

István Bölöni: «Puissance requise par suite du frottement de l'air et de la ventilation par les poulies respectivement les pièces rotatives comme les tambours incorporées dans les machines agricoles»

La puissance requise à la marche à vide influe comme facteur de charge dans chaque machine sur le travail utile. La diminution de ces besoins de puissance est un problème important également pour les machines agricoles, mais qui ne peut être résolu que si les relations sont connues.

On a étudié par des mesures et des calculs les relations qui existent entre la puissance absorbée à la marche à vide par les poulies respectivement les organes de broyage cylindriques rotatifs des machines de récolte et de transformation des fruits et les dimensions géométriques et les paramètres cinétiques.

On a constaté que les pertes de puissance provenant du frottement de l'air et de la ventilation dans les machines mentionnées peuvent être déterminées en partant des relations fondamentales aérodynamiques connues de la résistance de l'air. La diminution de ces pertes de puissance est possible premièrement par la diminution du diamètre des pièces en rotation et deuxièmement par la diminution de leur nombre de tours. Pour obtenir une vitesse circonférentielle optimum, il est plus utile de diminuer le diamètre et d'augmenter le nombre de tours.

A l'aide du coefficient de résistance déterminé par des mesures et des calculs, il est possible de calculer d'avance la puissance absorbée à la marche à vide par le frottement de l'air et la ventilation. Cette possibilité a une importance particulière pour le calcul d'installations modernes à nombre de tours élevé.

István Bölöni: «Potencia necesaria para vencer el roce del aire y de la ventilación con elementos rotativos en forma de discos, resp. de tambores en las máquinas agrícolas»

El consumo de fuerza que requiere toda máquina para su marcha en vacío, va siempre a cargo del trabajo útil, siendo por lo tanto la reducción de este factor un problema importante, también en las máquinas agrícolas, pero este problema sólo puede resolverse, cuando se conozcan las causas.

La relación de este consumo de fuerza en marcha en vacío se ha comprobado para los elementos que tienen forma de disco, resp. para elementos de trituración y de desmenuzar rotativos de dimensiones geométricas, y con los parámetros cinemáticos, por mediciones y por cálculos. Estas comprobaciones se hicieron principalmente para determinar el consumo de fuerza en el molino de martillos, en el cortapajas de mazos, así como en el tambor de la cosechadora — trilladora.

Se ha podido comprobar que las pérdidas de rendimiento, producidas por el roce del aire y de la ventilación de dichas máquinas pueden conocerse, sabiendo de la conocida relación fundamental aerodinámica de la resistencia del aire. La reducción de estas pérdidas de rendimiento puede conseguirse en primer lugar por reducción del diámetro de las piezas rotativas y en segundo lugar por reducción del número de rotaciones. Para llegar a la velocidad periférica óptima resulta más conveniente reducir el diámetro, aumentando al mismo tiempo el número de rotaciones.

Con los coeficientes de resistencia encontrados por mediciones y por cálculo, es posible encontrar de antemano la fuerza necesaria en marcha en vacío que corresponda al roce con el aire y con la ventilación, lo que tiene importancia para el cálculo previo de instalaciones con número de rotaciones elevado.

Heinrich Dupuis:

Bewertung der Schwingbeanspruchung bei Fahrern von Ackerschleppern und Landmaschinen im praktischen Einsatz

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

Schwingungsuntersuchungen verschiedenster Art, die bei Kraftfahrzeugen allgemein und besonders bei landwirtschaftlichen Schleppern erfolgten, sind während der vergangenen Jahre zunehmend von in- und ausländischen Instituten und Versuchsabteilungen der Herstellerwerke durchgeführt worden. Da die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen sowohl deren physikalische Messung als auch ihren physiologischen Einfluß einschließt, lassen sich zwei Gruppen von Aufgabenstellungen unterscheiden: Physikalisch-technische und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Obgleich in der „Landtechnischen Forschung“ schon häufig auf diese Fragen eingegangen wurde, erscheint es sinnvoll, einen Überblick über die vielen neueren Arbeiten zu geben, die in den vergangenen fünf Jahren erschienen sind.

Arbeitsmedizinische Untersuchungen

Der Einfluß mechanischer Schwingungen auf den Menschen ist außerordentlich vielfältiger Art. Eine gewisse Analogie mag zu den Problemen der Geräuscheinwirkung bestehen, über deren Folgen man heute schon recht viel, wenn auch längst noch nicht genug weiß. So hat man auch hier verschiedene Bewertungsmaße (z. B. dB, dB (A), dB (B), Phon, DIN-Phon, sone) für die Lärmbelastung eingeführt, wobei man oft auf subjektive Maßstäbe angewiesen war und Vereinfachungen vornehmen mußte. Trotz aller Schwierigkeiten hat die Geräuschemessung und -bewertung aber schon seit einiger Zeit ihre praktische Anwendung im technischen Leben gefunden und Zumutbarkeitsgrenzen sind bereits — zum Teil sogar international abgestimmt — gesetzlich verankert (z. B. in der StVZO).

Mechanische Schwingungen wirken sich jedoch offensichtlich in noch viel umfassenderer Weise auf den menschlichen Körper aus. Während man lange Zeit glaubte, auf subjektive Bewertungen der Fahrer angewiesen zu sein, verstärken sich ständig die Be-

mühungen, den Schwingungseinfluß auf den Menschen möglichst durch objektive Methoden zu erfassen. Da es nicht Aufgabe dieses Berichtes sein kann, einzelne arbeitsmedizinische Ergebnisse aufzuzählen und zueinander in Beziehung zu setzen, sollte wenigstens eine Übersicht über die wichtigsten bekannten Arbeiten gegeben und die Literatur zusammengestellt werden.

Häufig versucht man, die Schwingungsauswirkung auf den Menschen indirekt durch dessen Reaktionen auf bestimmte Arbeitsaufgaben zu erfassen. So haben HORNICK [1] und COERMANN [2] psychologische Tests (Reaktionszeit, Sehschärfe, peripheres Gesichtsfeld, Steuergenauigkeit, Pedaldruckkonstanz) und GURGNARD und IRVING nach COERMANN [3] die Erkennbarkeit bewegter Gegenstände als Maßstäbe des Schwingungseinflusses benutzt.

Zahlreiche Autoren haben sich mit der Schwingübertragung auf den sitzenden Menschen, mit dessen besonderer Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Frequenzen und seinem Resonanzverhalten beschäftigt. So wurden Schwingungsmessungen äußerlich am Körper von DIECKMANN [4], RADKE [5; 6], WISNER [7], GOLDMAN und VON GIERKE [8], COERMANN [9] und DUPUIS [10; 11] durchgeführt. Bei einiger dieser Arbeiten konnte das gleichzeitige Verhalten verschiedener Körperabschnitte (z. B. Becken, Rücken, Kopf) in Frequenzabhängigkeit festgestellt werden. Schwieriger sind alle Untersuchungen zur Ermittlung des Schwingungsverhaltens im menschlichen Körper. Bei Tierversuchen pflanzten NICKERSON und COERMANN [12] Kontrastkörper ein, die durch Röntgenaufnahmen sichtbar gemacht werden. Schließlich wurde das schwingungsmechanische Verhalten der Wirbelsäule äußerlich von KRAUSE [13] studiert und durch Röntgenkinoaufnahmen direkt von CHRIST und DUPUIS [14; 15; 16] beobachtet. Blutdruckmessungen in Abhängigkeit von verschiedenen erregenden Schwingungsfrequenzen wurden von SCHMITZ und BOETTCHER [17] durchgeführt.

Über die Zusammenhänge des Kraftfahrens und möglicher Gesundheitschädigungen — wobei in erster Linie die Schwingbeanspruchung gemeint ist — liegen eine Vielzahl von medizinischen Arbeiten vor, von denen nur die von BUSCH [18], JUNGHANS [19], MARSCH [20], ROSEGGER [21] und RENTSCH [22] genannt werden sollen. RENTSCH [22] mußte dabei einen leicht erhöhten Anteil des Vorkommens von Ulcuskrankheiten bei Schlepperfahrern feststellen, dessen Ursache er vor allem auf die Lebensweise der Schlepperfahrer und die technische Konstruktion der Fahrersitze zurückführte.

Wegen der vielfältigen Schwingungsauswirkungen auf den menschlichen Körper kann verständlicherweise aus allen genannten Arbeiten noch kein einheitliches, vor allem aber kein vollständiges Bild gewonnen werden. Es läßt sich jedoch feststellen, daß die Belastung des Schlepperfahrers durch mechanische Schwingungen ein außerordentlich wichtig zu nehmendes Problem, wenn nicht überhaupt das Problem für die Gesunderhaltung der männlichen, teils auch der weiblichen Berufstätigen in der Landwirtschaft ist.

Schwingungsbewertung — VDI-Richtlinie 2057

Die verschiedenen Bewertungssysteme, von denen KIENE [23] einige von STEINBRENNER und DUGGE [24] zusammengestellte aufführt, können — analog den verschiedenen Methoden der Geräuschbewertung — keine genaue Übereinstimmung zeigen, da die Autoren sich meist ganz unterschiedliche Aufgaben gestellt hatten. Es ist daher von großem Nutzen, daß in der VDI-Fachgruppe „Schwingungstechnik“ in mehrjähriger Zusammenarbeit von Spezialisten aus dem Bereich der Medizin und Technik die VDI-Richtlinie 2057 „Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ herausgegeben werden konnte [25]. Zuvor war sie zunächst nur in mehreren Entwürfen veröffentlicht. Somit liegt ein verbindlicher Bewertungsmaßstab vor, und es kann nicht mehr von „vorläufigem Charakter“ [23] gesprochen werden. Auch eine Vereinbarung auf internationaler Basis wird in einiger Zeit zu erwarten sein. Von deutscher Seite wird bei der „International Organization for Standardization“ (ISO) eine Übersetzung der Richtlinie 2057 eingereicht. Es ist anzunehmen, daß man bei den ISO-Beratungen für eine international abgestimmte Schwingungsbewertung gründlich aber zügig vorangehen wird, da in dem ISO-Komitee TC 108, WG 7 „Thresholds of Mechanical Vibration and Shock acceptable to Man“ die beiden Länder, in denen wohl die meisten Erfahrungen vorliegen, nämlich die USA (mit Dr. VON GIERKE als Obmann) und die Bundesrepublik (mit Dr. BOBBERT, Sekretariat) durch erfahrene Spezialisten gut vertreten sind.

Ungeachtet dieses Fortschrittes im letzten Jahre ist man bemüht, die VDI-Richtlinie immer wieder dem neuesten Stand der Erkenntnisse anzupassen. Da die Richtlinie medizinisch-technische Bereiche betrifft, ist das um so notwendiger. So sollen vor allem neue meßtechnische Möglichkeiten und neue arbeitsmedizinische Ergebnisse berücksichtigt werden. Als wichtiges Problem wird angesehen, den Zeitfaktor, das heißt die Dauer einer Zumutbar-

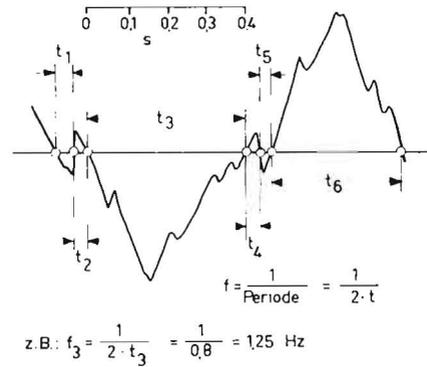


Bild 2: Ermittlung der Grundfrequenzen durch Messung des zeitlichen Abstandes zwischen zwei Nulldurchgängen

keit von Schwingungen, genauer als bisher in die Richtlinie einzubauen.

Inwieweit die für Kraftfahrer interessanten Erträglichkeitsstufen G und H der VDI-Richtlinie 2057 mit Meßergebnissen praktischer Fahrversuche (mit nicht-sinusförmigem Verlauf) übereinstimmen, soll Bild 1 zeigen. Hier ist ein Ausschnitt aus dem Frequenz-Beschleunigungsdiagramm mit Kurven gleicher K-Werte nach der VDI-Richtlinie 2057 [25 (Bild 1)] dargestellt. In die Erträglichkeitsstufen F bis I, die jeweils durch K-Wert-Kurven getrennt sind, wurden Ergebnisse eigener Untersuchungen durch Rechteckflächen eingetragen. Diesen Werten liegen Messungen der Vertikalbeschleunigungen bei Fahrern verschiedener Kraftfahrzeugarten und -typen unter verschiedenen Bedingungen (z. B. Fahrbahn, Fahrgeschwindigkeit, Fahrzeugausrüstung) — aus insgesamt etwa 250 praxiserfahrenen Fahrversuchen — zugrunde. Für die Ermittlung des Effektivwertes der Beschleunigung wurde eine bereits beschriebene Klassiermethode nach dem Stichprobenverfahren angewandt [26; 27]. Die Bestimmung der Frequenzen erfolgte durch Auswertung der Beschleunigungsdiagramme von Hand, wobei der zeitliche Abstand der Nulldurchgänge ausgemessen wurde (Bild 2). Dieses Verfahren, das auch von MORRISON und HARRINGTON [28] angewandt wird, kann bei der Überlagerung mit hohen Frequenzen zu gewissen Ungenauigkeiten führen. Bei den Vertikalschwingungen an gepolsterten und gefederten Fahrersitzen treten jedoch überwiegend niedrige Frequenzen auf, so daß eine Ermittlung der Grundfrequenzen ermöglicht wurde. Die Angabe des Frequenzbereiches bei den einzelnen Fahrzeugarten schließt 80% der Häufigkeit der gefundenen Frequenzen ein.

Die Einordnung unserer Meßwerte in das VDI-Diagramm (Bild 1) zeigt, daß die Bedienungspersonen auf Landmaschinen (schräg schraffierte Fläche unten rechts) Belastungen im Bereich der Stufen F und G ausgesetzt sind, die als über längere Zeit erträglich gelten. In demselben Belastungsbereich, jedoch im Mittel mit geringeren Beschleunigungen, die um den K-Wert 10 streuen, und mit niedrigeren Frequenzen liegen die Ergebnisse von Personenzugmaschinen. Lastwagenfahrer sind Beschleunigungen ausgesetzt, die im allgemeinen über längere Zeit, gelegentlich aber nur über kürzere Zeit ertragen werden können. Das trifft auch für die Arbeiten des Schleppers auf dem Acker (Rechteck mit Zackenrand) zu, die nur zu einem kleinen Teil als „über kürzere Zeit“ zumutbar gelten (Stufe H). Bei den Transportarbeiten des Schleppers handelt es sich jedoch nur zu einem kleinen Teil um Schwingbelastungen des Fahrers in der Erträglichkeitsstufe G (über längere Zeit), während diese meist in der Stufe H (über kürzere Zeit) und gelegentlich sogar über K = 63 (eigentlich unzulässig) liegen. Ähnlich sind die Verhältnisse bei den Arbeiten mit fahrbaren Erdbaumaschinen, bei denen allerdings die sehr niedrigen Frequenzen noch stärker vertreten sind. Hier kommen auch noch höhere Schwingbelastungen vor, die weit über K = 63 hinausgehen. Man kann also daraus schließen, daß die notwendigsten und lohnendsten technischen Verbesserungen zur Verminderung der Schwingbelastung der Fahrer bei fahrbaren Erdbaumaschinen und Schleppern für Transportarbeiten vorgenommen werden sollten.

Wenn auch eine noch feinere Abstufung der Bewertung und eine genauere Berücksichtigung des Zeiteinflusses wünschenswert wäre,

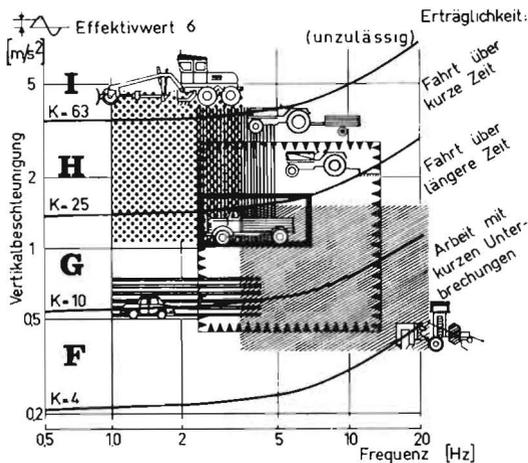


Bild 1: In verschiedenen Kraftfahrzeugen gemessene Vertikalschwingungen im Beschleunigungs-Frequenz-Diagramm und deren Einordnung in die VDI-Richtlinie 2057

so kann doch aus der Einordnung der Meßwerte — bestätigt durch den subjektiven Eindruck der Fahrer — erkannt werden, daß die neue VDI-Richtlinie 2057 für die praktische Anwendung „richtig liegt“ und keineswegs mehr — etwa bei der Beurteilung im Personenwagen — als „viel zu scharf“ [24] gelten kann.

Für Schwingungen geeignete statistische Meßverfahren

Nachdem in den vergangenen Jahren von mehreren Firmen elektronische Klassiergeräte auf den Markt gebracht wurden, häufen sich auch die mit solchen Verfahren durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten. Bereits an verschiedenen Stellen wurde über die heute möglichen statistischen Klassierverfahren ausführlich berichtet, so daß hier eine Übersicht über die neueren Arbeiten gegeben werden kann. Die Vorträge des Kolloquiums „Anwendung statistischer Methoden auf Schwingungsprobleme“ in Hannover (VDI-Berichte Nr. 66/1962) befassen sich vorwiegend mit den theoretisch-mathematischen Grundlagen [insbesondere 29; 30; 31]. In den VDI-Berichten Nr. 69/1963 wird die Behandlung dieser Fragen fortgesetzt [32; 33; 34]. Als besonders umfassend kann die Arbeit von HAAS [35] gelten, der die Arbeitsweise und die Häufigkeitsverteilung bei sieben statistischen Auswerteverfahren graphisch sehr anschaulich darstellt. Ebenso systematisch geht KAHRs [36] vor, allerdings mit dem Ziele der festigkeitsmäßig optimalen Auslegung von Landmaschinenbauteilen. Mit den elektronischen Möglichkeiten zur Durchführung solcher statistischer Auswerteverfahren befassen sich die Veröffentlichungen von SCHIEF [37], AUMÜLLER [38] und WINKLER [39].

Auch im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik sind in jüngster Zeit bedeutende Arbeiten zu finden, die sich mit Theorie und Anwendung statistischer Methoden bei stochastischem Schwingungsverlauf befassen. BOGDANOFF und KOZIN [40; 41] gehen im Rahmen ihres „Land Locomotion“-Projektes von der Vermessung der Bodenebenenheiten aus und ermitteln die dynamische Beanspruchung des Fahrzeuges nach mathematischen, nicht experimentellen Verfahren. MITSCHKE [42] geht in einer grundlegenden Arbeit ebenfalls theoretisch vor, beweist aber durch die gute Übereinstimmung mit praktischen Messungen seine Theorie. Speziell am Schlepper durchgeführte Schwingungsuntersuchungen sind die von COENENBERG [43], die jedoch in erster Linie der Feststellung der dynamischen Schwingbeanspruchung des Schleppers dienen. Bezüglich der menschlichen Belastung wird ein neuer Begriff „Schwingungsheftigkeit“ verwendet, der allerdings weder physikalisch noch physiologisch definiert ist.

Der besonderen Anwendung der statistischen Verfahren zur Untersuchung der Schwingbeanspruchung des Kraftfahrers dient die Arbeit von WINKELHOLZ [44], in der die wichtigsten Auswerteverfahren dargestellt werden.

An dieser Stelle soll es genügen, drei bekannte Verfahren, die bereits angewandt wurden [45], gegenüberzustellen:

1. Klassenüberschreitungsverfahren und Spitzenzählung

Bei diesem Verfahren (Bild 3) wird — von der Nullachse ausgehend — der ansteigende Meßwert beim Überschreiten der Einschaltlinien von den entsprechenden Zählwerken registriert. Es kann nur dann eine neue Zählung an einer Einschaltlinie vorgenommen werden, wenn zuvor die darunter liegende Rückschalt-

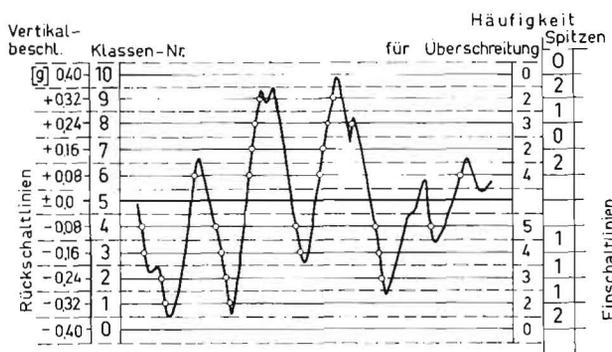


Bild 3: Klassenüberschreitungsverfahren und Spitzenzählung

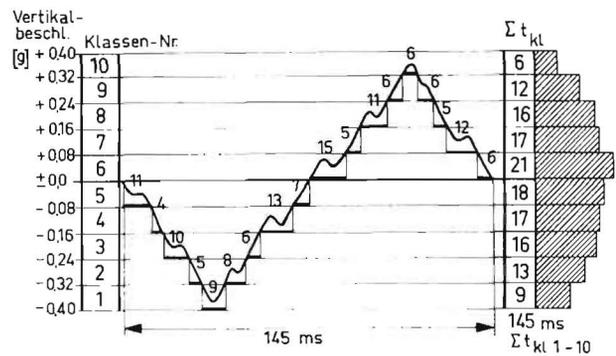


Bild 4: Verweildauer-Verfahren

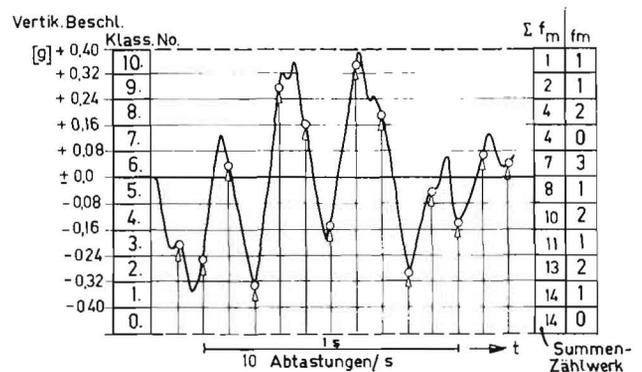


Bild 5: Stichproben-Verfahren

linie unterschritten wurde. Nach Versuchsende kann die Überschreitungshäufigkeit in den einzelnen Klassen abgelesen werden. Durch Differenzbildung der Zählwerksstände benachbarter Klassen läßt sich dann die Spitzenhäufigkeit in den einzelnen Klassen feststellen. Die Häufigkeit der Lastwechsel dürfte physiologisch-mechanisch für die Beanspruchung verschiedener Körperteile von Bedeutung sein. Wenn jedoch der Meßwertverlauf Umkehrspitzen entgegengesetzter Richtung in derselben Klasse zeigt, werden diese Spitzen nicht mehr erfaßt. Das ist jedoch bei stochastischem Verlauf oft der Fall. Daher erwähnt KAHRs [36], daß die Anwendung solcher Verfahren nur sinnvoll ist, ... wenn die vereinfachende Annahme getroffen werden kann, daß die Last zwischen zwei Spitzen immer einen Rückgang auf den Wert Null hat.“

2. Verweildauerverfahren

Bei diesem Verfahren (Bild 4) werden die einzelnen Zeitabschnitte des Durchlaufes des Meßwertes durch jede Klasse mittels Kurzzeitmesser bestimmt und über der Gesamtzeit der Versuchsfahrt addiert. Bei den uns bekannten Geräten muß diese Methode für jede Klasse gesondert vorgenommen werden. Somit ist eine Vielzahl von Versuchen notwendig, wenn direkt während der Meßfahrt klassiert wird. Nimmt man jedoch eine Meßwertspeicherung auf Magnettongerät vor, so kann die mehrfache Klassierung im Laboratorium erfolgen. Nach diesem Verfahren gewonnene Ergebnisse entsprechen im Falle stochastischer Vorgänge einer GAUSSschen Normalverteilung [46].

3. Stichprobenverfahren

Das dritte, von uns angewendete Verfahren (Bild 5), das bereits hier [26] und an anderer Stelle [27; 45; 47] beschrieben wurde, beruht auf einer sehr kurzzeitigen Abtastung der Schwingungskurve. Diese Abtastung kann in regelmäßigen oder wechselnden zeitlichen Abständen vorgenommen werden. Wir haben mit einer automatischen Abtasthäufigkeit von 10/s gearbeitet. Da es sich bei unseren Fahrversuchen auch um stochastische Verläufe handelte, haben wir bei der Auswertung der gewonnenen Klassenwerte — ebenso wie mit dem Verweildauerverfahren — GAUSSsche Normalverteilungen erhalten. Es ließ sich so nach bekannten Rechenverfahren die mittlere quadratische Abweichung ermitteln, die dem Effektivwert der Schwingung entspricht.

Neue Ergebnisse nach dem Stichprobenverfahren

Praktische Fahrversuche bei Kraftfahrzeugen verschiedenster Art (Personenwagen, Kombinationswagen, Lastwagen, Krankenwagen, Omnibusse, fahrbare Erdbaumaschinen, Ackerschlepper und Landmaschinen) konnten mit dem Stichprobenverfahren klassiert und ausgewertet werden. Über die Ergebnisse, die der Sammlung für einen Schwingungskatalog dienen, und über ihre Folgerungen wurde bereits an anderen Stellen berichtet [26; 27; 48...51].

Es sollen hier noch abschließend neuere Ergebnisse zitiert werden, die bei praktischen Fahrversuchen mit derselben Methode im Rahmen der Arbeiten für eine Dissertation gewonnen wurden [52]. Es handelt sich hierbei um Vertikalschwingungen, die für die Beanspruchung des Fahrers zwar nicht allein maßgebend, jedoch am bedeutungsvollsten sind [53]. Folgende Einflüsse wurden untersucht: Fahrgeschwindigkeit, Sitzqualität, Beifahrersitze, Fahrergewicht, Art der Arbeit, verschiedene Schleppertypen, verschiedene Landmaschinen.

Aus der genannten Arbeit sollen folgende Ergebnisse auszugsweise genannt werden:

1. Die Vertikalschwingungen der Schlepper sind bei Transportarbeiten (Straßen- und Feldwegfahrt) größer (0,12—0,44 g) als bei Feldarbeiten (Pflügen, Grubbern usw.) (0,04—0,28 g); Transporte werden aber gerade in der mitteleuropäischen Landwirtschaft vorwiegend mit Schleppern ausgeführt.
2. Bei Feldwegfahrten wurden bei 8 km/h Geschwindigkeit Vertikalbeschleunigungen von 0,12 g, bei 16 km/h 0,20 g, bei 12 km/h jedoch die vergleichsweise größten Schwingungen mit 0,21 g gemessen. Hierbei handelt es sich also offensichtlich um häufige Resonanzerscheinungen. Bei Ackerarbeiten verhielten sich die Schwingungen zur Fahrgeschwindigkeit direkt proportional.
3. Eine Verbesserung der Feldwege kann die auf den Fahrer einwirkenden Schwingungen um nahezu die Hälfte vermindern.
4. Durch verbesserte Fahrersitze konnten die Vertikalschwingungen bei Feldarbeiten um 10 bis 30%, bei Transporten um 50 bis 60% vermindert werden.
5. Wesentliche Voraussetzungen für gute Fahrersitze sind Parallelführung, hydraulische Stoßdämpfung und Verstellbarkeit der Federung für unterschiedliche Fahrergewichte.
6. Bei Landmaschinen, die im allgemeinen mit Ausnahme der selbstfahrenden Mährescher ungefederte Sitze haben, ergaben sich relativ geringe Vertikalschwingungen (0,03—0,17 g), da diese Maschinen im allgemeinen in langsamer Fahrt und auf weichem Ackerboden eingesetzt werden.

Obwohl extreme Spitzenwerte sehr selten vorkommen, scheinen sie doch neben dem Mittelwert (Effektivwert) auch physiologisch wichtig zu sein. So ergab sich in (nur) einem Falle eine unterschiedliche Bewertung aufgrund der Messung und nach subjektiver Aussage, weil der Versuchsfahrer die weichere Sitzstellung wegen gelegentlicher harter Stöße (Durchschlagen) trotz des günstigen Mittelwertes schlechter beurteilte, als die etwas härtere Federeinstellung. Daraus kann gefolgert werden, daß es vorteilhaft wäre, zur Beurteilung von Schwingungen möglichst zwei Verfahren, eines zur Mittelwertbildung und eines zur Spitzenzählung, heranzuziehen [54].

Zusammenfassung

Da in den vergangenen fünf Jahren zahlreiche neue wissenschaftliche Arbeiten erschienen sind, wird im ersten Teil des Berichtes ein Überblick über die arbeitsmedizinischen Untersuchungen gegeben. Obgleich sich hieraus noch kein vollständiges Bild gewinnen läßt, muß festgestellt werden, daß die Belastung des Schlepperfahrers durch mechanische Schwingungen ein sehr ernst zu nehmendes Problem für die Gesunderhaltung der Fahrer ist. Eine Bewertung der Schwingbeanspruchung wird anhand der neuen VDI-Richtlinie 2057 vorgenommen. Dazu werden Meßergebnisse von insgesamt etwa 250 praxisnahen Fahrversuchen verwendet, bei denen mit Hilfe eines Klassiergerätes der Effektivwert der vertikalen Schwingbeschleunigung über der Zeit ermittelt wurde. Die jetzt gültige Richtlinie läßt sich danach im Bereich niedriger Frequenzen relativ einfach anwenden. Im

internationalen Bereich wird über die ISO eine Normung der Schwingungsbewertung angestrebt.

Ein Teil des Berichtes behandelt schließlich die statistischen Auswerteverfahren, von denen drei näher beschrieben werden. Neuere Ergebnisse, die mit dem Stichprobenverfahren bei verschiedenen Schlepper- und Landmaschinenarbeiten gewonnen wurden, werden aus einer Dissertation auszugsweise zitiert.

Schrifttum

Arbeitsmedizin

- [1] HORNSICK, R. J.: The Effects of Tractor Vibration upon Operator Work Performance. In: ASAE-Paper No. 61—131. Ames/USA 1961, S. 1—10
- [2] COERMANN, R.: Die Wirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen und seine Arbeitsleistung. Werkstattstechnik 52 (1962), S. 18—25
- [3] COERMANN, R.: Die Wirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. In: Beiheft 1 zur Arbeitswissenschaft. Krauskopf-Verlag, Mainz 1963, S. 130—134
- [4] DIECKMANN, D.: Über die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Arbeit und Leistung 17 (1963), S. 177—192
- [5] RADKE, A. O.: Vehicle Vibration. Man's New Environment. American Society of Mechanical Engineers Paper 57—A—54. New York 1957
- [6] RADKE, A. O. und A. K. SIMONS: Schwingungstechnische Betrachtung über einen LKW-Fahrersitz. Automobil-Industrie (1963), H. 2, S. 2—8
- [7] WISNER, A.: Donnes Physiologiques Recentes Utilisables Dans La Conception Des Sieges Des Tracteurs Agricoles. In: Bulletin d'Information (C.N.E.E.M.A.), H. 71. Antony/Seine 1963, S. 23—33
- [8] GOLDMAN, D. E. und H. E. VON GIERKE: The Effects of Shock and Vibration on Man. In: US-Navy. Med. Res. Inst. 60—3 (Jan. 1960), S. 151—188
- [9] COERMANN, R. R. und andere: The Passive Dynamic Mechanical Properties of the Human Thorax-Abdomen System and of the Whole Body System. Aerospace Medicine 31 (1960), S. 443—455
- [10] DUPUIS, H.: Schwingungsuntersuchungen bei Schleppern auf einem Rollenprüfstand. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 145—156
- [11] DUPUIS, H.: The Investigation of Vibrations in Tractors on Test Stands. In: ASAE-Paper 61—130. Ames/USA 1961, S. 1—20
- [12] NICKERSON, J. L. und R. R. COERMANN: Internal Body Movements Resulting from Externally Applied Sinusoidal Forces. In: Aerospace Medical Research Laboratories 62—81, S. 1—16
- [13] KRAUSE, H.: Das schwingungsmechanische Verhalten der Wirbelsäule. Intern. Zeitschr. angew. Physiologie 20 (1963), S. 125—155
- [14] CHRIST, W. und H. DUPUIS: Der Einfluß vertikaler Schwingungen auf Wirbelsäule und Magen (Röntgenkinematographische Studien). Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz 13 (1963), S. 4—9
- [15] CHRIST, W. und H. DUPUIS: The influence of vertical vibrations on the spine and stomach. Scientific Information Dept. NIAE, Silsoe/Engl. (Translat. 153/1964)
- [16] CHRIST, W.: Die Beanspruchung des menschlichen Organismus in Fahrzeugen. In: VDI-Berichte Nr. 66, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 49—50
- [17] SCHMITZ, M. A. und C. A. BOETTCHER: Some Physiological Effects of Low-Frequency, High-Amplitude Vibration. American Society of Mechanical Engineers, Paper 60-PROD-17. Milwaukee/USA 1960
- [18] BUSCH, J.: Über Schäden durch Autofahren an Muskulatur, Gelenken und Wirbelsäule. Münchener Wochenschrift 23 (1955), S. 758
- [19] JUNGHANS, H.: Wirbelsäulenschäden und Benutzung von Kraftfahrzeugen. Zentralblatt für Verkehrsmedizin, Verkehrspsychologie und angrenzende Gebiete 1 (1955), 2. Heft
- [20] MARSCH, F.: Ist das Treckerfahren gesundheitsschädlich? Der Landarzt 35 (1959), S. 481—482
- [21] ROSEGGER, R. und S. ROSEGGER: Arbeitsmedizinische Erkenntnisse beim Schlepperfahren. Archiv für Landtechnik 2 (1960), S. 3—66
- [22] RENTSCH, H. J.: Uleuskrankheit und Landarbeit. Medizinische Dissertation. Humboldt-Universität, Berlin 1961

Meßtechnik

- [23] KIENE, W.: Zur Prüfung des Sitzkomforts von Ackerschleppern im Rahmen der Technischen Prüfung. Landtechnische Forschung 13 (1963), S. 10—16
- [24] STEINBRENNER, H. und K. W. DUGGE: Ein einfaches Verfahren zum Vergleich der Schwingungsverhältnisse und des Fahrkomforts ähnlicher Fahrzeuge. Automobiltechn. Zeitschrift 64 (1962), S. 73—77
- [25] VDI-Richtlinie 2057: Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Oktober 1963
- [26] DUPUIS, H. und H. A. BROICHER: Schwingungsuntersuchungen mit elektronischer Klassierung bei praktischen Fahrversuchen. Landtechnische Forschung 12 (1962), S. 40—43
- [27] DUPUIS, H.: Senkrechte Schwingbeschleunigungen von Fahrern in Kraftfahrzeugen, auf Ackerschleppern und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen. In: Grundlagen der Landtechnik, H. 16, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 9—12
- [28] MORRISON, C. S. und R. E. HARRINGTON: Tractor Seating for Operator Comfort. ASAE-Paper, Nr. 61—132. Ames/USA 1961
- [29] MITSCHKE, M.: Statistische Berechnung von Bewegungen und Belastungen an Fahrzeugen. In: VDI-Berichte Nr. 66, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 33—37
- [30] THOMSON, W. T.: Anwendung statistischer Methoden auf mechanische Schwingungen. In: VDI-Berichte Nr. 66, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 7—20
- [31] PESTEL, E. und W. T. THOMSON: Frequenzgangmethode für stochastische Vorgänge. In: VDI-Berichte Nr. 66, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 25—29
- [32] SCHLITT, H.: Einführung in die Behandlung stochastischer Vorgänge. In: VDI-Berichte Nr. 69, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 7—14
- [33] WINKLER, G.: Die Anwendung der statistischen Betrachtungsweise auf Schwingungsprobleme. In: VDI-Berichte Nr. 69, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 15—18
- [34] BAUSCH, H.: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Auswertung von statistischen Meßergebnissen. In: VDI-Berichte Nr. 69, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 19—23
- [35] HAAS, T.: Loading Statistics as a Basis of Structural and Mechanical Design. Engineer's Digest, März-Mai 1962
- [36] KAHRS, M.: Die Auslegung von Landmaschinenbauteilen nach Lastkollektiven. Landtechnische Forschung 13 (1963), S. 171—179
- [37] SCHIEF, A.: Automatische Verfahren zur statistischen Analyse. In: VDI-Berichte Nr. 66, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 39—44
- [38] AUMÜLLER, W.: Elektronische Geräte zur Messung statistischer Kenngrößen. In: VDI-Berichte Nr. 69, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 25—28
- [39] WINKLER, G.: Experimentelles zur Bestimmung der Korrelationsfunktion. In: VDI-Berichte Nr. 66, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 45—48
- [40] BOGDANOFF, I. L. und F. KOZIN: On the statistical analysis of linear vehicle dynamics. In: Meccanica dei Sistemi Suolo-Veicolo, Edizioni Minerva Technica. Torino 1961, S. 195—223

VDI-Tagung Münster

- [41] KOZIN, F. and I. L. BOGDANOFF: On the Statistical Analysis of the Motion of Some Simple Two-Dimensional Linear Vehicles Moving on a Random Track. In: Int. J. Mech. 2 (1960), S. 168—178
- [42] MITSCHKE, M.: Beitrag zur Untersuchung der Fahrzeugschwingungen (Theorie und Versuch). In: Deutsche Kraftfahrtforschung H. 157, VDI-Verlag Düsseldorf 1962, S. 7—70
- [43] COENENBERG, H. H.: Das „äußere“ Schwingungsverhalten von Acker- und Schleppern, insbesondere ihre dynamischen Achslasten. Landtechnische Forschung 12 (1962), S. 157—165 und 13 (1963), S. 1—10
- [44] WINKELHOLZ, E. A.: Untersuchungen über die Schwingbequemlichkeit in Kraftfahrzeugen. In: Beiheft 3 zur Arbeitswissenschaft, Krauskopf-Verlag Mainz 1964. Im Druck
- [45] DUPUIS, H.: Statistische Erfassung von Schwingungen, die auf den Menschen einwirken. In: Beiheft 1 zur Arbeitswissenschaft, Krauskopf-Verlag Mainz 1963, S. 138—142
- [46] BOBBERT, G. und E. A. WINKELHOLZ: Statistische Auswertung von Fahrzeugschwingungen zur Gewinnung von Konstruktionsunterlagen. In: VDI-Berichte Nr. 69, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 29—32
- [47] DUPUIS, H. und H. A. BROICHER: Elektronisch-statistische Meßmethode zur quantitativen Bewertung von Fahrzeugschwingungen. Automobil-Techn. Zeitschrift 64 (1962), S. 78—81
- [48] CHRIST, W. und H. DUPUIS: Beanspruchung des Menschen durch Fahrzeugschwingungen. In: VDI-Berichte Nr. 69, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, S. 57—62
- [49] DUPUIS, H. und W. CHRIST: Die Beanspruchung von Fahrern gleisloser Erdbaumaschinen. Baubetriebstechnik 2 (1964), S. 10—15
- [50] DUPUIS, H.: Recent Research in Tractor Seating. ASAE-Paper 64—112, Fort Collins/USA 1964, S. 1—5
- [51] DUPUIS, H.: Ride and Vibration Research on Tractors and Agricultural Machines. In: CIOSTA/IRL, Lafayette 1964, S. 1—6
- [52] UZ, E.: Auf den Fahrer einwirkende Vertikalschwingungen bei Schleppern und Landmaschinen. Dissertation Gießen 1964 (Einzel exemplare sind durch die Verwaltung des Max-Planck-Institutes Bad Kreuznach zu erhalten)
- [53] DRECHSLER, K.: Untersuchungen an Schleppersitzen. In: Tagungsberichte des Instituts für Landtechnik, Potsdam-Bornim Nr. 40, Berlin 1961, S. 93—108
- [54] DUPUIS, H.: Fahrkomfort ist meßbar. In: II. Studientagung für Verkehrswissenschaft (Verkehrswissenschaftliches Seminar), Hamburg 1964, S. 1—6

Résumé

Heinrich Dupuis: "Evaluating the Vibration Stress with Drivers of Farm Tractors and Machinery under Practical Conditions."

Since a great number of new scientific papers were published during the last five years, the first part of the report renders a survey of the labour-medical examinations. Though no complete picture can be obtained yet, mention must be made that the stress of the tractor driver by mechanical vibrations represents a serious problem regarding his health.

The vibration stress is evaluated by the new VDI rule 2057 (VDI = Association of German Engineers), using the results of measurement of altogether about 250 driving tests which equalled farming practice. By means of a classifying device the effective value of the vertical vibration acceleration as related to time was determined. Thus, within the range of low frequencies the application of the now valid rule is comparatively simple. In the international field the International Organization for Standardization strives at standardizing the vibration evaluation.

Finally, part of the report deals with the statistical evaluation methods of which three are described more detailed. More recent results obtained by the sampling method with various tractor and machinery operations are quoted in extracts from a thesis.

Heinrich Dupuis: «Détermination des sollicitations vibratoires que le conducteur doit supporter pendant le travail avec le tracteur et les machines agricoles.»

Etant donné qu'au cours des cinq dernières années de nombreux ouvrages scientifiques ont paru, on donne dans la première partie de l'étude un aperçu sur les essais de médecine de travail. Bien qu'ils ne permettent pas encore d'obtenir une vue d'ensemble, on peut constater que les sollicitations auxquelles le conducteur est soumis par les vibrations mécaniques constituent un problème très grave qu'il faut étudier pour protéger la santé du conducteur.

On a déterminé les sollicitations vibratoires en utilisant la nouvelle norme 2057 du VDI. On a utilisé les résultats de mesure d'environ 250 essais de conduite entrepris dans des conditions très proches de la pratique et pendant lesquels on a déterminé la valeur de l'accélération des vibrations verticales dans le temps au moyen d'un appareil de classification. La norme actuellement en vigueur peut être appliquée de façon relativement simple aux fréquences réduites. Sur le plan international, on veut fixer une norme de classification des vibrations dans le cadre de l'ISO.

Une partie de l'étude traite enfin des méthodes d'interprétation statistiques dont on décrit trois en détail. On mentionne des résultats que l'on a obtenu récemment pendant quelques essais effectués au hasard pendant les différents travaux avec le tracteur et les machines agricoles et que l'on a tirés d'une dissertation.

Vom 28. bis 30. Oktober 1964 veranstaltet die Fachgruppe „Landtechnik“ im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) eine Tagung, die unter das Thema „Landmaschinen — ihre Fortentwicklung und Fertigung“ gestellt ist. Diese Veranstaltung wird in Münster/Westfalen, Zoo-Gaststätten Lindenhof, stattfinden. Folgende Vorträge sind vorgesehen:

Mittwoch, 28. Oktober 1964

9.00 Uhr Eröffnung durch den Vorsitzenden der VDI-Fachgruppe Landtechnik, Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER, Stuttgart-Hohenheim

Vorsitz: Prof. Dipl.-Ing. Dr. sc. nat. H. SPEISER, Essen

Kostensenkung durch straffere Programmgestaltung, von Dipl.-Wirtschafts-Ing. J. NEUMANN, Bonn

Motive für die Fortentwicklung von Schleppern und Arbeitsmaschinen in Vergangenheit und Zukunft, von Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER, Stuttgart-Hohenheim

Wirtschaftliche Veränderungen in der Landwirtschaft und ihre Folgerungen, von Dipl.-Landwirt J. NEUMANN, Mannheim

14.00 Uhr Vorsitz: Dir. Obering. P. GIESERS, Ramershoven
Kostensenken durch zielbewußtes Kostendenken, von Dir. Dr.-Ing. H. MAUL, Darmstadt

Wünsche der Landwirtschaft und des Handels an die Landmaschinenhersteller, es diskutieren: B. ELVERING, Roxel b. Münster, H. POLLERT-WESTERHOFF, Roxel, Obering. F. BRAUN, Münster, Ing. H. MEYER, Gr.-Liedern, Dipl.-Ing. G. BOLTEN, Neuß und Dir. Chef-Ing. F. J. HERBSTHOFER, Kassel. Leitung: Dir. Obering. P. GIESERS, Ramershoven

19.00 Uhr Zwangloses Treffen im Ratskeller, Prinzipalmarkt

Donnerstag, 29. Oktober 1964

8.30 Uhr Vorsitz: Dir. Chef-Ing. F. J. HERBSTHOFER, Kassel

Konstruieren aus der Sicht des Kundendienstes, von Dipl.-Ing. R. HENKE, Salzkotten

Leistungssteigerung durch Verbesserung menschlicher Beziehungen, von Dr. W. BORKEL, Bad Harzburg

14.00 Uhr Vorsitz: Prof. Dr.-Ing. H. J. MATTHIES, Braunschweig
Es gibt immer einen besseren Weg, von A. LETZ, Heimbuchenthal
Schweißgerechtes Konstruieren, von Obering. Dipl.-Ing. H. J. VEIT, Duisburg

18.00 Uhr Schlußwort.

Am Freitag, 30. Oktober 1964 sind Werksbesichtigungen bei den Firmen Gebrüder Claas, Harsewinkel, Westfälische Metallindustrie KG, Hueck & Co., Lippstadt, und Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk, Osnabrück, vorgesehen.

Interessenten erfahren weitere Einzelheiten bei der VDI-Fachgruppe „Landtechnik“, 4 Düsseldorf, Prinz-Georg-Straße 77/79.

Heinrich Dupuis: «Determinación de las fuerzas de oscilación que ejercen influencia sobre el conductor de tractores y de máquinas agrícolas en el trabajo en el campo.»

Come en los últimos cinco años pasados se han publicado numerosos trabajos científicos sobre esta materia, en la primera parte de este informe se da una ojeada sobre las investigaciones médicas del trabajo. A pesar de que éstas no dan todavía una impresión completa, ya se puede decir que las fuerzas ejercidas por las oscilaciones sobre el conductor presentan un problema muy serio para la conservación de la salud del mismo.

Se da una evaluación de los esfuerzos que ejercen las oscilaciones, basadas en las nuevas directivas 2057 del VDI (Asociación de los Ingenieros Alemanes), aprovechándose los resultados conseguidos en 250 ensayos de recorrido, fijándose el valor efectivo de la aceleración de las oscilaciones en relación con el tiempo, empleándose para esto un aparato clasificador. Resulta relativamente fácil aplicar las nuevas directivas dentro del margen de frecuencias bajas. Para el empleo en el terreno internacional se pedirán por la ISO normas que permitan evaluar estas oscilaciones.

Una parte del informe trata de los procedimientos de aplicación estadística, de los que se describen tres. De una disertación se citan en extracto nuevos resultados, conseguidos con pruebas al azar, hechas en diferentes trabajos con tractores y con máquinas agrícolas.