

Ökonomische Beurteilung und organisatorische Einordnung verschiedener Transportverfahren

Beispiel: Transport in der Körnerfruchternte

Von Erwin Reisch, Ludwig Gekle und Frank-Michael Litzka, Stuttgart-Hohenheim*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 631.565.008:631.565.003.1

Veränderungen in den Betriebsgrößen, den Flächenleistungen und den Anbauverhältnissen führen auch zu ökonomisch bedingten Veränderungen in der technischen Ausstattung bei Erntemaschinen und Transportgeräten des Körnerfruchtbaus. Ernte und Transport sind unter unseren Witterungsbedingungen nicht voneinander zu trennen, so daß bei Entscheidungen über eine angemessene und abgestimmte Technisierung die Kosten des gesamten Verfahrenskomplexes ausschlaggebend sind.

1. Problem und Aufgabe

Transporte in der Landwirtschaft, die infolge der flächengebundenen Art der Produktion unvermeidlich anfallen, wurden schon immer als notwendiges Übel angesehen ("Landwirtschaft ist ein Transportgewerbe wider Willen"). Ihr Stellenwert wurde im Betrieb wie in der Wissenschaft von dieser Einschätzung geprägt, und da es beinahe jedem Betrieb gelang, die erforderlichen Transporte zeit- und sachgerecht zu erledigen, war der Transportbereich bis in die neueste Zeit kein Feld vertiefter wissenschaftlicher Betätigung.

Mit zunehmenden Betriebsgrößen, steigenden Erträgen und stärkerer Spezialisierung auf wenige Betriebszweige hat sich dies jedoch wesentlich geändert. Ferner brachten Fortschritte in Züchtung und Anbau gleichzeitig eine höhere Terminempfindlichkeit der Erträge, so daß größere Transportmengen pro Flächeneinheit in kürzerer Zeit bewältigt werden müssen. Die Vergrößerung und Spezialisierung der Betriebe führten überdies zu stoßweisem Anfall großer Mengen gleichartiger Güter in kurzen Zeiträumen. Zum Ausschöpfen der Möglichkeiten der Ertragssteigerung und der Effekte der Betriebsvergrößerung und Spezialisierung wurden in den Produktionsverfahren technische und organisatorische Maßnahmen ergriffen, die sich auch auf die verbindenden Transportverfahren auswirken.

Heute stellt sich die Situation folgendermaßen dar: Gestiegen sind die Terminempfindlichkeit und die mengenmäßige Bedeutung von Transporten im landwirtschaftlichen Betrieb. Unzulänglichkeiten in der Transportkapazität und Schlagkraft führen zu einschneidenden Folgen für die dem Transport vor- und nachgelagerten Verfahren. Als weitere Erschwernis kommt hinzu, daß sich der für den Transport erforderliche Zeitaufwand überwiegend mengenproportional verändert, während vor allem bei den Produktionsverfahren auf dem Feld meist eine flächenproportionale und damit von den obengenannten Veränderungen weniger beeinflusste Abhängigkeit besteht. Dadurch gewinnen in der Landwirtschaft die Transporte, die bisher wegen ihrer relativ geringen Kosten nur wenig ökonomische Beachtung gefunden haben, indirekt eine steigende Bedeutung.

*) Prof. Dr. Dr. h.c. E. Reisch ist Inhaber des Lehrstuhls für Angewandte Landwirtschaftliche Betriebslehre am Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim; Dr. L. Gekle und Dr. F.-M. Litzka sind wissenschaftliche Mitarbeiter am selben Institut.

Um das veränderte betriebswirtschaftliche Gewicht der landwirtschaftlichen Transporte zu ermitteln, müssen nicht nur Zeitaufwand und Kosten, sondern auch die wirtschaftlichen Auswirkungen wachsender Terminempfindlichkeit untersucht werden. Dabei sind die beiden Komplexe aufgrund des enger gewordenen Zusammenhangs zwischen Ernteverfahren und Transport integriert zu bearbeiten. Außerdem kann eine solche Untersuchung nicht auf der Basis von Blockzeitspannen erfolgen, innerhalb derer die Kosten-Leistungs-Beziehungen unverändert bleiben und Ertragsneutralität des Verfahrens unterstellt wird. Die üblichen Blockzeitspannen können in diesem Zusammenhang lediglich als Rahmen gelten, innerhalb dessen die Verfahren technisch überhaupt ablaufen können; innerhalb der Zeitspanne liegt jedoch der ökonomisch interessante Bereich, in dem die Verfahrenleistungen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt durchaus veränderlich sind.

2. Problemstruktur und Lösungsmöglichkeiten

Mechanisierungsprobleme bestehen im allgemeinen darin, technische Kapazitäten sachgerecht – in bezug auf Menge, Zeitpunkt und Qualität – bei geringstmöglichen Kosten bereitzustellen, wobei eventuelle Leistungsunterschiede in den Kostenvergleich eingehen. Sie weisen damit technische und organisatorische Aspekte auf, die vor einem ökonomischen Hintergrund zu beurteilen sind. Eine Systematik, Bild 1, gibt die Struktur und Lösungsmöglichkeiten von Mechanisierungsproblemen in allgemeiner Form wieder.

Mechanisierungsprobleme können in unbefriedigender Arbeitsqualität und/oder unbefriedigender Leistung bestehen. Ihre Lösung kann einerseits betriebsintern erfolgen durch Anpassung des Verfahrens an den Bedarf, indem die Organisation verbessert oder ein anderes Verfahren gewählt wird, oder durch Anpassung des Bedarfs an das Verfahren durch Verzicht auf einen Teil der möglichen Leistung. Betriebsexterne Lösungen andererseits bestehen in der Regel durch zeitlich begrenzte Hereinnahme von Arbeitskraft und Maschinen in den Betrieb. Eine Anpassung des Bedarfs an das Verfahren ist hier normalerweise nicht erforderlich.

Die Lösungsmöglichkeiten können danach in technische und organisatorische Wege unterteilt werden, die im folgenden in bezug auf den landwirtschaftlichen Transport untersucht werden sollen.

Transporttechniken unterlagen in den vergangenen Jahren einer schnellen Entwicklung. Diese führte sowohl zu einer Vergrößerung der Fassungsvermögen als auch zur Steigerung der Geschwindigkeiten der Transportmittel. Man kann heute davon ausgehen, daß die für landwirtschaftliche Transporte benötigten Techniken in ausreichender Abstufung verfügbar sind und somit technische Probleme im landwirtschaftlichen Transportwesen eine untergeordnete Rolle spielen.

Im modernen Landwirtschaftsbetrieb fallen große Transportmengen in kurzer Zeit an. Das erfordert große Kapazitäten, die zwar aus technischer Sicht bereitgestellt werden können, die aber wegen der geringen zeitlichen Nutzung hohe Kapitalkosten verursachen. Folglich liegt es nahe, Kosten durch organisatorische Verbesserungen, sei es betriebsintern oder betriebsextern, zu sparen. Es stellt sich also die Frage nach der Eignung des landwirtschaftlichen Transports für organisatorische Lösungen.

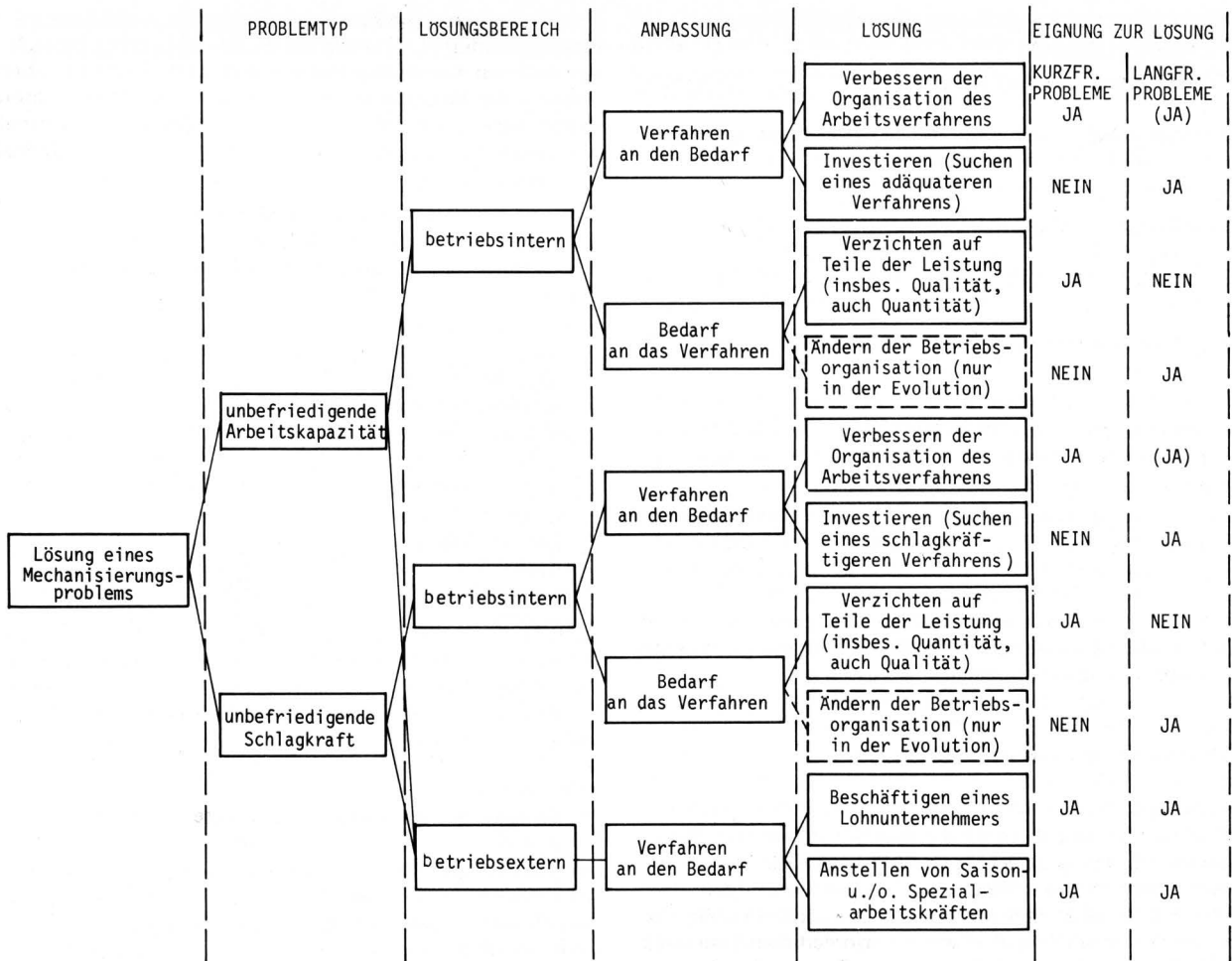


Bild 1. Systematik der Lösung von Mechanisierungsproblemen.

Bezüglich dieser Eigenschaft weist der Transport in der Landwirtschaft zwei charakteristische Merkmale auf, die beide eine begrenzte Organisierbarkeit und eine geringe Wirksamkeit von organisatorischen Lösungen erwarten lassen:

1. Da es sich bei landwirtschaftlichen Gütern vielfach um schnell verderbliche Güter handelt, ist der zeitliche Spielraum für Verschiebungen meist gering und die Bindung an die vor- und nachgelagerten Verfahren oft stark. Folglich ist der Transport auf nicht mit Sicherheit bestimmbare Vorgaben hin zu organisieren.
2. Landwirtschaftliche Transporte treten in sehr unterschiedlichen Formen auf, bei denen vielfach sowohl die gleichen Arbeitskräfte als auch die gleichen technischen Hilfsmittel genutzt werden. Wird nun ein Teil der Aufgabe betriebsextern gelöst, dann führt das zu geringerer Auslastung der vorhandenen betrieblichen Kapazitäten.

Aufgrund dieser Tatsache kann der landwirtschaftliche Transport für die Mehrzahl unserer Betriebe als ein betriebsintern mit technischen Mitteln zu lösendes Problem angesehen werden. Eine Ausnahme bilden Organisationsformen, bei denen neben dem Transport auch vorgelagerte Tätigkeiten aus dem Betrieb hinaus verlagert werden, beispielsweise wenn der Lohnunternehmer Ernte- und Transportarbeiten vornimmt ("Lösung aus einer Hand").

3. Transportprobleme bei der Körnerfruchternte

Im mitteleuropäischen Klimagebiet sind Körnerfruchternte und Körnertransport zeitlich nicht voneinander zu trennen. Die Körnerfrüchte müssen parallel zum Erntegutanfall vom Feld abtransportiert werden. Somit zeigt sich hier eine besonders enge Bindung des Transportverfahrens an das Ernteverfahren. Die Organisation der Ernte wirkt folglich im Transport fort. Damit lassen sich die Transportprobleme nach den Ernteverfahren gliedern:

1. Betriebe mit einzelbetrieblicher Nutzung der Erntemaschine
2. Betriebe mit überbetrieblicher Nutzung der Erntemaschine.

Im ersten Fall ist die Erntekapazität flächenabhängig auf den betrieblichen Bedarf abgestimmt. Ernte und Transport bilden einen Mechanisierungskomplex. Die gegenseitige Abstimmung in beiden Bereichen ist als technische und ökonomische einzelbetrieblich zu lösende Aufgabe anzusehen.

Im zweiten Fall handelt es sich ebenfalls um einen Mechanisierungskomplex mit Abstimmungsaufgaben. Im Gegensatz zur erstgenannten Situation ist hier eine Einwirkung der Transportmechanisierung auf die Erntemechanisierung aber ausgeschlossen, so daß lediglich eine einseitige Anpassung erfolgen kann. Für diesen Fall gezielt Abstimmungslösungen zu kalkulieren, ist nicht sinnvoll, da die Vorgaben der Erntetechnik nahezu beliebig variierbar sind.

Transportprobleme sind in Betrieben mit stoßweisem Anfall größerer Gutmengen zu erwarten. Das trifft besonders für Betriebe mit großer Entfernung des Abgabeortes, mit engem Kulturartenverhältnis und geringem Arbeitskräftebesatz zu, wobei die beiden letztgenannten Merkmale vor allem bei größeren Betrieben vorzufinden sind. Die Untersuchung konzentriert sich somit auf einzelbetriebliche Gesamtlösungen von Ernte und Transport in größeren spezialisierten Körnerfruchtbetrieben mit ungünstigen Transportwegen.

4. Untersuchung einiger Parameter mit Hilfe eines Simulationsmodells

4.1 Vorüberlegungen zur Methode

Eine technisch-ökonomische Untersuchung des Transportbereichs bei der Körnerfruchternte muß drei Gegebenheiten besonders berücksichtigen:

1. den Zusammenhang zwischen dem Transport und dem vorgelagerten Ernteverfahren sowie der nachgelagerten Weiterverwendung der Körnerfrüchte. Die Maschinenkosten für diesen Verfahrenskomplex sind als Einheit zu behandeln;
2. den Zusammenhang zwischen dem Erntezeitpunkt und dem Ertrag;
3. den Zusammenhang des Ernte- und Transportverfahrens mit den gesamtbetrieblichen Gegebenheiten. Hierbei kommt der vorhandenen Arbeitskapazität und der Verwendung der Arbeitskräfte eine besondere Bedeutung zu.

Zur Lösung des vorliegenden Problems oder von Teilen davon stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Die verbreitetste dafür ist die Lineare Programmierung. Mit dieser können die betrieblichen Verflechtungen berücksichtigt werden. Es ist hier auch sicher gestellt, daß die Beurteilung von Mechanisierungsverfahren immer nach dem Grenzwertprinzip erfolgt. Nichtlineare und ganzzahlige Beziehungen können im allgemeinen genügend genau berücksichtigt werden, wenngleich in der Rechenbarkeit relativ enge Grenzen gezogen sind. Ein wesentlicher Punkt aber, der gegen den Einsatz dieser Methode zur Lösung von Kapazitätsproblemen von Mechanisierungsverfahren spricht, ist, daß nicht nur der Restbetrieb die Entscheidung im untersuchten Teilbereich beeinflusst, sondern auch umgekehrt. Dies ist zwar bei gesamtbetrieblichen Optimierungsrechnungen für gegebene technische Kapazitäten durchaus erwünscht, bei der Kapazitätsplanung von Mechanisierungsverfahren können auf diese Weise jedoch in weniger "stabilen" Betriebsorganisationen kurzfristig wirksame und schnell wechselnde Gegebenheiten im technischen Bereich langfristige Entscheidungen in der Betriebsorganisation ungerechtfertigt stark beeinflussen.

Ein anderer Weg wird mit den Entscheidungsnetzplänen beschriftet [1], die eine Verfahrensoptimierung erlauben, bei der die erforderlichen Kapazitäten von Verfahren oder Verfahrenskomplexen bei geringstmöglichem Verbrauch von betrieblichen Ressourcen bereitgestellt werden. Die Bewertung dieser Ressourcen wird jedoch extern vorgenommen, so daß bei dieser Vorgehensweise die Zusammenhänge mit den betrieblichen Grenzwerten der Produktionsfaktoren vollständig vernachlässigt werden.

Eine Verknüpfung von Entscheidungsnetzplänen und Linearer Programmierung [2, 3] ermöglicht es, den technischen Bereich innerhalb von Kapazitätsplanungen stark differenziert zu behandeln und den Betriebszusammenhang aufrechtzuerhalten. Insofern werden damit die Vorzüge beider vorgenannter Methoden genutzt. Alle bisher angesprochenen Methoden lassen jedoch eine Ablauf- und Terminplanung nur in unzureichendem Maße zu.

Die betriebswirtschaftliche Behandlung von Körnerfruchternte und -transport muß das gesamte System betrachten, dessen wesentliche Elemente die Kampagnelänge, Mährescherleistung und Transportleistung sind, Bild 2.

Die Gesamtkosten von Körnerfruchternte und Körnerfruchttransport werden zum einen von den Zusammenhängen innerhalb dieses Verfahrenskomplexes bestimmt. Dabei beeinflussen sich die Mährescher- und Transportleistungen gegenseitig und gemeinsam legen sie die Länge der Erntekampagne fest. Diese wiederum übt über die termin- und witterungsbedingten Verluste einen Einfluß auf die ökonomisch sinnvolle Mechanisierung von Ernte und Transport aus. Zum anderen werden die Verhältnisse innerhalb des Verfahrenskomplexes von den betrieblichen Gegebenheiten über die Kosten der bei der Körnerfruchternte und in anderen Betriebszweigen gemeinsam verwendeten Arbeitskräften und Maschinen mitbestimmt.

Bei technischer Betrachtung sind die Mährescherleistung, abhängig von Kapazität, Fahrgeschwindigkeit und Zeitznutzungsgrad, sowie die Transportleistung, abhängig von Kapazität, Fahrgeschwindigkeit, Entfernung und Zeitznutzungsgrad, die maßgeblichen Größen. Bei gegebener abzuerntender Fläche errechnet sich ihre Auslegung nach der durch die natürlichen Standortverhältnisse bestimmten Zeitspannenlänge. Damit sind bei dieser Vorgehensweise mit Vorgabe eines festen zeitlichen Rahmens für die Arbeitserledigung die resultierenden Maschinenkosten die entscheidende Grundlage der Verfahrensbeurteilung. Dabei wird jedoch unterstellt, daß innerhalb dieses zeitlichen Rahmens Veränderungen in der ökonomischen Verfahrensleistung unberücksichtigt bleiben können.

Diese Prämisse ist zunehmend in Frage zu stellen, da aufgrund der höheren Erträge und mit steigenden Konservierungskosten die betriebswirtschaftlichen Folgen von Terminabweichungen bedeutsamer geworden sind. Das gilt umso mehr, als das Maschinenangebot eine starke zeitliche Konzentration in der Arbeitserledigung erlaubt und die Chance eröffnet, potentielle Erträge weitgehend auch zu realisieren. Das bedeutet, daß im Beispiel der Körnerfruchternte als wichtige Parameter die Ertragsverluste und die Trocknungskosten in Abhängigkeit vom Erntetermin sowie die von der Mähreschergeschwindigkeit abhängigen Kosten der Erntearbeit zu untersuchen sind.

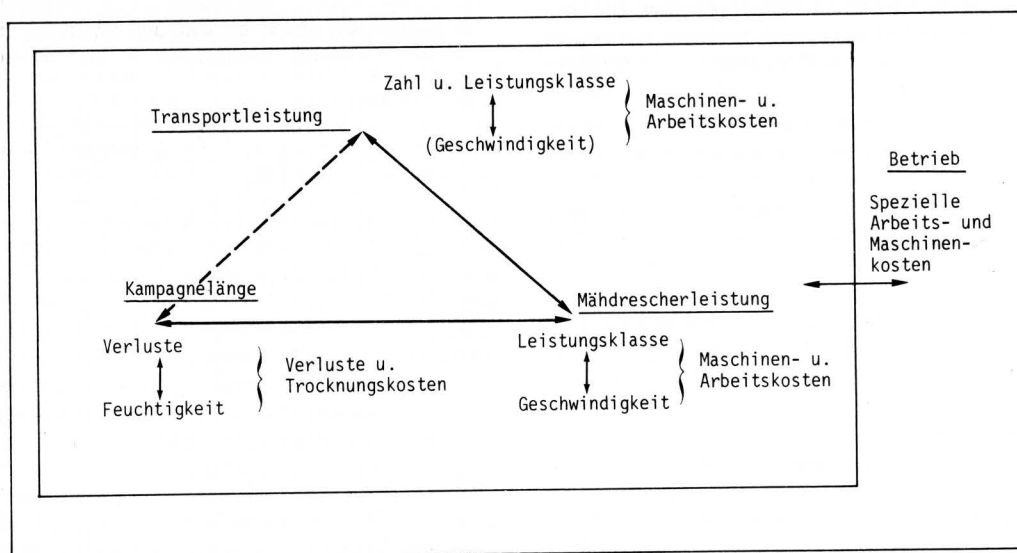


Bild 2. Zusammenhänge im System Körnerfruchternte und Körnerfruchttransport.

4.2 Zeit- und ablaufabhängige Kostenelemente

4.2.1 Timelinesskosten

Die Kosten nicht rechtzeitiger Arbeiterledigung (Timelinesskosten) setzen sich bei Körnerfrüchten zusammen aus den Verlusten auf dem Feld und den Kosten, die durch zu hohe Feuchtigkeit verursacht werden. Beide Kostenkomponenten sind von der Witterung bestimmt und damit von stochastischen Schwankungen abhängig, so daß hier erhebliche Probleme bei der Datenbeschaffung vorliegen.

Verluste auf dem Feld

Zur Abschätzung der Verluste auf dem Feld wird mangels differenzierter Angaben die vereinfachte Annahme nach [4, 5] übernommen, wonach bei Weizen nach Eintritt der Vollreife täglich 0,35 % verloren gehen und bei Gerste 0,26 %. Daraus berechnet [5] Funktionen für den Gesamtverlust Y_g der folgenden Form:

$$Y_g = -0,88 + 0,314 t + 0,003 t^2 \quad (\text{Gerste}) \quad (1)$$

und

$$Y_g = -0,9 + 0,404 t + 0,003 t^2 \quad (\text{Weizen}) \quad (2),$$

wobei t die Zeit nach Eintreten der Vollreife in Tagen ist. Die im Schrifttum nicht näher spezifizierte Verlustfunktion für Gerste wird als für Winter- und Sommergerste gleichermaßen geltend angesehen. Verlustfunktionen für Roggen und Hafer sind nicht bekannt, weshalb hier unterstellt wird, daß Gl. (2) gleichermaßen für Winterweizen, Sommerweizen, Winterroggen, Sommerroggen und Hafer gilt.

Kosten zu hoher Feuchtigkeit

Nach [6] lassen sich im Kornfeuchteverlauf zwei gegenläufige und häufig abwechselnde Phasen unterscheiden:

1. Abtrocknung in niederschlagsfreien Perioden ab 8 Uhr morgens nach der Beziehung:

$$U_t = 11 + (U_a - 11) \exp \left\{ - \frac{(0,035 + 0,019 \Delta p_S) t}{3,909} \right\} \quad (3),$$

mit U_t Feuchtegehalt in % nach Ablauf der Trocknungszeit t

U_a Anfangsfeuchtegehalt in %

Δp_S relatives Sättigungsdefizit (ermittelt aus stündlich gemessenen Werten von Luftfeuchte und Lufttemperatur)

t Trocknungszeit in h.

2. Anfeuchtung durch Tau oder Niederschlag läßt sich durch die Dauer des Niederschlags t_N beschreiben, wobei die Stufen der Taustärke 0; 1; 2; 3 einer Niederschlagsdauer von 0,25; 0,50; 0,75 und 1 h gleichgesetzt werden:

$$U_b = 33 + (U_a - 33) \exp \left\{ - \frac{(0,13 t_N^{0,5} - 0,042)}{0,4343} \right\} \quad (4)$$

U_b Feuchtegehalt des Kornes in % nach Befeuchtung durch Niederschlag

t_N Dauer des Niederschlags in h.

Um die Kosten höherer Kornfeuchtegehalte zu ermitteln, sind nun den Feuchteverläufen die Trocknungskosten gegenüberzustellen. Die letztgenannten wurden aus [7] für drei Feuchtebereiche als Geraden errechnet:

$$K_1 = 0,7 + 1,34 (U - 16,1) \quad \text{für } 16,1 \% \leq U < 17,2 \% \quad (5a)$$

$$K_2 = 2,16 + 0,6 (U - 17,2) \quad \text{für } 17,2 \% \leq U < 19,5 \% \quad (5b)$$

$$K_3 = 3,54 + 0,75 (U - 19,5) \quad \text{für } 19,5 \% \leq U < 24 \% \quad (5c),$$

wobei K_1 , K_2 und K_3 die Trocknungskosten (DM/dt) im jeweils angegebenen Kornfeuchtebereich und U der Kornfeuchtegehalt in % ist.

Für die gesamten Timelinesskosten, die sich aus zeitabhängigen Verlusten auf dem Feld und aus witterungsabhängigen Trocknungskosten zusammensetzen, ergibt sich damit die für 1975 gültige Funktion [8], Bild 3:

Der vergleichbare Erlös — bezogen auf 1 dt Körnerfrucht am Tage der Vollreife geerntet in lagerfähigem Feuchtegehalt — wird nach dem Tag der Vollreife durch terminbedingte Verluste auf dem Feld und durch witterungsbedingte Trocknungskosten (Lohntrocknung) bestimmt. Tendenziell nimmt er mit zunehmendem Abstand vom möglichen Erntebeginn durch Verluste auf dem Feld ab. Diese Tendenz wird durch witterungsbedingte Trocknungskosten überlagert. Bei Erntezeiten $U > 24 \%$ besteht keine Marktfähigkeit und der Erlös geht auf Null zurück. Die Nachtstunden, die generell nicht für Mähdresch geeignet sind, sind in der Funktion nicht enthalten.

Aus dieser Darstellung ist der für den jeweiligen Abstand vom Vollreifetermin gültige Verkaufserlös nach Abzug der Feldverluste und der Trocknungskosten zu entnehmen. Für verlustlose Ernte ohne Trocknungskosten wird ein Preis von 45,- DM/dt unterstellt.

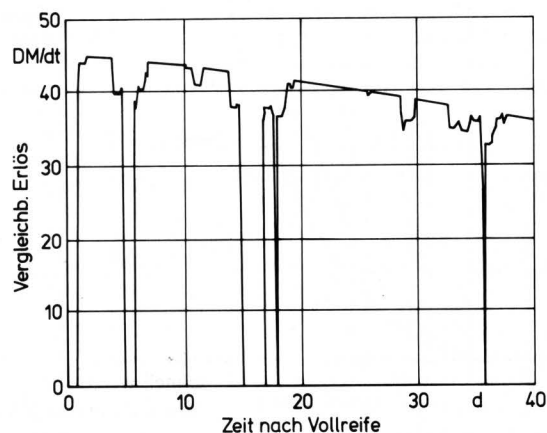


Bild 3. Timelinessfunktion in der Form vergleichbarer Erlöse für Winterweizen.

4.2.2 Kosten der Erntearbeit in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers

Technische Verluste

Die Kapazität einer Erntemaschine ist im allgemeinen keine fixe Größe. Vielmehr kann sie durch Änderung der Fahrgeschwindigkeit unter Inkaufnahme steigender Verluste in weiten Grenzen variiert werden. Auf der Grundlage von DLG-Prüfberichten [9] und unter Berücksichtigung der in [10] ausgewiesenen Wende- und Verlustzeit sowie der Aufnahmeverluste von 12 % [11] ergibt sich eine Verlustfunktion Y_V (DM/ha) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit v (m/s):

$$Y_V = (3,4831 \cdot 10^{-5} (25,434 v)^{2,7796})^{1,12} \quad (6).$$

Weitere von der Fahrgeschwindigkeit abhängige Kostenelemente sind

- Reparaturkosten: Es wird unterstellt, daß mit einer Steigerung der Fahrgeschwindigkeit v über 1 m/s die Reparaturkosten proportional ansteigen und darunter proportional fallen. Die unterstellte Funktion für die Mehr- oder Minderkosten an Reparaturen ΔK_R in DM/ha lautet:

$$\Delta K_R = 2,33 v - 2,33 \quad (7).$$

- Kraftstoffverbrauch: Es ist hier angenommen, daß die zusätzlichen Kraftstoffkosten ΔK_B in DM/ha über bzw. unter $v = 1,5$ m/s der Fahrgeschwindigkeit v proportional steigen bzw. fallen:

$$\Delta K_B = 0,67 v - 1,0 \quad (8).$$

Die geschwindigkeits- und kornfeuchteabhängigen Gesamtverluste lassen sich durch die Gleichung

$$Y_g = (Y_V - 3 v - 0,33) (0,22 U - 2,52) + 3 v - 0,33 \quad (9)$$

für $U \geq 16 \%$

bestimmen. Die Druschverluste in Abhängigkeit von der Druschleistung zeigt für Mähdrescher mit unterschiedlicher Schnittbreite Bild 4:

Eine unterschiedliche Druschleistung, die hier im wesentlichen von der Fahrgeschwindigkeit abhängen soll, führt zu unterschiedlichen Druschverlusten. Begründet sind die Verluste in der unterschiedlichen Belastung der Dresch- und Sieborgane bei veränderter Fahrgeschwindigkeit.

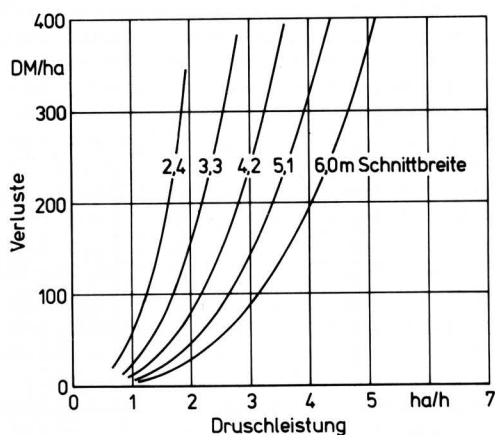


Bild 4. Druschverluste in Abhängigkeit von der Druschleistung für Mähdrescher unterschiedlicher Schnittbreite.

4.3 Das Simulationsmodell

4.3.1 Modellstruktur

Das im folgenden verwendete Simulationsmodell erfaßt, wie bereits erwähnt, die Beziehungen zwischen Kampagnedauer, Mähdrescherleistung und Transportleistung. Als fixe Größen liegen der Berechnung die Witterungsdaten eines "normalen" und eines als ungünstig bezeichneten Ernteverlaufes für die Wetterstation Hohenheim sowie die Mähdrescherleistungen bei verschiedenen Schnittbreiten zugrunde. Als Variable gehen ein: Flächenumfang und Flächenstruktur, Anbau, Erträge und Schüttgewichte der Früchte. Zahl und Kapazität der Transportfahrzeuge, Übergabesystem, Transportentfernung und Transportgeschwindigkeit, für die Kostendaten, die festen und variablen Kosten der eingesetzten Maschinen und Geräte sowie die Arbeitskosten in Form eines Lohnansatzes.

Als Ergebnis der Berechnung erhält man unter der Zielsetzung geringstmöglicher Kosten die Schnittbreite, Geschwindigkeit und Wartezeit des Mähdreschers, die Gesamtzeit sowie die Gesamtkosten, bestehend aus den festen und variablen Kosten für Maschinen und Geräte einschließlich Arbeitskosten, den Timelinesskosten und den Kosten hoher Geschwindigkeit verursacht durch Körnerverluste auf dem Feld.

4.3.2 Ergebnisse

Als Beispiel wird das Simulationsmodell auf einen Betrieb mit 80 ha Getreide angewandt. Die Ergebnisse sind in Tafel 1 wiedergegeben.

Die angegebenen Kosten setzen sich zusammen aus den Kosten für Technisierung und Arbeit, den Kosten für nicht rechtzeitigen Drusch und für Trocknung (Timelinesskosten) und den Kosten für Körnerverluste in Abhängigkeit von der Mähdreschergeschwindigkeit. Im Rechenbeispiel wurden die Witterungsdaten für den Standort Hohenheim des Jahres 1975 verwendet. Der Betrieb umfaßt eine Getreidefläche von 40 ha Winterweizen, 20 ha Sommergerste und 20 ha Hafer. Die Arbeitskosten betragen 20,- DM/AKh; Festkosten für Transportschlepper und Transportwagen wurden nicht angesetzt. Neben den Kosten ist die für die jeweiligen Gegebenheiten optimale Schnittbreite angegeben.

Transportentf. km			Ladekapazität t							
			Zahl der Transportfahrzeuge							
			3	2	3	4	2	3	2	3
2,5	Kosten DM/ha		271	253	275	296	246	266	244	265
	Opt. Schnittbr. m		3,3	3,6	3,6	3,9	3,3	3,9	3,9	3,9
5,0	Kosten DM/ha		331	302	289	297	250	269	246	267
	Opt. Schnittbr. m		3,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,9	3,9	3,9
7,5	Kosten DM/ha		359	313	323	300	291	272	248	269
	Opt. Schnittbr. m		2,7	3,6	3,3	3,6	3,6	3,9	3,9	3,9
10,0	Kosten DM/ha		—	—	338	303	305	274	250	271
	Opt. Schnittbr. m		—	—	3,0	3,6	3,6	3,9	3,9	3,9
15,0	Kosten DM/ha		—	—	360	303	324	302	253	274
	Opt. Schnittbr. m		—	—	3,0	3,6	3,0	3,3	3,9	3,9

Tafel 1. Kosten für Ernte und Transport von Körnerfrüchten für unterschiedliche Transportentfernungen.

Auf einige wichtige Punkte sei im folgenden kurz eingegangen: Der Einfluß der Transportmittel auf die Gesamtkosten zeigt folgendes Bild: Bei geringer Transportentfernung ist der Bereich einer ökonomisch günstigen Transportmittelausstattung vergleichsweise weit. Das heißt, sowohl kapazitätsmäßig kleiner als auch größer ausgelegte Kombinationen der Ernte- und Transportmechanisierung liegen innerhalb einer relativ geringen Kostenspanne.

Bei größerer Entfernung wird die Kapazität der ökonomisch angepaßten Transportmittelausstattung größer. Gleichzeitig verengt sich aber deren Spanne, die annähernde Kostengleichheit aufweist. Das bedeutet, es verringert sich die Flexibilität durch Wahl einer günstigen Kombination, da trotz Anpassung der Mähdrescherkapazität größere Kostendifferenzen verbleiben.

Bei optimaler Abstimmung zwischen Ernte und Transport sind die Kostenunterschiede zwischen verschiedenen Standorten, ausgedrückt in der Transportentfernung geringer als die zusätzlichen Kosten (veränderliche Kosten des Transports, Kosten für Arbeitszeit, Kosten verlängerter Erntedauer) erwarten lassen. Die Ursache für den relativ geringen Kostenanstieg mit zunehmender Transportentfernung liegt in der Anpassung der Schnittbreite sowie in den veränderten Einsatzbedingungen des Mähdreschers, die zu veränderten Timeliness- und Geschwindigkeitskosten führen, Bild 5.

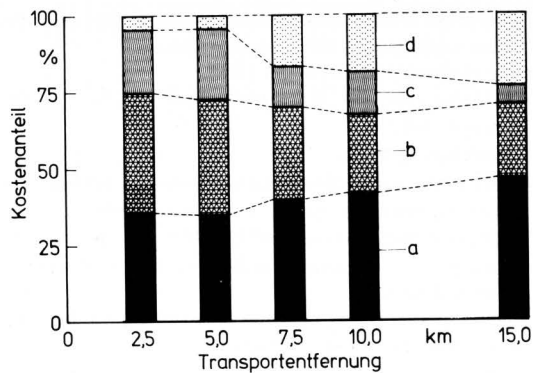


Bild 5. Anteil der Kostenelemente an den Gesamtkosten bei zunehmender Transportentfernung.

- a Variable Kosten
- b Fixe Kosten
- c Geschwindigkeitskosten
- d Timelinesskosten

Mit zunehmender Transportentfernung steigen die veränderlichen Maschinen- und Arbeitskosten (variable Kosten) sowie die Timelinesskosten infolge der verlängerten Erntedauer. Dagegen fallen die festen Maschinenkosten durch Anpassung des Mähdreschers und die von der Mähdreschergeschwindigkeit abhängigen Ernteverluste infolge verringerter Fahrgeschwindigkeit. Durch diese Gegenläufigkeit ergibt sich ein Kostenanstieg, der kleiner ist, als die Summe aus der entfernungsabhängigen Erhöhung der variablen Transportkosten und der von der Kampagnedauer abhängigen Erhöhung der Timelinesskosten.

So steigt zwar der Anteil der variablen und der Timelinesskosten, die fixen Kosten für den Mähdrescher und vor allem aber die von der Mähdreschergeschwindigkeit abhängigen Kosten gehen zurück. Auf diese Weise erhöht sich die Summe der Einzelkosten mit der Transportentfernung, insgesamt jedoch kann der Anstieg durch Flexibilität in den übrigen Bereichen gering gehalten werden.

Bezüglich der praktischen Anwendung der Ergebnisse sind drei betriebliche Situationen zu unterscheiden:

1. Der vorhandene Mähdrescher genügt für absehbare Zeit technisch und kapazitätsmäßig den Ansprüchen, aber im Transportbereich treten infolge von Änderungen im Anbau und durch Ertragssteigerung Engpässe auf:
In dieser Lage führen entweder die Erhöhung der Zahl der Transportfahrzeuge unter der Voraussetzung, daß Arbeitskräfte und Schlepper verfügbar sind oder die Erhöhung der Fahrzeugkapazitäten zu einer Verbesserung, wobei bei letztgenannter Möglichkeit anderweitige zusätzliche Verwendungsarten im Betrieb (Silomais, Zuckerrüben) von Bedeutung sind. Im berechneten Beispiel zeigt sich, daß der Beitrag der Kostensenkung einer vergrößerten Transportkapazität bei niedrigen Ausgangswerten groß ist, daß er aber mit zunehmender Transportmittelausstattung abnimmt und bei weiterer Erhöhung sogar gegenteilige Wirkungen eintreten.
2. Der Mähdrescher soll ausgetauscht werden, eine erforderliche Umgestaltung des Transportbereichs ist aber aufgrund des Verbundes mit anderen Produktionszweigen technisch und ökonomisch nicht sinnvoll:
In dieser Situation wird die betriebswirtschaftliche Kalkulation nicht allein vom Körnerfruchtanbau und dessen aktuellem Umfang bestimmt, so daß bei Neuanschaffungen oft Kapazitäten gewählt werden, die über den derzeitigen Bedarf hinausreichen. Somit stellt sich die Frage, wie sich ein derartiger Kapazitätsüberhang beim Mähdrescher auf die Kosten auswirkt. Dazu haben Zusatzrechnungen ergeben, daß bei Vorhandensein einer großen Transportkapazität die Kosten-erhöhung geringer ist als die zusätzlichen Mähdrescherfestkosten, da ein Teil derselben durch geringere Timeliness- und Geschwindigkeitskosten aufgefangen wird. Bei geringen

Transportkapazitäten steigen die Gesamtkosten annähernd gleich den zusätzlichen Festkosten. Überkapazitäten sind demnach je nach Situation unterschiedlich zu beurteilen.

3. Der Mähdrescher soll ausgetauscht werden und gleichzeitig sollen Änderungen im Transportbereich vorgenommen werden. Damit ist eine volle Variabilität gegeben, was jedoch nur in den seltensten Fällen zutreffen dürfte. Im dargestellten Beispiel ist die Kombination 2 Transportfahrzeuge von 12 t Ladekapazität mit einem Mähdrescher mit 3,9 m Schnittbreite über alle Entfernungen optimal. Müssen jedoch aus Gründen betrieblicher Vorgaben suboptimale Kombinationen realisiert werden, so ist deren kostenmäßige Auswirkung in der Regel bei kleinen Entfernungen kleiner als bei großen, das heißt, bei großen Transportentfernungen ist ein höherer Planungsaufwand gerechtfertigt.

Die dargestellten Kalkulationen haben gezeigt, daß die Nachteile größerer Transportentfernung nicht überschätzt werden dürfen, vorausgesetzt, daß eine sorgfältige Abstimmung zwischen Ernte und Transport vorgenommen wurde. Unter diesen Gegebenheiten kann von der hofeigenen Trocknung und Lagerung nur ein geringer Beitrag zur Kostensenkung erwartet werden. Liegen dagegen suboptimale Verhältnisse vor, die möglicherweise eine Verbesserung nur schwer zulassen, wird der ökonomische Spielraum einer solchen Maßnahme beträchtlich erweitert.

Vorstehende Ausführungen wurden im wesentlichen von den dargestellten Beispielsrechnungen abgeleitet. Prinzipiell gelten sie auch für ein Jahr mit ungünstigeren Erntebedingungen, wie sie beispielsweise für 1974 vorlagen. Die Kosten steigen in diesem Falle um ca. 25,- DM/ha. Ebenso treffen diese Aussagen in der Tendenz auch auf veränderte Voraussetzungen hinsichtlich Betriebsgröße oder betriebsspezifischer Kosten für Maschinen und Arbeit zu.

5. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag waren technische und organisatorische Transportprobleme in der Körnerfruchternte zu behandeln. Es wurde gezeigt, daß nur die integrierte Betrachtung des Verfahrenskomplexes Ernte und Transport eine verbesserte Kapazitätsplanung zuläßt. Dazu wurde ein Rechenprogramm entwickelt und vorgestellt. Ausgangsdaten sind die den Mähdreschereinsatz bestimmenden Witterungsverhältnisse, die technischen Daten der Erntemaschinen und Transportgeräte sowie die Preis- und Kostendaten der Körnerfrüchte und der technischen Ausstattung. Durch das Rechenprogramm wird bei den jeweiligen betrieblichen Vorgaben zum Einsatzumfang die optimale Kapazität und Geschwindigkeit des Mähdreschers errechnet und gleichzeitig die gesamte Kampagnedauer bestimmt. Die Optimierung erfolgt durch den Vergleich der Gesamtkosten bei systematisch variiertem Transportmittelausstattung. Grundlage für die Kapazitäts- und Einsatzplanung sind nicht mehr eine bestimmte Zeitspanne gleichbleibender Verfahrensleistung, sondern Kostenvergleiche zwischen den verschiedenen Alternativen technischer Ausstattung und deren jeweiligem optimalen Einsatz.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Morris, W.H.M. u. A. Nygaard: Application of an optimizing path algorithm in the comparison of farm work method. Journal of Farm Economics Bd. 46 (1964) S. 410/17.
- [2] ●Hartmann, W.: Die Verknüpfung der Linearen Programmierung und der Netzplantechnik zur Beurteilung technischer Verfahren. Diss. Univ. Hohenheim in Vorbereitung.
- [3] ●Reisch, E. u. J. Zeddies: Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre, Band 2: spezieller Teil. Stuttgart: Eugen Ulmer 1977.

- [4] ● *Baumgartner, G.*: Anpassung des Mähdreschereinsatzes an Klimaverhältnisse und Ernterisiko. Diss. Univ. Hohenheim 1968.
- [5] ● *Kellner, L.*: Die Planung von Mähdrescherkapazitäten bei unsicheren Erntedaten. Diss. Univ. Bonn 1975.
- [6] ● *Voigt, V.*: Der Kornfeuchtigkeitsverlauf auf dem Halm stehenden Getreides unter dem Einfluß der Witterung und Folgerungen für den Mähdrusch. Diss. Landw. Hochsch. Hohenheim 1955.
- [7] Württembergische Landwirtschaftliche Zentralgenossenschaft: Fernmündliche Auskunft.
- [8] Deutscher Wetterdienst: Thermohydrographen-Streifen und Monatstabellen für Klimahauptstationen. (für Hohenheim) 1974 und 1975.
- [9] Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft: Prüfbericht Nr. 2511, Gruppe 7c/42. Frankfurt/M. 1976.
- [10] ● Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Kalkulationsunterlagen Bd. I, 4. Fortschreibung, Wolftratshausen: Neureuther 1969.
- [11] *Koswig, M.*: Messung und Beurteilung der Körnerverluste beim Mähdrusch. Tagungsberichte des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim Nr. 40 (1961) S. 119/32.

Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

Internationale Tagung Landtechnik vom 12. bis 14. November 1980 in Ulm

Die diesjährige Jahrestagung der VDI-Fachgruppe Landtechnik wird in Ulm im Tagungszentrum Edwin Scharff-Haus abgehalten. Für Mittwoch, den 12.11. sind zwei Werkbesichtigungen vorgesehen:

1. Fa. Klöckner-Humboldt-Deutz AG, Zweigniederlassung Fahr Werk Lauingen und
2. Fa. Magirus Deutz AG, Ulm.

Für die Vortragsveranstaltung sind wieder 1 1/2 Tage vorgesehen, wobei in gewohnter Weise die Fachvorträge in parallelen Reihen stattfinden und durch Plenarveranstaltungen zur Eröffnung und zum Schluß eingerahmt werden. Es wird das folgende, vielseitige Programm angeboten.

Donnerstag, 13. November 1980, 9.00 Uhr

Plenarveranstaltung

Begrüßung und Eröffnung
Dipl.-Ing. *J.N. Logos*, VDI
Vorsitzender der VDI-Fachgruppe Landtechnik

Aufgaben und Probleme der Mechanisierung in der chinesischen Landwirtschaft

Prof. Dr. Dr. h.c. *E. Reisch*, Stuttgart-Hohenheim

Entwicklungstendenzen der Landtechnik unter Berücksichtigung der durch die Energiekrise gegebenen Situation
Dipl.-Ing. Dr. h.c. *A. Schlüter*, Freising

Pause bis 11.00 Uhr

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Diskussionsleiter: Dr.-Ing. <i>K.-Th. Renius</i> , Köln	Diskussionsleiter: Dr.-Ing. <i>W. Busse</i> , Harsewinkel	Diskussionsleiter: Prof. Dr.-Ing. <i>F. Wieneke</i> , Göttingen
Zusammenarbeit Dieselmotor – Strömungskupplung im landwirtschaftlichen Schlepper Ing. (grad.) <i>F. Görner</i> , Marktoberdorf	Die Messung von Gutgeschwindigkeiten in Axialdreschwerkzeugen Prof. Dr.-Ing. <i>H.D. Kutzbach</i> , Stuttgart	Landmaschinen in kleinbäuerlichen Betrieben Westafrikas Prof. Dr. <i>H. Eichhorn</i> , Gießen
Synchronisierung in Getrieben Dipl.-Ing. <i>H. Christian</i> und Dipl.-Ing. Dr. techn. <i>G. Krisper</i> , Steyr	Die Korn-Spreu-Trennung durch die Reinigungsanlage des Mähdreschers Dr. <i>Th. Freye</i> , Harsewinkel	Praxisorientierte landtechnische Ausbildung in der Türkei <i>S. Hasse</i> , Eschborn z.Z. Türkei
Vergleichende Betrachtungen zur Berechnung und Gestaltung von Zahnrädern in Ackerschleppergetrieben zwischen der DIN 3990 und dem Niemann-Verfahren Dipl.-Ing. <i>H. Meiners</i> , Braunschweig	Corn-Cob-Mix Ing. (grad.) <i>H. Harig</i> , Harsewinkel	Entwicklung einer Rollpresse für Ballen kleiner Abmessungen unter Berücksichtigung der Anforderungen in Entwicklungsländern Ing. (grad.) <i>A. Alexi</i> , Köln
Mittagspause bis 14.00 Uhr Diskussionsleiter: Prof. Dr.-Ing. <i>W.H. Söhne</i> , München Ermittlung von Gesamt-Lastkollektiven für Ackerschlepper Dipl.-Ing. <i>R.H. Biller</i> , Braunschweig	Diskussionsleiter: Ing. <i>H. Barthel</i> , München Möglichkeiten der Energiekosteneinsparung bei der Trocknung von Agrarprodukten unter besonderer Berücksichtigung pflanzlicher Reststoffe als Energieträger zur Luftanwärmung Dr. <i>A. Strehler</i> , Freising	
Der Einfluß der Lastverteilung auf die Triebkraftkurve Prof. Dr.-Ing. <i>W.H. Söhne</i> und Dipl.-Ing. <i>I. Bolling</i> , München	Nährstoffverluste bei der Feuchtlagerung von Halmfutter im Hinblick auf die Steuerung von Unterdach-Trocknungsanlagen Dr. <i>H. Prigge</i> und Prof. Dr. sc. agr. Dipl.-Ing. <i>M. Eimer</i> , Göttingen	