

Die zum Teil erheblichen Unterschiede zwischen den für den „Idealprozeß“ möglichen Zeitspannen und denen der praktischen Arbeitsverfahren weisen auf Reserven hin, die in diesen Verfahren bei weiterer technologischer und technischer Vervollkommnung stecken.

### Schlußfolgerungen

Aus den Untersuchungen kann u. a. gefolgert werden:

- Das angewandte Untersuchungsverfahren hat sich methodisch bewährt, führt zu statistischen signifikanten Aussagen und kann sinngemäß auch für andere landwirtschaftliche Arbeitsprozesse angewendet werden.
- Durch die Kopplung von hinsichtlich einer bestimmten Zielfunktion hoch effektiven technologischen Verfahren mit den diese Zielfunktion bestimmenden meteorologischen Einflußfaktoren auf der Basis langjähriger Beobachtungswerte entstehen „Idealprozesse“, die über einen „Gütegrad“ eine Beurteilung bestehender Arbeitsverfahren ermöglichen und in ihnen vorhandene Reserven aufzeigen.
- Für die Feldfuttertrocknung sind in der DDR standortdifferenzierte Klimaauswertungen erforderlich, um die Einsatzspannen der einzelnen Verfahren real bestimmen zu können.

Dipl.-Ing. W. Recker, KDT\*

Obwohl Siebketten seit vielen Jahren das vorherrschende Siebelement in Kartoffelerntemaschinen sind, ist über ihr Bewegungsverhalten bisher wenig veröffentlicht worden /1/. Erweiterte Kenntnisse auf diesem Gebiet ermöglichen Abschätzungen über Varianten zur Verbesserung von Arbeitsqualität und Siebleistung dieses Siebelements. Es war deshalb die Aufgabe gestellt, eine Versuchs- und Auswertmethode zu entwickeln, die Untersuchungen des Bewegungsverhaltens umlaufender Siebketten in Erntemaschinen unter Feldbedingungen gestattet.

### 1. Versuchsmethodik

Um das Bewegungsverhalten von Siebketten zu kennzeichnen, ist es erforderlich, den Wegverlauf oder eine seiner Ableitungen nach der Zeit vom vorderen bis zum hinteren Umlenkpunkt der Siebkette zu erfassen.

Versuche, aus den bei Labormessungen auf fotografischem Wege relativ leicht zu ermittelnden Wegverlauf den Beschleunigungsverlauf durch zweimaliges Differenzieren zu erhalten, waren nach Noack /1/ wenig erfolgreich.

Auch bei Wegmessungen unter Feldbedingungen in seitlich verkleideten Erntemaschinen ergeben sich Schwierigkeiten. Deshalb wurde entschieden, die Untersuchungen auf Messungen des zeitlichen Beschleunigungsverlaufs aufzubauen. Die von Noack angewendete Methode ist auf Laborversuche begrenzt. Dies ist durch die Art der Meßwertübertragung vom Beschleunigungsmesser an der Siebkette zum Registriergerät über am Siebstab festangebrachte Kabel bedingt. Daraus ergibt sich eine Begrenzung der Anzahl der Kettenumläufe, da dem Meßkabel nur eine beschränkte Anzahl Umdrehungen zugemutet werden kann. Gleichzeitig fordert dieses Verfahren eine einseitig frei laufende Siebkette, so daß es für Feldversuche nicht anwendbar ist.

Nach einem von Schmidt /2/ vorgeschlagenem Verfahren wurde es möglich, Meßwerte von einem an einem Siebstab

### Zusammenfassung

Auf der Basis von Feldmessungen über den Wasserentzug bei der Feldtrocknung von Futterpflanzen und unter Auswertung mehrjähriger meteorologischer Beobachtungswerte wurde eine Berechnungsmethode zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit für das Erreichen verschiedener Trockenmassenklassen bei 1 bis 4 Welktagen aufgestellt und ein Rechnerprogramm hierfür entwickelt. Die Ergebnisse ermöglichen u. a. die Abschätzung des Entwicklungsspielraums gegebener Arbeitsverfahren.

### Literatur

- /1/ Neuschulz, A.: Einfluß der Witterung auf den Trocknungsverlauf beim Welken von Futterpflanzen. Forschungsbericht, IML Potsdam-Bornim 1971 (unveröffentlicht)
- /2/ Maltry, W.: Berechnungsvorschlag zur Ermittlung der Einflußgröße Sättigungsdefizit. Mündl. Mitteilung 1970
- /3/ Baumgartner G.: Anpassung des Mähdeschereinsatzes an Klimaverhältnisse und Ernterisiko. KTBL-Berichte über Landtechnik Nr. 125. München-Wolfratshausen: Hellmut-Neureuter-Verlag 1969
- /4/ Fechner, M./W. Schwandt: Untersuchungen zur industriemäßigen Organisation der Welksilageproduktion in der Kooperationsgemeinschaft Ferdinandshof. Dissertation DAL Berlin 1970 A 8918

## Untersuchungen über das Bewegungsverhalten von Siebketten für Kartoffelerntemaschinen

befestigten Beschleunigungsgeber über einen Schleifring-übertrager von der Siebkette abzunehmen. Damit fallen alle Beschränkungen weg, die dem Verfahren nach Noack anhaften (nicht kontinuierlicher Betrieb, offene Seitenwand).

### 2. Versuchsdurchführung

Zur Erarbeitung der Versuchsmethodik und Gewinnung von ersten Meßwerten für die Ausarbeitung einer Auswertmethode dienten nach vorangegangenen Testversuchen im Jahre 1972 durchgeführte Versuche unter Laborbedingungen /3/. An drei verschiedenen Siebketten wurde die vertikal zur Laufrichtung der Kette auftretende Beschleunigung an je einem Siebstab gemessen. Da zunächst nur das Schwingungsverhalten der Siebketten interessierte, verhinderten durch die Stäbe geflochtene Bänder ein Absieben. Beaufschlagt wurden die Ketten über eine Dosiereinrichtung (Zellrad-dosierer) mit einer relativ homogenen Splittmischung.

Am gleichen Siebstab, der den Beschleunigungsaufnehmer trug, wurde auch eine Taschenlampe befestigt. Sie ermöglichte die fotografische Registrierung der Siebstabschwingung zu Kontrollzwecken.

Die vom Beschleunigungsaufnehmer gelieferten Werte nahm ein Magnetband parallel zur fotografischen Registrierung auf. Da nur die Siebphase (Strecke vordere bis hintere Umlenkrolle) von Interesse ist, wurden beide Vorgänge über den x-Kontakt der Kamera synchronisiert.

### 3. Auswertung der Messungen

Zur Auswertung stehen analog gewonnene und auf einem Magnetband registrierte Beschleunigungswerte eines Siebstabs während des Kettenumlaufs zur Verfügung.

Um aus dem registrierten Beschleunigungsverlauf den Schwingungsverlauf des Siebstabs zu erhalten, ist eine zweimalige Integration erforderlich.

Da ein Analogrechner (Typ Meda TA 41) mit einer größeren Anzahl von Integratoren zur Verfügung stand, bot sich der

\* Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR (Direktor: Obering. O. Bostelmann)

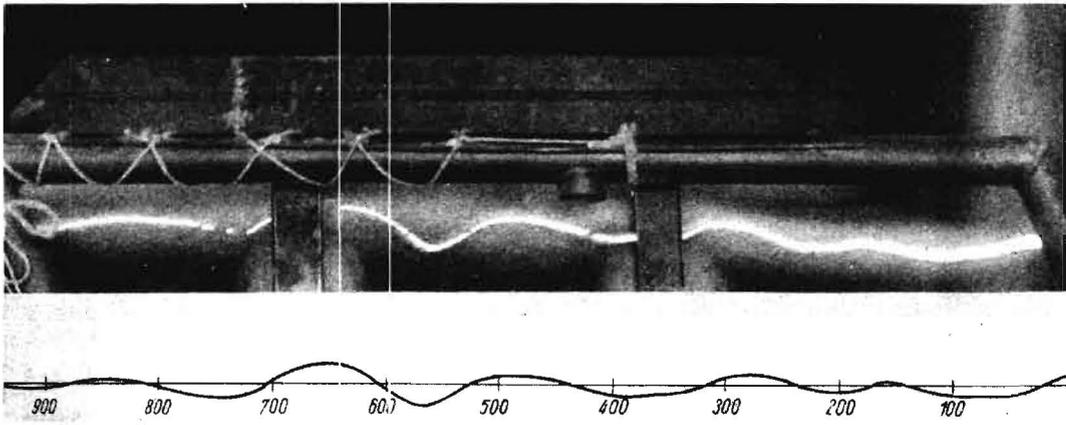


Bild 1  
Vergleich des fotografisch registrierten (oben) und des berechneten Schwingungsverlaufs (unten).

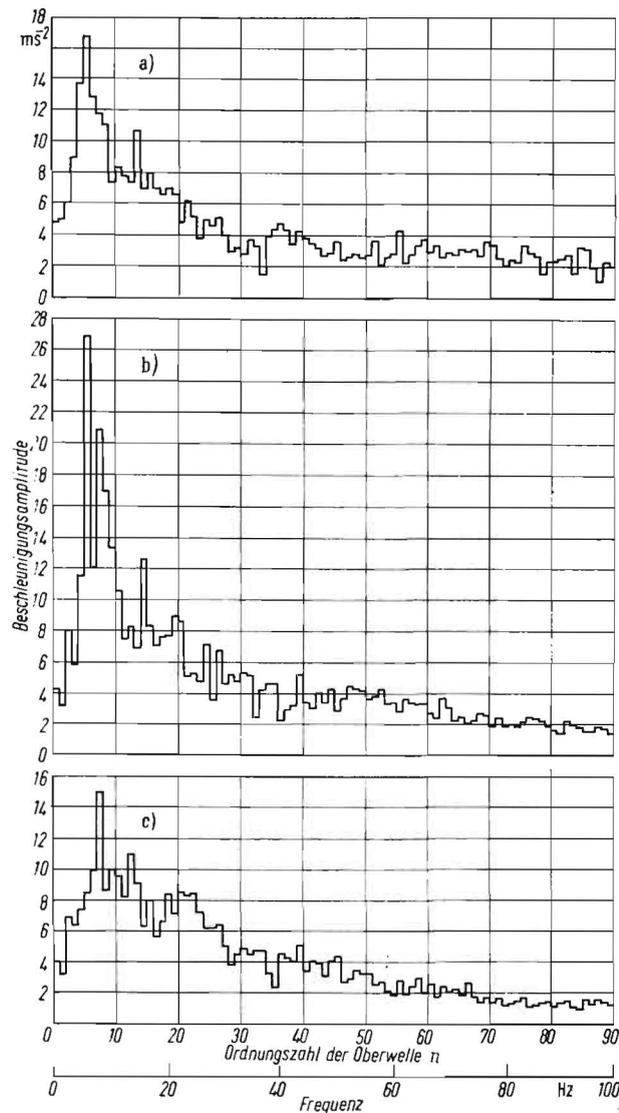
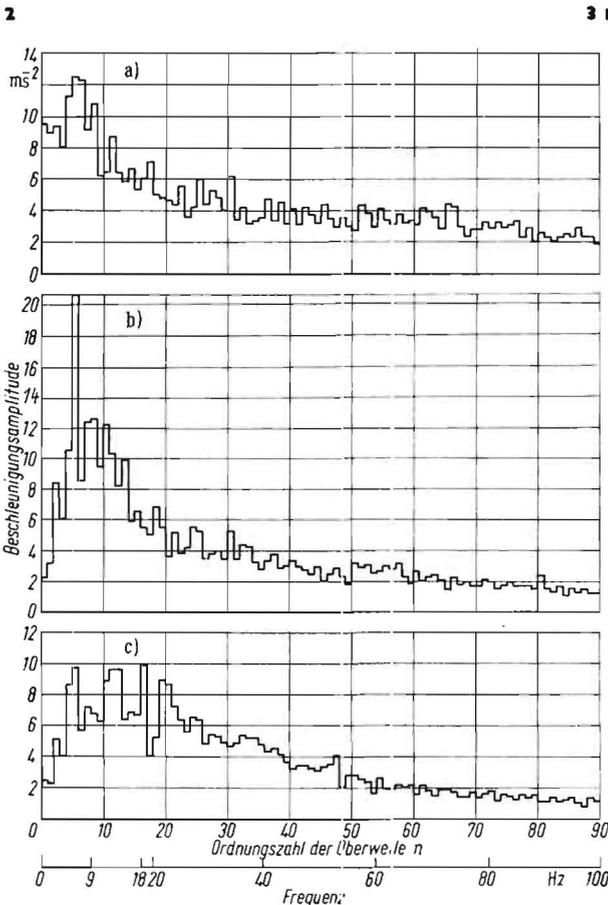
Weg der analogen Integration der als elektrische Analogsignale vorliegenden Beschleunigungswerte an.

Bei der Integration im Echtzeitbereich erhält man zu dem eigentlichen Beschleunigungsverlauf des Siebstabs noch zusätzlich bei jedem Umlauf einen Beschleunigungssprung von  $\pm 1g$ , da der Beschleunigungsgeber während eines vollen Umlaufs einmal in und einmal entgegen der Richtung der Erdbeschleunigung zeigt. Dieser zusätzliche Sprung macht eine unmittelbare zweimalige Integration des fortlaufend registrierten Schwingungsverlaufs unmöglich. Da außer diesem Sprung im Beschleunigungsverlauf noch recht erhebliche Anteile von der Zentrifugalbeschleunigung beim Lauf um Antriebs- und Umlaufwelle hinzukommen, sprechen diese Umstände gegen eine Echtzeitverarbeitung.

Die Registrierung auf Magnetband bietet aber die Möglichkeit, den Zeitvorgang um den Faktor 256 zu dehnen. So liegt

es nahe, den in Echtzeit etwa 1 s dauernden Vorgang auf dann etwa 256 s zu dehnen und nur den eigentlich interessierenden Teil (Siebphase) mit Hilfe des Analogrechners zweimal zu integrieren.

Betrachtet man den Analogrechner als mathematisches Instrument zur Integration über die Zeit, so erhält man für



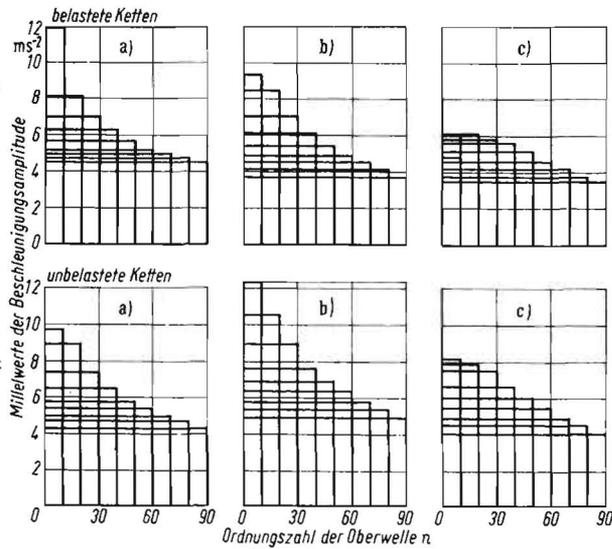
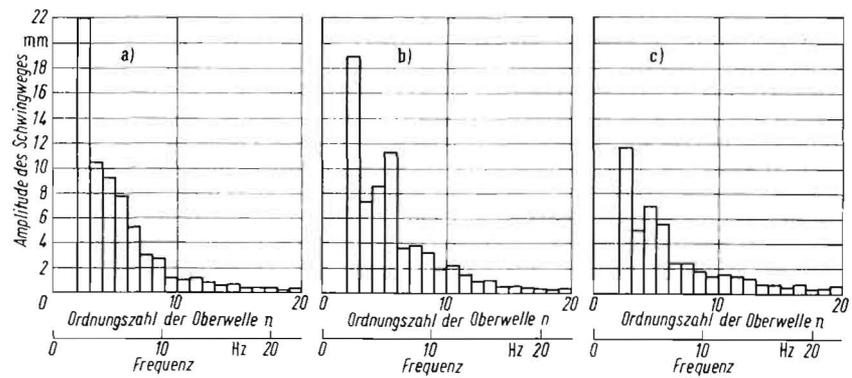


Bild 2. Beschleunigungsspektrum, belastete Ketten; a) Stahlgliederkette, b) Blockzahnriemenkette, c) Flachriemenkette

Bild 3. Beschleunigungsspektrum, unbelastete Ketten

Bild 4. Darstellung der Beschleunigung belasteter und unbelasteter Ketten in Frequenzklassen

Bild 5. Wegamplitudenspektren



die harmonische Schwingung beliebiger Anfangsphasen  $A \cos(\omega\tau + \varphi)$  folgendem Ausdruck nach der ersten Integration

$$A \int_0^t \cos(\omega\tau + \varphi) d\tau = -A \sin(\omega\tau + \varphi) \Big|_0^t \\ = -A \sin(\omega t + \varphi) + A \sin \varphi$$

Es tritt also nach der ersten Integration ein konstanter Teil  $A \cdot \sin \varphi$  auf. Die zweite Integration bringt damit einen linear ansteigenden Term, der in Abhängigkeit von  $\varphi$  den jeweiligen Integrator mehr oder weniger schnell übersteuert. Dieses Verhalten ist am Analogrechner leicht nachweisbar. Bei der Integration eines Schwingungsgemisches, wie im vorliegenden Fall, macht sich diese Erscheinung voll bemerkbar. Auch das von Giloi [4] vorgeschlagene Verfahren, die untere Integrationsgrenze nicht bis zur Frequenz Null auszudehnen, erwies sich als zumindest im vorliegenden Fall nicht brauchbar. Da sich der Analogrechner für die gestellte Aufgabe nicht eignete, wurde versucht, über eine Frequenzanalyse der aufgenommenen Vorgänge zu einer Lösung zu gelangen. Ein Bewegungsvorgang, wie der untersucht, wird einer Frequenzanalyse nach der Methode von Fourier zugänglich, wenn man ihn als periodischen Vorgang auffaßt, also unterstellt, daß er sich immer wieder in gleicher Weise wiederholt. Daß die ursprünglich vorgesehene zweimalige Integration über den Umweg der Fourier-Analyse und Synthese durchaus gangbar ist, läßt sich wie folgt nachweisen.

Ein gegebener beliebiger Zeitvorgang erhält folgendes Aussehen, wenn man ihn in Form einer Fourier-Reihe ausdrückt:

$$x(t) = \sum_0^n [A_n \cos(n\omega t) + B_n \sin(n\omega t)]$$

Einmalige Integration liefert:

$$x_1(t) = \int x(t) dt = \sum_0^n \left[ \frac{A_n}{n\omega} \sin(n\omega t) - \frac{B_n}{n\omega} \cos(n\omega t) \right]$$

Die zweite Integration liefert:

$$x_2(t) = \int x_1(t) dt \\ = \sum_0^n \left[ \frac{-A_n}{(n\omega)^2} \cos(n\omega t) - \frac{B_n}{(n\omega)^2} \sin(n\omega t) \right]$$

Die Koeffizienten der Fourier-Reihe des zweimal integrierten Vorgangs lassen sich also auf eine sehr einfache Weise aus den Fourier-Koeffizienten des Originalvorgangs ermitteln. Führt man jetzt mit den so gewonnenen Koeffizienten für die zweimalige Integration (Amplituden-Spektren) eine Fourier-Synthese aus, erhält man den zeitlichen Verlauf des zweimal integrierten Vorgangs (Amplituden-Verlauf).

Die Erweiterung der Frequenzanalyse gestattet es also, aus dem registrierten Beschleunigungsverlauf den Verlauf des Schwingwegs zu erhalten.

Die so aus Meßwerten gewonnenen Schwingungsverläufe zeigten teilweise noch erhebliche Abweichungen von tatsächlich möglichen Amplituden. Beachtet man jedoch, daß die Siebkette beim Nutzumlauf (Siebphase) an zwei Stellen unterstützt wird, ergibt sich, daß eine erste und auch eine zweite Oberwelle im Schwingwegverlauf nicht auftreten können. Das Berechnungsprogramm wurde daraufhin so ergänzt, daß die erste und zweite Oberwelle zur Synthese des Schwingwegs nicht mit herangezogen wurde. Die auf diesem Weg rechnerisch gewonnenen Schwingwegkurven stimmen mit den fotografisch zu Kontrollzwecken registrierten Schwingwegkurven überein (Bild 1).

Die praktische Berechnung wurde auf einer Großrechenanlage BESM-6 durchgeführt. Dazu wurden die vorliegenden Meßwerte an 1024 Stützstellen aus den Analogwerten in Digitalwerte umgeformt.

Das aufgestellte Rechenprogramm RAFOUA berechnet mit Hilfe des Unterprogramms FOUR 1 die Oberwellen der Beschleunigungsamplituden, danach wird jede Amplitude durch den Wert  $(n\omega)^2$  dividiert. Damit stehen die Amplituden des Wegespektrums fest. Mit dem gleichen Programm FOUR 1 wird dann die Synthese ausgeführt. Als Ergebnis erhält man die Amplituden des Schwingungswegs an den 1024 Stützstellen (Zentraleinheitszeit etwa 40 s, Gesamtzeit 1,5 min).

#### 4. Auswertungsergebnisse

Für die Erprobung des Meß- und Auswertverfahrens wurden drei international übliche Siebkettenausführungen

- Stahlgliedersiebplatte
- Blockzahnriemensiebband
- Flachriemensiebband

jeweils in belastetem (Splittbeaufschlagung) und unbelastetem Zustand (Leerlauf) verglichen (Kettensteigung 20°, Kettengeschwindigkeit 1,7 m/s). Die nachfolgend diskutierten Tendenzen basieren auf Mittelwerten aus mindestens 10 Versuchswiederholungen. Die Beschleunigungsspektren (Bild 2) zeigen bei allen drei Ausführungen in belastetem Zustand die höchsten Beschleunigungen im Bereich von 0 bis 27 Hz. Die Maximalwerte treten bei der Stahlgliederkette (12,6 m/s<sup>2</sup>) und den Blockzahnriemen (10,6 m/s<sup>2</sup>) bei 6 bis 7 Hz auf, während bei den Flachriemen ein breiterer Maximalbereich (<10 m/s<sup>2</sup>) von 7 bis 19 Hz zu verzeichnen ist.

Das Beschleunigungsspektrum im unbelastetem Zustand (Bild 3) weist ähnliche Tendenzen mit etwas höheren Beschleunigungseinheiten auf.

Eine kumulative Zusammenfassung der Beschleunigungen in Frequenzklassen zu mittleren Beschleunigungen (Bild 4) zeigt auch den geringeren Beschleunigungsanteil des Flachriemens im Bereich 0 bis 11 Hz gegenüber den anderen Ausführungen. Die mittleren Beschleunigungen im Bereich 0 bis 100 Hz sind im belasteten Zustand nicht stark unterschiedlich. Das Verhältnis dieser Werte für die Stahlgliederkette zum Blockzahnriemen und zum Flachriemen beträgt 1,0 : 0,87 : 0,80.

Ein Vergleich der Wegamplitudenspektren (Bild 5) weist auf Ähnlichkeiten zwischen den beiden Riemenausführungen hin, wobei am Flachriemen trotz gleicher Schüttelsternhalbmesser geringere Wegamplituden auftraten.

## 5. Schlußfolgerungen

Mit der beschriebenen Versuchs- und Auswertmethodik zur Messung des Schwingungsverhaltens von Siebketten durch analoge Beschleunigungsmessungen und digitale Weiterverarbeitung ist es möglich, das Schwingungsverhalten der untersuchten Siebketten genauer als bisher zu beschreiben. Insbesondere ist es möglich, die Anteile einzelner Frequenzgruppen sowohl am Beschleunigungsverhalten als auch im Schwingweg zu erfassen. Unterschiede verschiedener Siebkettenausführungen lassen sich — wie an Beispielen nachgewiesen — quantitativ beschreiben. Damit dürften auch Vergleiche mit andersartigen Siebelementen besser als bisher möglich sein. Die Weiterführung der Untersuchungen hat zum Ziel, Zusammenhänge zwischen dem Bewegungsverhalten der Siebketten und der Qualität des Ernteguts zu klären und für die weitere Entwicklung zu nutzen.

## Literatur

- [1/ Noack, W.: Erste Ergebnisse über Beschleunigungsmessungen an Siebketten für Kartoffelroder. Deutsche Agrartechnik 14 (1964) H. 3, S. 133
- [2/ Schmidt, H.: Einrichtung zur Beschleunigungsmessung an umlaufenden Siebketten. Laborbericht IML Potsdam-Bornim (unveröffentlicht)
- [3/ Drensen, W.: Versuchsstand für Siebkettenuntersuchungen. Laborbericht IML Potsdam-Bornim (unveröffentlicht)
- [4/ Giloi, W./R. Lauber: Analogrechnen. Berlin: Springer-Verlag 1963

A 8919

## Buchbesprechungen

### Die Evolution der Landtechnik

Von N. A. Smirnow. Moskau: Verlag Kolos 1971. 160 Seiten, 30 Abbildungen (in russischer Sprache)

Der Verfasser beschreibt die Entwicklung der sowjetischen Landtechnik unter besonderer Berücksichtigung der Rolle Lenins bei diesem Prozeß. Das Buch geht dann auf den gegenwärtigen Stand der sowjetischen Landtechnik ein und bringt abschließend die Tendenzen und den Ausblick in die Zukunft. Für die Leser in der DDR werden daraus besonders die Möglichkeiten offenbar, die sich aus der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit mit der Sowjetunion für uns ergeben.

Dr. P. Feiffer

### Der Traktor der Zukunft

Von A. J. Poljak. Moskau: Verlag Kolos 1971. 130 Seiten, über 100 Abbildungen (in russischer Sprache)

Dieses ausgesprochen populärwissenschaftliche Buch geht von der Entwicklung und dem Stand der sowjetischen Traktorentechnik aus und gibt einen Ausblick in die Zukunft des Traktorenbaus. Auf wissenschaftlicher Grundlage werden dabei, auf den technischen Möglichkeiten aufbauend, die modernsten Entwicklungstendenzen in einfachster Weise anhand von Zeichnungen und Bildern erläutert. Das Buch bezieht dabei ferngesteuerte Traktoren, Luftkissenfahrzeuge und moderne Entwicklungsrichtungen in anschaulichster Weise ein.

Dr. P. Feiffer

AB 8674

### Arbeitsschutztechnisches Auskunftsbuch Landtechnik

Von einem Autorenkollektiv unter Leitung von Dipl.-Ing.-Ük. Ernst Müller. Berlin: Verlag Tribüne 1972. 544 S., 29 Abb., Format 10,3 cm × 16,5 cm, 10,60 M, Plasteinband

Arbeitsschutz ist eine wichtige gesellschaftliche Aufgabe in unserem Staat. Bei ihrer Erfüllung wird die jetzt vorliegende Neuerscheinung jedem Leiter im Bereich der Landtechnik als Grundlage für die kampagnegebundenen Arbeitsschutzbelehrungen und auch zu seiner eigenen Information bald unentbehrlich werden.

Das Buch ist untergliedert in die Kapitel Feldwirtschaft, Innenwirtschaft und Fördertechnik, Transport, Instandsetzung, Sicherheit beim Einsatz von Elektroenergie sowie Schädigungen durch Abgase von Verbrennungsmotoren in geschlossenen Räumen. Jedes dieser Kapitel wird eingeleitet durch eine zusammengefaßte Darstellung der einschlägigen, allgemeingültigen Arbeitsschutzbestimmungen. Danach folgen dann Hinweise auf die bei den wichtigsten Geräten, Maschinen und Anlagen zu beachtenden speziellen Maßnahmen des Arbeitsschutzes.

Wertvoll für den Benutzer sind die im Anhang erscheinende Aufzählung der gültigen gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften, die Literaturhinweise sowie das ausführliche Sachwortverzeichnis. Angefügt sind schließlich auch noch die vom Bezirkskomitee für Landtechnik und der Arbeitsschutzinspektion Rostock vorgeschlagenen Schutzgüternormen für die wichtigsten landtechnischen Erzeugnisse.

Zum Schluß sei noch eine kritische Bemerkung an die Adresse des Verlages gestattet. Bei der hier behandelten Materie sind oftmals Details überaus wichtig. Die nicht eindeutige Kennzeichnung der Abbildungen auf S. 356 kann u. U. schwerwiegende Folgen haben und muß deshalb bei einer Neuauflage auf alle Fälle korrigiert werden.

Dieser Hinweis sollte aber den Wert des Auskunftsbuches keinesfalls schmälern. Es muß in Zukunft in jeder LPG und in jedem Betrieb, der etwas mit der Landtechnik zu tun hat, mindestens in einem Exemplar vorhanden sein.

AB 8937

hier