. |
| | | | | | 5,5 | | | | | | | | 9.6. |
| | | | | | | 2,2 | | | | | | | 12.6. |
| | | | | | | 2,2 | | | | | | | 30.6. |
| | | | | | | | | 75 | | | | | 23.8. |
| | | | | | | | | 75 | | | | | 25.8 |
| | | | | | | | | 75 | | | | | 27.8 |
| | | | | | | | | 75 | | | | | 30.8. |
| | | | DM/Einheit | | | | | | | | | | |
| 50,74 | 61,43 | | 28,- | 8,50 | 35,99 | 13,25 | | | | | | | |

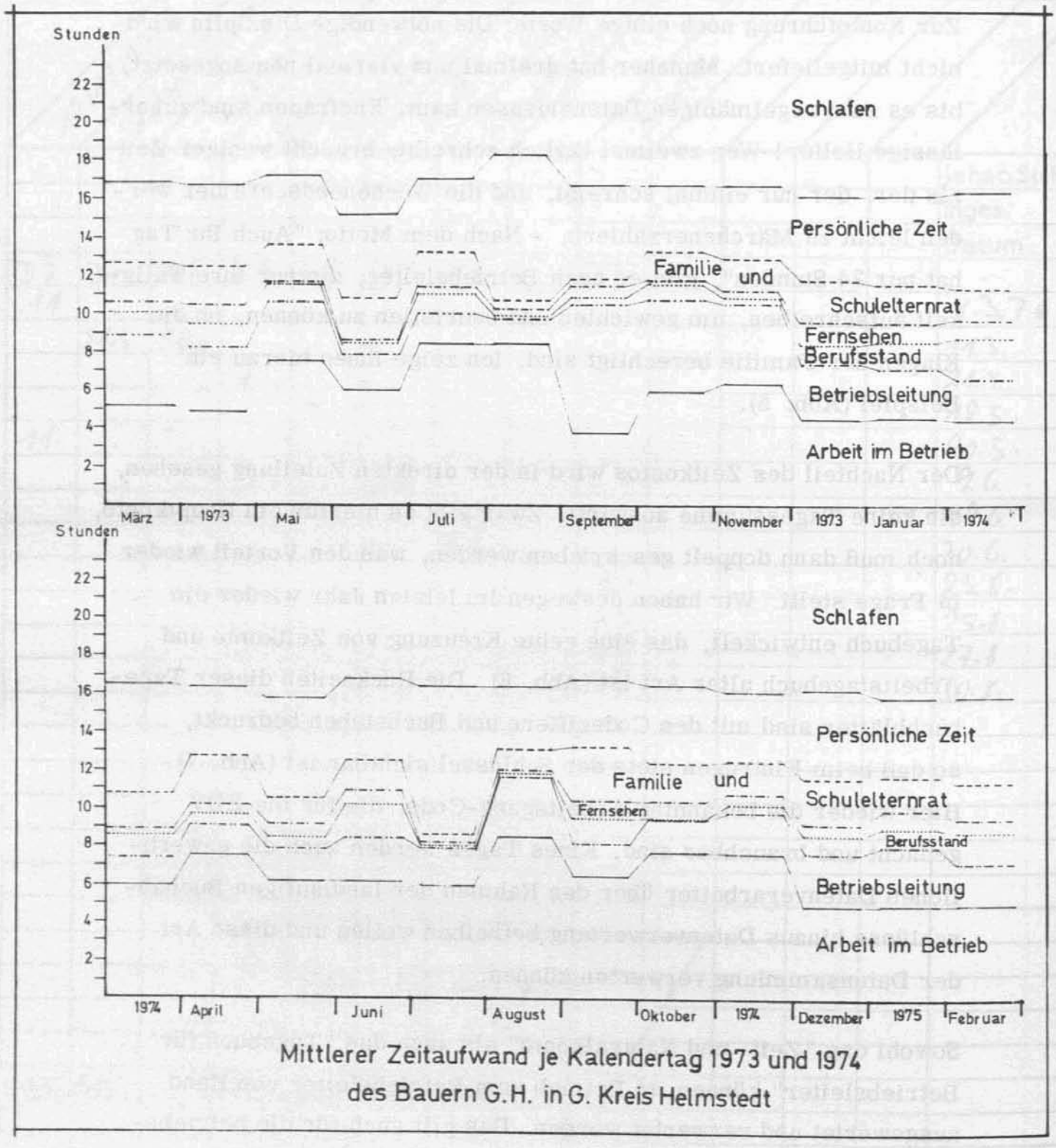
danach, lassen sich Fehler oder Unstimmigkeiten noch korrigieren. Nach einem Jahr wäre das kaum noch möglich.

Zur Kontoführung noch einige Worte: Die notwendige Disziplin wird nicht mitgeliefert. Mancher hat dreimal und viermal neu angesetzt, bis es zum regelmäßigen Datenerfassen kam. Ehefrauen sind zuverlässige Helfer! Wer zweimal täglich schreibt, braucht weniger Zeit als der, der nur einmal schreibt, und die Wochenendschreiber werden leicht zu Märchenerzählern. - Nach dem Motto: "Auch Ihr Tag hat nur 24 Stunden", gibt es auch Betriebsleiter, die nur ihre Tätigkeit aufschreiben, um gewichten und beurteilen zu können, ob die Klagen der Familie berechtigt sind. Ich zeige Ihnen hierzu ein Beispiel (Abb. 5).

Der Nachteil des Zeitkontos wird in der direkten Zuteilung gesehen, die keine Tagessumme auswirft. Zwar gibt es hierfür ein Hauptkonto, doch muß dann doppelt geschrieben werden, was den Vorteil wieder in Frage stellt. Wir haben deswegen im letzten Jahr wieder ein Tagebuch entwickelt, das eine echte Kreuzung von Zeitkonto und Arbeitstagebuch alter Art ist (Abb. 6). Die Rückseiten dieser Tagebuchblätter sind mit den Codeziffern und Buchstaben bedruckt, so daß beim Eintragen stets der Schlüssel sichtbar ist (Abb. 7). Hier wieder die bekannten Arbeitsgang-Code, die für die EDV gedacht und brauchbar sind. Eines Tages werden auch die gewerblichen Datenverarbeiter über den Rahmen der landläufigen Buchabschlüsse hinaus Datenverwertung betreiben wollen und diese Art der Datensammlung verwerten können.

Sowohl das "Zeit- und Naturalkonto" als auch das "Tagebuch für Betriebsleiter" können im Betrieb vom Betriebsleiter von Hand ausgewertet und verwertet werden. Das gilt auch für die betriebseigene EDV-Buchhaltung, die z. Z. in Entwicklung ist. Spätestens zur DLG-Schau in Hannover können Sie das FINDE-Programm (Finanzbuchhaltung mit integrierter Naturaldaten-Erfassung) erleben, das für einen Mikro-Computer geschrieben ist und z. Z. erprobt wird.

Abb. 5




Mittlerer Zeitaufwand je Kalendertag 1973 und 1974
des Bauern G.H. in G. Kreis Helmstedt

## Tagebuch für Betriebsleiter

| Datum | Nutzbark | Vieh-APh MK FIB | Vieh-APh S | Arbeitsart oder Arbeitsgang Code | Arbeitsart oder Arbeitsgang | Betriebszweig und Arbeitsort Code | Betriebszweig und Arbeitsort | Hof-, Feld-APh T | Hof-, Feld-APh U | Naturaldaten-Veränderung Code | Naturaldaten-Veränderung | Menge | to dt kg l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.10. | 7 | 5,5 | 0,5 | 610 | Kart. Roden | K 7 | Speise-Kart. | | 4,3 | 622 | Speise-Kart | +12,0 | to |
| | | | | 140 | Kombikarbeitung | G 6 | W. Roggen | 5,0 | | | | | |
| | | | | 200 | Drillen | G 6 | " " | | 5,0 | 429 | Saat-Roggen | -4,6 | dt |
| | | | | 320 | Einzelstreuen | G 6 | " " | 2,3 | | 316 | 40-er Kali | -9,0 | dt |
| 1. | 0 | 5,5 | 0,5 | 050 | Maul. Rep. | H | Werkstatt | 6,0 | 6,0 | | | | |
| 2. | 2 | 5,5 | 0,5 | 101 | Pflügen | G 9 | Weizen | 7,5 | | | | | |
| 3. | 4 | 5,5 | 0,5 | 140 | Kombikarbeitung | G 9 | " | | 3,5 | | | | |
| | | | | 200 | Drillen | G 9 | " | 3,5 | | 429 | Saat-Weizen | -5,0 | dt |
| 4. | 1 | 5,5 | 0,5 | | [illegible] | | | | | | | | |
| 5. | 3 | 5,5 | 0,5 | 040 | Sch. Reparat. | H | [illegible] | [illegible] | | | | | |
| | | | | 005 | [illegible] | A | [illegible] | | [illegible] | | | | |
| 26. | 5 | 5,5 | 0,5 | 450 | [illegible] | G 5 | [illegible] | | [illegible] | 340 | [illegible] | -25 | kg |
| | | | | 450 | " | G 4 | " | | [illegible] | 340 | [illegible] | -5 | kg |
| | | 38,5 | 3,5 | | | | | 29,3 | 20,5 | | | | |

## Arbeitsgänge

**Betriebsbezogene Arbeit.**
001 Kaufen
002 Verkaufen
003 Buchhaltung
004 Beratung, Fortbildung
005 Ehrenamt, Versammlung
006 Planungsarbeiten
007 Arbeiten f. Deputant.
008 Arbeiten gegen Lohn
009 Betriebsleitung

**Produktionsort-Vorbereitung**
010 Meliorationsarbeiten
020 Gräben reinigen
030 Wege unterhalten
040 Gebäude + Zaunrepar.
050 Maschinen unterhalten
055 Saison-Rü starbeiten
060 Kalken-Grunddüngen
070 Desinfizieren
080 Milchkammerarbeiten
090 Ordnung machen

**Vorbereitung d. Produkt.**
100 Pflügen
110 Stalleinrichten
120 Kultivatorarbeiten
130 Eggen
140 Kombibearbeitung
150 Schleppen
160 Walzen
170 Scheibeneggen
180 Fräsen
190

**Einleitung d. Produktion**
200 Drillen, Säen
205 EK-Drillen
210 Pflanzen
215 Kart.-Legen
220 Nacheggen
230 Zudecken
240 Drillen + Düngerstr.
250 Drillen + Spritzen
260 Zuchtarbeiten
270 Versetzen
280
290

**Förderung d. Produktion**
300 Hand-Düngerstreuen
310 Kasten-Düngerstreuen
320 Schleuder-Düngerstreuen
330 Flüssig-Düngen
340 Füttern
345 Futter holen
350 Einstreuen
360 Weidepflege
370 Beregnungsarbeiten
380
390

**Schutz der Produktion**
400 Pflegen von Hand
410 Pflegen mit Maschinen
420
430 Vereinzeln
440 Kontrolle
450 Spritzen
460 Stäuben
470 Wiegen
480 Veterinärarbeiten
490 Heizen

**Beendigung d. Produktion**
500 Mähen
510 Köpfen
520 Roden
530
540 Abweiden, Hüten
545 Elektrozaun
550 Abschneiden
560 Pflücken
570 Verladen von Tieren
580 Schlachten
590

**Gewinnung des Produktes**
600 Mähdreschen
610 Sammelroden, Kartoffel
615 Sammelroden, Zuckerrüben
620
630 Bearbeiten
640 Reutern
650 Geburtshilfe
660
670
680 Sammeln
690 Melken

**Schutz des Produktes**
700 Laden
705 Ladewagen laden
710
720 Pressen, ND
725 Pressen, HD
730
740 Fahren, Einfahren
750
760 Abladen
770 Einlagern
780 Trocknen
790 Kühlen

**Be- und Verarbeitung**
800 Sortieren
810 Reinigen
820 Auslagern
830 Abfüllen
840
850 Silieren
855 Silo zudecken
860 Dämpfen
870 Zerkleinern
880 Mischen
890

**Prod-Rückstd.beseitigen**
900 Stoppel beseitigen
910 Entmisten
920 Kraut beseitigen
930 Stroh beseitigen
940
950 Fladen verteilen
960 Ausmähen
970 Jauche ausbringen
980 Festmist ausbringen
990 Flüssigmist ausb.

## Betriebszweige o.ä.

A Allgemeines
B Bauarbeiten
C
D
E
F Futterbau
G Getreide
H Hofarbeiten
I
K Kartoffel
L
M Mais
N Nachbarschaaftshi.,MR
O Obst
P
Q
R Futterrüben
S Silage
T Trocknung
U Unterh. Reparatur
V Vieh
W Wiese, Grünland
X
Y
Z Zuckerrüben

V 01 Pferde
V 11 Kälber
V 17 Färsen
V 18 Milchkühe
V 24 Mastkälber
V 25 Mastbullen
V 30 Milch
V 40 Schafe
V 53 Mastschweine
V 56 Zuchtsauen
V 64 Legehennen
V 65 Masthähnchen
V 70 Puten
V 73 Gänse
V 76 Enten

## Textschlüssel

600 Getreide
601 Winterweizen
602 Sommerweizen
429 Saatweizen
603 Roggen
429 Saatroggen
604 Wintergerste
605 Sommergerste
429 Saatgerste
606 Hafer
429 Saathafer
614 Getr.Hülsenfr.Gem.
609 Körnermais

611 Erbsen
612 Ackerbohnen
613 Wicken

615 Winterraps
616 Sommerraps

621 Frühkartoffeln
622 Speisekartoffeln
623 Futterkartoffeln
624 Ind. Kartoffeln
624 Saatkartoffeln
625 Zuckerrüben
626 Zuckerrübenblatt
627 Troblaco
628 Trockenschnitzel

633 Blumenkohl
636 Möhren
639 Spinat
642 Pflückerbsen
643 Pflückbohnen

429 Zuckerrübensamen
429 Futterrübensamen
652 Grassamen

793 Erdbeeren
794 Spargel

661 Futterrüben
662 Steckrüben
664 Silomais
666 Klee
666 Kleegras
665 Gras
667 Luzerne

741 Gemüsesamen
751 Äpfel
756 Sauerkirschen
761 Johannisb.schwarz

304 Ammonsul'Salp.
301 Kalkammonsalpeter
302 Kalksalpeter
303 Kalkstickstoff
305 Harnstoff
306 N-Lösung

311 Superphosphat
312 Thomasphosphat
319 Kainit
316 40 er Kali
317 50 er Kali
318 Kalimagn.(Pat.)

331 Branntkalk
321 NP-Düng.20/20/0
322 NK-Düng.16/0/24
323 PK-Düng.0/10/15
324 NPK-Düng.

340 Pfl'schutzmitt.
341 Pfl'schutzmitt.
342 Pfl'schutzmitt.
343 Pfl'schutzmitt.
344 Pfl'schutzmitt.
345 Pfl'schutzmitt.
346 Pfl'schutzmitt.
347 Pfl'schutzmitt.
348 Pfl'schutzmitt.

888 Stallmist
697 Heu
698 Stroh
696 Silage
950 Schlempe
951 Treber

352 Kleie
353 Tapiokamehl
361 Sojaschrot
362 Rapsschrot
363 Leinkuchenschrot
355 Kokosexpeller

381 Magermilch
382 Magermilchpulver
383 Molke
388 Milchaustauscher
364 Fischmehl
365 Eiweißkonzentrat

373 Legemehl
374 Kükenfutter

Abb. 7

Die zweite Gruppe von Datenerfassungsmethoden benötigt eine Großrechenanlage, wie sie z. B. die LAND-DATA oder die NLB benutzen. Ende der 60er Jahre wurde das EAT vorgestellt, das zeitweise 65 Betriebe versorgte. Das Programm wurde nach drei Jahren eingemottet, weil die Nachfrage ausblieb, mit der Begründung: "So genau wollen wir es nun auch wieder nicht haben." (Abb. 8). Entscheidend für diese Form ist die Fragetechnik gewesen, die sich am Arbeitsgang orientiert: Wann, wo, wer, was, wofür, wie lange. Arbeitsergebnis und Ertrag oder Aufwand ergänzen die Angaben. Diese zusammengefaßten Informationen lassen sich nach allen nur möglichen Richtungen auswerten, besser gesagt: sortiert zusammenstellen. Sie erbringen nicht nur arbeitswirtschaftliche, sondern natürlich auch produktionstechnische Datensammlungen, die kaum Wünsche offenlassen (Abb. 9 und 10). Der Zeitaufwand für die Belegerstellung lag nach zuverlässigen Berichten bei Ø 1 Minute.

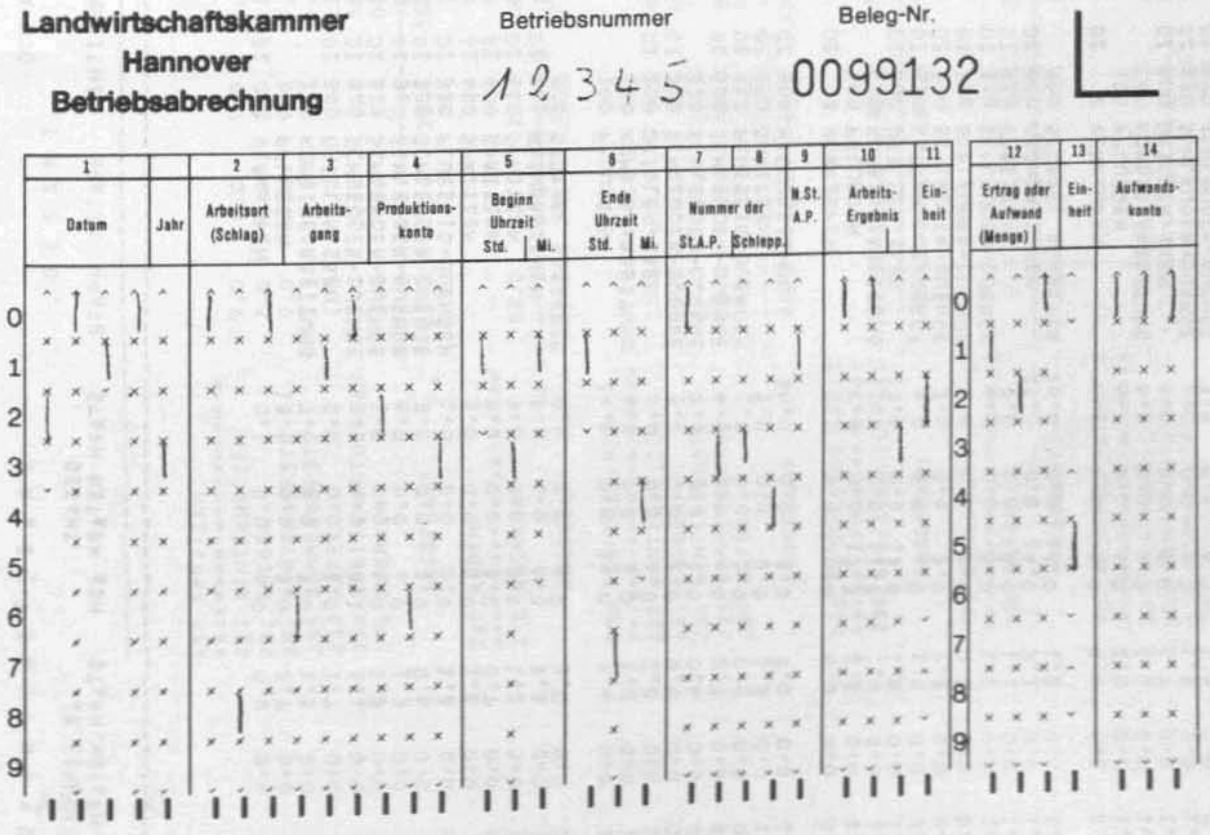



Abb. 8

| | EINHEITEN | | | GESAMT / JE EINHEIT | | | | | | GESAMT STAPH | GESAMT NSTAPH | GESAMT ASH | JE EINHEIT STAPH | JE EINHEIT NSTAPH | JE EINHEIT ASH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ARBEITSORT 7** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 227 WINTERWEIZEN | 4.5 | HA | 227 WINTERWEIZEN | 158.0 | DZ | 35.1 | DZ | 2 | VERKAUFEN | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 4.8 | HA | | | | | | 100 | PFLUEGEN | 13.0 | 0.0 | 13.0 | 2.7 | 0.0 | 2.7 |
| | 4.8 | HA | | | | | | 140 | KOMBIBEARBEITUNG | 7.0 | 0.0 | 7.0 | 1.5 | 0.0 | 1.5 |
| | 4.8 | HA | 229 SAATWEIZEN | 10.5 | DZ | 2.2 | DZ | 200 | DRILLEN, SAEN | 8.0 | 0.0 | 8.0 | 1.7 | 0.0 | 1.7 |
| | 8.8 | HA | 547 NK-DUENGER 16,24 | 32.0 | DZ | 3.6 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 10.1 | 0.0 | 8.1 | 1.1 | 0.0 | 0.9 |
| | 0.8 | HA | 532 40 ER KALI | 3.0 | DZ | 3.8 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 1.3 | 0.0 | 1.3 |
| | 4.8 | HA | 527 THOMASPHOSPHAT | 30.0 | DZ | 6.3 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 6.0 | 0.0 | 4.0 | 1.3 | 0.0 | 0.8 |
| | 4.8 | HA | 540 HUETTENKALK | 20.0 | DZ | 4.2 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 3.0 | 0.0 | 2.0 | 0.6 | 0.0 | 0.4 |
| | 0.8 | HA | 520 N-LOESUNG | 1.0 | DZ | 1.2 | DZ | 330 | FLUESSIG-DUENGEN | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 |
| | 2.0 | HA | 662 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.1 | DZ | 0.0 | DZ | 450 | SPRITZEN | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 1.5 | 0.0 | 1.5 |
| | 4.5 | HA | 663 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.1 | DZ | 0.0 | DZ | 450 | SPRITZEN | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 0.7 | 0.0 | 0.7 |
| | 2.5 | HA | 661 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.1 | DZ | 0.0 | DZ | 450 | SPRITZEN | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 1.2 | 0.0 | 1.2 |
| | 4.5 | HA | | 158.0 | DZ | 35.1 | DZ | 600 | MAEHDRESCHEN | 15.0 | 0.0 | 6.0 | 3.3 | 0.0 | 1.3 |
| | 4.5 | HA | | | | | | 900 | STOPPEL BESEITIG | 9.0 | 0.0 | 9.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 |
| 231 ROGGEN | 5.8 | HA | | | | | | 100 | PFLUEGEN | 14.0 | 0.0 | 14.0 | 2.4 | 0.0 | 2.4 |
| | 5.8 | HA | | | | | | 140 | KOMBIBEARBEITUNG | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 |
| | 5.8 | HA | 232 SAATROGGEN | 9.0 | DZ | 1.6 | DZ | 200 | DRILLEN, SAEN | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 |
| | 5.8 | HA | 545 NP-DUENGER 20,20 | 29.0 | DZ | 5.0 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 5.0 | 0.0 | 5.0 | 0.9 | 0.0 | 0.9 |
| | 4.5 | HA | | | | | | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| | 5.8 | HA | 527 THOMASPHOSPHAT | 25.0 | DZ | 4.3 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 4.0 | 0.0 | 4.0 | 0.7 | 0.0 | 0.7 |
| | 1.3 | HA | 520 N-LOESUNG | 0.0 | DZ | 0.0 | DZ | 330 | FLUESSIG-DUENGEN | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| | 1.3 | HA | 661 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.2 | DZ | 0.1 | DZ | 450 | SPRITZEN | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 1.5 | 0.0 | 1.5 |
| | 6.0 | HA | | 300.0 | DZ | 50.0 | DZ | 600 | MAEHDRESCHEN | 30.0 | 0.0 | 8.0 | 5.0 | 0.0 | 1.3 |
| 234 WINTERGERSTE | 344.0 | DZ | 234 WINTERGERSTE | 344.0 | DZ | 1.0 | DZ | 2 | VERKAUFEN | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 8.1 | HA | | | | | | 100 | PFLUEGEN | 17.5 | 0.0 | 17.5 | 2.2 | 0.0 | 2.2 |
| | 8.1 | HA | | | | | | 140 | KOMBIBEARBEITUNG | 11.5 | 0.0 | 11.5 | 1.4 | 0.0 | 1.4 |
| | 8.1 | HA | 237 SAATGERSTE | 13.0 | DZ | 1.6 | DZ | 200 | DRILLEN, SAEN | 13.0 | 0.0 | 13.0 | 1.6 | 0.0 | 1.6 |
| | 8.1 | HA | 515 KALKSTICKSTOFF | 20.0 | DZ | 2.5 | DZ | 310 | KASTEN-DUENGERST | 8.0 | 0.0 | 4.0 | 1.0 | 0.0 | 0.5 |
| | 5.7 | HA | 547 NK-DUENGER 16,24 | 23.0 | DZ | 4.0 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 |
| | 2.6 | HA | 512 KALKAMMONSALPETE | 13.0 | DZ | 5.0 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 0.8 | 0.0 | 0.8 |
| | 5.5 | HA | 527 THOMASPHOSPHAT | 35.0 | DZ | 6.4 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 1.1 | 0.0 | 1.1 |
| | 8.1 | HA | 661 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.3 | DZ | 0.0 | DZ | 450 | SPRITZEN | 9.0 | 0.0 | 9.0 | 1.1 | 0.0 | 1.1 |
| | 7.9 | HA | | 344.0 | DZ | 43.5 | DZ | 600 | MAEHDRESCHEN | 25.0 | 0.0 | 14.0 | 3.2 | 0.0 | 1.8 |
| | 8.1 | HA | | | | | | 900 | STOPPEL BESEITIG | 10.0 | 0.0 | 10.0 | 1.2 | 0.0 | 1.2 |
| 235 SOMMERGERSTE | 3.0 | HA | 235 SOMMERGERSTE | 153.0 | DZ | 51.0 | DZ | 2 | VERKAUFEN | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 3.0 | HA | | | | | | 100 | PFLUEGEN | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 |
| | 6.0 | HA | | | | | | 140 | KOMBIBEARBEITUNG | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 |
| | 3.0 | HA | 237 SAATGERSTE | 4.5 | DZ | 1.5 | DZ | 200 | DRILLEN, SAEN | 5.0 | 0.0 | 5.0 | 1.7 | 0.0 | 1.7 |
| | 3.0 | HA | 527 THOMASPHOSPHAT | 17.0 | DZ | 5.7 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 4.0 | 0.0 | 3.0 | 1.3 | 0.0 | 1.0 |
| | 3.0 | HA | 534 KALIMAGN. (PAT.) | 7.5 | DZ | 2.5 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 3.0 | 0.0 | 2.0 | 1.0 | 0.0 | 0.7 |
| | 3.0 | HA | 547 NK-DUENGER 16,24 | 12.0 | DZ | 4.0 | DZ | 320 | SCHLEUDER-DUENGE | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 0.7 | 0.0 | 0.7 |
| | 3.0 | HA | 664 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.1 | DZ | 0.0 | DZ | 450 | SPRITZEN | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 |
| | 3.0 | HA | 665 PFL'SCHUTZMITTEL | 0.0 | DZ | 0.0 | DZ | 450 | SPRITZEN | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 3.0 | HA | | 154.0 | DZ | 51.3 | DZ | 600 | MAEHDRESCHEN | 20.0 | 0.0 | 16.0 | 6.7 | 0.0 | 5.3 |

Abb. 10

ERGEBNISSE DER ARBEITSGAENGE FUER DEN BETRIEB NR. 111112

| | GESAMT | | | | | JE EINHEIT | | | DATUM | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STAPH | NSTAPH | ASH | EINHEITEN | | STAPH | NSTAPH | ASH | BEGINN | | ENDE |
| 450 SPRITZEN | | | | | | | | | | | |
| 227 WINTERWEIZEN | 9.0 | 0.0 | 9.0 | 9.00 | HA | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 8. 4.72 | - | 30.10.72 |
| 231 ROGGEN | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 1.30 | HA | 1.54 | 0.0 | 1.54 | 30. 4.72 | - | 30. 4.72 |
| 234 WINTERGERSTE | 9.0 | 0.0 | 9.0 | 8.10 | HA | 1.11 | 0.0 | 1.11 | 20. 9.72 | - | 4.10.72 |
| 235 SOMMERGERSTE | 3.1 | 0.0 | 3.1 | 6.00 | HA | 0.52 | 0.0 | 0.52 | 8. 5.72 | - | 8. 5.72 |
| 239 HAFER | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 1.00 | HA | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 8. 5.72 | - | 8. 5.72 |
| 258 SPEISEKARTOFFELN | 8.0 | 0.0 | 8.0 | 8.00 | HA | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 10. 4.72 | - | 8. 5.72 |
| 276 MOEHREN | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.50 | HA | 2.00 | 0.0 | 2.00 | 20. 5.72 | - | 20. 5.72 |
| INSGESAMT | 33.1 | 0.0 | 33.1 | 33.90 | HA | | | | | | |
| 520 RODEN | | | | | | | | | | | |
| 276 MOEHREN | 33.0 | 37.0 | 20.0 | 3.00 | HA | 11.00 | 12.33 | 6.67 | 18. 7.72 | - | 27.11.72 |
| INSGESAMT | 33.0 | 37.0 | 20.0 | 3.00 | HA | | | | | | |
| 600 MAEHDRESCHEN | | | | | | | | | | | |
| 227 WINTERWEIZEN | 15.0 | 0.0 | 6.0 | 4.50 | HA | 3.33 | 0.0 | 1.33 | 30. 8.72 | - | 30. 8.72 |
| 231 ROGGEN | 30.0 | 0.0 | 8.0 | 6.00 | HA | 5.00 | 0.0 | 1.33 | 7. 8.72 | - | 7. 8.72 |
| 234 WINTERGERSTE | 25.0 | 0.0 | 14.0 | 7.90 | HA | 3.16 | 0.0 | 1.77 | 18. 7.72 | - | 21. 7.72 |
| 235 SOMMERGERSTE | 20.0 | 0.0 | 10.0 | 3.00 | HA | 6.67 | 0.0 | 5.33 | 4. 8.72 | - | 7. 8.72 |
| 239 HAFER | 4.0 | 0.0 | 2.0 | 1.00 | HA | 4.00 | 0.0 | 2.00 | 21. 8.72 | - | 21. 8.72 |
| INSGESAMT | 94.0 | 0.0 | 46.0 | 22.40 | HA | | | | | | |
| 610 SAMMELRODEN-KART | | | | | | | | | | | |
| 258 SPEISEKARTOFFELN | 183.0 | 325.0 | 183.0 | 7.50 | HA | 24.40 | 43.33 | 24.40 | 21. 6.72 | - | 25. 9.72 |
| INSGESAMT | 183.0 | 325.0 | 183.0 | 7.50 | HA | | | | | | |
| 770 EINLAGERN | | | | | | | | | | | |
| 239 HAFER | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 1.00 | HA | 0.10 | 0.0 | 0.10 | 21. 8.72 | - | 21. 8.72 |
| INSGESAMT | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 1.00 | HA | | | | | | |
| 900 STOPPEL BESEITIG | | | | | | | | | | | |
| 227 WINTERWEIZEN | 9.0 | 0.0 | 9.0 | 4.50 | HA | 2.00 | 0.0 | 2.00 | 2. 9.72 | - | 2. 9.72 |
| 234 WINTERGERSTE | 10.0 | 0.0 | 10.0 | 8.10 | HA | 1.23 | 0.0 | 1.23 | 9. 8.72 | - | 9. 8.72 |
| 235 SOMMERGERSTE | 7.0 | 0.0 | 7.0 | 3.00 | HA | 2.33 | 0.0 | 2.33 | 10. 8.72 | - | 10. 8.72 |
| 239 HAFER | 2.5 | 0.0 | 2.5 | 1.00 | HA | 2.50 | 0.0 | 2.50 | 30. 8.72 | - | 30. 8.72 |
| INSGESAMT | 28.5 | 0.0 | 28.5 | 16.60 | HA | | | | | | |

Wird auf den Einzelbeleg verzichtet und auf die Angabe der Arbeitspersonen und des Schleppers, so kommen wir zum Zeitkonto (E) mit Sammelbeleg, der eine Schlagkarte oder auch ein Wochenbeleg sein kann. Weniger Daten = vereinfachte Eingabe = verringerte Ausgabe (Abb. 11).

Aus- und Verwertung

Wozu denn diese Sammelei? Was geschieht mit den Daten? Einfach Ablegen oder noch mehr? Die erste Möglichkeit ist die Verarbeitung im Rahmen einer Betriebszweigabrechnung bzw. zur IST-Deckungsbeitragsermittlung. Uns soll aber hier nur die zweite Möglichkeit interessieren, die Zeitwirtschaft. Hierfür kann ich drei Wege aufzeigen:

1. Den Nachbarschaftsvergleich = IST/IST
2. Den Standardvergleich = KTBL/IST
3. Den Soll-Ist-Vergleich a) = FAZ/IST
   b) = VAZ/IST

Zu 1.:

Es gibt Betriebsleiter, die sich regelmäßig treffen und nicht nur Wein trinken oder hohe Politik machen, sondern sich gegenseitig und ganz ehrlich informieren. Das geht nicht nur bis zu den Erntemengen oder gar bis zum Deckungsbeitrag und zum Roheinkommen, sondern auch bis zum Austausch der Zeitaufwandszahlen für bestimmte Arbeitsgänge mit vergleichbarem Verfahren. Einige Richtwerte oder "Traumzahlen" werden dabei korrigiert, Vergleichswerte zum eigenen Aufwand erfragt und diskutiert.

Zu 2.:

Wenn ich dem gestellten Thema völlig gerecht werden wollte, dann müßte jetzt noch ein Kapitel mit der "Ermittlung der Zeitbedarfswerte" folgen. In 30 Minuten ist das aber nicht möglich, so daß ich die zugehörigen Methoden als bekannt voraussetzen muß. - Der Standard-Vergleich zieht die Bedarfswerte des KTBL hinzu, die allgemein ver-

Abb. 11

LKH-33-Best.Nr.-F21-6.72

Betriebs-Nummer: 0 3 7 3 7 1

| | DATUM | ARBEITSORT | ARBEITSGANG | PRODUKT.KTO | STAPH | ASH | NSTAPH | A'ERGEBNIS | EINHEIT | ERTRAG oder AUFWAND (MENGE) | EINHEIT | AUFWDKTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20103 | 080 | 610 | 263 | 43 | 43 | 43 | 3 | 2 | 12 | 7 | 000 |
| 2 | | 078 | 140 | 231 | 5 | 5 | | 4 | 2 | | 0 | |
| 3 | | | 200 | | 5 | 5 | | 4 | 2 | 46 | 6 | 231 |
| 4 | | | 320 | | 23 | 23 | | 4 | 2 | 9 | 6 | 532 |
| 5 | 22103 | 074 | 101 | 227 | 75 | 75 | | 23 | 2 | | 0 | |
| 6 | 25103 | | 140 | | 35 | 35 | | 23 | 2 | | 0 | |
| 7 | | | 200 | | 35 | 35 | | 23 | 2 | 5 | 6 | 229 |
| 8 | 29103 | 082 | 450 | 234 | 33 | 33 | | 5 | 2 | 25 | 5 | 662 |
| 9 | | 077 | | | 12 | 12 | | 1 | 2 | 5 | 5 | |
| 10 | 03113 | | 320 | | 13 | 13 | | 4 | 2 | 64 | 6 | 517 |
| 11 | | 082 | | | 27 | 27 | | 5 | 2 | 105 | 6 | |
| 12 | | 078 | | | 1 | 1 | | 4 | 2 | 56 | 6 | |

EINHEITEN

0 = keine
1 = a
2 = ha
3 = St
4 = hSt
5 = kg
6 = dz
7 = to
8 = km
9 =

ANSCHRIFT

fügbar sind, z. B. im Taschenbuch oder Mentzel-Lengerke-Kalender - aber auch in EDV-Speichern stecken. - Ich zeige Ihnen die von uns verbreitete Methodik für Feldarbeiten, die von Terminen und Zeitspannen ausgeht und den Zeitbedarf für jeden Arbeitsgang der verschiedenen Produktionsverfahren graphisch darstellt. Der Aufwand wird über' s Jahr hin abgehakt, so daß, wie im industriellen Bereich, der Plan und die Verwirklichung stets sichtbar sind (Abb. 12 und 13). Ursprünglich wurde der Zeitbedarf jeden Arbeitsganges über einen Rechenbogen für die einzelnen Produktionsverfahren errechnet (Abb. 14). Heute macht das die EDV, die auch einen kompletten Arbeitsvoranschlag errechnet und zeichnet.

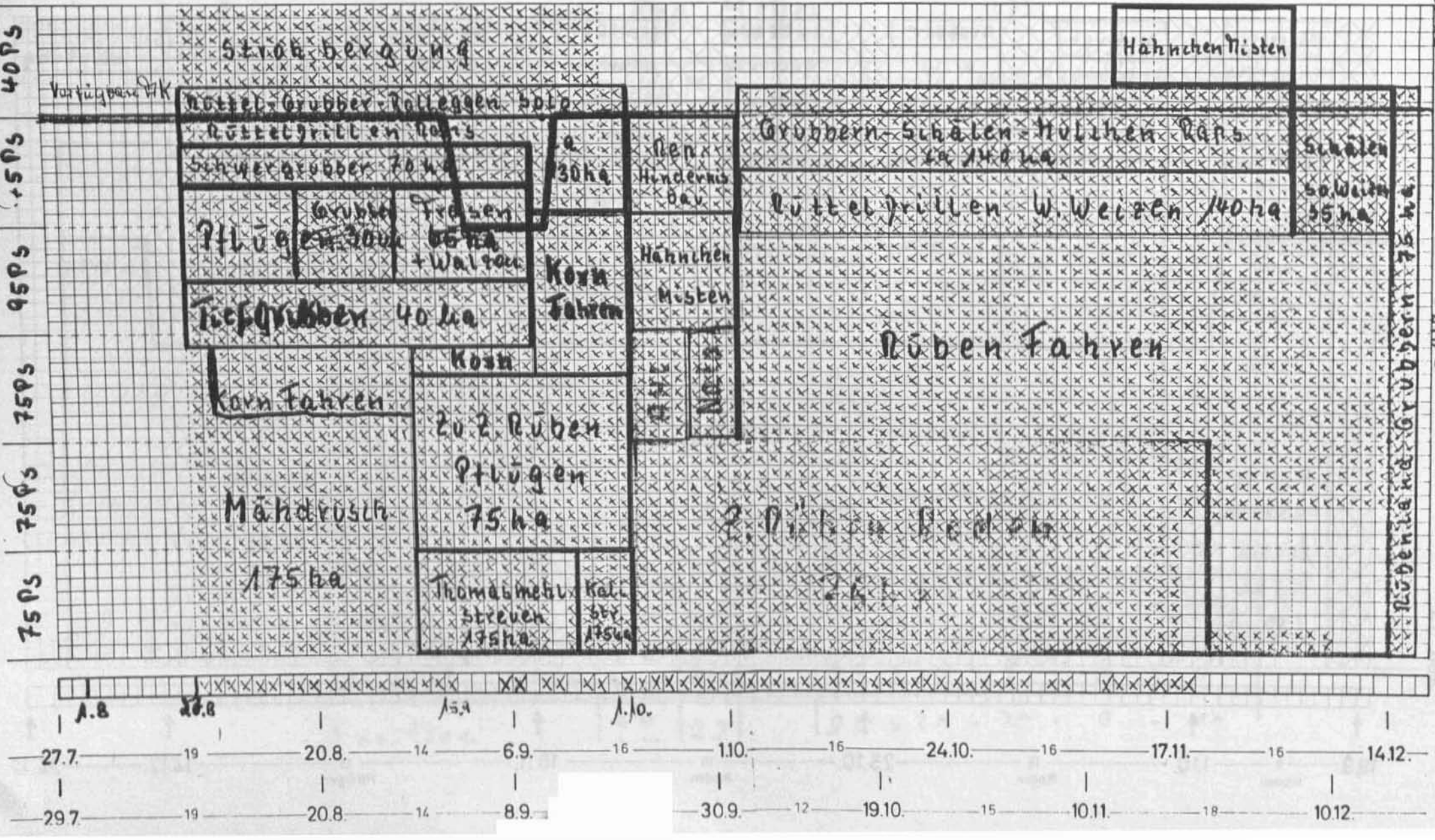
Zu 3.:

Das Rechnen mit Standard ist ein Notbehelf, solange keine besseren, d. h. betriebseigenen Soll-Werte vorhanden sind. Vor 10 Jahren wurde in Lehrgängen für Betriebsleiter und Meisteranwärter ein repräsentativer Querschnitt der wichtigsten Arbeitsgänge von Hand errechnet. Inzwischen macht das natürlich auch die EDV, so daß jeder Betrieb für jeden Schlag und jeden Arbeitsgang mit seinen Feldentfernungen und möglichen Fahrgeschwindigkeiten betriebsspezifische Soll-Werte errechnet bekommt. Diese Datensammlung kann von Jahr zu Jahr weiter benutzt werden, denn der Zeitbedarf für einen bestimmten Arbeitsgang auf einem bestimmten Schlag ändert sich doch nur dann, wenn eine andere Maschine gekauft wird. Jährliche Fortschreibung ist kein Problem. - Mit diesen Soll-Werten vergleichen wir die Ist-Werte im Zeitkonto. Das sollte zum regelmäßigen Aufgabenfeld eines jeden Betriebsleiters gehören, denn es erleichtert die Schwachstellensuche und lehrt uns die Augen offenhalten (Abb. 15). - Dasselbe kann auch für die Arbeitsgänge in der Viehhaltung gemacht werden. Allerdings ist der Voranschlags- und Abrechnungszeitraum nicht die Feldarbeitsspanne, sondern die 7-Tage-Woche (Abb. 16).

# Arbeitsverteilung

im Betrieb Domäne Liebenburg

von August bis Dezember 1972



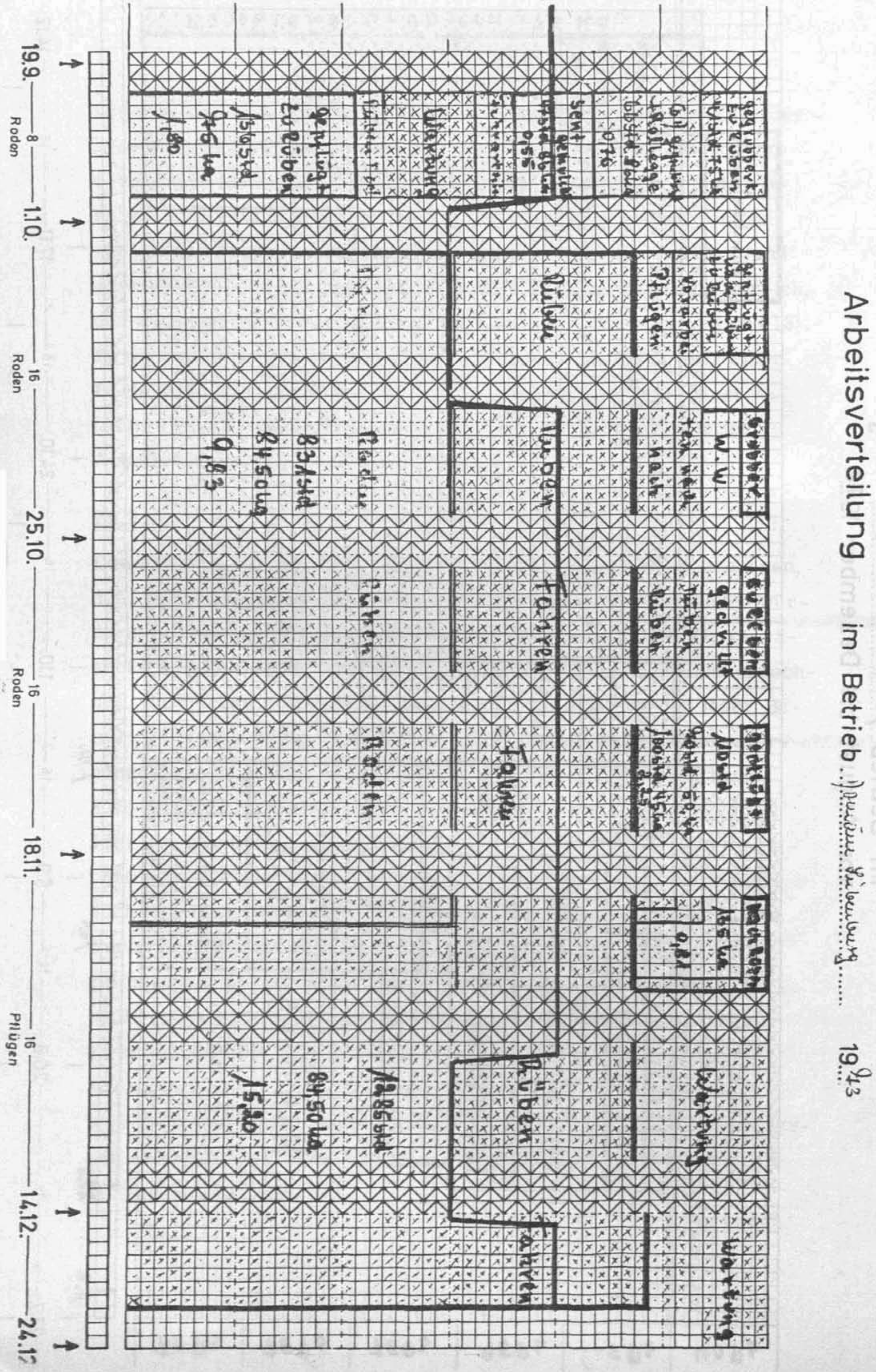

Arbeitsverteilung im Betrieb
19.9.
8 Roden
1.10.
16 Roden
25.10.
16 Roden
18.11.
16 Pflügen
14.12.
24.12.

Abb. 14

## Rechenbogen zur Arbeitsverteilung

Betrieb Ang. Meyer 1973

| Arbeitsgang | Produkt. | PS | | AKh/ha | ha/Ag | AKh/Ag | AKh/Tag | Tage/Ag | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Düngerstreuen | WR | 40 | | 0,8 | × 20 | = 16 | : 8 | = 2 | |
| Striegeln, 4,6m | WW | 50 | | 0,3 | × 20 | = 6 | : 8 | = 1 | |
| Walzen, 7m | HSW | 22 | | 0,8 | × 20 | = 16 | : 8 | = 2 | |
| 1. Masch.-Hacke | ZR | 40 | | 4,0 | × 30 | = 120 | : 16 | = 7 | 2 |
| Striegeln, 4,6m | HSW | 50 | | 0,3 | × 20 | = 6 | : 8 | = 1 | |
| Walzen, 7m | SR | 22 | | 0,8 | × 30 | = 24 | : 8 | = 3 | |
| 2. Masch.-Hacke | ZR | 40 | | 3,5 | × 30 | = 105 | : 16 | = 6 | 2 |
| Kopfdünger str. | ZR | 40 | | 0,8 | × 30 | = 24 | : 8 | = 3 | |
| 3. Masch.-Hacke | ZR | 40 | | 2,5 | × 30 | = 75 | : 16 | = 4 1/2 | 2 |
| Striegeln, 4,6m | SW WW | 50 | | 0,3 | × 30 | = 9 | : 8 | = 1 | |
| Spritzen | SW | 22 | | 2,5 | × 30 | = 75 | : 8 | = 10 | |

BETRIEB 759 SCHLAG BARGMOOR 4.00HA VIELECK
25.KM/H FAHRGESCHWINDIGKEIT FELDENTFERNUNG 2800.M

| ARBEITSGANG | NENN BREITE | FELD KM/H | JE HEKTAR KG | JE HEKTAR AKH | JE HEKTAR DM | JE SCHLAG AKH | JE SCHLAG AG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25DUENGER STREUEN LOSE STOPPEL | 12.0 | 12.0 | 400. | .4 | 1.40 | 1.4 | 1 |
| 29DUENGER STREUEN GROSSFL. STOPP | 6.0 | 10.0 | 600. | .5 | 4.50 | 2.1 | 1 |
| 100PFLUEGEN | 1.4 | 7.0 | 0. | 2.4 | 6.90 | 9.7 | 3 |
| 120GRUBBERN | 3.0 | 10.0 | 0. | .8 | 5.00 | 3.1 | 1 |
| 130EGGEN | 5.0 | 8.0 | 0. | .6 | 1.30 | 2.4 | 1 |
| 140SAATBETTKOMBINATION | 4.3 | 7.0 | 0. | .7 | 2.60 | 3.0 | 1 |
| 200DRILLEN | 3.0 | 12.0 | 150. | 1.2 | 3.60 | 4.8 | 1 |
| 209SAEN MIT SCHLEUDERSTREUER | 12.0 | 12.0 | 150. | .7 | .90 | 2.9 | 1 |
| 217KARTOFFELLEGEN VOLLAUTOM 2R | 1.5 | 6.0 | 2500. | 7.1 | 10.40 | 28.3 | 6 |
| 321DUENGER STREUEN GESACKT | 6.0 | 12.0 | 300. | .6 | 1.40 | 2.4 | 1 |
| 325DUENGER STREUEN LOSE | 12.0 | 12.0 | 400. | .4 | 1.40 | 1.4 | 1 |
| 329DUENGER STREUEN GROSSFLAECHEN- | 10.0 | 10.0 | 600. | .4 | 4.50 | 1.6 | 1 |
| 405STRIEGELN | 3.0 | 10.0 | 0. | .9 | .80 | 3.6 | 1 |
| 415HAEUFELN HACKEN | 1.5 | 8.0 | 0. | 1.8 | 2.30 | 7.4 | 2 |
| 411MASCHINENHACKE FUER RUEBEN 4M | 3.5 | 5.0 | 0. | 1.4 | 2.50 | 5.5 | 2 |
| 452SPRITZEN WASSER AUS SPEZPUMPE | 12.0 | 6.0 | 400. | .5 | 1.20 | 2.1 | 1 |
| 453SPRITZEN WASSER AUS LEITUNG | 12.0 | 6.0 | 400. | 1.1 | 1.20 | 4.2 | 1 |
| 454SPRITZEN WASSER AUS SPEZPUMPE | 12.0 | 6.0 | 400. | .5 | 1.20 | 1.9 | 1 |
| 500MAEHEN 2. SCHNITT | 1.5 | 10.0 | 0. | 1.5 | 8.10 | 6.2 | 2 |
| 505MAEHEN KREISELMAEHWERK | 1.5 | 10.0 | 0. | 1.5 | 8.10 | 6.2 | 2 |
| 605MAEHDRESCHEN SELBSTFAHRER | 2.9 | 5.0 | 4500. | 2.5 | 39.60 | 10.1 | 2 |
| 615KARTOFFELSAMMELRODEN MIT BUNKE | .7 | 4.0 | 30000. | 56.1 | 73.00 | 224.3 | 8 |
| 630ZETTEN, WENDEN, SCHWADEN GRAS | 2.0 | 8.0 | 0. | 1.4 | 1.30 | 5.5 | 2 |
| 630WENDEN, SCHWADEN HEU+STROH | 2.0 | 6.5 | 0. | 1.6 | 1.30 | 6.5 | 2 |
| 720LADEN, HD-PRESSE STROH | 2.5 | 7.0 | 4000. | 5.0 | 23.60 | 20.0 | 2 |
| 901SCHAELEN | 2.0 | 9.0 | 0. | 1.4 | 5.80 | 5.6 | 2 |
| 935SPATENROLLEGGEN | 3.0 | 12.0 | 0. | .7 | 5.40 | 2.8 | 1 |
| 960AUSMAEHEN | 1.6 | 10.0 | 0. | 1.5 | 8.10 | 6.1 | 2 |
| 970JAUCHE AUSBRINGEN | 8.0 | 5.0 | 5000. | 1.2 | 4.60 | 4.9 | 1 |
| 980FESTMIST AUSBRINGEN | 1.6 | 8.0 | 20000. | 9.1 | 6.10 | 36.5 | 4 |
| 990FLUESSIGMIST AUSBRINGEN | 5.0 | 5.0 | 20000. | 2.6 | 4.60 | 10.4 | 2 |



Abb. 15

| Datum | Nutzbark | Vieh-Arn MK FiB | S | | Code | Arbeitsgang | Code | ... | | | | Code | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20.10. | 7 | 5,5 | 0,5 | | 61 0 | Kart. Roden | K 7 | Speise-Kart. | | 7,2 | | | |
| | | | | | 14 0 | Kombikanleitung | G 6 | W-Roggen | 5,0 | | | | |
| | | | | | 20 0 | Drillen | G 6 | " " | | 5,0 | | 429 | Saat-Roggen |
| | | | | | 32 0 | Düngerstreuen | G 6 | " " | 2,3 | | | 316 | 40-er-Kali |
| 21. | 0 | 5,5 | 0,5 | | 05 0 | Masch. Rep. | H | Werkstatt | 6,0 | 6,0 | | | |
| 22. | 2 | 5,5 | 0,5 | | 10 1 | Pflügen | G 9 | Weizen | 7,5 | | | | |
| 23. | 4 | 5,5 | 0,5 | | 14 0 | Kombikanleitung | G 9 | " | | 3,5 | | | |
| | | | | | 20 0 | Drillen | G 9 | " | 3,5 | | | 429 | Saat-Weizen |
| 24. | 1 | 5,5 | 0,5 | | | Sonntag | | | | | | | |
| 25. | 3 | 5,5 | 0,5 | | 04 0 | Geb. Reparat. | H | Scheune | 5,0 | | | | |
| | | | | | 00 5 | Ehrenamt | A | Dorf | | 3,5 | | | |
| 26. | 5 | 5,5 | 0,5 | | 45 0 | Spritzen | G 5 | W-Gerste | | 3,3 | | 340 | PS-1 |
| | | | | | 45 0 | " | G 4 | " | | 1,2 | | 340 | PS-1 |
| | | 38,5 | 3,5 | | | | | | 29,3 | 26,8 | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JANUAR | | | | | | | | | | |
| JANUAR | 2 | 29.7 | | | | | | | | |
| JANUAR | 3 | 29.7 | 6.6 | | | | | | | |
| FEBRUAR | 4 | 29.7 | 6.6 | | | | | | | |
| FEBRUAR | 5 | 29.7 | 6.6 | | | | | | | |
| FEBRUAR | 6 | 29.7 | 6.6 | | | | | | | |
| FEBRUAR | 7 | 29.7 | 6.6 | | | | | | | |
| MAERZ | 8 | 29.7 | .9 | | | | | | | |
| MAERZ | 9 | 29.7 | .9 | 1. | | | | | | |
| MAERZ | 10 | 29.7 | .9 | 1. | | | | | | |
| MAERZ | 11 | 29.7 | .9 | 1. | | | | | | |
| MAERZ | 12 | 29.7 | .9 | 1. | | | | | | |
| APRIL | 13 | 29.7 | .9 | 1. | | | | | | |
| APRIL | 14 | 29.7 | .9 | 1. | | | | | | |
| APRIL | 15 | 29.7 | .9 | 1.3 | | | | | | |
| APRIL | 16 | 29.7 | .9 | 1.3 | | | | | | |
| MAI | 17 | 29.7 | .9 | 1.3 | | | | | | |
| MAI | 18 | 29.7 | .9 | 1.3 | | | | | | |
| MAI | 19 | 24.3 | .9 | 3.5 | | | | | | |
| MAI | 20 | 24.3 | .9 | 3.5 | | | | | | |
| JUNI | 21 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JUNI | 22 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JUNI | 23 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JUNI | 24 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JUNI | 25 | 24.3 | 0 | 3.6 | | | | | | |
| JULI | 26 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JULI | 27 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JULI | 28 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| JULI | 29 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| AUGUST | 30 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| AUGUST | 31 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| AUGUST | 32 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| AUGUST | 33 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| AUGUST | 34 | 24.3 | 0 | 3.5 | | | | | | |
| SEPTEMBER | 35 | 24.3 | 0 | 3.2 | | | | | | |
| SEPTEMBER | 37 | 24.3 | 0 | 3.2 | | | | | | |
| SEPTEMBER | 38 | 24.3 | 0 | 3.2 | | | | | | |
| SEPTEMBER | 39 | 24.3 | 0 | 3.2 | | | | | | |
| OKTOBER | 40 | 31.6 | 0 | 3.2 | | | | | | |
| OKTOBER | 41 | 31.6 | 0 | 3.2 | | | | | | |
| OKTOBER | 42 | 31.6 | 0 | 2.5 | | | | | | 42.6 |
| OKTOBER | 43 | 31.6 | 0 | 2.5 | | | | | 0 | 42.6 |
| NOVEMBER | 44 | 31.6 | 0 | 2.5 | | | | 1.6 | 0 | 49.3 |
| NOVEMBER | 45 | 31.6 | 6.6 | 2.5 | | | .9 | 1.6 | 0 | 49.3 |
| NOVEMBER | 46 | 31.6 | 6.6 | 2.5 | | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 49.3 |
| NOVEMBER | 47 | 31.6 | 6.6 | 2.5 | 4.9 | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 49.3 |
| NOVEMBER | 48 | 31.6 | 6.6 | 2.5 | 4.9 | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 47.4 |
| DEZEMBER | 49 | 29.7 | 6.6 | 1.3 | 3.3 | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 44.6 |
| DEZEMBER | 50 | 29.7 | 6.6 | 1.3 | 3.3 | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 44.6 |
| DEZEMBER | 51 | 29.7 | 6.6 | 1.3 | 3.3 | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 44.6 |
| DEZEMBER | 52 | 29.7 | 6.6 | 1.3 | 3.3 | 1.1 | .9 | 1.6 | 0 | 44.6 |
| | | 1448.3 | 110.9 | 125.5 | 160.8 | 57.2 | 45.5 | 84.8 | 0 | |

AKH JF VIEH I 2024.

Zum Schluß noch eine Bemerkung zur Beratung, die gleichzeitig Antwort gibt auf die Frage: warum macht die Landwirtschaftskammer Hannover das alles? Der Berater braucht für seine Arbeit Daten und Zahlen aus allen Bereichen. In der Regel sind unsere Klienten damit nicht ausreichend versorgt und verlassen sich auf den Berater, der sich wundert, daß seine Empfehlungen nur so selten angenommen werden, was ich auf den Umstand zurückführe, daß die Zahlen eben "von diesem dort" und nicht von dem Betriebsleiter selbst stammen. Sind aber Daten und Zahlen aus dem eigenen Betrieb in ausreichender Menge vorhanden, so lassen sich die notwendigen Entscheidungen "leicht" vorbereiten und sicher treffen. Deswegen dürfen die hier vorgetragenen Gedanken und Methoden zur Arbeit und zur Arbeitszeit auch nicht isoliert, sondern nur im Zusammenhang mit dem Management des gesamten Betriebes gesehen werden, der also nicht nur Absender, sondern gleichzeitig Empfänger ist und bleiben wird.

## Steuerrechtliche Möglichkeiten für den landwirtschaftlichen Betrieb

von Dipl. Ing. Dr. Wolfgang Kastl, Steuerberater, Revisions- und Steuerberatungsgesellschaft mbH, München

### 1. Was wird von der Einkommensteuer erfaßt?

Die Einkommensteuer ist - zusammen mit der Lohnsteuer - die bedeutendste Steuerquelle für Bund und Länder.

Die Einkommensteuer gehört zu den sogenannten Ertragsteuern, d.h. sie knüpft an eine Vermögensmehrung an. Es kommt darauf an, ob etwas "verdient" wird und wieviel.

Im Gegensatz dazu hängt z.B. die

- Grundsteuer vom Vermögensbestand,
- Vermögensteuer vom Vermögensbestand,
- Grunderwerbsteuer von einer Vermögensumschichtung ab.

Der Einheitswert hat in erster Linie Bedeutung für die Grundsteuer und die Vermögensteuer; ausnahmsweise aber auch für die Einkommensteuer, z.B. bei der Durchschnittsgewinnermittlung nach § 13 a EStG.

### 2. Welche Verdienstquellen (Einkunftsarten) gibt es?

| | |
|---|---|
| Land- und Forstwirtschaft<br>Gewerbebetrieb<br>Selbständige Arbeit | = Gewinneinkünfte (Vermögensvergleich, Betriebsvermögen) |
| Nichtselbständige Arbeit<br>Kapitalvermögen<br>Vermietung und Verpachtung<br>Sonstige Einkünfte | = Überschußeinkünfte (Vergleich der Einnahmen und Ausgaben; kein Betriebsvermögen) |

Bei jedem Steuerpflichtigen werden alle Einkünfte zusammengezählt. Verluste werden dabei mit Gewinnen ausgeglichen. Überwiegen in einem Jahr die Verluste, so sind sie in dem vorhergehenden Jahr (Verlustrücktrag) bzw. in den folgenden fünf Jahren (Verlustvortrag) abzuziehen.

Zum Schluß noch eine Bemerkung zur Beratung, die gleichzeitig Antwort gibt auf die Frage: warum macht die Landwirtschaftskammer Hannover das alles? Der Berater braucht für seine Arbeit Daten und Zahlen aus allen Bereichen. In der Regel sind unsere Klienten damit nicht ausreichend versorgt und verlassen sich auf den Berater, der sich wundert, daß seine Empfehlungen nur so selten angenommen werden, was ich auf den Umstand zurückführe, daß die Zahlen eben "von diesem dort" und nicht von dem Betriebsleiter selbst stammen. Sind aber Daten und Zahlen aus dem eigenen Betrieb in ausreichender Menge vorhanden, so lassen sich die notwendigen Entscheidungen "leicht" vorbereiten und sicher treffen. Deswegen dürfen die hier vorgetragenen Gedanken und Methoden zur Arbeit und zur Arbeitszeit auch nicht isoliert, sondern nur im Zusammenhang mit dem Management des gesamten Betriebes gesehen werden, der also nicht nur Absender, sondern gleichzeitig Empfänger ist und bleiben wird.

## Steuerrechtliche Möglichkeiten für den landwirtschaftlichen Betrieb

von Dipl. Ing. Dr. Wolfgang Kastl, Steuerberater, Revisions- und Steuerberatungsgesellschaft mbH, München

### 1. Was wird von der Einkommensteuer erfaßt?

Die Einkommensteuer ist - zusammen mit der Lohnsteuer - die bedeutendste Steuerquelle für Bund und Länder.

Die Einkommensteuer gehört zu den sogenannten Ertragsteuern, d.h. sie knüpft an eine Vermögensmehrung an. Es kommt darauf an, ob etwas "verdient" wird und wieviel.

Im Gegensatz dazu hängt z. B. die

- Grundsteuer vom Vermögensbestand,
- Vermögensteuer vom Vermögensbestand,
- Grunderwerbsteuer von einer Vermögensumschichtung ab.

Der Einheitswert hat in erster Linie Bedeutung für die Grundsteuer und die Vermögensteuer; ausnahmsweise aber auch für die Einkommensteuer, z. B. bei der Durchschnittsgewinnermittlung nach § 13 a EStG.

### 2. Welche Verdienstquellen (Einkunftsarten) gibt es?

| | |
|---|---|
| Land- und Forstwirtschaft<br>Gewerbebetrieb<br>Selbständige Arbeit | = Gewinneinkünfte (Vermögensvergleich, Betriebsvermögen) |
| Nichtselbständige Arbeit<br>Kapitalvermögen<br>Vermietung und Verpachtung<br>Sonstige Einkünfte | = Überschußeinkünfte (Vergleich der Einnahmen und Ausgaben; kein Betriebsvermögen) |

Bei jedem Steuerpflichtigen werden alle Einkünfte zusammengezählt. Verluste werden dabei mit Gewinnen ausgeglichen. Überwiegen in einem Jahr die Verluste, so sind sie in dem vorhergehenden Jahr (Verlustrücktrag) bzw. in den folgenden fünf Jahren (Verlustvortrag) abzuziehen.

3. Wie wird der Gewinn aus Land- und Forstwirtschaft ermittelt?

- Buchführung (§ 4 Abs. 1 EStG)
  Der tatsächliche (betriebswirtschaftliche) Gewinn wird durch Aufstellung einer Bilanz und einer Gewinn- und Verlustrechnung ermittelt.
  Anwendung bei buchführungspflichtigen und freiwillig buchführenden Landwirten.

- Schätzung (§4 Abs. 1 EStG, § 162 AO)
  Der tatsächliche (betriebswirtschaftliche) Gewinn wird vom Finanzamt geschätzt.
  Anwendung bei Landwirten, die buchführungspflichtig sind, aber keine Bücher führen.

- Durchschnittsgewinnermittlung (§ 13a EStG, früher GDL)
  Der Gewinn wird nach einem Pauschalverfahren berechnet; dieser Durchschnittsgewinn hat nur für steuerliche Zwecke Bedeutung; er hat mit dem betriebswirtschaftlichen Gewinn nichts zu tun und ist i.d.R. niedriger als dieser.
  Anwendung bei allen Land- und Forstwirten mit normaler landwirtschaftlicher Nutzung (Ackerbau, Grünland, Viehwirtschaft), die nicht buchführungspflichtig sind und auch freiwillig keine Aufzeichnungen machen.

  Die Durchschnittsgewinnermittlung ist Kernstück der steuerlichen Vergünstigung für die Landwirtschaft.

- Überschußrechnung (§ 4 Abs. 3 EStG)
  Der tatsächliche (betriebswirtschaftliche) Gewinn wird durch Vergleich der Betriebseinnahmen mit den Betriebsausgaben ermittelt.

  Anwendung bei

  - solchen Land- und Forstwirten, die nicht unter § 13a EStG fallen, (z.B. reine Forstwirte, reine Gärtner) nicht buchführungspflichtig sind und auch nicht freiwillig eine Bilanz erstellen.

- anderen Land- und Forstwirten, die freiwillig zu steuerlichen Zwecken Aufzeichnungen machen, aber keine Bilanz erstellen.

Mit dem Gewinn sind die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft ermittelt. Alle betrieblichen Einnahmen und Ausgaben sind darin berücksichtigt; dagegen dürfen vom Gewinn keinerlei privaten Ausgaben abgezogen werden.
Dieser Gewinn ist auch maßgeblich für eine eventuelle Prüfung der Buchführungspflicht.

Vom Gewinn aus Land- und Forstwirtschaft wird aber noch nicht die Einkommensteuer berechnet. Vielmehr sind zunächst die anderen Einkünfte hinzuzurechnen. Davon sind noch Freibeträge und bestimmte private Ausgaben abzuziehen; zu diesen gehören insbesondere die "Sonderausgaben".

4. Was sind Sonderausgaben?

a) Versorgeaufwendungen (beschränkt abzugsfähig)

- Arbeitnehmerbeiträge zur Sozialversicherung
- Krankenversicherung (Landw. Krankenkasse)
- Unfallversicherung (nicht betrieblich)
- Lebensversicherung
- Rentenversicherung (Landw. Alterskasse)
- Haftpflichtversicherung (nicht betrieblich)
- Bausparbeiträge

b) übrige Sonderausgaben (i. d. R. unbeschränkt abzugsfähig)

- Renten, dauernde Lasten (z. B. Altenteilsleistungen)
- Kirchensteuer
- Vermögensabgabe (nur zu 1/4 abzugsfähig)
- Steuerberatungskosten
- Aufwendungen für die eigene Berufsausbildung oder die Weiterbildung in einem nicht ausgeübten Beruf.

- Spenden und Beiträge für wissenschaftliche, mildtätige usw. Zwecke; und an politische Parteien (nur beschränkt abzugsfähig).

5. Wie hoch ist die Steuer?

Von der Summe der Einkünfte sind die Sonderausgaben und übrigen Abzüge abzusetzen. So gelangt man zum "zu versteuernden Einkommen". Von diesem wird die Einkommensteuerschuld berechnet.

Der Steuersatz beträgt bei einem zu versteuernden Einkommen (gültig für Verheiratete ab 1.1.78):

| | | | |
|---|---|---|---|
| bis | 6.659 DM : | 0 % | Steuer- |
| ab | 6.660 DM : | 22 % | progression! |
| ab | 260.040 DM : | 56 % | |

Dazu kommt evtl. Kirchensteuer i.H.v. 8 % von der Einkommensteuer.

6. Einkommensteuererklärung

Wer vom Finanzamt dazu aufgefordert wird, muß die Steuererklärung abgeben. Daneben ist für bestimmte Fälle die unaufgeforderte Abgabe einer Steuererklärung vorgesehen.

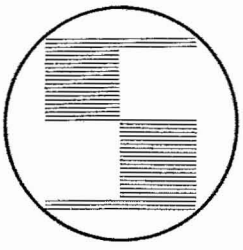
Die Steuererklärung dient der Ermittlung der Besteuerungsgrundlagen. Sie ist vollständig und wahrheitsgemäß auszufüllen.

Die "Anlage L" dient der Erfassung der besonderen Besteuerungsgrundlagen beim Landwirt, vor allem beim nicht buchführenden Landwirt.

7. Beispiel

Es handelt sich um einen Landwirt, 40 Jahre alt, verheiratet, zwei Kinder (12 J. und 15 J.), Zusammenveranlagung, Kalenderjahr 1978

| | | | Voll-erwerbslandw. DM | Zu- oder Neben-erwerbslandw. DM |
|---|---|---|---|---|
| | | **Fall A: I. d. Landw. wird Gewinn erzielt** | | |
| 1. | + | Gewinn aus Land- u. Forstw. n. § 13a EStG | + 13.400 | + 13.400 |
| 2. | + | Einkünfte aus nichtselbständiger Arbeit | - | + 21.000 |
| 3. | ./. | Freibetrag für Land- u. Forstwirte | ./. 2.400 | ./. 2.400 |
| 4. | = | Gesamtbetrag der Einkünfte | = 11.000 | = 32.000 |
| 5. | ./. | Sonderausgaben | ./. 6.000 | ./. 6.000 |
| 6. | = | Zu versteuerndes Einkommen | = 5.000 | = 26.000 |
| 7. | | Darauf Steuer | -.- | 4.262 |
| 8. | | Davon anteilige Steuer f. Landwirtschaft | -.- | 1.465 |
| | | **Fall B: I. d. Landwirtschaft entsteht Verlust** | | |
| 1. | ./. | Verlust aus Land- u. Forstw. lt. Bilanz | ./. 9.000 | ./. 9.000 |
| 2. | + | Einkünfte aus nichtselbständiger Arbeit | - | + 21.000 |
| 3. | ./. | Freibetrag für Land- u. Forstwirte | ./. - | ./. - |
| 4. | = | Gesamtbetrag der Einkünfte | =./. 9.000 | = 12.000 |
| 5. | ./. | Sonderausgaben | ./. 6.000 | ./. 6.000 |
| 6. | = | Zu versteuerndes Einkommen | =./. 15.000 | = 6.000 |
| 7. | | Darauf Steuer | -.- | -.- |
| 8. | | Weniger als bei Fall A | -.- | 4.262 |



Motorenfabrik Anton Schlüter München · Werk Freising