

ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE

Forschungsergebnisse für die Praxis

Schwingungsminderung – Einsatz von Prüfständen

Schenk, Th

Automatisierte Messung der Schwingungsemission von Handmaschinen

Inhalt

- 1 Einleitung**
- 2 Für die messtechnischen Untersuchungen ausgewählte Handmaschinen**
- 3 Theoretische und praktische Hand-Arm-Modelle (HAM)**
- 4 Beurteilungskriterien für die Güte der Nachbildung des menschlichen Hand-Arm-Systems (HAS) in Prüfständen**
- 5 Realisierung eines automatischen Prüfstandes**
 - 5.1 Beschreibung des Prüfstandes
 - 5.2 HAM-Gestaltung
 - 5.3 Optimierung der HAM
- 6 Ergebnisse**
- 7 Zusammenfassung**
- 8 Schrifttum**

Ergebnisse aus dem im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, durchgeführten Forschungsvorhaben, dargestellt in der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - Forschung - Fb 795 von

Weinert, K.; Gillmeister, F.; Michel, OSchenk, Th.; Knoll, P.

Verminderung der Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems durch Optimierung von Schlag- und Hammerbohrern Untersuchungen zur Anwendbarkeit von Prüfstandsmessungen an handgehaltenen motorisch angetriebenen Geräten zur Beurteilung von Schwingungsbelastungen

Nachdruck und auszugsweise Wiedergabe nur mit ausdrücklicher vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, gestattet.

1 Einleitung

Schwingungsmessungen an handgehaltenen Werkzeugmaschinen sind üblicherweise zu unterscheiden in Arbeitsplatz- und Maschinenmessungen.

Arbeitsplatzmessungen werden an konkreten Arbeitsplätzen mit den hierbei vorgefundenen Betriebs-, Arbeits- und sonstigen Randbedingungen durchgeführt und dienen der Kennzeichnung der Schwingungsbelastung einer konkreten Person bei der Arbeit mit der jeweiligen Maschine unter den jeweiligen Bedingungen. Sie werden deshalb als **Immissionsmessungen** bezeichnet. Maschinenmessungen werden zur Kennzeichnung der von einem bestimmten Gerätetyp erzeugten Schwingungen durchgeführt; sie sind deshalb als **Emissionsmessungen** zu bezeichnen.

Allen Messverfahren zur Bestimmung der Schwingungsemission ist gemeinsam, dass sie mehrere Bedien- bzw. Testpersonen für jeweils mehrere Messungen an den zu prüfenden Maschinen erfordern, so dass diese Personen nicht unbedeutenden Schwingungsbelastungen ausgesetzt sind. Außerdem werden auch im Rahmen der Produktentwicklung und -optimierung bei Herstellern von handgehaltenen Werkzeugmaschinen und Werkzeugen Bedienpersonen zu Gerätetests und zu Lebensdauermessungen eingesetzt und damit ebenfalls nicht unbedeutend schwingungsexponiert.

Es existieren deshalb internationale Bestrebungen, für Standzeit-, Zuverlässigkeits- und sonstige Untersuchungen an Maschinen und Werkzeugen, aber auch für Messungen im Rahmen der Typprüfung automatisierte Prüf- und Versuchstände zu entwickeln [1], [2], [7].

Die vorliegende Ausgabe der „Arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse“ zeigt auf der Grundlage bisheriger Erkenntnisse und praktischer Erfordernisse bei der Typprüfung die Anforderungen, die an solche Prüfstände zu stellen sind und stellt ein Beispiel eines für ausgewählte Maschinengruppen praktisch realisierten Prüfstandes vor. Ein besonderer Schwerpunkt wird hierbei auf die Darstellung der Probleme bei der Entwicklung und Realisierung eines geeigneten Hand-Arm-Modells (HAM), welches im Prüfstand als Bindeglied zwischen Prüfstand und zu prüfender Maschine die schwingungstechnischen Eigenschaften des menschlichen Hand-Arm-Systems (HAS) möglichst genau nachzubilden hat, gelegt.

2 Für die messtechnischen Untersuchungen ausgewählte Handmaschinen

Um die allgemeine technische Funktionsfähigkeit des Prüfstandes und die schwingungstechnische Funktionsfähigkeit des zu entwickelnden HAM nachzuweisen, war ein repräsentatives Spektrum von Handmaschinen einzubeziehen. Aus Gründen der leichten Verfügbarkeit wurde der Prüfstand vorerst nur für Elektromaschinen konstruiert. Bei der Konzeption wurde jedoch darauf geachtet, dass mit entsprechenden Anpassungen und Erweiterungen ein Betrieb pneumatisch angetriebener Geräte ebenfalls möglich ist.

Bei der Entwicklung wurde auf Maschinen mit Maschinenmassen von etwa 2 kg bis 15 kg, dem Bereich mit den häufigsten Maschinenmassen, orientiert. Am unteren Ende dieses Bereiches sollten ein Bohrhammer sowie eine Schlagbohrmaschine vertreten sein. Weiterhin wurde für die Untersuchungen ein Bohrhammer im mittleren Massenbereich (unter 7 kg) sowie ein schwererer Schlaghammer (ca. 15 kg) vorgesehen. In **Tabelle 1** sind die technischen Daten der für die Entwicklung des Prüfstandes ausgewählten Maschinen zusammengestellt.

Typ	Hersteller	Masse (kg)	Schlag- frequenz (Hz)	Dreh- frequenz (Hz)	Schwingungs- kennwert (vom Hersteller angegeben) (m/s ²)
Bohrhammer BHS 25	Smalcalda	5	50	16	-
Schlagbohr- maschine DSceu 638 Ki	Fein	2	0 - 600	0 - 30	8
Bohrhammer PBH 160 R	Bosch	2	0 - 80	0 - 18,3	9
Bohrhammer BH 45 EK	Elu	6,2	16,7 - 43,3	1,75 - 4,6	8,6
Schlaghammer PB 14 D	Atlas Copco	14	26,7	-	7

Tabelle 1: Technische Daten der ausgewählten Maschinen

Untersuchungen zum schwingungstechnischen Verhalten des menschlichen Hand-Arm-Systems werden bereits seit den Anfängen der Hand-Arm-Vibrations-Forschung durchgeführt. Hierdurch werden sowohl ein verbessertes Verständnis der Entstehungsmechanismen von auftretenden Schädigungen des Hand-Arm-Systems als auch Informationen und Hinweise für bessere Mess- und Bewertungsverfahren sowie für die Auslegung und Konstruktion verbesserter technischer Schwingungsschutzmaßnahmen erhofft.

Die allgemeine Methodik dieser Untersuchungen basiert auf der Ermittlung der mechanischen Eingangs-Impedanz des Hand-Arm-Systems oder anderer in die Impedanz umrechenbarer Systemgrößen (Admittanz, dynamische Masse u. a.). Die messtechnische Ermittlung der Impedanz erfolgt in den meisten Fällen durch frequenzselektive Messung von Schwingkraft und Schwingbeschleunigung an der Einleitungsstelle in die Hand des Menschen. Durch Integration ist aus der Beschleunigung die Schwinggeschwindigkeit ermittelbar. Der Betrag der mechanischen Impedanz Z ergibt sich dann aus dem Quotienten aus Kraftamplitude F und Geschwindigkeitsamplitude v .

$$Z = \frac{F}{v}$$

Unter Einbeziehung der erhaltenen Messergebnisse zu Betrag- und Phasenverlauf der Impedanz und zusätzlicher Überlegungen und Informationen folgt dann ein Prozess der Modellfindung und Parameteridentifizierung. Hierbei wird aus den erhaltenen Impedanzverläufen auf ein theoretisches (mechanisches) Modell geschlussfolgert und in einem Vergleich Modell - Messung versucht, die

3 Theoretische und praktische Hand-Arm-Modelle (HAM)

menschliche Impedanz nach Betrag und Phase rechnerisch möglichst genau anzunähern.

Zur Modellierung des im Prüfstand einzusetzenden HAM wurden mittlere Impedanzkurven nach [8] verwendet. **Bild 1** zeigt den Impedanzverlauf in Z-Richtung für die Normen [3] und [4] sowie eine Mittelwertkurve nach [8].

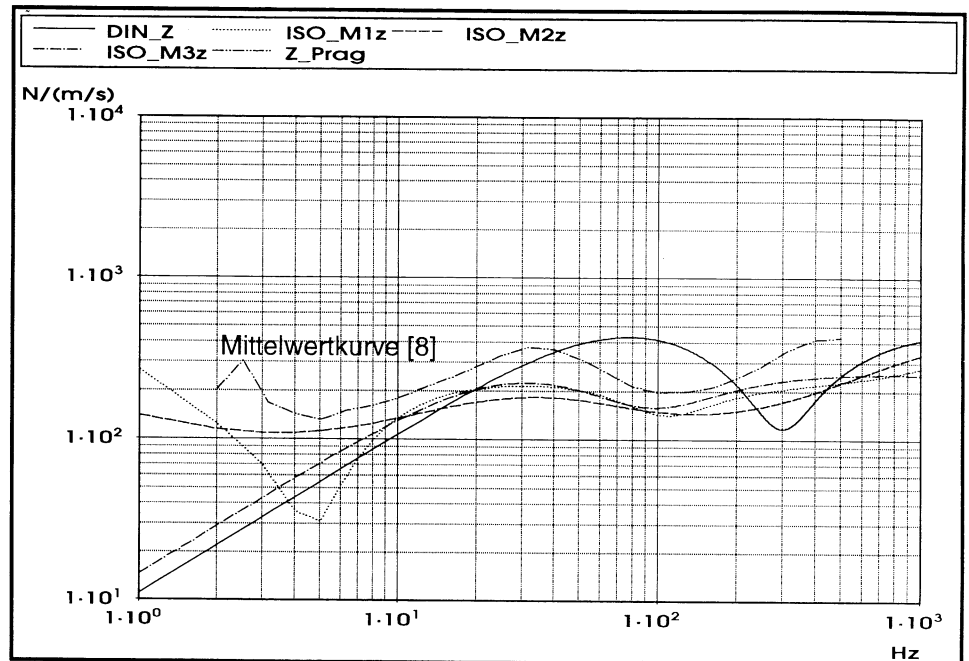


Bild 1: Gemittelte Impedanzverläufe Z-Richtung

Eine sehr gute Anpassung über den gesamten interessierenden Frequenzbereich ist nur mit Feder-Masse-Dämpfer-Systemen mit mindestens drei Freiheitsgraden möglich [6]. Je mehr Freiheitsgrade ein Modell enthält, umso größer sind jedoch die Probleme der mechanischen Beherrschbarkeit und Stabilität. Außerdem ist eine einfache Bedienung im Prüfstand (Befestigung, Maschinenwechsel u. ä) immer schwerer zu gewährleisten. Hierbei können dann kaum noch handelsübliche Bauteile eingesetzt werden. Für einen breiteren Anwendungsbereich haben also nur einfache Modelle eine Chance zur praktischen Realisierung [8].

Für die hier vorliegende Zielstellung wird deshalb auf eine möglichst einfache konstruktive Lösung für das HAM, d. h. auf ein Modell mit einem Freiheitsgrad orientiert. Dies bedingt, dass die Annäherung an die Impedanzkurve des Menschen nur in einem eng begrenzten Frequenzbereich erfolgen kann. Deshalb sind die Modelle so auszulegen, dass diese Annäherung besonders im Bereich der Schlagfrequenzen der Maschinen akzeptabel ist. Dieses Vorgehen ist u. a. dadurch begründet, dass bei den untersuchten Maschinengruppen davon ausgegangen werden kann, dass der zur Beurteilung heranzuziehende Effektivwert der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung $a_{h,w}$ im wesentlichen durch die Schlagfrequenz und ihre Harmonischen bzw. bei Schlagbohrmaschinen durch die Drehfrequenz bestimmt wird. Nach [5] beträgt der Anteil dieser Frequenzkomponenten am $a_{h,w}$ -Wert 84 % bis 97 %.

Bild 2 zeigt diese Näherung der Impedanzkurve eines Ein-Massen-Schwingungssystems an die Mittelwertkurve.

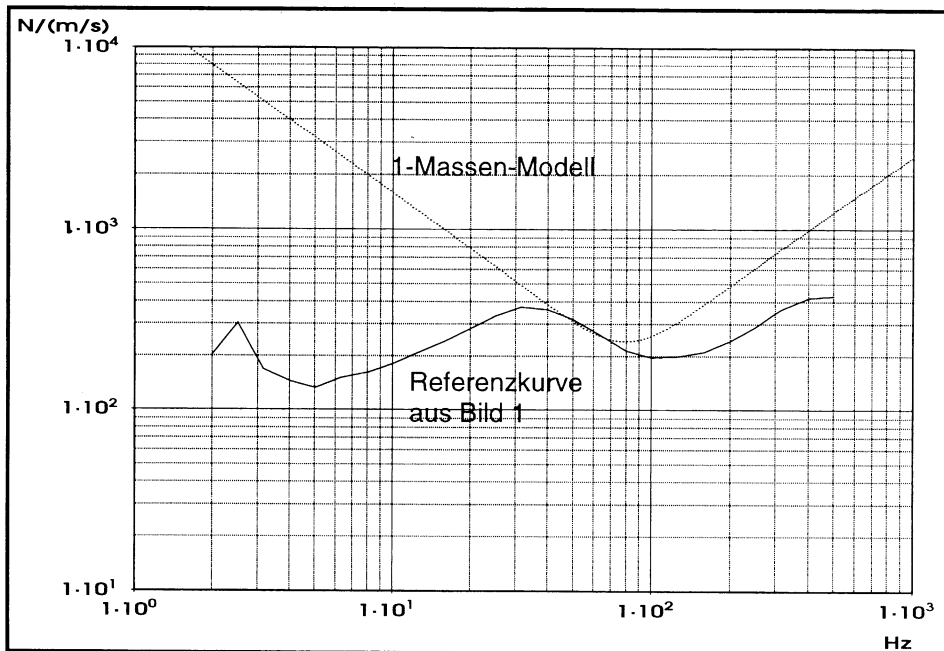


Bild 2: Betrag der Impedanz eines Ein-Massen-Modells im Vergleich zur Referenzkurve in Z-Richtung

In einer umfangreichen Literaturstudie [10] wurden die in der Praxis auftretenden Abweichungen von Schwingungsmesswerten bei Emissions- und Immissionsmessungen analysiert. Auf dieser Basis wurden Abweichungen der Effektivwerte der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung $a_{h,w}$ zwischen Prüfstand mit HAM einerseits und Messungen mit Bedienpersonen andererseits von 3 dB in der Hauptschwingungsrichtung (Z-Richtung) und 6 dB in den beiden anderen Richtungen (X- bzw. Y-Richtung) als tolerierbar angesehen.

Außerdem sollte das ermittelte Terzspektrum der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung im Prüfstand besonders im Bereich der Schlag- und Drehfrequenzen innerhalb der Spannweite der Messergebnisse mit Bedienpersonen liegen.

Der Prüfstand unterteilt sich prinzipiell in die Baugruppen

- Unterteil: Koordinatentisch und Aufnahmevorrichtung für die Prüfkörper
- Oberteil: Aufnahme und Bewegungseinrichtung für die Prüfgeräte
- Steuerschrank: Aufnahme der Steuerelektronik und der Bedienelemente
- Zuführtisch: zur Unterstützung des Prüfkörperwechsels
- Wendeeinrichtung: zur Unterstützung des Wechsels von Vertikal- auf Horizontalbetrieb bzw. umgekehrt
- Staubsauger: zur Absaugung des Bohrmehls

4 Beurteilungskriterien für die Güte der Nachbildung des menschlichen Hand-Arm-Systems (HAS) in Prüfständen

4 Realisierung eines automatischen Prüfstandes

5.1 Beschreibung des Prüfstandes

Bild 3 zeigt den Prüfstand in vertikaler Arbeitsposition. Die horizontale Arbeitsrichtung ist durch einen einfachen Schwenkmechanismus ebenfalls möglich. In **Bild 4** ist die Maschinenaufnahmevorrichtung mit dem Bohrerhammer Elu BH 45 EK im Horizontalbetrieb dargestellt. Zum einfachen Transport kann der Prüfstand in Ober- und Unterteil zerlegt werden.

Der Prüfstand kann sowohl manuell als auch automatisch gesteuert werden. Zur Prüfstandssteuerung sind alle nötigen Sensoren und Aktoren über Kabelverbindungen mit dem Steuerschrank (Industrie-PC) und den ihm zugeordneten Bauelementen verbunden. Die Steuersoftware unterstützt die Erstellung des Prüfablaufes und die automatische Abarbeitung vorgewählter Prüfabläufe bei gleichzeitiger Prozessüberwachung. Die Prozessdaten stehen dem Prüfstandsnutzer über Analog- und Digitalausgänge und am Display zur Verfügung (**Bild 4** und **Bild 6**).

Aus einem Startmenü heraus kann in Untermenüs für die manuelle Steuerung des Prüfstandes, für die Wahl der Einstellungen für das abzuarbeitende Bohrschema oder für die Prüfung auf einem Absorber sowie für das Abspeichern oder Laden von gewählten Parametereinstellungen verzweigt werden. **Bild 5** zeigt ein Display-Beispiel für ein Bohrschema und **Bild 6** die Bildschirmanzeige während des Prüfbetriebs.

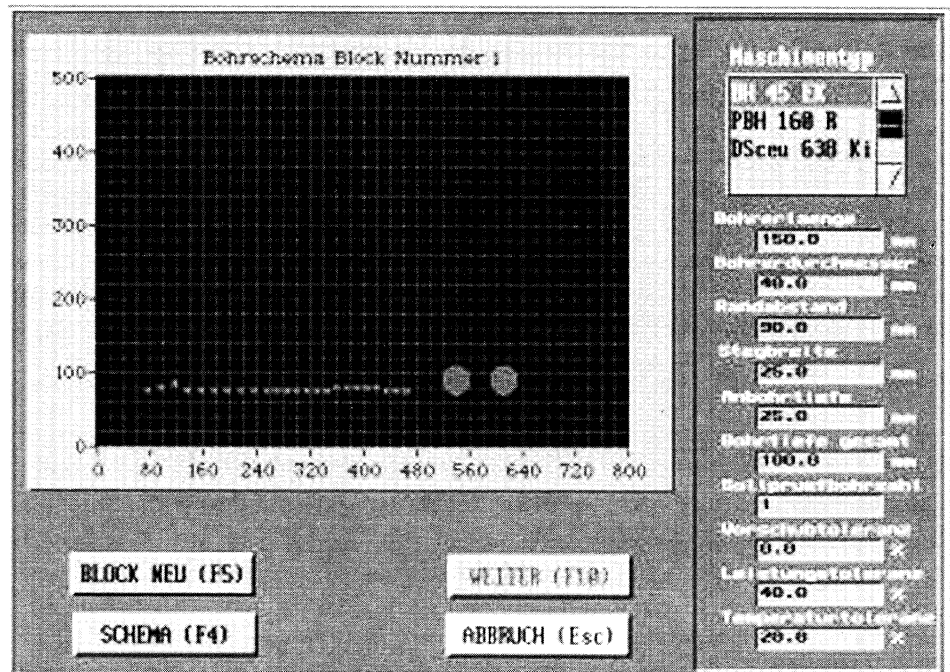


Bild 5: Bildschirmanzeige der PC-Steuerung: Bohrschema

Wird während der Prüfung eine einstellbare Toleranzgrenze bzw. ein absoluter Grenzwert (Ablufttemperatur, Bohrfortschritt, Leistungsaufnahme) überschritten, die Abbruchtaste betätigt oder eine Prüfstandstür geöffnet, wird die Prüfung unter Angabe des Grundes abgebrochen. Die am Prüfling angeschlossene Messtechnik für mechanische Schwingungen oder auch anderes (Drehzahlen, Einzel Schlagenergie u. Ä.) ist vom Nutzer selbst bereit zu stellen und zu konfigurieren. Entsprechende Signale zur Steuerung dieser Messtechnik (Start/Stop) liegen am Prüfstand an.

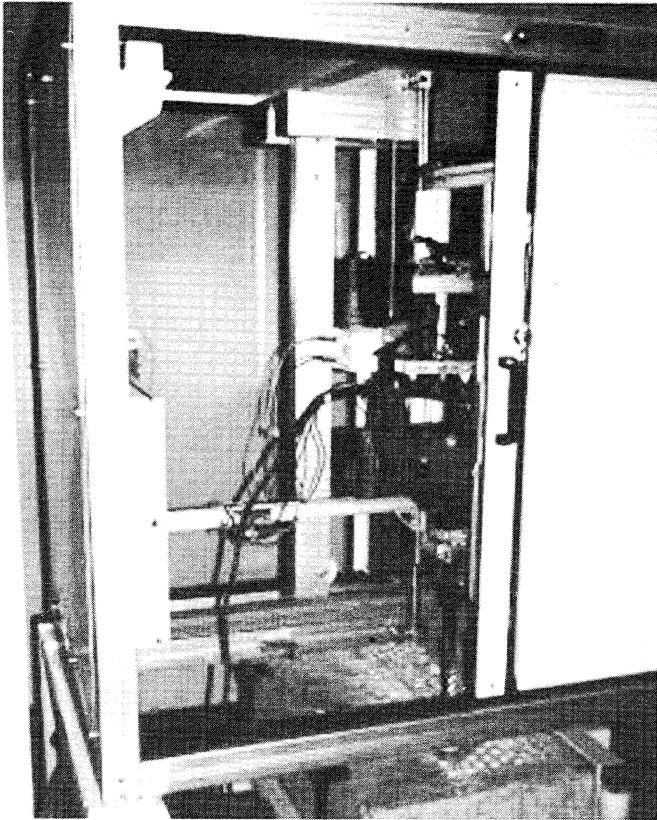


Bild 3: Prüfstand in vertikaler Arbeitsposition

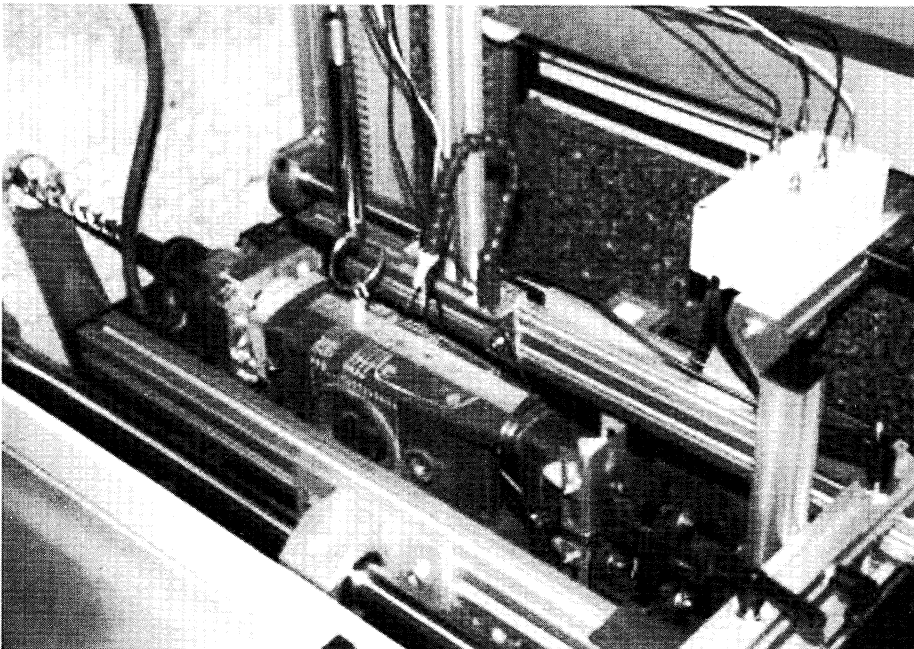


Bild 4: Prüfstand in horizontalen Arbeitsposition

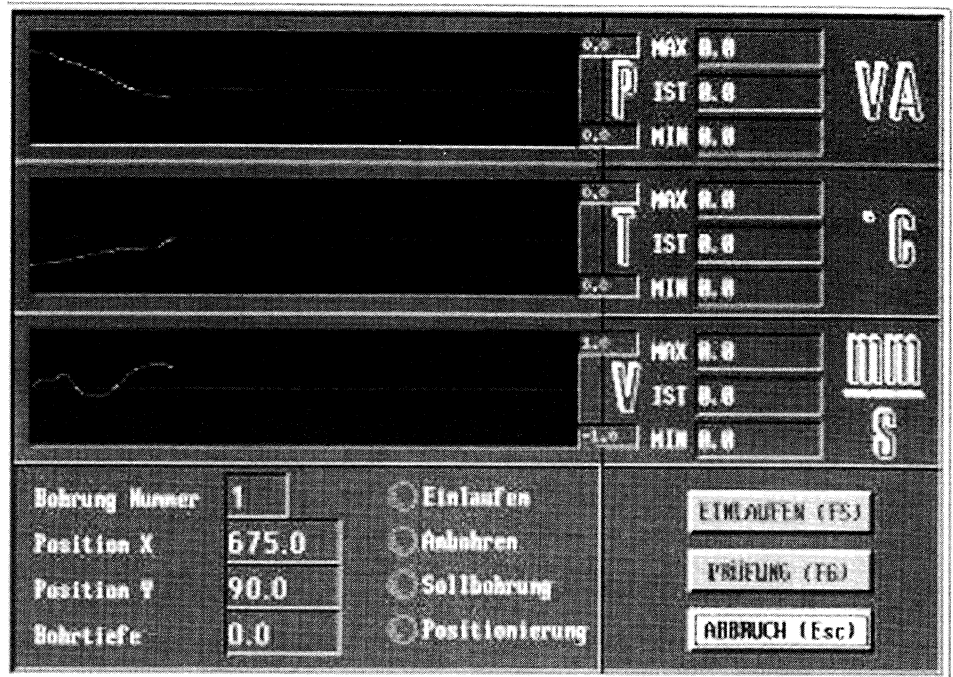


Bild 6: Bildschirmanzeige der PC-Steuerung während des Prüfbetriebes

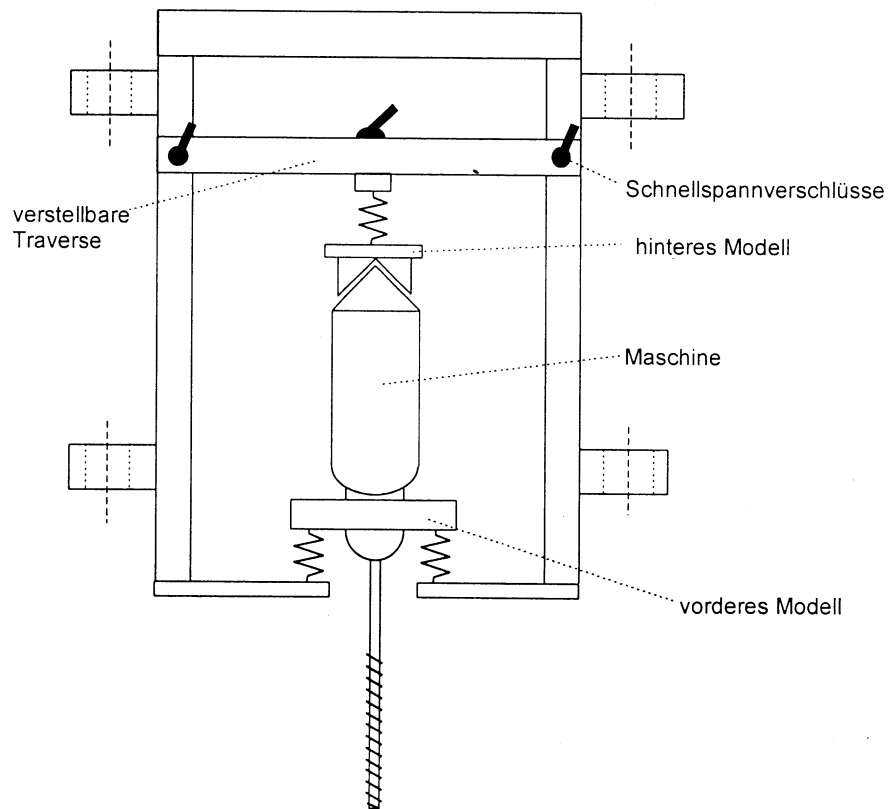


Bild 7: Prinzip der Maschinenaufnahmevorrichtung

Die in **Bild 4** gezeigte Maschinenaufnahmevorrichtung kann als Prinzip wie in **Bild 7** dargestellt werden. Hier ist zu sehen, dass die Haltevorrichtung für die Maschine aus zwei 1-Massenschwingungsmodellen, also zwei HAM besteht, was den tatsächlichen Verhältnissen beim Anwenden einer Handmaschine durch eine Bedienperson entspricht.

Die Federsteifigkeiten der Schwingungsmodelle wurden mittels handelsüblicher Federelemente realisiert. Wegen ihrer weiten Verbreitung und wegen der Integration der dynamischen Parameter Federsteifigkeit und Dämpfung in einem Bauteil fiel hierbei die Wahl auf Federelemente aus Gummiwerkstoffen bzw. ähnlichen Elastomeren. Durch die konstruktive Ausführung der Ankoppelvorrichtungen waren die Massen für den hinteren Teil und den vorderen Teil des HAM zunächst bereits vorgegeben. Die Massen der Elastomerelemente sollten deshalb nach Möglichkeit gering gehalten werden.

Weiterführende theoretische und praktische Untersuchungen zur Gestaltung von Hand-Arm-Modellen für Prüfstände von Handmaschinen sind in [11] dokumentiert.

Voruntersuchungen zeigten, dass handelsübliche Rundfedern für den vorgesehenen Einsatz insbesondere in Z-Richtung eine zu große Steifigkeit aufwiesen. Nachteil von Gummifedern in der Ausführung als O-Lager sind die in X- und Y-Richtung unterschiedlichen schwingungstechnischen Eigenschaften. Als geeignet erwiesen sich letztendlich Federelemente in der Ausführung als Doppel-U-Lager.

Mit diesen Doppel-U-Lagern wurden unterschiedliche Varianten des HAM aufgebaut. Für die beiden HAM wurden je nach Variante zwei oder vier Doppel-U-Lager verwendet. Die dynamisch erforderlichen Massen der beiden HAM sollten durch die für die Ankopplung der Modelle an die Maschinen erforderlichen Baugruppen realisiert werden. Durch Kombinationen in Reihen- und/oder Parallelschaltung wurden die theoretisch ermittelten dynamischen Parameter (Federsteifigkeit, Dämpfung, Masse) angenähert und auf diese Weise auch eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen den am Prüfstand und den bei manueller Bedienung der Maschinen gemessenen frequenzbewerteten Beschleunigungswerten erzielt.

Die in den Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse zeigten, dass es prinzipiell möglich ist, an Prüfständen Schwingungskennwerte für handgehaltene schlagende Werkzeugmaschinen zu ermitteln, die mit denen bei der Bedienung der Maschinen durch den Menschen vergleichbar sind.

Beispielhaft für eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen am Prüfstand und denen bei manueller Maschinenbedienung sind in **Bild 8** die Messergebnisse am Bohrhämmer Bosch PBH 160 R bei horizontaler Arbeitsrichtung dargestellt. Wie in dieser Abbildung zu erkennen ist, liegt das am Prüfstand gemessene frequenzbewertete Terzspektrum im Wesentlichen im Streubereich der Messungen bei manueller Maschinenbedienung. Die Effektivwerte der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung $a_{h,w}$ weisen nur eine sehr geringe Abweichung auf.

5.2 HAM-Gestaltung

5.3 Optimierung der HAM

6 Ergebnisse

Bestehende Abweichungen bei bestimmten Maschinen und bei bestimmten Betriebsbedingungen liegen zumindestens bei Standardbetriebsbedingungen innerhalb der in Abschnitt 4 definierten Beurteilungskriterien und sind vor allem auf die große interindividuelle sowie intraindividuelle Variabilität der menschlichen Impedanz [9] zurückzuführen.

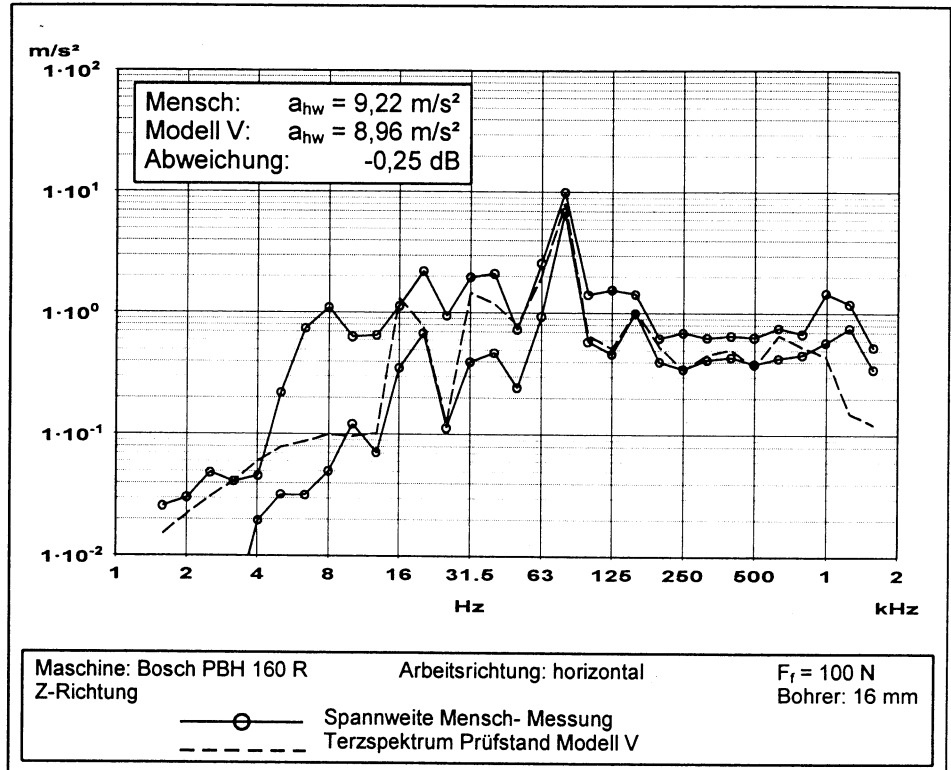


Bild 8: Terzspektrum am Prüfstand im Vergleich zur Messung bei manueller Bedienung der Maschine

Die gemessenen Werte sind auch nach mehrmaliger Umrüstung des Prüfstandes gut reproduzierbar und weisen bei Messwiederholung deutlich geringere Streuungen auf als bei der Bedienung der Maschinen durch den Menschen. Diese unterschiedlichen Messwertstreuungen sind in **Bild 9** beispielhaft für den Bohrer Elu BH 45 EK dargestellt. In dieser Abbildung sind getrennt für manuelle Bedienung und für den Betrieb im Prüfstand jeweils die gemessenen frequenzbewerteten Maximalwerte (jeweils obere Kurve), die Mittelwerte (jeweils mittlere Kurve) und die Minimalwerte (jeweils untere Kurve) in jedem Terzband dargestellt. Der größere Streubereich bei manueller Maschinenbedienung ist offensichtlich.

7 Zusammenfassung

Die mit dem automatisierten Prüfstand und den hierin eingebauten HAM für die gewählten Standardbedingungen erzielten Schwingungsmessergebnisse stimmen innerhalb der festgelegten Toleranzgrenzen gut bis sehr gut mit den bei der manuellen Gerätebedienung gewonnenen Messergebnissen sowohl beim Bohren in einen Betonblock als auch bei Verwendung eines Energieabsorbers überein. Das Maß der Übereinstimmung ist abhängig von der Arbeitsrichtung, der

Schwingungsrichtung und vom Maschinentyp. Eine allgemeine Tendenz der Wirkung bestimmter Maschinenparameter auf die Güte der Übereinstimmung konnte nicht ermittelt werden.

Es ist also möglich, Schwingungskennwerte von Handmaschinen zu ermitteln, ohne den Menschen hierbei gegenüber mechanischen Schwingungen exponieren zu müssen. Die Messwerte streuen hierbei deutlich weniger als bei der Messung mit Menschen als Bedienpersonen [12] [13].

Der weitere große Vorteil von Prüfständen liegt in der Aufwandsreduzierung durch die Automatisierung ganzer Testabläufe sowie im Wegfall sonstiger arbeitsbedingter Belastungen (z. B. Staub und Lärm).

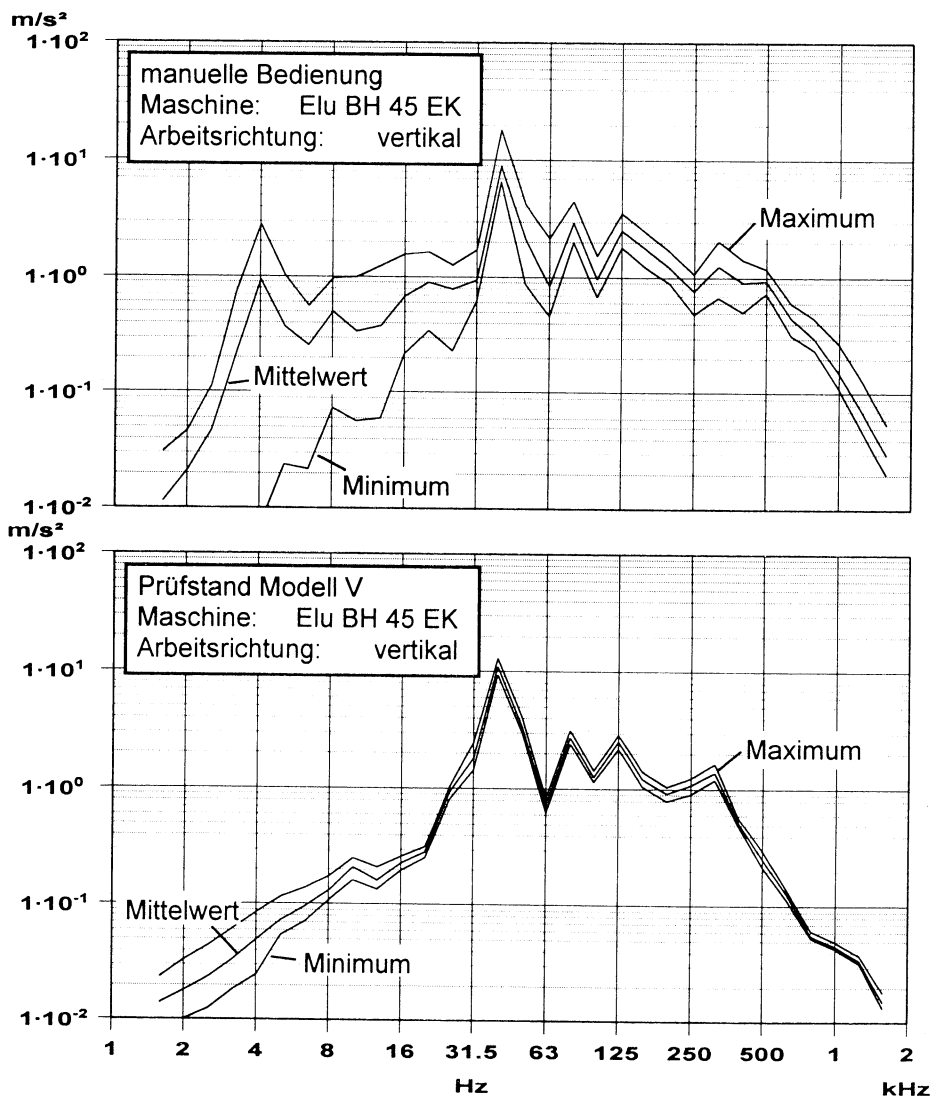


Bild 9: Streuungen am Prüfstand und bei manueller Bedienung
(maximales, minimales und mittleres frequenzbewertetes Terzspektrum)

8 Schrifttum

- [1] *Abrams, C.F.*: Modelling the vibrational characteristics of the human hand by the driving point mechanical impedance method. Dissertation North Carolina State University at Raleigh 1971
- [2] *Cronjäger, L.; Jahn, R.; Riederer, H.*: Entwicklung eines Versuchsstandes zur reproduzierbaren Messung der Vibration schlagender handgeführter Maschinen. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 3185, Westdeutscher Verlag Opladen 1984
- [3] N. N.: DIN 45677 Mechanische Eingangsimpedanz des menschlichen Hand-Arm-Systems. 1993
- [4] N. N.: ISO 10058 Mechanical vibration and shock - Free mechanical impedance of the human hand-arm system at the driving point. 1996
- [5] *Gillmeister, F.*: Erarbeitung von Klassifikationskriterien für auf dem Markt befindliche handgeführte schlagende Maschinen. Diplomarbeit Universität Dortmund, Lehrstuhl für spanende Fertigungsverfahren, 1991
- [6] *Gurram, R.; Rakheja, S.; Boileau, P.-E.; Gouw, G.J.*: Developement of a grip force dependent hand-arm vibration modell. Centr. eur. J. publ. Hlth. 1996; 4: 65 - 68
- [7] *Hansson, J.-E.; Kihlberg, S.*: Testrigg för mätning av vibrationer i handverktyg. Arbete och hälsa 1982; 15: 1 - 34
- [8] *Kinne, J.; Melzig-Thiel, R.*: Derivation of mean impedance curves as a basis for mechanical models of the human hand-arm system. Centr. eur. J. publ. Hlth. 1996; 4: 53 - 56
- [9] *Panzke, K.-J.; Balasus, W.*: Time dependence and non-linearity of the impedance of the human hand-arm system while exposed to intense vibration. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1985; 67: 35 - 45
- [10] *Schenk, Th.; Knoll, P.*: Untersuchungen zur Anwendbarkeit von Prüfstandsmessungen an handgehaltenen motorisch angetriebenen Geräten zur Beurteilung von Schwingungsbelastungen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - Forschung - Fb 795, Dortmund 1998
- [11] *Kinne, J.; Latzel, K.*: Schwingungstechnische Modelle der Hand-Arm-Systeme für die Verwendung in Prüfständen von Handmaschinen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - Forschung - Fb 864, Dortmund 1999
- [12] *Schenk, Th.; Gillmeister, F.*: Ermittlung der Messunsicherheit bei der Anwendung von Prüfverfahren für die Schwingungsemission von Handmaschinen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - Forschung - Fb 830, Dortmund 1999
- [13] *Schenk, Th.*: Vermeidung von Messfehlern bei der Ermittlung der Schwingungsemission vibrierender Handmaschinen. aus der Reihe: Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse - Forschungsergebnisse für die Praxis -Nr.119, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2000

Weitere Literaturhinweise

bietet die Bibliothek/Dokumentation der **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin** u. a. in Form von

- **individuellen Recherchen** in hauseigenen Literaturdatenbanken oder
- **Profildienst-Abonnements** (periodische Literaturzusammenstellungen)

zu verschiedenen Themen an.

Nähere Informationen über die Dienstleistungen und Entgelte sowie ein Bestellformular erhalten Sie unter: Tel.: 02 31 / 90 71 - 305 / Fax: 02 31 / 90 71 - 435