

Einfluß des Belastungsmodells auf die Betriebsdauer von Radachsen landwirtschaftlicher Fahrzeuge

Dr.-Ing. H. Müller, VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen, Betrieb Traktorenwerk Schönebeck

1. Problemstellung

Der ökonomische Leichtbau ist bei der Herstellung großer Serien landwirtschaftlicher Fahrzeuge von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Für den Hersteller bedeutet das einerseits, die Materialökonomie konsequent durchzusetzen, andererseits aber auch, eine ausreichende Zuverlässigkeit zu sichern. Zur Erfüllung dieser Forderungen ist es u. a. notwendig, Radachsen landwirtschaftlicher Fahrzeuge theoretisch auf Betriebsfestigkeit zu dimensionieren.

Ein Beispiel für die Radachse in einer Radeinheit eines landwirtschaftlichen Fahrzeuges zeigt Bild 1. Darin trägt die zu untersuchende Radachse a über die Radlager b das Rad c. Das Rad ist nicht angetrieben und stützt sich auf der Fahrbahn d ab. Auf Betriebsfestigkeit soll der kreisförmige Querschnitt e dimensioniert werden.

Zur Dimensionierung müssen durch Rechnung oder Messung die zeitabhängigen transformierten Kräfte F_x , F_y und F_z bekannt sein. Sie rufen im Punkt P des Querschnitts e Nennspannungen hervor. Davon werden im folgenden nur die für landwirtschaftliche Fahrzeuge wesentlichen Biegenormalspannungen σ_b betrachtet. Sie ergeben sich nach Bild 1 mit den axialen Trägheitsmomenten I_x , I_y zu

$$\sigma_b = -(F_y l + F_z r) / I_x - F_x l x / I_y. \quad (1)$$

Diese Spannungen sind folglich nicht nur vom untersuchten Systempunkt, sondern auch von der zeitlichen Größe der Kraftkomponenten abhängig. Im Entwurfsstadium genügt es manchmal, nur die statische Festigkeit der Radachsen zu untersuchen. Bei dieser Betrachtungsweise ist es üblich, die zeitgleich wirkenden Kräfte durch Zeitschnitte in den Kraftverläufen zu bestimmen und damit dann Größe und Ort der maximalen Spannung des Untersuchungsquerschnitts zu ermitteln. Über zeitgleich auftretende Radkräfte landwirtschaftlicher Maschinen sind einige Angaben in der Literatur [2, 5, 6] vorhanden.

Radfelgen von Straßenfahrzeugen werden häufig ersatzweise auf Zeit- oder Dauerfestigkeit überprüft [1, 3]. Das Verhältnis der einzelnen Radkraftkomponenten untereinander wird dabei zu jedem Zeitpunkt als konstant angenommen.

Für Betriebsfestigkeitsberechnungen sind in

der Literatur Angaben über die Kombination der Belastungskomponenten nur selten vorhanden, z. B. in [4]. Allgemeine Betrachtungen liegen nicht vor.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich deshalb mit dieser Problematik, angewendet auf Radachsen landwirtschaftlicher Fahrzeuge. Zur Spannungsermittlung wird dabei von Gl. (1) ausgegangen. Die zur Berechnung erforderlichen Koordinaten x , y eines beliebigen Systempunktes des Untersuchungsquerschnitts sind durch die Bauteilgeometrie bekannt. Das Hauptproblem besteht folglich darin, die Wirkung der Belastungskomponenten ausreichend genau zu berücksichtigen. Ihre qualitative Wirkung wird durch Belastungsmodelle gekennzeichnet.

2. Belastungsmodelle

Grundlage zur Bildung von Belastungsmodellen sind die zeitabhängigen Kraftverläufe. Im Bild 2 (oben) ist dazu ein Beispiel dargestellt. Häufig werden diese Verläufe z. Z. nach Spitzenwerten klassiert. Man erhält dadurch für jede Kraftkomponente ein eigenes Kollektiv. Ein Beispiel für die Kollektive der Radkräfte F_x , F_y und F_z enthält Bild 3. In diesem Bild sind die jeweiligen Summenhäufigkeitslinien a und die daraus abgeleiteten Stufenkollektive b eingetragen. Zur Kennzeichnung erhält jede Stufe eine Nummer (1 bis 5) zugewiesen.

Bild 3 zeigt, daß durch die Klassierung der zeitliche Zusammenhang sowohl innerhalb eines Kollektivs als auch zwischen den Kollektiven vollständig verlorengegangen ist. Um trotzdem mit diesen Kraftkollektiven dimensionieren zu können, werden im Belastungsmodell 1 folgende Annahmen getroffen:

- Jeder Stufe eines Kollektivs wird je eine Stufe der übrigen Kollektive zugeordnet.
- Die Zuordnungen beginnen mit der größten Belastung einer jeden Komponente und setzen sich zu kleineren fort.

Mit diesen Annahmen werden unter Verwendung von Gl. (1) Nennspannungskollektive berechnet. Für eine Beispielkonstruktion wurden dabei verschiedene Systempunkte in der unteren Halbebene des Untersuchungsquerschnitts e (im Bild 1 doppelt schraffiert) betrachtet. Die Kollektive wurden dann in einem Rechenprogramm [7] zur Bestimmung der Betriebsdauer nach dem Verfahren von Haibach [8] verwendet. Bei jeder Belastungskombination entstehen im Untersuchungsquerschnitt unterschiedliche Spannungsverteilungen. Das Maximum dieser Verteilungen tritt allgemein nicht im gleichen Systempunkt auf. Für das Modell 1/1 wird aber angenommen, daß die maximalen Spannungen in einem Punkt wirken. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich dann für den Untersuchungsquerschnitt nur eine einzige Betriebsdauer. Sie wird als Bezugs-Betriebsdauer betrachtet und erhält die Größe Eins zugeordnet.

Verwendet man dagegen die in den einzelnen Systempunkten wirkenden Spannungen (Modell 1/2), so ergeben sich auch ortsabhängige Betriebsdauerwerte. Für den Rand des Unter-

suchungsquerschnitts sind die auf das Modell 1/1 bezogenen Ergebnisse im Bild 4 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß an verschiedenen Systempunkten eine sehr unterschiedliche Betriebsdauer auftreten kann. Weiterhin ist zu erkennen, daß im vorliegenden Fall ein Systempunkt existiert, der nur etwa die Betriebsdauer des Modells 1/1 hat.

Da das Modell 1 stets extreme Stufen der Belastungsgrößen kombiniert, ist die berechnete Betriebsdauer ein Minimalwert und führt demzufolge allgemein zu Überdimensionierungen. Es ist nicht zu erwarten, daß stets alle Kraftspitzen zeitgleich zusammenfallen und weiterhin der Zusammenfall zu erfolgt, daß stets relativ extreme Spannungen entstehen.

Im Belastungsmodell 2 wird deshalb der entgegengesetzte Extremfall angenommen. Es wird vorausgesetzt, daß zwar die Kraftspitzen zeitgleich zusammenfallen, aber die Einzelkollektive voneinander unabhängig sind.

Dann fällt jede Stufe eines Kollektivs mit jeder Stufe der übrigen Kollektive zusammen. Die Größe der Spannung dieser Kombination ist damit beschrieben. Die dazugehörige Wahrscheinlichkeit ergibt sich aus dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten [9].

Mit diesem Modell wurden wiederum für verschiedene Systempunkte Spannungsermittlungen und Betriebsdauerberechnungen vorgenommen. Beim Modell 2/1 wirkten dabei wieder die maximalen Spannungen in der unteren Halbebene (Bild 1) in nur einem einzigen Systempunkt, das Modell 2/2 berücksichtigte dagegen die in den einzelnen Systempunkten mit Gl. (1) berechneten Spannungen.

Die Betriebsdauer des Modells 2/1 und die minimale Betriebsdauer des Modells 2/2 stiegen durch die veränderten Annahmen gegenüber dem Modell 1/1 auf den 1,3fachen Wert. Wegen der Annahme der Unabhängigkeit der Kraftspitzen entstehen folglich wesentlich höhere Betriebsdauerwerte. Zu bemerken ist dabei, daß die minimalen Betriebsdauern der Modelle 1/2 und 2/2 nicht am gleichen Systempunkt auftraten.

Mit den getroffenen Annahmen kann auch Modell 2 den zeitlichen Zusammenhang der Kräfte nicht ausreichend berücksichtigen. Zur Beseitigung dieses Mangels werden deshalb im Belastungsmodell 3 die Kraft-Zeit-Funktionen unmittelbar zur Berechnung der Moment-Zeit-Funktionen und diese wiederum zur Ermittlung der Spannungs-Zeit-Funktionen an verschiedenen Systempunkten verwendet. Durch diese Festlegungen wird der Spannungs-Zeit-Verlauf für den betrachteten Systempunkt exakt wiedergegeben.

Beispiele von Spannungs-Zeit-Verläufen für einige Systempunkte am Rand des Untersuchungsquerschnitts (Bild 1) sind im Bild 2 (unten) eingetragen. Man erkennt, daß die einzelnen Belastungskomponenten den Spannungsverlauf in den einzelnen Systempunkten sehr unterschiedlich beeinflussen und daß diese Beeinflussung auch von der Lage des Systempunkts abhängt.

Fortsetzung von Seite 37

- eines Haufwerkes großer Schichthöhe auf einem schwingenden Siebrost. TH Braunschweig, Dissertation 1959.
- [4] Pudenz, V.: Theoretische Untersuchungen von Krümelungs-, Absieb- und Fördereinrichtungen in Kartoffelerntemaschinen für schwierige Einsatzbedingungen. TU Dresden, Diplomarbeit 1966.
- [5] Eifler, R.; Hinz, E.; Krüger, K.-H.: Entwicklung und Erprobung von Dammaufnahme- und Absiebelelementen — Blattschar/Bogenschwingsieb. WZ für Landtechnik Schlieben, Teilabschlußbericht (unveröffentlicht).
- [6] DDR-WP 98 197 Hackfruchterntemaschine; angemeldet: 26. Juli 1972. A 2199

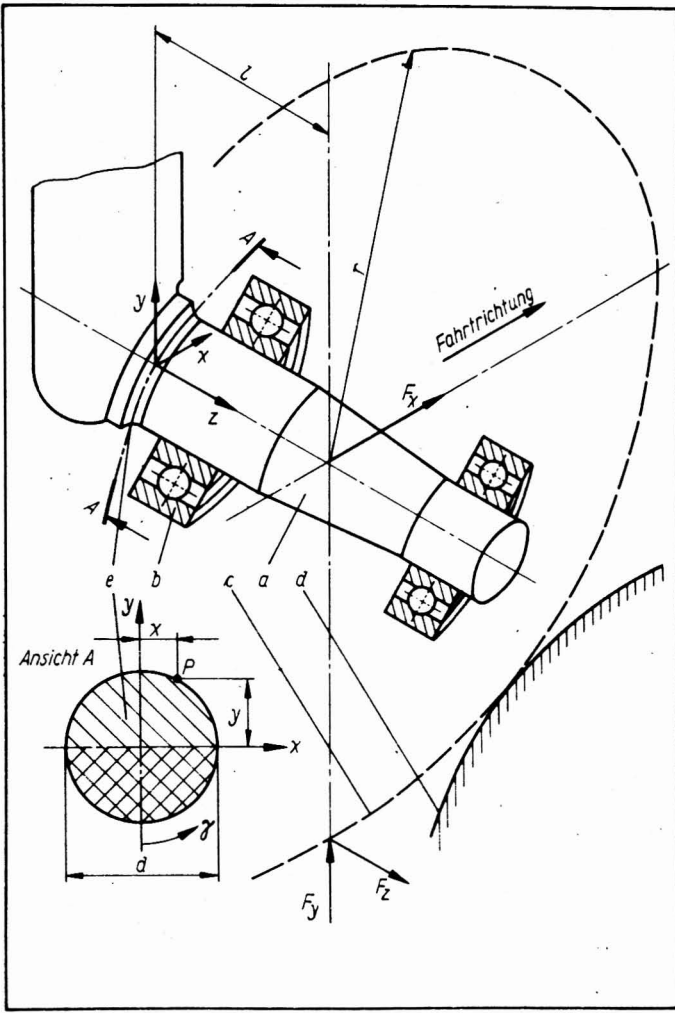


Bild 1. Radeinheit; a Radachse, b Radlager, c Rad, d Fahrbahn, e untersuchter Querschnitt

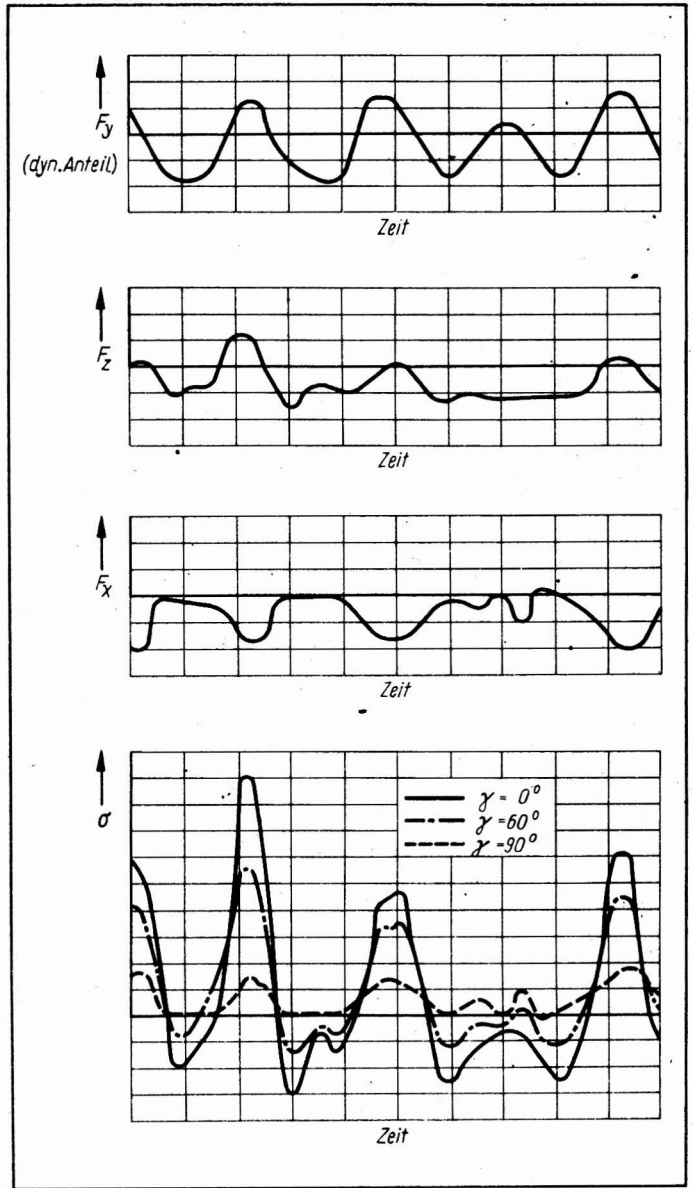


Bild 2. Kräfte und Spannungen in Abhängigkeit von der Zeit; σ Spannung am Rand des Untersuchungsquerschnitts

Zur Betriebsdauerberechnung mit diesem Modell wurden die Spannungsverläufe der untersuchten Systempunkte klassiert. Als Modell 3/1 wirkten dabei wiederum die maximalen Spannungen in der unteren Halbebene (Bild 1) in einem einzigen Systempunkt. Das Modell 3/2

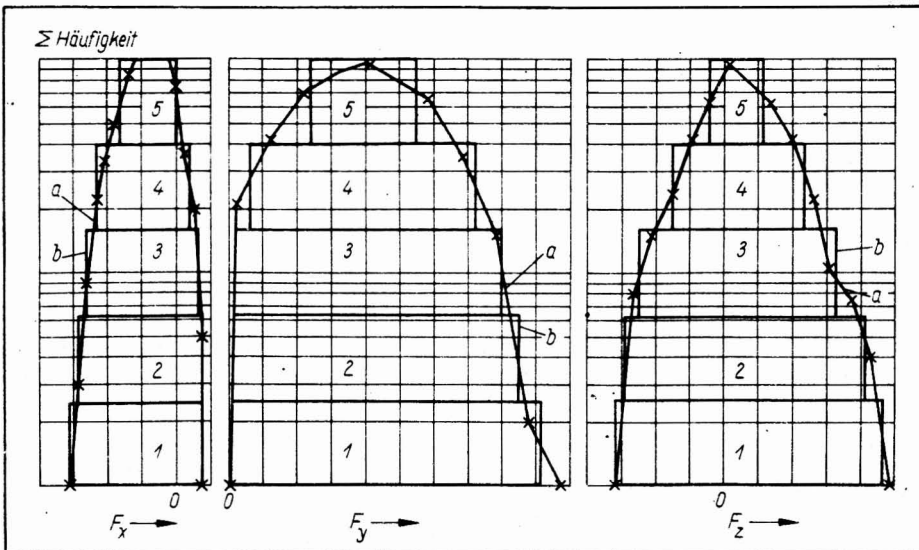
dagegen verwendete die mit Gl.(1) in den einzelnen Systempunkten berechneten Spannungen.

Sowohl beim Modell 3/1 als auch beim Modell 3/2 stieg die Betriebsdauer gegenüber Modell 1/1 auf das 1,2fache. Die Betriebsdauer

der Modelle 3/1 und 3/2 ist jedoch relativ kleiner als die der Modelle 2/1 bzw. 2/2. Weiterhin ist beim Modell 3/2 die Lage des Systempunkts mit minimaler Betriebsdauer weder mit der Lage des analogen Systempunkts von Modell 1/2 noch von Modell 2/2 identisch.

Alle genannten Belastungsmodelle sind zur besseren Übersicht im Bild 5 zusammengestellt.

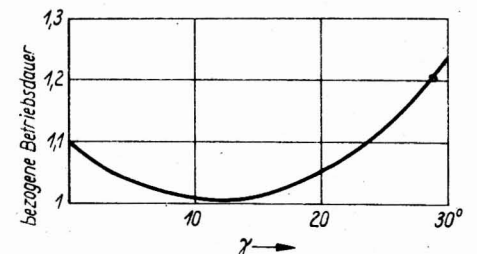
Bild 3. Radkraftkollektive; a Summenhäufigkeitslinie, b gestuftes Kollektiv



3. Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen sagen aus, daß die berechnete Betriebsdauer wesentlich durch das Belastungsmodell bestimmt wird. Das

Bild 4. Bezogene Betriebsdauer am Rand des Untersuchungsquerschnitts für das Modell 1/2



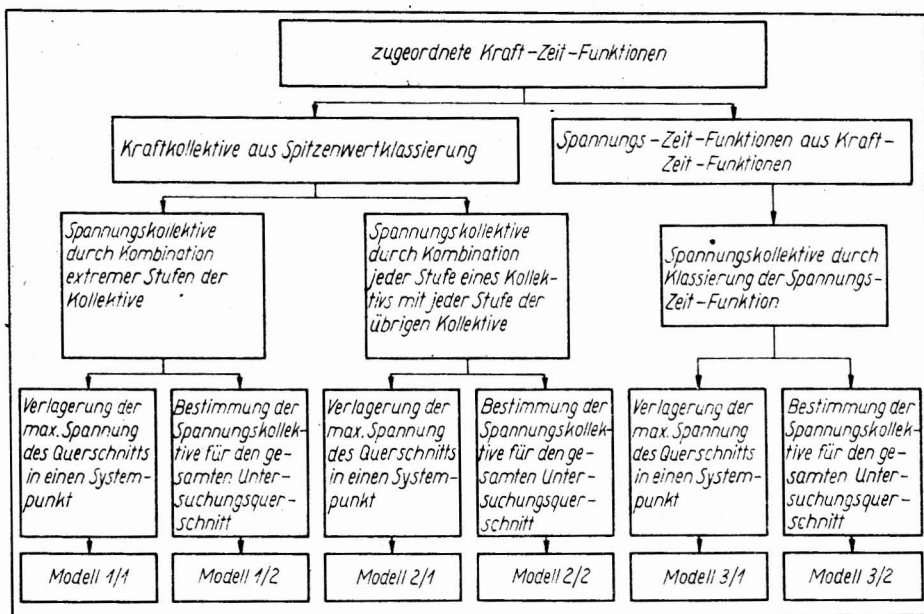


Bild 5. Zusammenstellung der Belastungsmodelle

Belastungsmodell 1 setzt ungünstigste Beanspruchungszustände voraus und ist damit nur zur Berechnung einer minimalen Betriebsdauer geeignet. Nur das Modell 3/2 erfaßt den zeitlichen Verlauf der Belastungskomponenten richtig und liefert exakte Nennspannungskollektive zur Betriebsdauerberechnung. Je nach der Korrelation der Belastungskomponenten ergeben sich mit dem Belastungsmodell 2 höhere oder niedrigere Betriebsdauerwerte als beim Modell 3. Nur wenn Aussagen über diese Korrelation vorliegen, kann Modell 2 angewendet werden, um Tendenzen abzuschätzen. Die

aufgeführten bezogenen Betriebsdauerwerte sind nicht allgemeingültig, zeigen aber Möglichkeiten. Berechnungen mit anderen Belastungen und anderen Werkstoff- oder Bauteilkennwerten ergaben teilweise wesentlich andere Ergebnisse. Für eine optimale Dimensionierung ist demzufolge die Anwendung des Modells 3/2 notwendig. Die dafür notwendigen meß- und rechentechnischen Voraussetzungen sind vorhanden.

4. Zusammenfassung

Das Belastungsmodell beeinflusst die berech-

nete Betriebsdauer von Radachsen landwirtschaftlicher Fahrzeuge wesentlich. Gute Dimensionierungsergebnisse liefert nur ein Modell, das aus Belastungs-Zeit-Funktionen für wesentliche Systempunkte Spannungs-Zeit-Funktionen bestimmt und damit die Betriebsdauer ermittelt.

Literatur

- [1] Hanke, M.; Magera, M.: Entwurf einer modernen Methodik für Dauerschwingversuche von Radscheiben. Vortrag auf dem Kolloquium „Reifen und Räder“, Dresden 1976.
- [2] Prochazka, J.: Výsledky experimentálního výzkumu dynamického zatížení návozu (Ergebnisse bei der experimentellen Erforschung der dynamischen Belastung von Einachsanhängern). Zemědělská technika, Praha, 18 (1972) H. 4, S. 193—213.
- [3] Grubišić, V.: Bemessung und Prüfung von Fahrzeugrädern. ATZ 75 (1973) S. 9—18; S. 252—258.
- [4] Buxbaum, O.; Gassner, E.: Zur Aufstellung von Lastkollektiven für Flugzeugfahrwerke. Luftfahrttechnik-Raumfahrttechnik 15 (1969) H. 11, S. 269—274.
- [5] Ufer, B.; Müller, H.: Vorderachslasten von Traktoren. VEB Traktorenwerk Schönebeck, Berechnung Nr. 000/0000/14, 1968 (unveröffentlicht).
- [6] Böhme, K.-H.: Untersuchungen über Stoßfaktorsysteme und repräsentative Belastungen bei Fahrzeugen. IfL Dresden. Bericht Nr. 600-66/71, 1972.
- [7] Müller, H.; Reinhardt, D.; Fritzsche, H.: Betriebsdauerberechnung. VEB Traktorenwerk Schönebeck, Berechnung Nr. 000/0000/49, 1975 (unveröffentlicht).
- [8] Haibach, E.: Modifizierte lineare Schadensakkumulationshypothese zur Berücksichtigung des Dauerfestigkeitsabfalles mit fortschreitender Schädigung. TM Nr. 50/70, LBF.
- [9] Storm, R.: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1965.

A 2202

Kurz informiert

Audiovisuelle Lehrmittel für das Lehrgebiet „Landmaschinentechnik“

Das Institut für Film, Bild und Ton hat in Zusammenarbeit mit der Sektion Landtechnik und der Hochschul-Film- und Bildstelle der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock eine Reihe von Lehrfilmen und Klappfolien für das Lehrgebiet „Landmaschinentechnik“ an Hoch-, Fach-, Ingenieur- und Betriebsberufsschulen produziert. Es handelt sich hierbei um folgende Lehrfilme:

- T-HF 710 Hackfruchternte I Kartoffelernte
- T-HF 711 Hackfruchternte II Rübenernte (E 732/734, E 765)
- T-HF 754 Mähdescher E 512
- T-HF 803 Schwadmäher E 301
- T-HF 804 Feldhäcksler E 280
- T-HF 851 Rodelader KS-6
- T-HF 880 Köpflader 6-ÖRCS.

Bei den Klappfolien (farbig) handelt es sich um die Folienreihe H-FR 9 1—12, in der Arbeitselemente und Arbeitsweise von Rauhfutter-, Getreide- und Hackfruchterntemaschinen dargestellt werden.

Bei der Herstellung der Lehrfilme haben technische, z.T. aber auch technologische Aspekte Berücksichtigung gefunden. Sie stellen eine sehr wesentliche Ergänzung zu den theoretisch behandelten Fragenkomplexen dar und geben den Studenten einen Überblick über Arbeitsweise und Einsatzmöglichkeiten der verwendeten landtechnischen Arbeitsmittel. Institutionen, die am Erwerb dieser Lehrmaterialien interessiert sind, wenden sich an das Institut für Film, Bild und Ton Berlin, 108 Berlin, Krausenstraße 9/10.

+

Arbeitstagung mit hohem Niveau

Vom 10. bis 12. Oktober 1978 fand an der Martin-Luther-Universität Halle—Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion, die II. Wissenschaftliche Arbeitstagung „Mechanisierung der Zuckerrübenproduktion“ statt. Die Tagung wurde unter Mitwirkung des Forschungszentrums für Mechanisierung der Landwirtschaft Schließen/Bornim und des Instituts für Rübenforschung Kleinwanzleben der AdL der DDR

sowie des VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen, der VVB Zucker- und Stärkeindustrie und der Agrar-Industrie-Vereinigung (AIV) Pflanzenproduktion Querfurt veranstaltet. Etwa 165 Teilnehmer aus dem In- und Ausland waren erschienen, um die in 22 Vorträgen zusammengefaßten Ergebnisse und Erfahrungen zur Mechanisierung der Zuckerrübenproduktion aus der UdSSR, der VR Polen, der ČSSR, der Ungarischen VR, der SFR Jugoslawien und der DDR zu hören und für ihre Arbeitsbereiche auszuwerten. Vorträgen zur Entwicklung der Zuckerrübenproduktion von Oehme (DDR) und Turowski (UdSSR) folgten solche zu Problemen der Aussaat und der Standraumzumessung, deren theoretische Grundlagen durch Fritsch (DDR) vorgetragen wurden. Bosse (DDR) und Fechler (DDR) stellten technische Arbeitsmittel für die Bodenbearbeitung und Saatbettvorbereitung vor und formulierten Einsatzhinweise, damit optimaler Feldaufgang erreicht wird. Zur handarbeitsarmen bzw. handarbeitslosen Pflege referierten Basin (UdSSR) und Naumann (DDR), indem sie