

- [ 35 ] ●Lippmann, H. u. O. Mahrenholtz: Plastomechanik der Umformung metallischer Werkstoffe. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1967.
- [ 36 ] Lord, J.A.: Stresses and strains in earth pressure problems. Ph. D. thesis, Univ. Cambridge 1969.
- [ 37 ] Bransby, P.L.: Stress and strain in sand caused by rotation of a modell wall. Ph. D. thesis, Univ. Cambridge 1968.
- [ 38 ] ●Stroppel, A.: Spannungszustände in lagernden körnigen Haufwerken in der Nähe einer ebenen Wand. VDI-Forschungsh. 525, Düsseldorf VDI-Verlag 1968.
- [ 39 ] ●Sokolovski, V.V.: Statics of granular media. Oxford, Pergamon Press 1965.
- [ 40 ] ●Schultze, E. u. H. Muhs: Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1967.
- [ 41 ] Schwedes, H.J.: Scherverhalten leicht verdichteter kohäsiver Schüttgüter. Diss. Univ. Karlsruhe 1971.

## Zur Auswertung dynamischer Belastungsverläufe

Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Von R.H. Biller, Gh. Peres und H. Steinkampf\*)

DK 631.372:539.43

Für die Dimensionierung von Maschinenteilen ist die Kenntnis der im Betrieb auftretenden Belastungen von großer Bedeutung. Oft ist die Erprobung einzelner Bauteile nur durch den praktischen Einsatz von Versuchsmaschinen [1] möglich, der sehr zeit- und kostenaufwendig ist. Sind jedoch Lastkollektive vorhanden, so können auf ihrer Grundlage Nachfahrversuche auf dem Prüfstand durchgeführt werden. Zur Erfassung des gesamten Beanspruchungsspektrums sind Lastkollektive für alle auftretenden Betriebsbedingungen aufzunehmen und als Dimensionierungsgrundlage zu verwenden.

### Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit

Für die aufgenommenen Belastungen bieten sich unterschiedliche Auswertemöglichkeiten an. Die verwendeten Auswertegeräte arbeiten oft noch auf mechanischer Basis. Ziel der Arbeit ist es, auf Magnetband aufgenommene Beanspruchungsverläufe über den Prozeßrechner mit Hilfe eines Rechnerprogramms nach bestimmten Kriterien auszuwerten.

\*) Dipl.-Ing. R.H. Biller und Dipl.-Ing. H. Steinkampf sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Institut für Betriebstechnik (Direktor: Prof. Dr. S. Rosegger) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.  
Dr.-Ing. Gh. Peres ist Oberassistent am Lehrstuhl für Kfz.-Technik, Schlepperbau und Landmaschinen der Universität Brasov (Rumänien) und war als Gastwissenschaftler am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies) der TU Braunschweig.

### Zur Methode der Auswertung dynamischer Belastungsvorgänge

Für die Auswertung dynamischer Belastungsverläufe kommen verschiedene Verfahren zur Anwendung, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Diese Verfahren sind in DIN 45 667 [2] festgelegt und werden u.a. von Horstmann [3] kritisch betrachtet und erläutert. Als bekannteste und für diesen Zweck z.Zt. am häufigsten verwendete Auswertverfahren können die Ermittlung der Überschreitungs- und der Spitzenwerthäufigkeit angesehen werden, die auch hier zur Anwendung kommen. Bevor auf die Auswertemethode näher eingegangen wird, soll kurz die Aufnahme, Speicherung und Verarbeitung der Meßwerte erläutert werden.

### Aufnahme, Speicherung und Verarbeitung der Meßwerte

Die an den einzelnen Meßstellen auftretenden Beanspruchungen werden mit Dehnungsmeißstreifen gemessen und die abgegebenen Meßspannungen auf Magnetband gespeichert, Bild 1. Vom Prozeßrechner werden, durch das Klassierprogramm gesteuert, die gespeicherten Analogwerte in konstanten zeitlichen Abständen von  $\Delta t \leq 20$  ms von den auszuwertenden Magnetbandspuren parallel abgefragt und in der zur Verfügung stehenden Zeit nacheinander vom Rechner verarbeitet. Für die auftretenden Belastungsverläufe ist die Abfragefrequenz von 50 Hz ausreichend. Da jeder anstehende Wert sofort verarbeitet wird, wird nur eine geringe Zahl von Speicherplätzen benötigt, so daß die Versuchsdauer und daraus die Anzahl der Werte keine Begrenzung darstellen. Anfang und Ende des zu klassierenden Versuchs sind durch ein auf eine freie Spur aufgespieltes Signal gekennzeichnet.

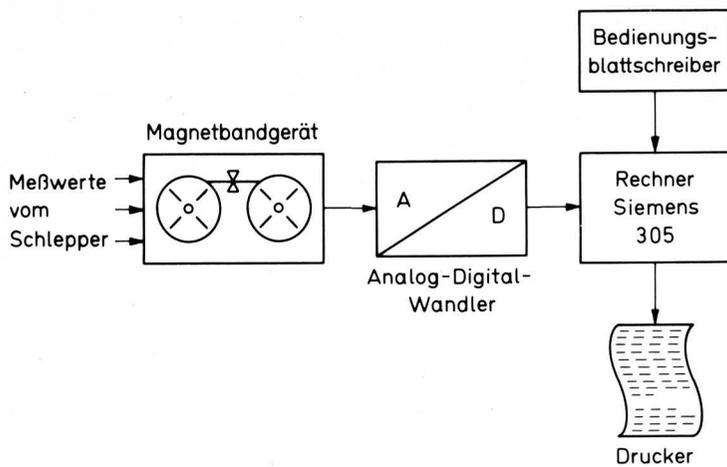


Bild 1. Umwandlung der Meßwerte — schematische Darstellung.

### Beschreibung der Auswertemethode

Die Belastungsverläufe wurden nach der Überschreitungshäufigkeit und nach der Spitzenwerthäufigkeit ausgewertet. Die arithmetischen Mittelwerte wurden ebenfalls bestimmt. Im folgenden wird anhand eines in Bild 2 gegebenen Beispiels die Auswertemethode erläutert.

Bei einem Belastungsverlauf, Bild 2, wird zuerst je eine Bereichsgrenze hinreichend weit vom absoluten Minimum und absoluten Maximum festgelegt und der Bereich zwischen oberer und unterer Grenze in mehrere, hier z.B. zwanzig, Klassen eingeteilt.

Für jede Spur, d.h. jede aufgenommene Meßgröße, werden drei Speicherplätze A, B und C bereitgestellt, in denen die anstehenden Werte gespeichert und miteinander verglichen werden. Nach dem Vergleich der Werte wird in C ein neuer Wert eingegeben, nachdem Wert B nach A und Wert C nach B gewechselt haben. Jeder aufgenommene Wert wird aufsummiert, um nach Versuchsende den arithmetischen Mittelwert bilden zu können. Durch Vergleich von B mit den benachbarten Werten A und C ( $A < B \geq C$  bzw.  $A \geq B < C$ ) werden Maxima bzw. Minima erkannt. Liegt ein Maximum vor, so werden die Zähler für die Klassen unterhalb des Extremwertes um eins erhöht, bei einem Minimum um eine Einheit

vermindert. Die nach Versuchsende sich ergebenden Werte der Zähler sind die jeweiligen Klassenüberschreitungen. Daneben wird die Anzahl der Maxima und Minima je Klasse bestimmt. Zur Ausschließung kleiner Amplitudenänderungen wurde eine Hysterese beliebig zu wählender Breite vorgesehen. So sind nach Programmende für den Belastungsverlauf die Anzahl der Extremwerte sowie der Überschreitungen in den einzelnen Klassen bekannt und können zusammen mit dem Mittelwert ausgedruckt werden.

### Das Flußdiagramm des Klassierprogramms

In Bild 3 ist ein ausführliches Flußdiagramm des Klassierprogramms dargestellt. Dieses Programm ist verwendbar, wenn eine ausreichende Zahl von Speicherplätzen für die Gesamtmenge M der digitalisierten Versuchswerte im Rechner zur Verfügung steht. Bei längerer Versuchsdauer und höherer Abfragefrequenz wird jedoch die Speicherkapazität des Rechners zu stark beansprucht, so daß, wie oben beschrieben, eine sofortige Verarbeitung der anstehenden Werte erforderlich wird.

Um eine solche Arbeitsweise mit dem vorstehenden Programm zu erreichen, wurden entsprechende Änderungen vorgenommen, auf die hier nicht näher eingegangen wird <sup>1)</sup>.

### Ermittlung von Lastkollektiven am Beispiel eines Schleppers

Die Ermittlung von Lastkollektiven am Schlepper ist für die Dimensionierung insbesondere der Antriebswellen und Elemente des Schaltgetriebes wichtig. Hierfür kommen nicht nur die Ermittlung der Überschreitungs- und Spitzenwert-Häufigkeit zur Anwendung, sondern nach Lüpfer [1] auch das Auswerteverfahren nach der Überschreitungsdauer. Eine Erweiterung des in Bild 3 gezeigten Programmes in dieser Hinsicht ist in Vorbereitung.

Bei den mit dem Klassierprogramm ausgewerteten Versuchen wurden die Drehmomente in den Hinterachswellen und der Zwischenwelle an einem 70-kW-Allradsschlepper mit einem 5-Schar-Aufsatzvoldrehpflug aufgenommen sowie die zwischen Pflug und Schlepper wirksamen Kräfte: Zugkraft  $K_x$ , Seitenkraft  $K_y$  und Vertikalkraft  $K_z$ . Die dabei verwendete Meßvorrichtung ist früher ausführlich beschrieben worden [4]. Die Anordnung der Meßstellen am Schlepper ist aus Bild 4 ersichtlich.

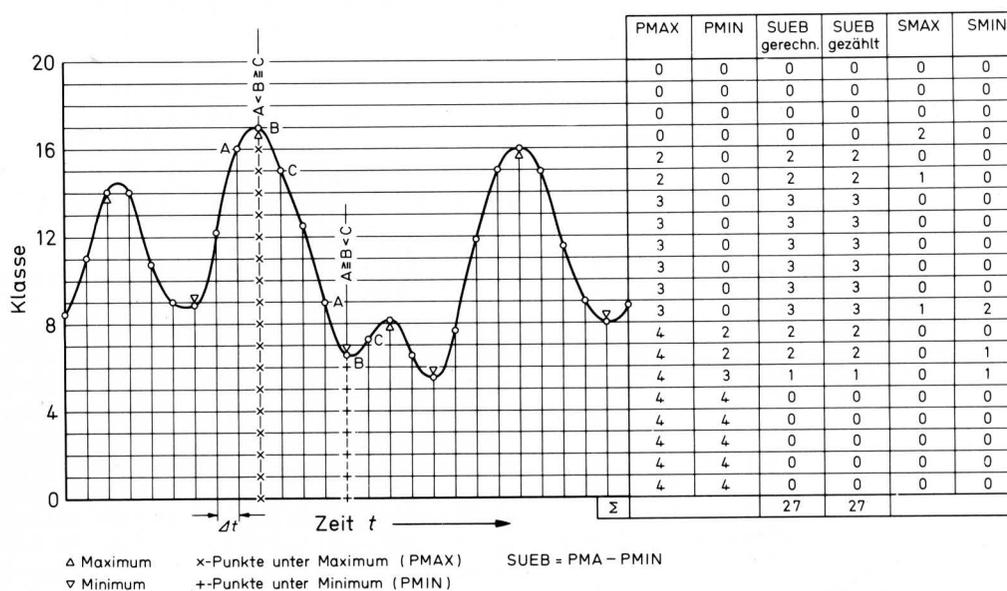


Bild 2. Prinzipielle Darstellung der Ermittlung von Spitzenwerthäufigkeit und Überschreitungshäufigkeit.

1) Für die Anpassung des Programms an den Prozeßrechner Siemens 305 danken wir Herrn Dr.-Ing. W. Paul vom Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft.

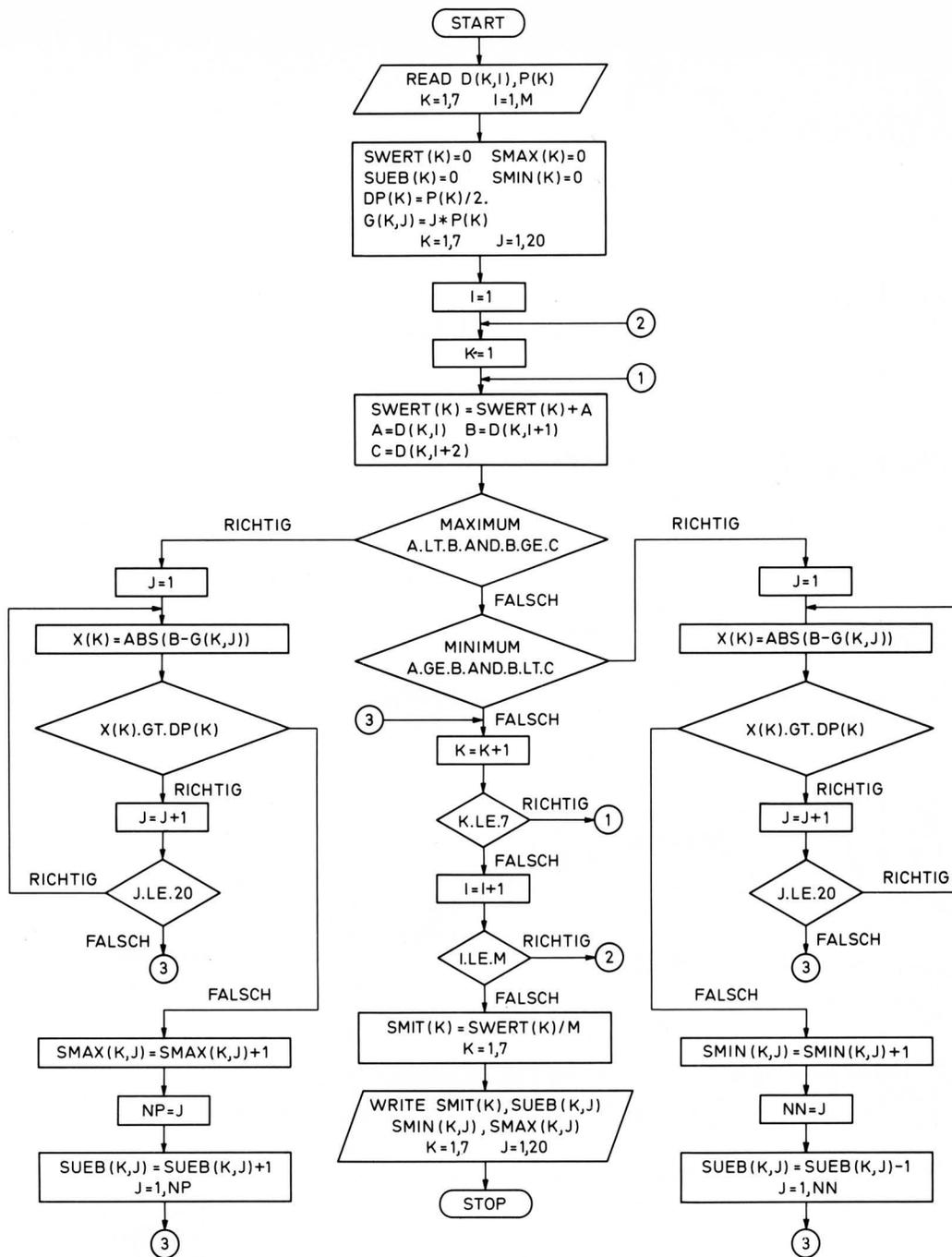


Bild 3. Flußdiagramm des Klassierprogramms.

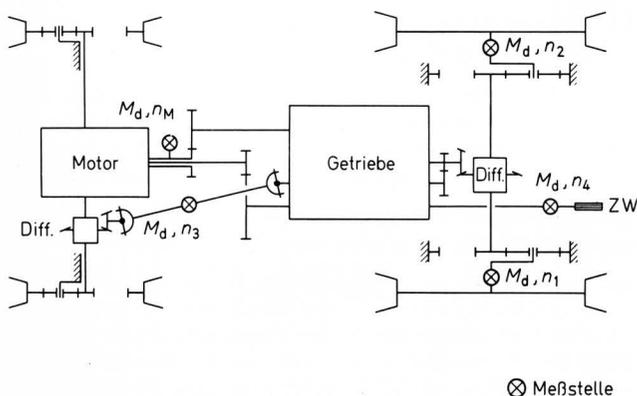


Bild 4. Triebwerkschema mit Meßstellen.

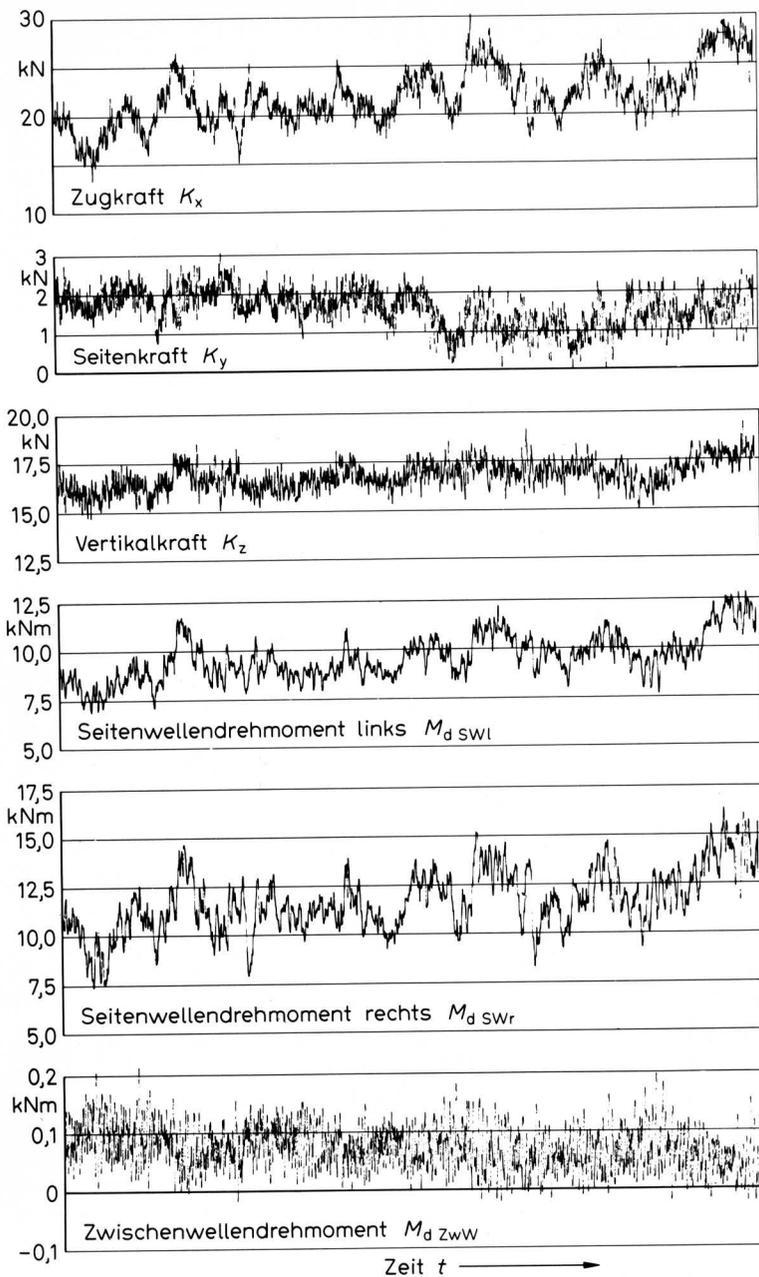
Die Versuche wurden auf Meßstrecken von 400 m Länge auf Lehm-Löß-Boden bei einer Arbeitstiefe von  $0,25 \div 0,30$  m und einer Arbeitsbreite von etwa 1,62 m durchgeführt.

In Bild 5 sind in kurzen Ausschnitten die charakteristischen Verläufe der im Versuch gemessenen Kräfte und Momente dargestellt. Am Beispiel der Zugkraft  $K_x$  werden im folgenden einige Ergebnisse der Klassierung dargestellt.

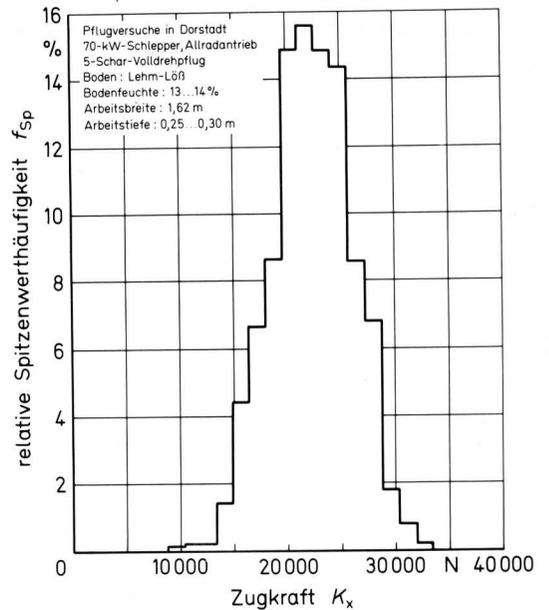
Es wird nachdrücklich darauf hingewiesen, daß die Diskussion der Versuchsergebnisse einer späteren Arbeit vorbehalten bleibt und daß die hier aufgeführten Diagramme lediglich als Beispiele für die Darstellung von Klassierungsergebnissen dienen.

#### Versuchsergebnisse

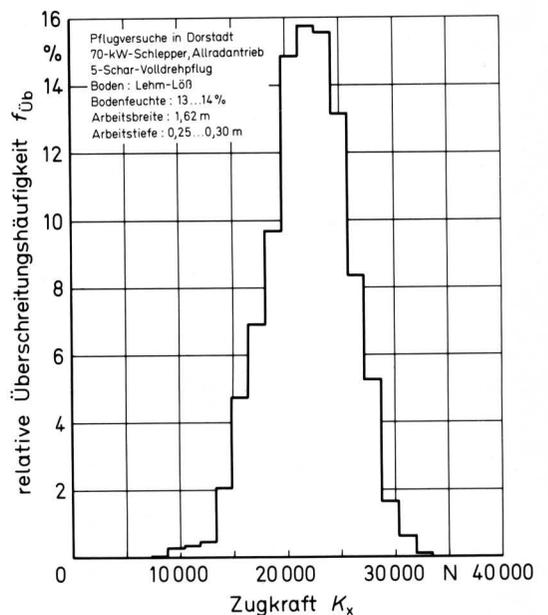
Die interessierenden Ergebnisse können als absolute bzw. relative Häufigkeitsverteilung (Histogramm) in höhenproportionaler Darstellung aufgetragen werden.



**Bild 5.** Verlauf der gemessenen Belastungen.



**Bild 6.** Relative Häufigkeitsverteilung der Spitzenwerte der Zugkraft  $K_x$  beim Pflügen.



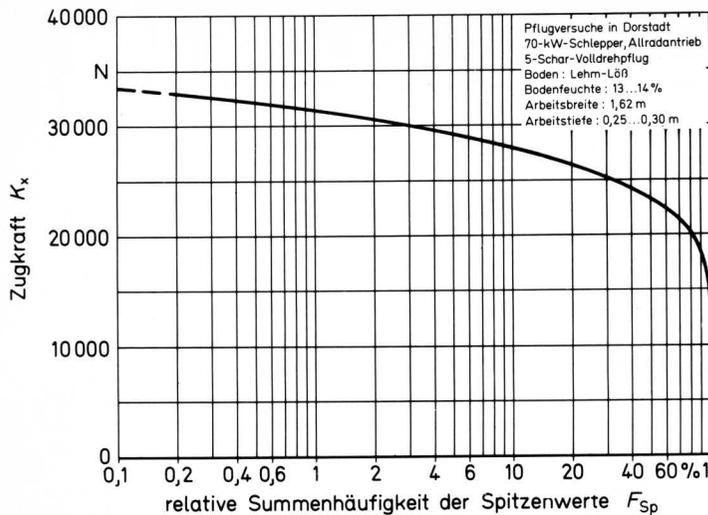
**Bild 7.** Relative Häufigkeitsverteilung der Klassenüberschreitungen der Zugkraft  $K_x$  beim Pflügen.

In **Bild 6** und **7** sind die Ergebnisse der beiden Klassierverfahren für die Zugkraft  $K_x$  einander gegenübergestellt. Die Ergebnisse unterschiedlicher Klassierverfahren sind im allgemeinen nicht ineinander umrechenbar, jedoch zeigen das Spitzenwertverfahren und das Klassenüberschreitungsverfahren bei einer hinreichend großen Zahl von Klassen gute Übereinstimmung [5], wie das Beispiel der Zugkraft  $K_x$  in **Bild 6** und **7** zeigt.

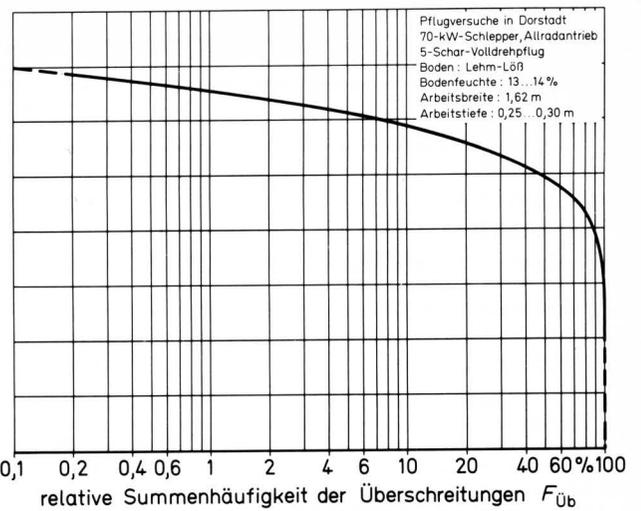
Eine wichtige, anfangs schon erwähnte Möglichkeit, Klassierergebnisse dynamischer Belastungsverläufe darzustellen, ist die Auftragung der Belastung über der absoluten bzw. relativen Summenhäufigkeit der Spitzenwerte bzw. Überschreitungen. Bei logarithmischer Teilung der Abszisse erhält man die charakteristische Form des Lastkollektivs.

**Bild 8** und **9** zeigen am Beispiel der Zugkraft  $K_x$  die relative Summenhäufigkeit der Maxima und der Überschreitungen.

Diese Lastkollektive werden als Grundlage für Versuche auf Simulations-Prüfständen verwendet. Dabei ersetzt man die stetige Verteilung des Lastkollektivs durch einen Treppenzug, dessen Stufensprünge sich im kritischen oberen Lastbereich der Kurve möglichst gut angleichen sollen [1]. Bei Prüfstandversuchen können nicht relevante geringe Belastungen, die mit großer Häufigkeit auftreten, vielfach vernachlässigt werden.



**Bild 8.** Relative Summenhäufigkeit der Spitzenwerte der Zugkraft  $K_x$  beim Pflügen.



**Bild 9.** Relative Summenhäufigkeit der Klassenüberschreitungen der Zugkraft  $K_x$  beim Pflügen.

### Zusammenfassung

Als Beitrag zur Auswertung dynamischer Beanspruchungsverläufe wurden kurz einige Gründe für die Ermittlung von Lastkollektiven erläutert. An einem willkürlich gewählten Ausschnitt aus einem Beanspruchungsverlauf wurde eine Methode zur Ermittlung von Spitzenwerten und Klassenüberschreitungen des Verlaufs erläutert und das Flußdiagramm des Klassierprogramms ausführlich dargestellt.

Nach einem Überblick über die Meßstellenanordnung am Schlepper und die Beanspruchungsverläufe wurden am Beispiel der Zugkraft  $K_x$  die Ergebnisse aus beiden verwendeten Klassierverfahren einander gegenübergestellt und die Auftragung als Lastkollektiv gezeigt. Diese Lastkollektive können als Grundlage für Versuche auf Simulations-Prüfständen verwendet werden.

### Schrifttum

- [ 1 ] *Lüpfert, U.:* Ermittlung und Anwendung von Lastkollektiven im Traktorenbau. Grundlagen der Landtechnik Bd. 23 (1973) Nr. 1, S. 7/10.
- [ 2 ] *–:* DIN 45 667: Klassierverfahren für das Erfassen regelloser Schwingungen. Herausgeber: Deutscher Normenausschuß Ausgabe Oktober 1969.
- [ 3 ] *Horstmann, K.:* Klassiermethoden zur statistischen Auswertung von dynamischen Beanspruchungsvorgängen. Vortrag auf der Techn. Akad. Eßlingen (Kursus 1840/II W Oktober 1968).
- [ 4 ] *Steinkampf, H.:* Messung räumlich wirkender Kräfte zwischen Schlepper und Gerät. Grundlagen der Landtechnik Bd. 21 (1971) Nr. 3, S. 71/76.
- [ 5 ] *Bobbert, G. u. E.-A. Winkelholz:* Kennzeichnung regelloser Schwingungen. Fortschritts-Ber. VDI-Z., Reihe 11, Nr. 1, Düsseldorf (1965), S. 23/35.

## Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

### Universität Hohenheim:

#### Sechs Monate Studienpraxis für allgemeine Agrarwissenschaftler und Agrarbiologen

Der Senat der Universität Hohenheim hat beschlossen, daß für die Studiengänge < Allgemeine Agrarwissenschaften > und < Agrarbiologie > insgesamt sechs Monate Studienpraxis gefordert werden sollen. Der Senat folgt damit den Vorstellungen der zuständigen Fachbereichsgremien.

Demnach müssen Studenten, die sich in diesen Studiengängen bewerben, bereits vor Beginn des Studiums mindestens drei Monate Praktikumszeit nachweisen können. Bei Bewerbern, die ihren Wehrdienst abgeleistet haben, wird dieser Nachweis erst bis zum Abschluß der Diplom-Vorprüfung verlangt.

Die neue Regelung stellt einen Kompromiß zwischen der bisherigen Regelung, die keine Vorpraxis als Zulassungsvoraussetzung kennt und weitergehenden Vorstellungen – auch aus der Berufspraxis – nach denen ein Jahr Vorpraktikum gefordert wird, dar.

Die Hohenheimer Lösung soll daher auch nur eine Lösung für eine Übergangszeit darstellen. Im Fakultätentag für Landwirtschaft und Gartenbau soll darauf hingewirkt werden, daß an möglichst allen entsprechenden Fakultäten bzw. Fachbereichen eine einheitliche Regelung der Studienpraxis getroffen wird.

### 5. Internationale Tagung der International Society for Terrain-Vehicle-Systems

Unter dem Generalthema:

#### < Gestaltung von geländegängigen Fahrzeugen und Erdbaumaschinen aufgrund der Anforderungen der Benutzer >

findet vom 2. bis 6. Juni 1975 in Warren/Michigan bei Detroit und in Houghton/Michigan die 5. Internationale Tagung der International Society for Terrain-Vehicle-Systems statt.

Die Vorträge sind in folgende Gruppen zusammengefaßt:

1. Modellbeziehungen des Terrain-Fahrzeug-Systems
2. Einfluß der Geländesituationen auf die Zuverlässigkeit des Fahrzeuges und die Erfüllung der Aufgabe
3. Zugkräfte von Reifen und Gleisketten auf Böden und Schnee
4. Fahrzeugdynamik, Auswertungsmethoden militärischer Beweglichkeit, Fahrzeugstudien und Entwicklungen der US Army.

Im Anschluß an die Vortragstagung finden am 5. und 6. Juni 1975 Felddemonstrationen von militärischen und kommerziellen Geländefahrzeugen und Prototypen statt.

Ausführliche Programme können angefordert werden bei dem deutschen Sekretär der Gesellschaft: Dr.-Ing. *Christian I. Holm*, Faun-Werke Butzbach, 6308 Butzbach, Postfach 450 sowie beim Institut für Landmaschinen in der Technischen Universität München, 8 München 2, Arcisstraße 21.