

Heinrich Dupuis und Hans-Adolf Broicher:

Meß- und Bewertungsverfahren für die menschliche Belastung beim Arbeiten mit Einachsschleppern

Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach

 Fahr A.-G., Gottmadingen
 71809 Wv.
 Eing. 6. SEP. 1962
 Schleppern

Die Bedienung von Einachsschleppern und Motorgeräten bedeutet zum Teil eine merkliche Beanspruchung für den Menschen [1]. Für viele Nebenerwerbsbetriebe, Gartenbaubetriebe und Weinbaubetriebe mit kleinen Reblächen und engzeiligen Anlagen erscheint die Verwendung von Einachsschleppern jedoch nach dem heutigen Stand der Technik die einzige wirtschaftliche Form der Motorisierung zu sein. Hier müssen die Maschinen dem Menschen eine echte Verminderung der körperlich schweren Arbeit bringen.

Die Beanspruchung beim Umgang mit solchen Maschinen hat drei hauptsächliche Ursachen:

1. Betätigungskräfte zum Steuern und Schalten;
2. Einwirkung von Motorschwingungen auf das Hand-Arm-System und
3. Einwirkung von Motor- und Arbeitsgeräuschen auf den Menschen.

Es war Aufgabe dieser Untersuchung¹⁾, geeignete Meß- und Bewertungsverfahren zur Beurteilung dieser Belastungsfaktoren zu entwickeln, mit deren Hilfe in einer später folgenden Reihenuntersuchung Einachsschlepper und Motorgeräte in arbeitsphysiologischer Sicht miteinander verglichen werden können²⁾.

Betätigungskräfte

An Einachsschleppern sind vorwiegend Handhebel vorhanden. Mit Beinkräften betätigte Pedale gibt es kaum. Hier wäre nur das Bremspedal an der angehängten Sitzkarre zu nennen. Die dabei auftretenden Kräfte können in einfacher Weise mit bekannten hydraulischen Pedalkraftmessern erfaßt werden [2].

Die größten Armkräfte werden bei Einachsschleppern zum Lenken an den Holmen und bei Motorsägen zum Führen und Halten der Säge verlangt. Diese Betätigungskräfte lassen sich im allgemeinen nicht mit den Geräten messen, welche für Vierradschlepper verwendet werden (Zugfederwaagen, Drehmomentmesser, hydraulische oder elektronische Lenkkraftmesser). Es war deshalb erforderlich, einen Meßwertaufnehmer zu entwickeln, der die zwischen Griff und Hand auftretenden Kräfte erfaßt.

Ein solcher Meßwertaufnehmer darf einerseits keinen zu großen Meßweg haben (wie etwa eine Zugfederwaage), weil sonst die Arbeitsbedingungen verfälscht werden. Größere Kraftmeßwege lassen auch keine sichere Geräteführung zu. Auf der anderen Seite muß der Meßwertaufnehmer beziehungsweise der Meßgriff an derselben Stelle oder in unmittelbarer Nähe des serienmäßigen Bedienungsgriffes liegen, um Meßfehler auszuschneiden oder wenigstens möglichst gering zu halten.

¹⁾ Die Untersuchung wurde im Auftrage und mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt. Für die Unterstützung der Arbeit sei dem Ministerium an dieser Stelle Dank ausgesprochen.

²⁾ Bei der Versuchsdurchführung und -auswertung haben J. MANNZEN, J. BUSSE und Frau W. BRUNCKE mitgearbeitet, denen wir hierfür Dank sagen möchten.

³⁾ Es wurde ein induktiver Wegaufnehmer vom Typ W 1 E/5 der Firma Hottinger-Meßtechnik, Darmstadt, verwendet.

⁴⁾ Es wurde der Meßverstärker KWS der Firma Hottinger-Meßtechnik, Darmstadt, verwendet.

Aus diesen Gründen wurde ein aus einem Stück gearbeitetes, U-förmiges, steifes Biegeeisen angefertigt und mit einem Plastikhaltegriff und Bohrungen für die Montage versehen. Zwischen den beiden Schenkeln des U-Stückes wurde ein induktiver Wegaufnehmer angebracht (Bild 1)³⁾. Mit diesem Aufnehmer können in Verbindung mit dem Meßverstärker⁴⁾ je nach der eingestellten Speisespannung und dem gewählten Meßbereich Meßwege zwischen $\pm 0,001$ mm und $\pm 1,0$ mm für Vollausschlag erfaßt werden. Trotz der relativen Steifheit des U-Stückes wurde auf diese Weise eine außerordentlich hohe Empfindlichkeit des Meßwertaufnehmers erreicht, ohne zu einer bleibenden Verformung des U-Stückes zu führen.

Da der Meßgriff Kräfte nur in einer Ebene aufnehmen kann, muß bei der Anbringung am Bedienteil darauf geachtet werden, daß der induktive Aufnehmer in Richtung der wirksamen Betätigungskräfte angeordnet ist (Bild 2). Die Eichung für Zug- und

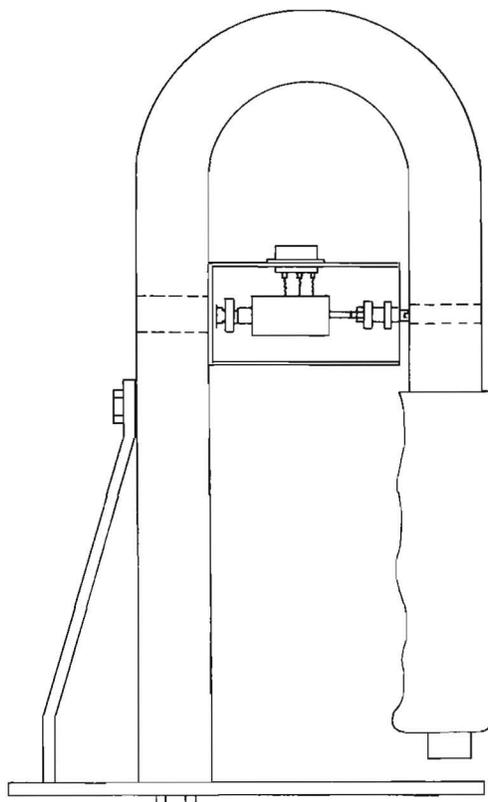


Bild 1: Handkraft-Meßbügel mit induktivem Wegaufnehmer



Bild 2: Handkraft-Meßbügel zur Ermittlung von Lenkkräften bei Einachsschleppern

Druckkräfte kann in einfacher Weise durch Anhängen von Gewichten an der Mitte des Meßgriffes vorgenommen werden, da eine lineare Abhängigkeit zwischen Weg und Kraft besteht.

Als Beispiel für die Einsatzmöglichkeiten wurden am hinteren Führungsgriff einer Handmotorsäge die Betätigungskräfte gemessen und deren Verlauf auf einem Direktschreiber (Oszilloscript) registriert. Hierfür war es notwendig, den Original-Führungsgriff durch den Handkraft-Meßbügel zu ersetzen. Da die Betätigungskräfte von den Motorschwingkräften überlagert werden, wurde ein Tiefpaß zwischengeschaltet, der die Frequenzen über 16 Hz aussiebt. Der Vergleich der Messungen mit und ohne Tiefpaß zeigt (Bild 3), daß auf diese Weise die Motorschwingungen nicht erfaßt werden und eine Auswertung der reinen Betätigungskräfte möglich ist. Diese liegen bei dem Versuch mit einer Motorsäge zwischen 5 und 15 kp. In gleicher Weise können bei anderen Motorgeräten und Einachsschleppern ebenfalls die Betätigungskräfte erfaßt werden.

Motorschwingungen

Die Einwirkung von Schwingungen auf die Hände und die Weiterleitung zum Rumpf des Menschen objektiv zu erfassen und zu beurteilen, ist wesentlich schwieriger als etwa über einen Fahrersitz einwirkende Schwingungen.

Haben die Schwingungen niedrige Frequenzen, wie beispielsweise die Handdruckkräfte an Hammerstielen [3], oder sind die Schwingungen von kontinuierlich wiederkehrender Form und Amplitude, wie beispielsweise bei Preßlufthammerarbeit [4; 5], so sind noch relativ einfache Meßanordnungen möglich. Bei einer Kombination von Schwingungen, die vom Motor mit unregelmäßigen Drehzahlen verursacht werden, und aktiven Handbetätigungskräften, wie wir sie bei Einachsschleppern und Motorhandgeräten vorfinden, entstehen sehr komplizierte meßtechnische Probleme.

Diese Tatsache wird auch im zweiten Entwurf der VDI-Richtlinie 2057 [6] zum Ausdruck gebracht und ist durch die Abhängigkeit der Schwingungswahrnehmung von Frequenz, Stärke und Richtung der Schwingung, Andruck an den schwingenden Gegenstand (Griff) und Muskelspannung begründet. Diese Einflüsse werden etwa dann berücksichtigt, wenn „die Kraftübertragung zwischen dem schwingenden Griff und der Hand gemessen wird, da hierbei der mechanische Eingangswiderstand, der von Andruck und Muskelspannung mit abhängt, berücksichtigt wird“. Nach der VDI-Richtlinie 2057 kann bei derartiger Einwirkung der Effektivwert der übertragenen Kraft [kp] etwa der Wahrnehmungsstärke K in ihrem Zahlenwert gleichgesetzt werden.

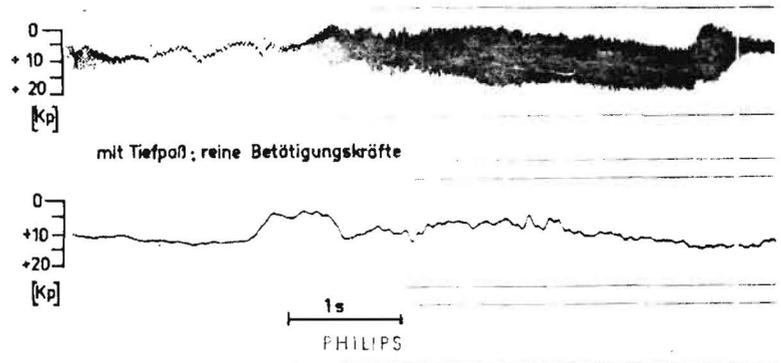


Bild 3: Kräfte am Führungsgriff der Motorsäge

Da sich bei der Messung von Betätigungskräften mit dem Handkraftmeßbügel bereits gezeigt hatte, daß damit auch Motorschwingkräfte erfaßt werden können, wurden mit diesem Meßwertaufnehmer in einer Versuchsreihe die Schwingkräfte zwischen Griff am Holmen eines Einachsschleppers und Hand ermittelt. Der Meßbügel wurde so angebracht, daß der induktive Aufnehmer horizontal steht, da die Schwingkräfte sich vorwiegend waagrecht auswirken.

Diese Versuche wurden ohne aktive Bewegung des Holmes (keine Betätigungskräfte) bei ortsfest aufgestellter Maschine durchgeführt. Der Motor des Einachsschleppers wurde unbelastet in neun Drehzahlstufen, jedoch auch mit kontinuierlich steigender Drehzahl zwischen 1000 und 5000 U/min gefahren. Es handelte sich um einen 7-PS-Viertakt-Otto-Motor. Dessen Drehzahl wurde durch einen tastlosen induktiven Aufnehmer kontrolliert (Bild 4) und auf dem Direktschreiber registriert. Dazu wurde vor der Anwurf-scheibe eine Holzscheibe mit einer auf deren Umfang befestigten Eisenschraube montiert, die bei jeder Umdrehung durch den tastlosen Aufnehmer einen Impuls erzeugt.

Da in Vorversuchen erkannt werden konnte, daß die Größe der Schwingkräfte auch von dem Anpreßdruck der Hand abhängt, wurden die Messungen sowohl mit locker als auch fest den Griff umfassender Hand durchgeführt. Um diesen für technische Messungen subjektiven Einfluß auszuschalten, wurde weiter versucht, Hand und Unterarm durch eine fest montierte Masse (2,2 kg) zu ersetzen, obgleich bekannt war, daß das Schwingverhalten von Hand und Arm das eines gedämpften Masse-Feder-Systemes, das heißt also nicht das einer reinen Masse, ist. Darüber hinaus wurde der am Holmen montierte Handkraftmeßbügel ohne Beeinflussung durch die Hand den Motorschwingungen ausgesetzt, um das Ausmaß von Meßfehlern erkennen zu können, soweit diese durch den Meßgriff selbst verursacht werden. Ein Teil eines Registrierstreifens ist in Bild 5, die Zusammenfassung aller Meßergebnisse im Diagramm (Bild 6) wiedergegeben.

Zunächst kann erkannt werden, daß alle Kraftverläufe bei ungefähr denselben Drehzahlen (1500; 3000; 4500 U/min) Resonanzerscheinungen zeigen. Weiter fällt auf, daß der mit der Einsatz-

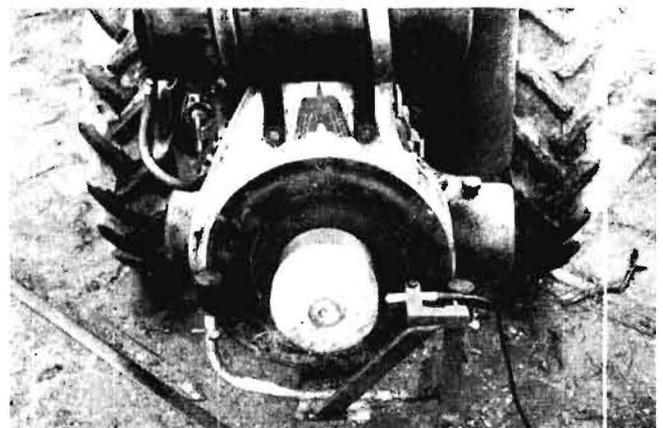


Bild 4: Meßeinrichtung für tastlose induktive Aufnahme der Motordrehzahl an einem Einachsschlepper

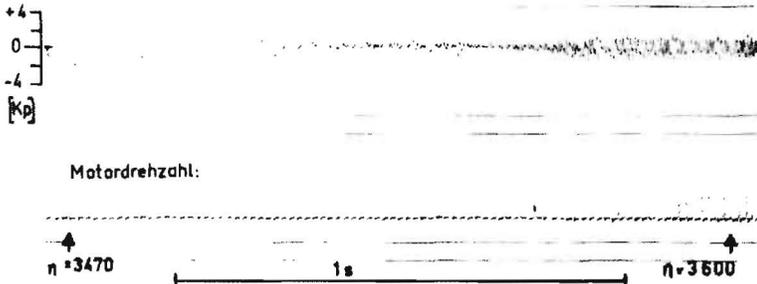


Bild 5: Motorschwingungen am Lenkholmen

masse ermittelte Kraftverlauf wesentlich höher liegt als bei Umfassen des Griffes durch die Hand. Das bedeutet, daß es nicht möglich ist, das Hand-Arm-System durch eine reine Masse zu ersetzen. Analog dazu läßt sich beispielsweise für Schwingungsmessungen an Fahrzeugsitzen der Fahrer auch nicht durch eine Masse ersetzen, was immer wieder versucht wird. Dieser Tatsache wird in der VDI-Richtlinie 2057 [6] unter Punkt A 4.2 Rechnung getragen.

Der Kraftverlauf beim festen und lockeren Umfassen der Hand am Griff zeigt teilweise keine oder nur geringe Unterschiede. Jedoch treten bei einigen Drehzahlen (1500; 2500; 5000 U/min) erheblich unterschiedliche Kräfte auf, je nach dem Kraftschluß zwischen Hand und Griff. Der Grund dürfte in den verschiedenen Rückwirkungen auf die Eigenfrequenz und auf die unterschiedliche Dämpfungswirkung des gesamten Schwingungssystems liegen.

Von entscheidender Wichtigkeit ist jedoch die Tatsache, daß der Handkraftmeßbügel schon ohne Anfassern der Hand erhebliche Schwingkräfte zwischen den beiden U-Schenkeln zeigt, das heißt in sich schwingt, weil das eigentliche Meßglied, der induktive Wegaufnehmer, zwischen zwei gegeneinander federnden Massen, den U-Schenkeln, liegt. Das bedeutet, daß dieser Meßgriff zur Erfassung von Schwierigkeiten mit höheren Frequenzen nicht geeignet ist, weil sich der Anpreßdruck der Hand nicht berücksichtigen läßt.

Es wurde deshalb ein Meßgriff auf hydraulischer Basis entwickelt. Hierbei handelt es sich um einen mit Wasser gefüllten Schlauchgriff, der anstelle des Maschinengriffes montiert wird (Bild 7). Über Druckschlauch, induktiven Druckaufnehmer, Meßverstärker und Direktschreiber kann der Kraftverlauf zwischen Hand und Griff registriert werden. Im Gegensatz zu dem Handkraftmeßbügel ist es hiermit möglich, die Handgreifkraft mit zu erfassen. Der Aufnehmer wiegt, mit Wasser gefüllt, nur 310 g, so daß die Beeinflussung des Schwingungssystems geringer war. Trotzdem zeigte auch dieser Aufnehmer ohne Handbetätigung schon eine Eigenschwingung. Deshalb dürfte es angebracht sein, an Handgriffen von Motorgeräten zusätzlich auch Körperschallmessungen mit sehr leichten Aufnehmern durchzuführen.

Da Schwingkräfte außer über Handgriffe auch über tragbare Motorsprüh- und Spritzgeräte auf den Menschen einwirken können, wurden auch Messungen mit einem Rückensprüngerät (Gewicht einschließlich Sprühbrühe: 31 kg) durchgeführt. Die auf den Rücken übertragenen Motorschwingkräfte wurden ebenfalls auf hydraulischer Basis mit einem Wasserdruckkissen erfaßt (Bild 8), das mit dem induktiven Membran-Aufnehmer verbunden ist. Die dann elektronisch verstärkten Meßwerte wurden vom Direktschreiber registriert und sind für etwa halbe und volle Motordrehzahl in Bild 9 wiedergegeben. Danach erreichen die übertragenen Kräfte Werte bis nahezu 30 kp.

Geräusche der Arbeitsmaschinen

Von Arbeitsmaschinen verursachte Geräusche⁶⁾ sind in ihrer Lärmwirkung auf den Menschen in den letzten Jahren in großem Umfang untersucht worden [8 . . . 14]. Bei Kraftfahrzeugen wird die Lärmwirkung auf Grund der Straßenverkehrszulassungsordnung immer auf andere Verkehrsteilnehmer bezogen, so daß die Geräusche beim Vorbeifahren des Fahrzeuges in vorgeschriebener Entfernung oder in bestimmter Auspuffentfernung ermittelt werden [15 . . . 18]. Der Lärmeinfluß auf den Fahrer wurde daher

⁶⁾ Die verwendeten akustischen Begriffe wurden nach DIN 1320 [7] gewählt.

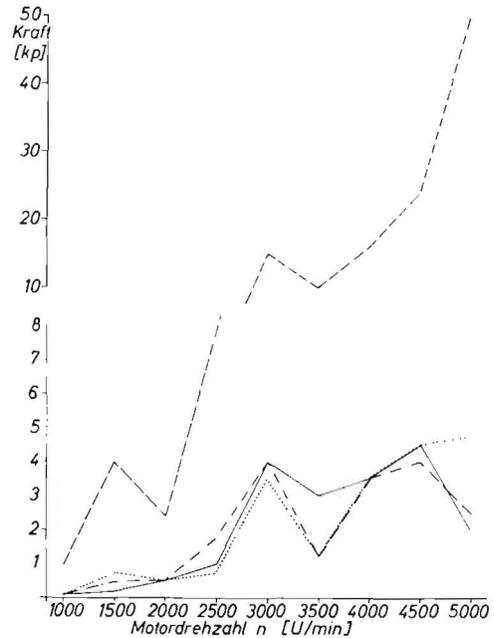


Bild 6: Horizontale Schwingkräfte am Lenkholmen eines Einachsenschleppers bei verschiedener Drehzahl

- Meßwertaufnehmer mit 2,2 kg Masse
- Hand fest am Meßwertaufnehmer
- Hand locker am Meßwertaufnehmer
- Meßwertaufnehmer allein

nur in wenigen Fällen gemessen [19 . . . 23]. Es haben sich in den letzten Jahren weniger die Meß- als vielmehr die Bewertungsmethoden für Geräusche mehrfach stark geändert. Ursachen hierfür sind die großen Schwierigkeiten bei einer objektiven Bewertung von Geräuschen, die ja vielfältige Gemische aus Einzeltönen darstellen.

Wichtige grundlegende Erkenntnisse über das objektive Ausmaß physiologischer Schädigungen durch Schalleinwirkung konnten

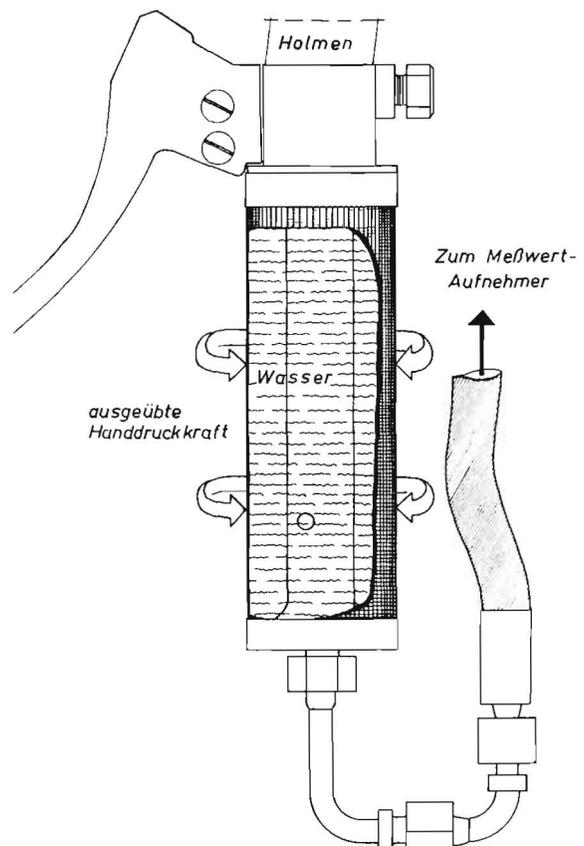


Bild 7: Handkraftmeßschlauch zur Ermittlung von Betätigungs-, Schwing- und Handgreifkräften



Bild 8: Druckmeßkissen zwischen Sprühergerät und Rücken zur Ermittlung der übertragenen Schwingkräfte

ebenfalls in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren gewonnen werden [9; 11; 12]. Schwierigkeiten bereitet jedoch die Beurteilung der individuellen Lästigkeit.

Die lange Zeit angewandte Lautstärkebewertung nach DIN-phon [24; 25] erscheint nicht mehr zweckmäßig, da sie der hohen Lästigkeit hochfrequenter Geräusche nicht genügend gerecht wird [26]. Aus diesem Grunde sind von der ISO (International Organization for Standardization) und von der IEC (International Electrotechnical Commission) internationale Vereinbarungen getroffen worden, die den Begriff der frequenzabhängigen ISO-Kurven einführen [27; 28]. Bei der Bewertung von Verkehrsgeräuschen soll vor allem die ISO-Kurve A angewendet werden. Hierbei wird der physikalische Schalldruck in „dB“ gemessen und entsprechend der ISO-Kurve A in „dB(A)“ umgewertet. Es erscheint zweckmäßig, dieses Verfahren schon wegen seiner internationalen Gültigkeit nicht nur bei Kraftfahrzeugen, sondern auch bei Landmaschinen anzuwenden.

Eine Gesamtbewertung eines Geräusches durch eine Kenngröße wurde bisher mit dem Begriff DIN-phon ermöglicht. Nach dem Vorhergesagten entfällt das jetzt zugunsten einer Gesamtbewertung nach dB(A). Eine Aussage über die Zusammensetzung eines Geräusches ist jedoch für eine technische und physiologische Beurteilung aufschlußreicher und daher notwendig. Aufschluß über die Geräuschzusammensetzung gibt eine Frequenzanalyse, die in einfacher Form mit einem Oktav- oder Terzfilter oder genau mit einem Frequenzspektrometer oder -spektrograph durchgeführt werden kann. Die Oktavfilteranalyse gibt auch die Möglichkeit, über das „Grenzlinienverfahren“ [26] zu einer einzigen Kenngröße zu kommen. Für unsere Messungen standen ein Schallpegelmessgerät, der dazugehörige Oktavbandpaß⁶⁾ und ein Frequenzspektrometer⁷⁾ zur Verfügung.

Da die Durchführung von Frequenzanalysen längere Zeit beansprucht und das Geräusch während dieser Zeit in Zusammensetzung und Schalldruck gleichbleiben muß, war eine Speicherung der Geräusche auf einer endlosen Tonbandschleife erforderlich. Für die Geräuschaufnahme und -wiedergabe wurde ein Magnetophonbandgerät eingesetzt⁸⁾.

⁶⁾ Es wurden der Schallpegelmessgerät, Typ EZGN, und der Oktavbandpaß, Typ PBO, von der Firma Rohde & Schwarz, München, verwendet.

⁷⁾ Es wurde das Frequenzspektrometer, Typ RS 20153, der Firma Reutlinger, Darmstadt, verwendet.

⁸⁾ Eingesetzt wurde das Magnetophongerät, Typ 85, der Firma Telefunken, Hannover.

⁹⁾ Bei allen Geräuschmessungen ist darauf zu achten, daß eine unbewachsene ebene Standfläche ohne akustische Reflektoren in wenigstens 20 m Umkreis vorhanden ist. Um eventuelle Störgeräusche auszuschalten, dürfen bei fehlendem Netzanschluß zur Speisung der Meßgeräte keine Stromaggregate mit Verbrennungsmotor, sondern nur geräuschlos arbeitende Stromerzeuger (zum Beispiel Batterie mit Transistor-Wechselrichter) verwendet werden.

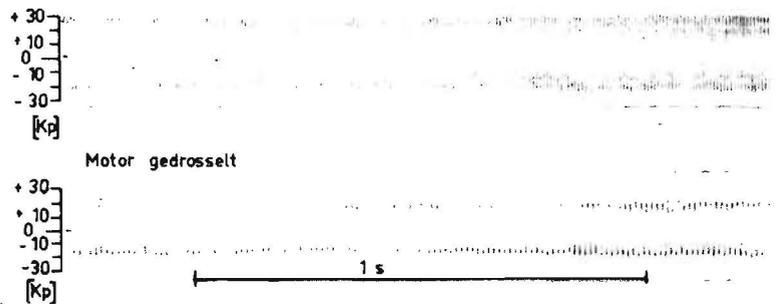


Bild 9: Schwingkräfte zwischen Rückensprühergerät (31 kg) und Rücken

Für spätere Vergleichsuntersuchungen der Geräuschbeurteilung verschiedener Einachsschlepper und Motorgeräte wurden folgende Meß- und Auswerteverfahren zunächst bei einer Maschine ausprobiert:

Es wurde der schon erwähnte Einachsschlepper mit 7-PS-Viertakt-Otto-Motor zusammen mit einem Einachsanhänger aufgestellt und der Motor unbelastet in zehn Drehzahlstufen von 700 bis 5000 U/min gefahren. Diese Verhältnisse entsprechen zwar nicht der Betriebspraxis, genügen jedoch für die Erprobung des Meßverfahrens. Bei späteren Vergleichsuntersuchungen muß der Motor durch eine Bremsrichtung genau belastet werden können. Das Kondensatormikrophon des Schallpegelmessers wurde mittels eines Statives in 25 cm Entfernung vom linken Ohr des auf der Karre sitzenden Fahrers aufgestellt⁹⁾. Zur Überprüfung etwaiger Meßfehler des am Ausgang des Schallpegelmessers angeschlossenen Tonbandgerätes wurde zunächst eine direkte Oktavfilteranalyse am Meßort durchgeführt. Das gleichzeitig auf Tonband aufgenommene Geräusch wurde später im Labor wieder mit Oktavfilter analysiert. Dabei wurden auch die beiden möglichen Entzerrungen NARTB und CCIR des Tonbandgerätes ausprobiert. Die Ergebnisse sind in Tafel 1 wiedergegeben.

Es kann erkannt werden, daß die Entzerrung CCIR, vor allem oberhalb von 4000 Hz (Oktav-Stufe 7 b), erheblich größere Abweichungen als die Entzerrung NARTB gegenüber der Direktmessung aufweist. Daher sollte bei Messungen dieser Art mit der Entzerrung NARTB gearbeitet werden. Abgesehen von den höchsten Oktav-Stufen 8 b und 9 a (Frequenzen über 8000 Hz) betragen bei dieser Entzerrung die Abweichungen gegenüber Direktmessung maximal ± 2 dB. Da die Frequenzen über 8000 Hz bei Geräuschen von landwirtschaftlichen Maschinen und Motoren vermutlich nur mit schwachem Anteil vertreten sind, können die durch Tonbandspeicherung verursachten Abweichungen als tragbar angesehen werden, weil sie im Rahmen der üblichen Meßtoleranz liegen.

Tafel 1: Oktavfilteranalyse eines konstanten Geräusches (250 W Staubsauger), direkt und nach Magnettonwiedergabe (Gesamtpegel 82 dB)

Oktavfilter	direkte Filteranalyse	Filteranalyse nach Aufnahme und Wiedergabe über Magnettongerät			
		Entzerrung NARTB		Entzerrung CCIR	
Stufe	[dB]	[dB]	Diff.	[dB]	Diff.
1 a	56	57	+ 1	57	+ 1
1 b	64	65,5	+ 1,5	65	+ 1
2 a	75	76	+ 1	76	+ 1
2 b	77,5	78	+ 0,5	78	+ 0,5
3 a	77	78,5	+ 1,5	77	0
3 b	72,5	74,5	+ 2	73,5	+ 1
4 a	73	73,5	+ 0,5	72,5	- 0,5
4 b	76	76	0	76	0
5 a	75,5	75,5	0	75,5	0
5 b	74	72,5	- 1,5	72	- 2
6 a	72,5	71,5	- 1	71	- 1,5
6 b	71,5	70,5	- 1	70	- 1,5
7 a	70,5	68,5	- 2	68	- 2,5
7 b	64	62,5	- 1,5	61	- 3
8 a	60	58,5	- 1,5	55	- 5
8 b	57,5	55	- 2,5	50	- 7,5
9 a	54	50,5	- 3,5	44	- 10

Bei der Laborauswertung der bei verschiedenen Motordrehzahlen aufgenommenen Tonbandschleifen wurden zunächst Oktavfilteranalysen in dB (physikalischer Schalldruck) durchgeführt. Für drei Drehzahlen sind die Ergebnisse in Bild 10 dargestellt. Eine Bewertung dieser Analysen nach der ISO-Kurve dB (A) war nicht möglich, da unser Gerät zum Zeitpunkt der Messungen nur mit einer DIN-phon-Bewertung ausgestattet war.

Umfassender und aufschlußreicher erwiesen sich die Geräusch-Analysen mit dem Frequenzspektrometer. Bei diesem Gerät wurde eine Bandbreite von 3% eingestellt. Das bedeutet zum Beispiel, daß bei einer Messung bei 1000 Hz ein Frequenzbereich von 885 Hz bis 1015 Hz erfaßt wird. Diese Messungen wurden in Abständen von halben Terzen vorgenommen. Da sich die Bandbereiche trotz der engen Wahl der Meßpunkte nicht berühren und auch die genaue Lage etwaiger Maxima innerhalb der Bänder bestimmt werden sollte, wurden sämtliche Maxima in einem gesonderten Arbeitsgang ermittelt. Die so gefundenen genauen Frequenzverläufe in dB konnten jetzt nach der ISO-Bewertungskurve in dB (A) umgerechnet werden. Einen Vergleich der Frequenzkurven für die Drehzahl 5000 U/min im physikalischen Maß dB und im Bewertungsmaß dB (A) zeigt Bild 11. Bewertete Frequenzkurven bei drei verschiedenen Motordrehzahlen sind in Bild 12 dargestellt. Nur diese letzte Form der Auswertung gibt die Möglichkeit, den entscheidenden Ursachen für die Geräuschentwicklung nachzugehen und damit Verbesserungen zu suchen.

Zusammenfassung

Es wurden Meßverfahren zur Erfassung von Betätigungskräften von auf den Menschen einwirkenden Schwingungen und von Maschinengeräuschen für eine Beurteilung von Einachsschleppern und Motorgeräten untersucht. Dafür mußten zum Teil neue elektronisch arbeitende Meßwertaufnehmer entwickelt werden. Bei den Geräuschuntersuchungen wurden mehrere Meßverfahren ausprobiert und gegenübergestellt. Hierbei zeigte sich, daß eine Oktavfilteranalyse auf der einen Seite mit dem vorhandenen Gerät keine Bewertung nach der ISO-Kurve A zuläßt und zum anderen kein Auffinden der Geräuschursachen ermöglicht. Dagegen geben mit einem Frequenzspektrometer durchgeführte Geräuschanalysen genaue Aussagen über den herrschenden Schalldruck (dB) bei allen Frequenzen. Hierdurch war eine Geräuschbewertung nach den ISO-Kurven möglich, die aufgrund neuester Erkenntnisse international vereinbart wurden und die bisherige DIN-phon-Bewertung ablösen.

Die beschriebenen Meß- und Auswerteverfahren sind geeignet, um Vergleichsuntersuchungen über die physiologische Beanspruchung des Menschen beim Umgang mit verschiedenen Einachsschleppern und Motorgeräten anzustellen.

Schrifttum

- [1] GLASOW, W., und H. DUPUIS: Physiologischer Aufwand bei Einachsschleppern. Landtechnische Forschung 9 (1959), S. 120—123
- [2] DUPUIS, H., R. PREUSCHEN und B. SCHULTE: Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. (Landarbeit und Technik, Heft 20). Bad Kreuznach 1955.
- [3] BRECHT, K., und L. SCHMITT: Fortlaufende Registrierung der Handdruckkraft an Hammergriffen. Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 15 (1953) S. 188—195
- [4] KUHN, F.: Über die mechanische Impedanz des Menschen bei der Arbeit mit dem Preßlufthammer. Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 15 (1953) S. 79—84
- [5] KUHN, F., und H. SCHEFFLER: Über die beim Gebrauch von Druckluftschlagwerkzeugen auf die Hand einwirkenden Kräfte. Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 15 (1954), S. 277—294
- [6] VDI-Richtlinie 2057: Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. 2. Entwurf (Dezember 1961).
- [7] DIN 1320: Allgemeine Benennungen in der Akustik. Herausgegeben vom Beuth-Vertrieb Köln/Berlin/Frankfurt 1959
- [8] HORNICK, R. J.: The relative effects of noise and vibration upon simple reaction time. (Bostron Research Laboratories, Report Nr. 132) Milwaukee 1961
- [9] JANSEN, G.: Über die nichtspezifischen Wirkungen des Lärmes auf den Menschen. Die Medizinische Welt (1960), S. 35—42
- [10] KRUTER, K. D., und E. GRANDJEAN: Die Wirkungen des Lärmes auf den Menschen. Mensch und Umwelt (1960) Heft 4
- [11] LEHMANN, G.: Nachweis und Bedeutung der vegetativ-nervösen Lärmbelastung. Internationales Journal für prophylaktische Medizin und Sozialhygiene 2 (1958), S. 193—197
- [12] MEYER-DELUS, J.: Die Schalleinwirkung auf den Menschen. Automobil-technische Zeitschrift 59 (1957), S. 293—297
- [13] RÜRD, L.: Die Schallschädigungen des Ohres. 1. Mensch und Umwelt (1957), Heft 2
- [14] VDI-Richtlinie 2058: Beurteilung und Abwehr von Arbeitslärm, Juli 1960
- [15] BOBBERT, G.: Komponentenbestimmung bei Kraftfahrzeuggeräuschen. Akustische Beihefte, Akustika 11 (1961), S. 277—283

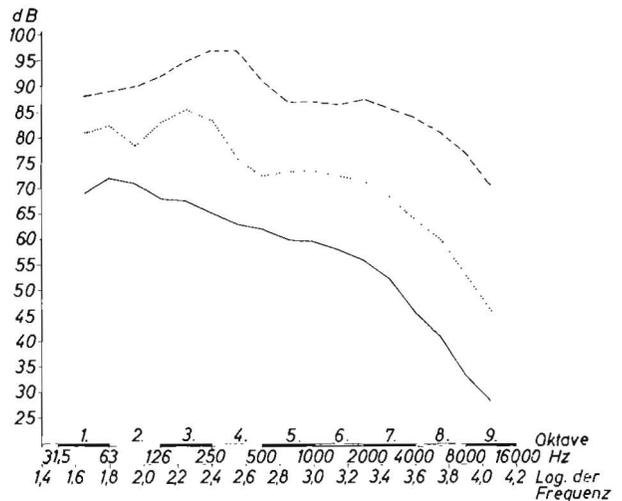


Bild 10: Motorgeräusche eines Einachsschleppers mit 7-PS-Viertakt-Otto-Motor bei verschiedener Drehzahl (Oktavfilteranalyse)
 - - - - - 5000 U/min; 3000 U/min; ——— 1000 U/min

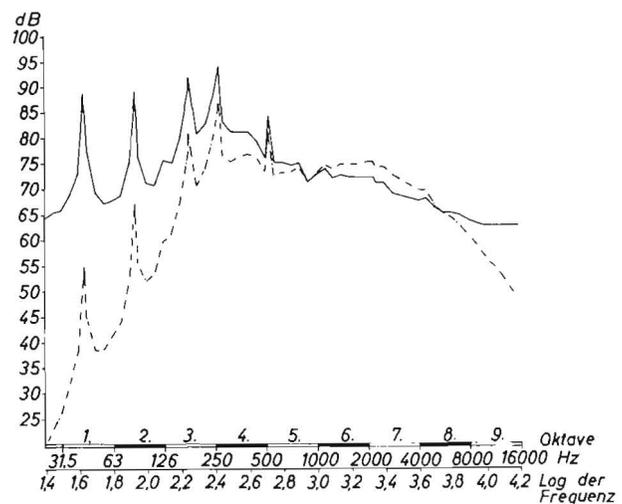


Bild 11: Motorgeräusche eines Einachsschleppers mit und ohne Bewertung (Frequenzanalyse) bei 5000 U/min
 dB, unbewertet; - - - - - dB (A)- und ISO-Bewertung

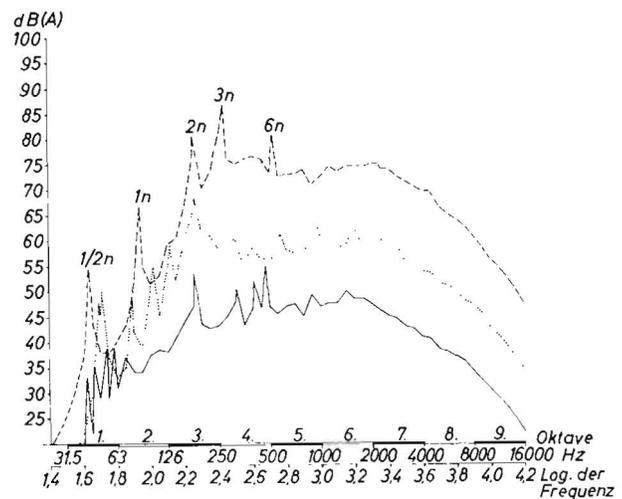


Bild 12: Motorgeräusche eines Einachsschleppers mit 7-PS-Viertakt-Otto-Motor bei verschiedener Drehzahl (Frequenzanalyse)
 - - - - - 5000 U/min; 3000 U/min; ——— 1000 U/min

- [16] BRUNSWIG, H.: Untersuchung über die Hörbarkeit von Verkehrswarngeräten für Feuerwehr- und Polizeifahrzeuge. Zentralblatt für Verkehrsmedizin und Verkehrspsychologie 6 (1960), S. 20—26
- [17] BURCK, W.: Die Schallmeßbel. Elektroverlag Saelion, Mindelheim 1955
- [18] Richtlinien für die Geräuschmessungen an Kraftfahrzeugen. VKBL (1958), S. 446
- [19] BOBBERT, G.: Geräusche im Innenraum von Personenwagen. VDI-Zeitschrift 101 (1959), S. 1217—1224

- [20] BOBBERT, G.: Verkehrsgeräusche, ihre Messung und ihre Beurteilung. (Deutsche Kraftfahrtforschung, Heft 91), VDI-Verlag Düsseldorf 1956, S. 25—34.
- [21] EBERT, E.: Das Entdröhnen von Kraftfahrzeugen. VDI-Zeitschrift 97 (1955), S. 945—948.
- [22] KIENE, W.: Nochmals: Geräuschemessungen an Ackerschleppern. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 83—85.
- [23] LANGE, H.: Die Einwirkung des Schlepperlärms auf den Fahrer. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 32.
- [24] DIN 1318: Lautstärke, Begriffsbestimmung, Juli 1959.
- [25] DIN 5045: Meßgeräte für DIN-Lautstärken, Januar 1959.
- [26] NEUMANN, P.: Maßstäbe der Lärmbewertung und ihre Brauchbarkeit für die Arbeitsbewertung. Refa-Nachrichten 14 (1961), S. 174.
- [27] BÜRCK, W.: Über transportable Kleinmeßgeräte für Schallmessungen und ihre Anwendung bei der Lärmbekämpfung. Kampf dem Lärm 8 (1961), S. 13—16.
- [28] WILLEMS, W.: Meßgeräte für Geräuschstärken. Kampf dem Lärm 8 (1961), S. 12—13.

Résumé

Heinrich Dupuis and Hans-Adolf Broicher: "Measuring and Evaluation Methods for the Human Stress when Working with Uniaxial-Wheel Tractors."

Measuring methods for the determination of operating forces, of vibrations acting on man, and of mechanical noises were examined for the evaluation of uniaxial-wheel tractors and engine equipment. For this purpose partly new electronically operating recorders for the measured values had to be developed. Regarding the noise examinations several measuring methods were tried and compared with each other. It was noted that an octave filter analysis permits, on the one hand, no evaluation according to the ISO-curve A with the existing device and, on the other, does not enable one to find the causes of noise. Noise analyses made with a frequency spectrometer gave however exact information about the existing sound pressure (dB) with all frequencies. Hereby a noise evaluation according to the ISO-curves was possible, which has been agreed upon internationally on the basis of the latest findings and which replaces the hitherto DIN-phon-evaluation.

The described measuring and evaluation methods are suitable for carrying out comparative examinations on the physiological stress of man when working with various uniaxial-wheel tractors and engine equipment.

Heinrich Dupuis et Hans-Adolf Broicher: «Procédés de mesure et d'interprétation de la fatigue humaine provenant du travail avec les motoculteurs.»

Afin de pouvoir porter un jugement sur les motoculteurs et les machines automotrices, on a étudié des procédés de mesure en vue de la détermination des efforts musculaires nécessaires à leur manoeuvre et des vibrations et bruits supportés par l'homme. Dans ce but, on a étudié de nouveaux enregistreurs de mesure électroniques. On a essayé et comparé plusieurs méthodes de mesure des bruits. On a constaté que l'analyse par filtrage des octaves au moyen des appareils actuellement disponibles, ne permet pas une classification des bruits d'après la courbe A des normes ISO, d'une part, et n'aide pas à découvrir l'origine des bruits, d'autre part. Par contre, les analyses des bruits effectuées au moyen d'un spectromètre de fréquence ont donné des indications exactes sur la pression des sons (dB) à toutes les fréquences, et ont permis la détermination des bruits d'après les courbes ISO qui ont été établies sur le plan international à la base des nouvelles connaissances et qui ont remplacé les normes DIN exigeant la détermination en phons.

Les procédés de mesure et d'interprétation décrits permettent la comparaison des efforts physiologiques supportés par l'homme lors du travail avec les différents motoculteurs et machines automotrices.

Heinrich Dupuis y Hans-Adolf Broicher: «Procedimiento de medición y de evaluación del esfuerzo humano en el trabajo con tractores monoceje.»

Se han estudiado los procedimientos de medir los esfuerzos que ejercen las oscilaciones y los ruidos de la máquina sobre el hombre, para la crítica de tractores monoceje y de artefactos motorizados. Para ello ha sido preciso construir nuevos aparatos receptores electrónicos. Para la apreciación de los sonidos se han probado y confrontado varios procedimientos de medición, llegándose a ver que el análisis por filtración de las octavas, por una parte no permite la evaluación por la curva ISO-A, y por la otra no permite dar con la causa del ruido. En cambio el análisis con el espectrómetro de frecuencias permitió evaluar la presión (dB) del sonido en todas las frecuencias, siendo así posible evaluar el ruido de acuerdo con las curvas ISO que han encontrado aceptación internacional, de acuerdo con los conocimientos más modernos, que se emplean hoy en vez del procedimiento de fonos DIN.

Los métodos de medir y de evaluar que se describen, se prestan como procedimiento comparativo del esfuerzo fisiológico que pesa sobre el hombre en el trabajo con tractores monoceje y con artefactos motorizados.

von KURT HAIN. 2., neubearbeitete und ergänzte Auflage, 592 Seiten, 1077 Bilder und 2364 Schrifttumshinweise. VDI-Verlag, Düsseldorf 1961. Preis: Hln. 124 DM.

Die Getriebelehre hat seit dem Jahre 1952, in dem die erste Auflage des Handbuches von KURT HAIN „Angewandte Getriebelehre“ herauskam, eine immer größere Bedeutung für die Technik, insbesondere auch für die Landtechnik gewonnen. Fortschritte in den Verfahren und ihrer Anwendung wurden erzielt und ließen eine Neubearbeitung des Handbuches wünschenswert erscheinen. Aus diesem Grunde ist die Herausgabe einer zweiten neubearbeiteten und ergänzten Auflage sehr zu begrüßen.

Die bewährte Einteilung des Stoffes in Analyse und Synthese von ebenen Getrieben unter Einfügung und Erweiterung einiger Abschnitte wurden beibehalten. Neben vielen Beispielen mit gut lesbaren, eingehend erläuterten Zeichnungen für die ungleichförmig übersetzenden Getriebe, vor allem Kurbel- und Kurvengetriebe, auf die der Verfasser das Hauptgewicht legt, finden sich hierfür, aber auch für andere Getriebearten und etwas abgelegene Gebiete der Getriebetechnik zahlreiche Literaturangaben, wobei der wechselseitige Hinweis im Text auf die Nummer der Literaturangabe und von der Literaturangabe auf die Textseite sehr vorteilhaft ist. Außer Handbüchern sind 2364 Hinweise auf Veröffentlichungen aus Deutschland, den USA und der UdSSR angeführt. Vom Verfasser selbst stammen etwa 140 Veröffentlichungen, davon auf dem Gebiet der Landtechnik oder in landtechnischen Zeitschriften erschienen etwa 40. Die landtechnischen Beispiele erleichtern das Durcharbeiten des Buches, zumindest der einschlägigen Themen, von denen die Lenkgeometrie der Fahrzeuge, die sich selbst einstellenden und die mechanisch-stufenlosen Getriebe, der Dreipunktanbau, die vorgesehenen Bewegungen von Werkzeugen mit Raststellen, Totlagen, großen Schwingwinkeln und Gradführungen in Verbindung mit der Regeltechnik, dem Kraftheber und den Anlenkungen der Geräte beziehungsweise mit Ladern und Baggern zu nennen sind.

Es ist zweifellos mit dem Verdienst des Verfassers, daß die Getriebelehre heute zu einem Gebrauchsgegenstand für die große Zahl von Landtechnikern geworden ist. Mit diesem Buch werden die Anforderungen, die der Konstrukteur an die Darstellung der Forschungsergebnisse stellt, wieder sehr gut erfüllt, weil alles Beiwerk der theoretischen Beweise auf mathematischer Grundlage weggelassen ist, und vor allem die Aufgabe und ihre Lösung behandelt werden. An vielen Stellen erhält der Praktiker die gewünschten Rezepte, die ihm die Zeit für ein langwieriges Studium oder für ein unproduktives Probieren ersparen können.

Weitere, allgemein interessierende Themen bilden die Behandlung der Kräfte, der Stöße, der günstigen Übertragung, der Reibung und des Gelenkspiels in den Getrieben, die zum Teil noch weiterer Ausarbeitung bedürfen. Verschiedene Getriebetypen, darunter die räumlichen Getriebe, werden nicht ausführlich behandelt — sicherlich ein Vorteil im Hinblick auf das Verständnis —, dem Interessenten hilft eine kurze Zusammenstellung mit vielen Literaturangaben weiter.

Terminologie, Systematik, die auch für patentrechtliche Fragen wichtig sein kann, und Dokumentation als wertvolle Bausteine für die Weiterentwicklung der Getriebelehre sind gut herausgestellt. Die Anwendung elektronischer Rechner als Helfer für die Ermittlung eines günstigen Getriebes wird abgegrenzt: Die Programmierung ist heute noch das Teuerste. Damit wird ein Ausblick auf die kommenden Aufgaben gegeben, die letztlich in der Treffsicherheit der Wahl und schließlich in der vorteilhaften Herstellung des Getriebes bestehen. Die Ausführungen lassen erkennen, daß noch viel Arbeit bis zur Erreichung dieser Ziele bevorsteht, aber sich doch schon manche Wege klar abzuzeichnen beginnen.

Durch die gereifte Art der Darstellung ist das neue Handbuch auch für die Schmalspur-Getriebetechniker unserer Sparte sehr gut verständlich, und man darf wohl wünschen, daß die Konstrukteure aller Fachrichtungen, die Lehranstalten, Institute und Konstruktionsbüros es eifrig benutzen — die Voraussetzungen für einen guten Wirkungsgrad sind gegeben. H. S.