

SCHWINGUNGS
SCHWINGUNGS
einwirkungen
einwirkungen
an
Arbeitsplätzen
von
Steinmetzen



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

BIA-Report 6/96

Schwingungseinwirkungen
an Arbeitsplätzen von Steinmetzen



HVBG
Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Verfasser: Uwe Kaulbars
Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitssicherheit — BIA

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen
Berufsgenossenschaften (HVBG)
Alte Heerstraße 111, 53754 Sankt Augustin
Telefon: 0 22 41 / 2 31 - 01
Telefax: 0 22 41 / 2 31 - 3 33
— Juli 1996 —

Satz und layout: HVBG, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Druck: kj-Druck, Bonn

ISBN: 3-88383-409-2
ISSN: 0173-0387

Kurzfassung

Die Untersuchungen, die in diesem Report ausgewertet werden, wurden im Auftrag der Steinbruchs- und der Bau-Berufsgenossenschaften mit dem Ziel durchgeführt, für die Berufsgruppe der Steinmetze Grundlagen für präventive Maßnahmen gegen starke schwingungsbelastende Arbeiten mit Meißelhämmern zu schaffen.

Die Arbeitsplatz-Vibrationsanalysen von 13 repräsentativ ausgewählten Meißelhämmern geben einen Überblick über die Schwingungsbelastungssituation. Die Einzelergebnisse sind im Anhang

enthalten. Die Analysen zeigen eine große Bandbreite der Belastungshöhe; insbesondere an der Einleitungsstelle der meißelführenden Hand traten außerordentlich hohe Werte auf.

Da mit den bestehenden Prüf- und Meßnormen die Anti-Vibrations-Systeme (AVS) für Meißel nicht mit abgedeckt werden, wurde ein spezielles Prüfverfahren entwickelt. Die Prüfergebnisse der zwei prinzipiell sich unterscheidenden Anti-Vibrations-Systeme zeigen, daß mit beiden Systemen eine erhebliche Reduzierung der Vibrationsbelastung erreichbar ist.

Abstract

The investigations assessed in this report were commissioned by the Berufsgenossenschaften for the quarrying and construction industries. Their aim was to create a basis for preventive measures designed to protect stone masons as they work with chisel hammers, work which involves a high level of vibration.

The analyses of vibration levels at the workplace, carried out using 13 chisel hammers selected to form a representative sample, provide an overview of the situation with regard to the vibration environment. The individual results of these analyses are contained in the

appendix. The analyses point to a wide range of vibration levels with extraordinarily high levels being recorded, above all, at the point where the chisel makes contact with the hand that is guiding it.

Since the anti-vibration systems (AVS) for chisels were not covered by the existing testing and measuring standards, a specific testing procedure was developed. The test results of the two anti-vibration systems, which differ in principle, show that it is possible to reduce significantly the level of vibration using either system.

Résumé

Les examens qui sont évalués dans ce rapport ont été effectués à la demande des Berufsgenossenschaften des carrières et du dragage, ainsi que du bâtiment, dans le but de créer pour les tailleurs de pierres des bases de mesures préventives contre les travaux avec des marteaux-burineurs qui entraînent des charges importantes dues aux vibrations.

Les analyses des vibrations au poste de travail de 13 marteaux-burineurs sélectionnés de manière représentative donnent une vue d'ensemble de la situation en matière de charges dues aux vibrations. Les différents résultats

sont contenus en annexe. Les analyses montrent une vaste fourchette de charges, des valeurs extrêmement élevées ont en particulier été mesurées au point d'introduction de la main qui guide le burin.

Etant donné que les normes de contrôle et de mesures existantes ne couvrent pas les systèmes antivibrations (AVS) pour burins, un procédé de contrôle spécial a été mis au point. Les résultats du contrôle des deux systèmes antivibrations fondamentalement différents montrent que les deux systèmes permettent d'obtenir une réduction considérable de la charge due aux vibrations.

Resumen

Los análisis a los que hace referencia el presente informe fueron llevados a cabo a pedido de las Berufsgenossenschaften de la Construcción y Canteras con el objetivo de crear un fundamento para la puesta en práctica de un conjunto de medidas preventivas para los trabajadores tallistas de piedra tendientes a paliar las consecuencias de los trabajos con martillos cinceladores y sus altas cargas ocasionadas por las vibraciones.

Los análisis de vibraciones en el puesto de trabajo de 13 martillos cinceladores escogidos representativamente dan una visión general sobre la situación de las cargas ocasionadas por las vibraciones. Los resultados individuales están reco-

pilados en el anexo. Los análisis muestran un amplio espectro de la intensidad de las cargas; especialmente en la mano conductora del martillo en el momento de introducción en la piedra se registraron valores de vibraciones extraordinariamente altos.

Dado que con las normas existentes de control y medición no se cubren ya los sistemas anti-vibraciones (AVS) para martillos cinceladores, se desarrolló un procedimiento especial de control. Los resultados obtenidos de los análisis llevados a cabo según los dos sistemas de vibraciones diferentes demuestran que con ambos sistemas se puede lograr una considerable reducción de las cargas ocasionadas por las vibraciones.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Erläuterung der verwendeten Meß- und Beurteilungsgrößen	9
1 Einleitung und Aufgabenstellung	10
2 Ermittlung der Schwingungsbelastung	11
2.1 Voruntersuchung, Entwicklung einer Methode zur Messung der Vibrationen am Einsatzwerkzeug	11
2.2 Auswahl der Geräte und Arbeitsplätze	13
2.3 Meßeinrichtung	13
2.4 Meß- und Auswerteverfahren	15
2.5 Meßergebnisse und Beurteilung	17
3 Prüfung von Einsatzwerkzeugen mit Anti-Vibrations-System (AVS)	21
3.1 Prüfverfahren	21
3.2 Ergebnisse der Prüfungen von Schriftenmeißeln mit AV-System	22
4 Nutzen der Grundlagen für die Prävention	25
5 Zusammenfassung	26
Literaturverzeichnis	27
Anhang	29

Erläuterung der verwendeten Meß- und Bewertungsgrößen

Begriff	Symbol	Einheit	Bedeutung
Beurteilungsdauer	T_r	s, min, h	Zeitspanne, auf die die durchschnittliche tägliche Expositionsdauer zur Berechnung der Beurteilungsschwingstärke bezogen wird. T_r ist für den Arbeitsschutz auf 8 h festgesetzt.
Beurteilungsschwingstärke	K_r		Gesamtbeanspruchung während eines Tages, bezogen auf die Beurteilungsdauer von 8 h
Bewertete Schwingstärke, energieäquivalenter Mittelwert	K_{eq}		Wird durch Effektivwertbildung aus der Bewerteten Schwingstärke $K(t)$ oder dem gleichenden Effektivwert $K_r(t)$ gewonnen. Er dient zur Kennzeichnung der Schwingungseinwirkung während eines bestimmten Betriebsabschnittes und begrenzter Expositionszeit.
Einwirkungsdauer	T_e	s, min, h	Zeitspanne, in der der Mensch durch mechanische Schwingungen belastet wird
Frequenzbewertete Beschleunigung	a_w	m/s ²	Bewertung erfolgt nach ISO 8041 und ISO 5349, ist der Bewerteten Schwingstärke proportional.
Gleitender Effektivwert	$K_r(t)$		Nach Exponentialfunktion gebildeter Effektivwert der Bewerteten Schwingstärke K zur Kennzeichnung der momentanen Belastung
VVS			= Vibrationsbedingtes Vasospastisches Syndrom, wird auch als Weißfingerkrankheit oder Raynaud-Phänomen bezeichnet: Durch Vibrationen hervorgerufene chronische Wirkungen auf die periphere Durchblutung und die Nervenfunktion der Hände
Zeitkonstante	τ	s	Abklingzeit in der Exponentialfunktion zur Bildung des gleitenden Mittelwertes

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Berufsgruppe der Steinmetze ist bei der Benutzung von druckluftbetriebenen Meißelhämmern Schwingungsbelastungen ausgesetzt. Nach den Zeitstudien von Schwarzlose 1983 [1] beträgt die tägliche Expositionszeit der Steinmetze mit vibrierenden Geräten häufig mehr als vier Stunden. Ferner wurde festgestellt, daß die Schwingungsbelastung überwiegend durch Schriftenmeißelhämmer verursacht wurde. Nach Auskunft des Statistischen Bundesamtes [2] waren im Jahre 1992 in der gesamten Bundesrepublik 25 000 Personen im Bereich der Steinbearbeitung tätig. Aufgrund zunehmender Meldungen von Durchblutungsstörungen bei Steinmetzen wurde das Berufsgenossenschaft-

liche Institut für Arbeitssicherheit — BIA von den zuständigen Bau-Berufsgenossenschaften und der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft mit einer Studie zur Schaffung präventiver Maßnahmen beauftragt. Dazu waren zunächst allgemeine Aussagen zur Höhe der Schwingungsbelastung an Steinmetzarbeitsplätzen zu erarbeiten. Eine Besonderheit beim Umgang mit Meißelhämmern besteht darin, daß die Schwingungseinleitung nicht nur über den Gerätegriff, sondern auch über das Einsatzwerkzeug „Meißel“ erfolgt. Zur Konstruktion und Beurteilung geeigneter Schutzeinrichtungen war daher die Entwicklung eines praxisnahen Prüfverfahrens erforderlich.

2 Ermittlung der Schwingungsbelastung

2.1 Voruntersuchung, Entwicklung einer Methode zur Messung der Vibrationen am Einsatzwerkzeug

Bei herkömmlichen Meißelhämmern sind Hammer und Meißel nicht fest miteinander verbunden. Für die Steinbearbeitung werden Meißel mit rundem Schaft des Einsteckendes verwendet, die eine freie

Führung des Meißels gestatten. Dadurch bedingt muß für eine exakte Führung des Meißels eine erhöhte Ankopplungskraft aufgewendet werden. Typischerweise wird mit der einen Hand der Hammer umfaßt und die Druckluftzufuhr betätigt und bei der anderen Hand der Meißel zwischen Ringfinger und kleinem Finger geführt (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1:
Typische Handhabung eines Meißelhammers mit Meißel



2 Ermittlung der Schwingungsbelastung

Bei älteren Geräten, die noch über keine Steuerung der Energiezufuhr verfügen, muß diese Funktion die meißelführende Hand übernehmen. Dies erfolgt durch eine mehr oder weniger starke Ankopplung der Hand an den Meißel, die eine dementsprechende Dämpfung des Meißels bewirkt. Es ist davon auszugehen, daß die stärkste Belastung für beide Hände in der Schlagrichtung liegt. Die weiteren Untersuchungen wurden somit auf diese Meßrichtung begrenzt. Zur Ermittlung der Belastung am Hammer konnten die allgemeinen Meßmethoden nach DIN 45 675 Teil 1 [3] herangezogen werden. Die Problematik bei der Messung mit piezoelektrischen Be-

schleunigungsaufnehmern am Meißel besteht darin, daß es durch die Einleitung besonders transientser Beschleunigungen auf den Aufnehmer zu starken Meßwertverfälschungen kommen kann. Wie bei Schwarzlose [1] wurde am Meißel eine Konsole angeschweißt. Es wurden jedoch nicht Hochbeschleunigungsaufnehmer verwendet, sondern Aufnehmer mit mechanischen Filtern, die mit Zusatzmasse auf den relevanten Frequenzbereich abgestimmt waren (siehe Abbildung 2). Mit dieser Anordnung ist zwar, bedingt durch Laufzeiten am Meißel und Phasengang des mechanischen Filters, keine exakte Bestimmung des Beschleunigungszeitverlaufes mög-

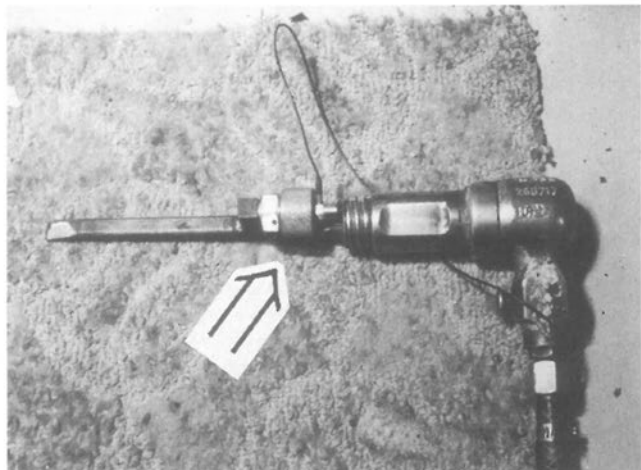


Abbildung 2:
Beschleunigungsaufnehmer
mit mechanischem Filter
und Zusatzmasse am Meißel

lich, jedoch kann aufgrund der für die Beurteilung relevanten Bewertung und Effektivwertbildung der Fehler vernachlässigt werden.

Für die weiteren Untersuchungen konnte ein vom BIA entwickeltes mechanisches Filter [4] verwendet werden. Dieses Filter verursachte durch eine geringere angekoppelte Masse eine weniger starke Verschiebung der Eigenfrequenz. Durch den geringeren Abstand des Meßpunktes konnte zusätzlich eine höhere Meßgenauigkeit erreicht werden (siehe Abbildung 1). Mit dieser Anordnung wurde bei betrieblichen Messungen am Meißel die Bewertete Schwingstärke nach VDI 2057 [5] im Bereich von $K = 84$ bis 146 ermittelt.

2.2 Auswahl der Geräte und Arbeitsplätze

Der Aufgabenbereich des Steinmetzes und des Steinbildhauers liegt überwiegend im Bau und Grabmalbau [6]. Bestand das eigentliche Handwerkzeug aus sogenanntem Knüpfel und dem Handschlägel, so werden seit einigen Jahrzehnten zunehmend pneumatische Meißelhämmer verwendet. Insbesondere kommen diese Geräte auch bei der Schriftgestaltung und bei Bildhauerarbeiten zum Einsatz. In der Arbeitsmedizinischen Berufskunde [6] wird da-

her besonders auf die Gefahr der berufsbedingten Erkrankung bei Arbeiten mit „Preßluftmeißeln“ hingewiesen.

In fachlicher Abstimmung mit der Württembergischen Bau-Berufsgenossenschaft wurden repräsentative Arbeitsplätze und Geräte festgelegt. Dementsprechend umfaßt die Gruppe der leichten Meißelhämmer, die auch als Schriftenmeißelhämmer bezeichnet werden, neun unterschiedliche Typen von vier Herstellern. Die Geräte sind mit einem P-Griff ausgestattet und haben ein Gewicht von $0,75$ bis $1,1$ kg. Je nach Ausführung ist das Griffmaterial aus Metall oder Kunststoff. Neben den Messungen dieser Geräte erfolgten ergänzende Messungen an zwei schwereren Meißelhämmern von $1,55$ und $2,3$ kg mit offenem D-Griff, die für grobe Vorarbeiten verwendet werden, sowie an einem überwiegend in Italien verwendeten Gerät mit zylindrischem Griff. Die untersuchten Arbeitsplätze befanden sich in sieben Firmen mit Grabsteinproduktion und einer Münsterbauhütte. Dementsprechend wurden überwiegend Granit und nur in drei Betrieben Sandstein bearbeitet.

2.3 Meßeinrichtung

Aus praktischen Gründen und insbesondere, um aus möglichst längeren Beobachtungszeiten repräsentative Abschnitte

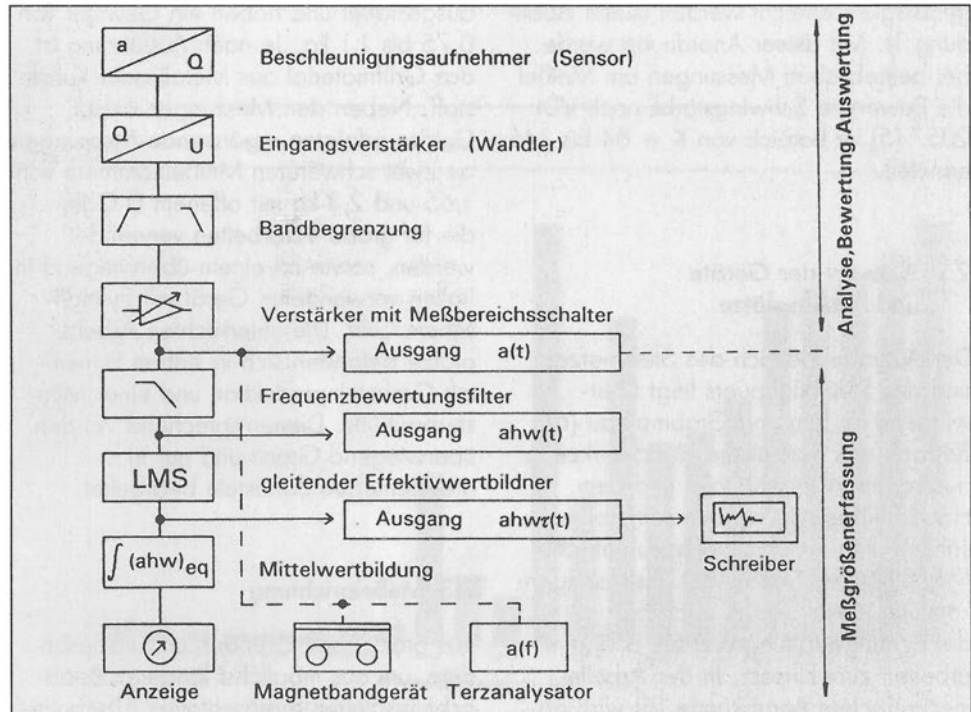
2 Ermittlung der Schwingungsbelastung

genauer analysieren zu können, wurden die unbewerteten Signale auf Magnetband gespeichert. Die benutzte Meßkette kann in dem Teil der Meßgrößenerfassung (Feldmessung) und einem labormäßigen Teil zur Analyse, Bewertung und Auswertung getrennt werden. Die Zusammenstellung der einzelnen

Baugruppen sowie die Anforderung an deren Eigenschaften entsprachen der DIN 45 671 Teil 1 [7].

In Abbildung 3 ist in Form eines Blockschaltbildes der Verlauf der Signalverarbeitung mit Zwischenspeicherung und Ausgangsgrößen dargestellt. Die

Abbildung 3:
Blockschaltbild der Meßeinrichtung mit Meß- und Ausgangsgrößen



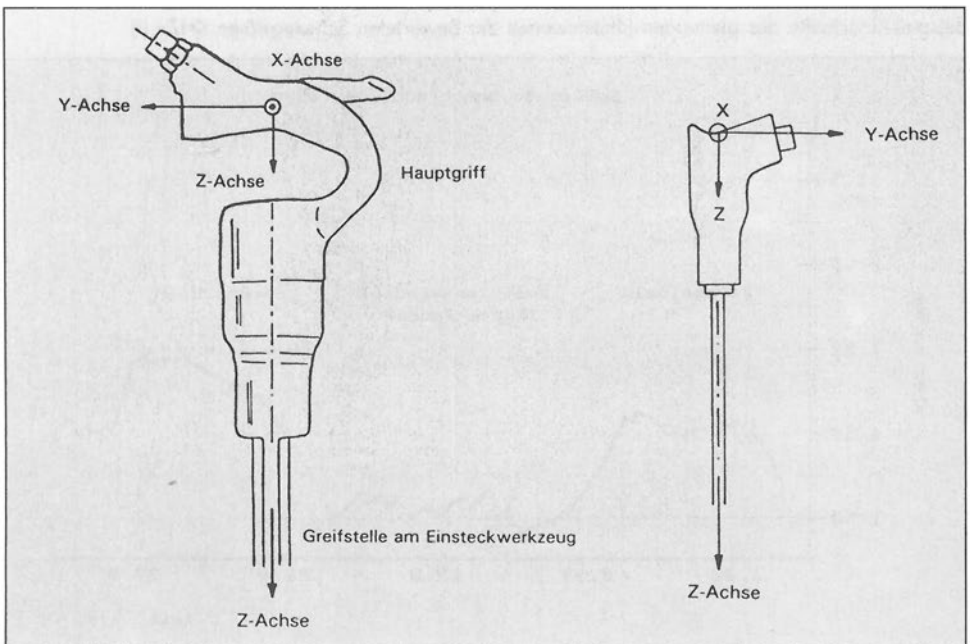
ausführliche Beschreibung der einzelnen Baugruppen ist im BIA-Report 1/88 [8] enthalten.

2.4 Meß- und Auswerteverfahren

Die Durchführung und Auswertung der Messungen erfolgten entsprechend VDI 2057 [5], DIN 45 671 Teil 2 [7] und ISO 5349 [9]. Die Beschleunigungs-

aufnehmer wurden an der Einleitungsstelle des Hauptgriffes mit dem Schalter — direkt neben der Hand — befestigt. Die Meßrichtung entsprach der Z-Richtung, d.h. parallel zur Schlagrichtung. Abhängig von der Ausführung des Griffmaterials wurden zur Vermeidung von DC-Shift mechanische Filter verwendet [10]. Die weiteren Festlegungen zum Meßort und zur Anbringung der Aufnehmer (siehe Abbildung 4) orientieren sich

Abbildung 4:
Festlegungen der Meßorte und Meßrichtungen



2 Ermittlung der Schwingungsbelastung

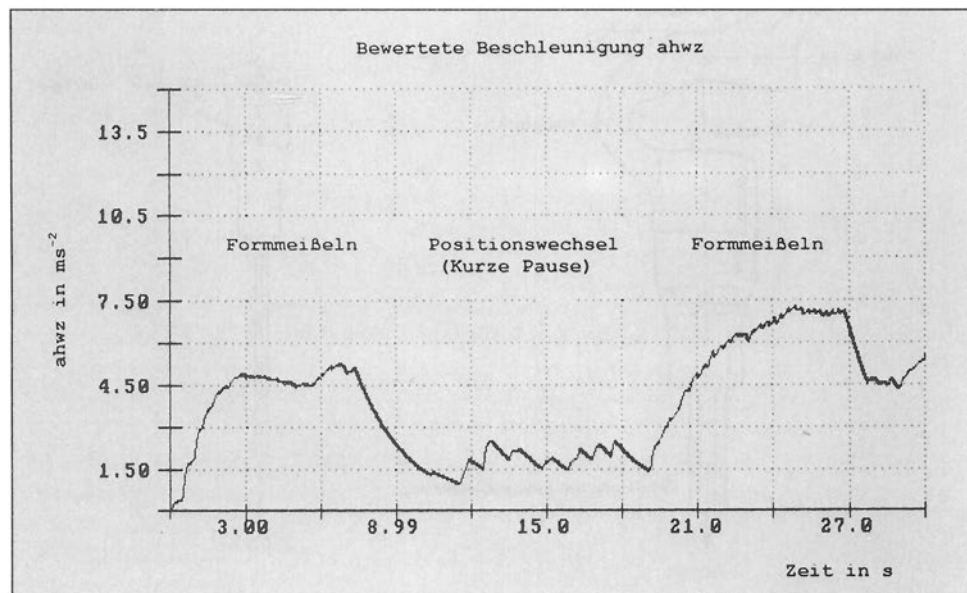
an der inzwischen veröffentlichten Norm zur Prüfung dieser Gerätegruppe, der DIN ISO 8662-14 [11].

Die Abbildungen im Anhang dokumentieren für das jeweilige Gerät die genaue Lage der Beschleunigungsaufnehmer und die Position der Hand während der Meßsituation. Aus den auf Magnetband gespeicherten Daten wurden die Zeitverläufe (Schriebe) des gleitenden Effektiv-

wertes der bewerteten Beschleunigung mit der Zeitkonstanten $\tau = 1$ s angefertigt. Ein Beispiel zeigt Abbildung 5, in dem die in der Beobachtungszeit (Meßzeit) auftretenden Schwankungen der Belastung besonders anschaulich werden.

Die über mehrere Minuten dauernde Beobachtungszeit wurde in kurze Einzelabschnitte von einer Minute unterteilt

Abbildung 5:
Beispiel-Ausschnitte des gleitenden Effektivwertes der Bewerteten Schwingstärke $KHZ\tau$ (t)



und jeweils getrennt für diese Zeitabschnitte eine Terzanalyse sowie der energieäquivalente Mittelwert K_{eq} gebildet. Das typische Ergebnis einer Terzanalyse geht aus den Abbildungen im Anhang hervor.

2.5 Meßergebnisse und Beurteilung

Eine Übersicht über die untersuchten Geräte gibt die Tabelle 1 (siehe Seite 18). Sie enthält die wichtigsten technischen Daten zum Gerät und zu den untersuchten Betriebsbedingungen. Die angegebenen bewerteten Beschleunigungen a_{hwz} bzw. Bewerteten Schwingstärken KHZ sind die arithmetisch gemittelten Werte der für die Einzelabschnitte ermittelten energieäquivalenten Mittelwerte. Für die Gesamtheit der gemessenen Geräte liegt für die Einleitungsstelle „Hauptgriff“ die Bewertete Schwingstärke mit Ausnahme für ein Gerät ($K_{eq} = 209$) im Bereich $K_{eq} = 12,7$ bis $K_{eq} = 118,7$. An der Einleitungsstelle „Meißel“ wurde exemplarisch an zwei Geräten gemessen. Mit Bewerteten Schwingstärken von $K_{eq} = 111,8$ und $K_{eq} = 124,1$ ist diese Einleitungsstelle bestimmend für die Belastung. Zum leichteren Auffinden und Vergleichen der Terzanalysen mit der Übersichtstabelle ist neben der Meß-Nummer eine laufende Nummer von

1 bis 14 angegeben. Zur Beurteilung des gesundheitsgefährdenden Risikos, das beim beruflichen Umgang mit den Geräten entsteht, ist neben den mitwirkenden Belastungsfaktoren (Ankopplungskraft und Kälte) im wesentlichen die Expositionsdauer maßgebend.

Nach der Zeitstudie von Schwarzlose [1] liegt für Steinmetze, die in der Grabsteinproduktion beschäftigt sind, die Einsatzzeit mit Meißelhämmern bei ca. 296 Minuten pro Tag. Hinzuzurechnen sind weitere vibrationsbelastende Arbeiten mit Schleifmaschine sowie manuelle Tätigkeiten mit Handmeißel und Knüpfel. Arbeitsbedingt muß das Werkzeug Meißel häufig nachgeschliffen werden. Diese sowie andere arbeitsablaufbedingte Pausen, z.B. durch Umsetzen und Positionswechsel, führen dazu, daß die Expositionszeiten nicht mit den Einsatzzeiten gleichzusetzen sind. In den Meßwerten sind lediglich die äußerst kurzen Arbeitsunterbrechungen enthalten. Bei der Beurteilung ist die Ermittlung der Meßwerte und der Expositionszeiten aufeinander abzustimmen. Die mittlere Expositionszeit beträgt nach Abzug der Pausen $T_e = 132$ Minuten.

Aufgrund der unterschiedlichen Tätigkeiten von Steinmetzen, z.B. zwischen Steingewinnung, Grabsteinbearbeitung und Restaurierung (Dombauhütte), kann die individuelle Exposition von

2 Ermittlung der Schwingungsbelastung

Tabelle 1:
Zusammenstellung der Gerätedaten und Meßwerte

Lfd. Nr.	Meß-Nr.	Gerätetyp	Hersteller	Gewicht	Griff-Form	Einsatzwerkzeug
1	69	WSH 50	Weha	0,95 kg	P-Griff	Prototyp AVS-Meißel
2	70	FK 724 A	Frölich + Klüpfel	1,1 kg	P-Griff	Prototyp AVS-Meißel
3	71/1	ZipGun Cp9311	Chikago	~ 1 kg	P-Griff	Spitzmeißel
4	76/1	FK 701 preciso	Frölich + Klüpfel	0,73 kg	P-Griff	Flachmeißel
5	76/4	WSH 155	Weha	—	P-Griff	Flachmeißel
6	77	M 23	DEMAG-Pokorny	2,3 kg	D-Griff	Stockmeißel
7	78/2	ZN 23 K	Deprag	0,75 kg	P-Griff	Flachmeißel
8	78/7	FK 702.4	Frölich + Klüpfel	1,55 kg	D-Griff	Flachmeißel
9	79	RM 04 FL	Frölich + Klüpfel	0,9 kg	P-Griff	Flachmeißel
10	80	7510	Frölich + Klüpfel	~ 1 kg	P-Griff	Flachmeißel
11	81	ZN 231 P	Deprag	0,8 kg	P-Griff	Flachmeißel
12	82	FK RM 14	Frölich + Klüpfel	0,83 kg	P-Griff	Flachmeißel
13	71/2	TO 676	Cuturi-GCM	—	zylindrisch	Spitzmeißel
14	57	ZN 23 K	Deprag	0,75 kg	P-Griff	Flachmeißel

* Die in Klammern angegebenen Werte beziehen sich auf die Einleitungsstelle „Meißel“

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Arbeitsgang	Stein	Hauptgriff (Meißel)*		Betriebsdruck Nenndruck/Betrieb
		ahwz	KHZ	
Form-Schriftenmeißeln	Nordlandgranit	8,4 m/s ²	52,9	–/6,0 bar
Form-Schriftenmeißeln	Nordlandgranit	4,8 m/s ²	30,2	6,0/6,0 bar
Grobbearbeitung	Ibberbühler Sandstein	9,8 m/s ²	62	6,2/5,5 bar
Formmeißeln	Brasilianischer Gneis	4,4 m/s ²	28	6,0/6,0 bar
Formmeißeln	Eiszeit-Granit	8,2 m/s ²	51,9	–/6,4 bar
Stockmeißeln	Nordstar-Granit	14,6 m/s ²	91,7	–/6,5 bar
Formmeißeln	Aurora-Granit	4,8 m/s ² (19,7 m/s ²)	30,5 (124,1)	6,0/6,5 bar
Stockmeißeln	Aurora-Granit	33,2 m/s ²	209	6,0/6,5 bar
Formmeißeln	Halmstadt-Granit	2,9 m/s ²	18,5	6,0/6,0 bar
Formmeißeln	Labrador-Granit	2,0 m/s ²	12,7	6,0/5,4 bar
Formmeißeln	Obernkirchner Sandstein	6,7 m/s ²	42,1	6,0/6,0 bar
Formmeißeln	Halmstadt-Granit	4,1 m/s ²	26,1	6,0/6,0 bar
Formmeißeln	Ibberbühler Sandstein	18,8 m/s ²	118,7	–/5,5 bar
Form-Schriften-Meißeln	Schwedischer Granit (schwarz)	(17,8 m/s ²)	(111,8)	–/6,0 bar

2 Ermittlung der Schwingungsbelastung

diesem Mittelwert stark nach oben und unten abweichen.

Kennzeichnend für die Gesamtbeanspruchung ist entsprechend VDI 2057 die Beurteilungsschwingstärke K_r . Wird der Richtwert $K_r = 16,2$ überschritten und besteht diese tägliche Schwingungsbeanspruchung über Jahre, so ist eine Gesundheitsgefährdung gegeben. In der Tabelle 2 sind beispielhaft für die durchschnittliche Belastungssituation der K-Wert und die Dosis-Wirkungsbeziehung T_F angegeben. Die grau unterlegten Werte zeigen eine Richtwertüberschreitung nach VDI 2057 an.

Zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Entstehens eines vibrationsbedingten Vasospastischen Syndroms (VVS) kann die nach DIN V EN V 25349 (ISO 5349) [9] berechnete Dosis-Wirkungsdauer T_F herangezogen werden. Sie gibt den Zeitraum in Jahren an, bei dem 10 % der betroffenen Beschäftigten und bei der im Beispiel zugrunde gelegten täglichen Einsatzzeit von ca. fünf Stunden erste Symptome des VVS nachweisbar sind.

Anzumerken ist, daß die Risikoabschätzung nach ISO 5349 umstritten ist und daher im informellen Anhang angegeben wird.

* bezogen auf $T_e = 132$ min

** außerhalb der Beurteilung der VDI 2057 bzw. ISO 5349

Tabelle 2:
Beispiel der Belastungssituation für eine durchschnittliche tägliche Einsatzzeit von ca. 5 Stunden (Expositionszeit 2,2 Stunden)

Lfd. Nr.	Bewertete Schwingstärke KHZ	Beurteilungsschwingstärke K_r^*	Dosis-Wirkungsdauer T_F^* in Jahren
1	52,9	27,7	4,8
2	30,2	15,8	8,5
3	62,0	32,5	4,1
4	28,0	14,7	9,1
5	51,9	27,2	4,9
6	91,7	48,1	2,8
7	30,5	16,0	8,4
8	209,0	109,6**	1,2
9	18,5	9,7	13,8
10	12,7	6,7	20,0**
11	42,1	22,1	6,1
12	26,1	13,7	9,8
13	118,7	62,3**	2,2

3 Prüfung von Einsatzwerkzeugen mit Anti-Vibrations-System (AVS)

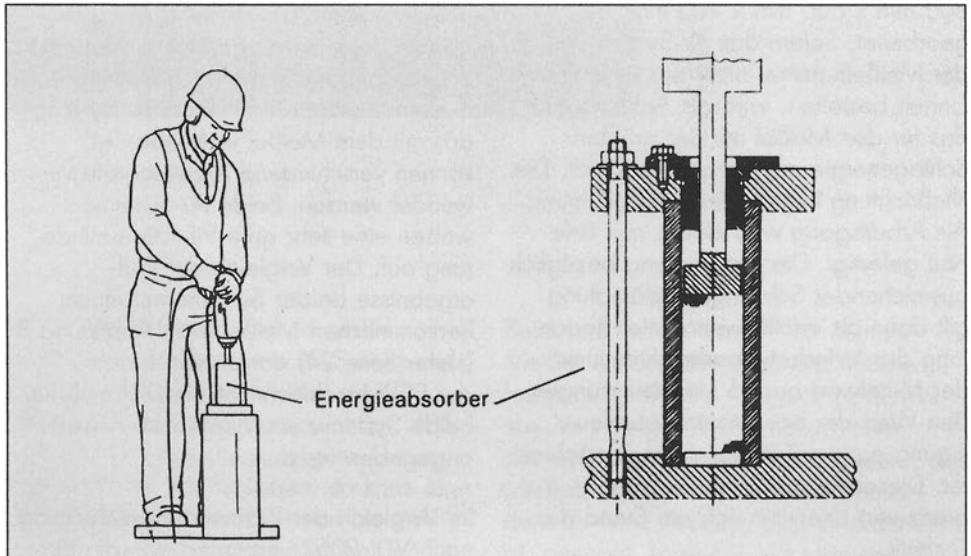
3.1 Prüfverfahren

Ziel und Zweck des Prüfverfahrens ist es, reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse zur Beurteilung der Schutzeinrichtung an Meißelhämmern zu ermitteln. Die Beurteilung beinhaltet ferner eine Aussage darüber, ob die Schutzeinrichtung so beschaffen ist und betrieben werden kann, daß der Benutzer nach dem derzeitigen Kenntnisstand gegen Berufserkrankungen durch Schwingungen an den Händen geschützt ist.

Das für Meißel- und Niethämmer genormte Prüf- und Meßverfahren in DIN 45 675 Teil 5 [3], seit 1994 ersetzt durch DIN EN 28662 Teil 2 bzw. Teil 14 [11], legt für das zu verwendende Ersatzwerkstück einen Stahlkugel-Energieabsorber fest.

Das Schwingungsverhalten am Gerätegriff wird durch die 15 bis 20 % vom Energieabsorber (siehe Abbildung 6) zum Meißelhammer reflektierte Energie bestimmt. Maßgebende

Abbildung 6:
Durchführung der Messung mit Energieabsorber nach DIN-ISO 8662



3 Prüfung von Einsatzwerkzeugen mit Anti-Vibrations-System (AVS)

Einflussfaktoren für den Reflexionsgrad sind die Andruckkraft und die Länge des Einsatzwerkzeuges. Das gesamte Arbeitsverfahren ist auf den Meßort am Hauptgriff mit Schalter beschränkt. An der zweiten Einleitungsstelle „Meißel“ können mit diesem Verfahren keine reproduzierbaren und praxisnahen Messungen erfolgen. Der Grund dafür liegt in dem AV-Systembedingten verlängerten Einsatzwerkzeug sowie in den fehlenden Ankopplungskräften.

Zur Prüfung von Meißeln mit AV-System wird, abweichend von den genormten Verfahren, in einem Granitblock mit den Mindestabmessungen 600 mm x 600 mm x 200 mm gearbeitet. Sofern das AV-System und der Meißelhammer nicht aus einer festen Einheit bestehen, wird als Antriebsgerät das für den Meißel mit der größten Schlagenergie angegebene benutzt. Die Meßrichtung liegt in der Schlagrichtung. Als Arbeitsgang wird eine 1 mm tiefe Nut gefertigt. Die Anforderung bezüglich ausreichender Schwingungsdämpfung gilt dann als erfüllt, wenn unter Beachtung des Wiederholbarkeitskriteriums der Mittelwert aus 15 Einzelmessungen den Wert der bewerteten Beschleunigung $a_{z\text{hw}} = 7,3 \text{ m/s}^2$ nicht überschreitet. Dieser vorgeschlagene Prüfungswert orientiert sich am Stand der Technik.

3.2 Ergebnisse der Prüfungen von Schriftenmeißeln mit AV-System

Die Schriftenmeißel mit AV-System lassen sich in zwei Bauprinzipien einteilen. Beiden gemeinsam ist, daß die Schwingungen des Meißels nicht unmittelbar in die meißelführende Hand eingeleitet werden, sondern die Hand über eine Kunststoffhülse vom Meißel abgekoppelt wird. Bei dem einen System ist diese Kunststoffhülse Bestandteil des schwingungsgeminderten Schriftenhammers, bei dem anderen ist sie mit dem Meißel elastisch verbunden. Der Vergleich der Systeme mit einem herkömmlichen Meißel ist in Abbildung 7 dargestellt [12].

Das AV-System am Hammer ist als Bestandteil des Arbeitsgerätes diesem fest zugeordnet und somit auch nur mit diesem Gerät prüfbar. Beim AV-System, das mit dem Meißel verbunden ist, können verschiedene Arbeitsgeräte verwendet werden. Beide AV-Systeme weisen eine sehr gute Vibrationsminderung auf. Der Vergleich der Prüfungsergebnisse beider Systeme mit einem herkömmlichen Meißel ist in Abbildung 8 (siehe Seite 24) dargestellt. Nach der EG-Maschinenrichtlinie [13] muß für beide Systeme ein Vibrationskennwert angegeben werden.

Im Vergleich der Richtwertunterschreitung nach VDI 2057 verlängert sich die täg-

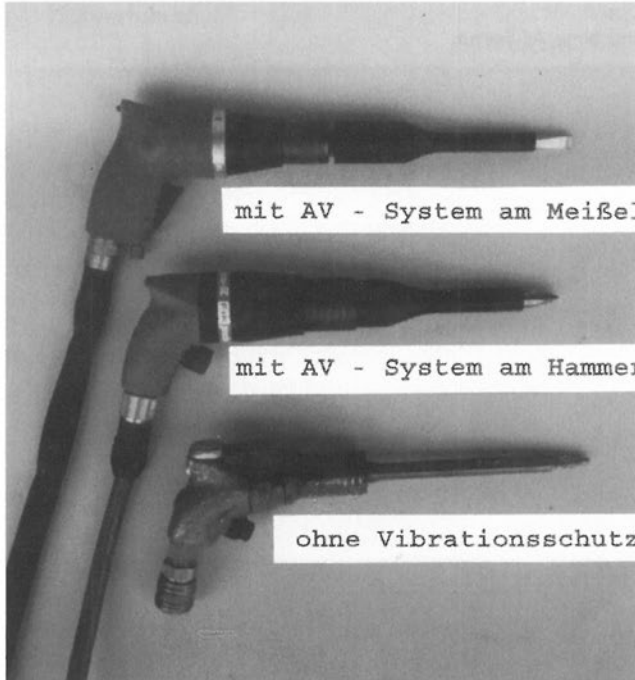


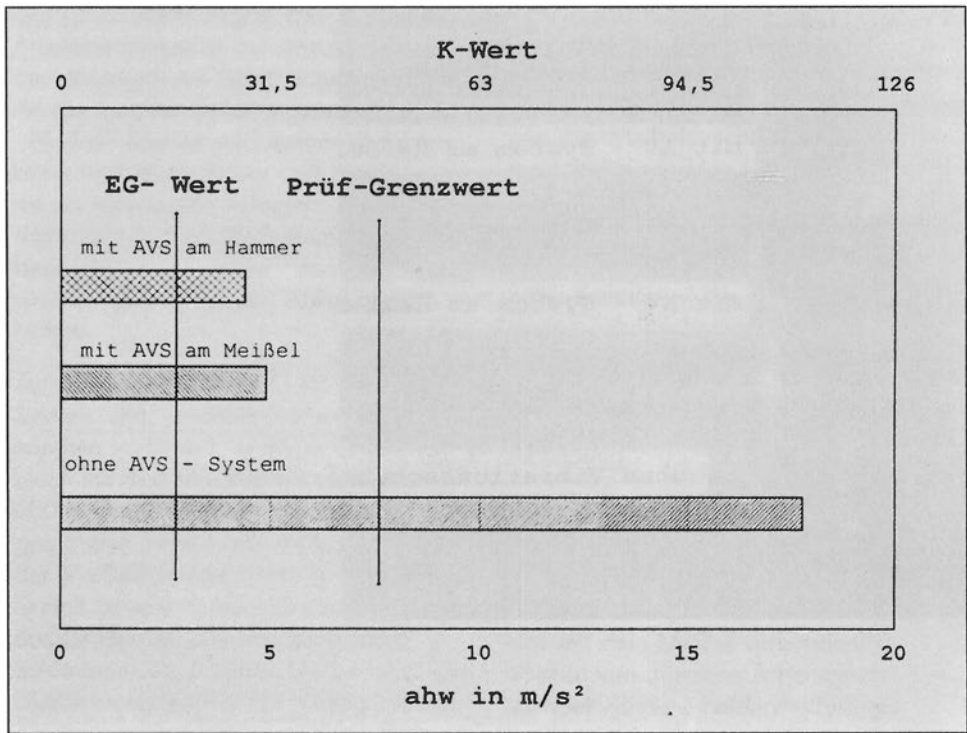
Abbildung 7:
 Unterschiedliche AV-Systeme
 für Schriftenmeißel

liche Expositionszeit von ca. zehn Minuten für Meißel ohne AV-System auf ca. zwei Stunden für Meißel mit AV-System. Wird ferner berücksichtigt, daß sich die Prüfergebnisse auf eine Exposition ohne Pausen beziehen, so kann eine unbedenkliche Einsatzzeit von bis zu fünf Stunden abgeschätzt werden.

Beim praktischen Einsatz mit dem AV-Meißel wurden die folgenden Probleme festgestellt, die die Akzeptanz erschweren. Von einigen Steinmetzen wurde die nicht ausreichend exakte Führung des Meißels über die Hülse, die insbesondere für feine Arbeitsgänge erforderlich ist, genannt. Ferner ist der Umgang un-

3 Prüfung von Einsatzwerkzeugen mit Anti-Vibrations-System (AVS)

Abbildung 8:
Vergleich von Schriftenmeißeln mit und ohne AV-System



gewohnt und erfordert eine Umstellung. Beim Meißel mit AV-System kann die Schlagenergie nicht mehr mit der meißel-führenden Hand durch mehr oder minder starke Ankopplungskraft geregelt wer-

den, sondern ausschließlich mittels eines technologisch verbesserten Meißelhammers, der die Steuerung der Schlagenergie mit der anderen Hand am Betätigungsschalter erfordert.

4 Nutzen der Grundlagen für die Prävention

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen für den Bereich des „Technischen Vibrations-schutzes“ folgende Maßnahmen auf:

- Dem Praktiker geben die ermittelten hohen Belastungsunterschiede verschiedener gleichwertiger Geräte eine Orientierungshilfe bei der Auswahl vibrationsarmer Geräte.
- Die Analyse der Belastungsquellen zeigte, daß sich Vibrationsschutzsysteme nicht nur für den Meißelhammer, sondern ebenso für die Einleitungsstelle Meißel als maßgebende Belastung erstrecken müssen.
- Durch die Entwicklung eines Prüfverfahrens mit Grenzwertsetzung für Meißel

mit Anti-Vibrations-System konnte die Effektivität verschiedener Systeme verifiziert werden.

- Die Vergabe eines BG-Zeichens durch das BIA zeigt exemplarisch, daß durch kostengünstige Lösungen (Meißel ca. 70 DM) die Vibrationsbelastung auf ein tolerierbares Maß reduziert werden kann.
- Die Frequenzanalysen sowie die in den Felduntersuchungen gespeicherten Daten, die im BIA zur Verfügung stehen, können für weiterführende Entwicklungsarbeiten im Bereich konstruktiver Maßnahmen oder der Beurteilung genutzt werden.

5 Zusammenfassung

In der Untersuchung wurden allgemeingültige Aussagen zur Höhe der Vibrationsbelastung an Steinmetzarbeitsplätzen erarbeitet. Dazu wurden an ausgewählten druckluftbetriebenen Meißelhämmern unter typischen Einsatzbedingungen Schwingungsmessungen

durchgeführt. Aus diesen Ergebnissen wurde ein praxisnahes Prüfverfahren zur Beurteilung der Schwingungen, die über das Einsatzwerkzeug eingeleitet werden, erarbeitet. Ziel der Untersuchung war es, Grundlagen zur Beurteilung geeigneter Schutzmaßnahmen zu schaffen.

Literaturverzeichnis

[1] Schwarzlose, H.: Zur Beanspruchung des Menschen durch Hand-Arm-Vibration bei verschiedenen Umgebungstemperaturen unter besonderer Berücksichtigung der Tätigkeit von Steinmetzen. Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften, Reihe 11, Nr. 55, VDI-Verlag, Düsseldorf 1983

[2] Statistisches Jahrbuch 1995, S. 113, Tab. 6.8

[3] DIN 45 675
Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf das Hand-Arm-System

(Teil 1)*
Allgemeine Festlegungen für die Messung (September 1987)

Teil 2
Messung der Schwingungen von Handkettensägemaschinen (September 1987)

Teil 3
Messung der Schwingungen von Freischneidegeräten mit Verbrennungsmotor (September 1987)

Teil 4
Messungen der Schwingungen von Bohrhämmern (September 1987)

(Teil 5)*
Schlaghämmern

(Teil 6)*
Schlagbohrmaschinen

(Teil 7)*
Schleifer

Teil 8 (E)
Messung der Schwingungen von handgeführten einachsigen Motormähgeräten (Juni 1992)

(Teil 9)
Messung der Schwingungen von handgeführten vibrierenden Bodenverdichtungsmaschinen

* wurde ersetzt durch DIN EN 28 662

[4] Kaulbars, U.: Anbringungssysteme für Beschleunigungsaufnehmer bei Vibrationsmessungen (Kennzahl 210 522). In: BIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 15. Lfg. XI/90, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1985

[5] VDI 2057
Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen (Mai 1987)

Blatt 1
Grundlagen, Gliederung, Begriffe

Blatt 2
Bewertung

Blatt 3
Beurteilung

[6] Scholz, J.F., und Wittgens, H.: Arbeitsmedizinische Berufskunde. Gentner Verlag, Stuttgart 1981

[7] DIN 45 671

Messung mechanischer Schwingungen
am Arbeitsplatz

Teil 1

Schwingungsmesser, Anforderungen,
Prüfung (September 1990)

Teil 2

Meßverfahren (September 1987)

Teil 2 A1 (E)

Änderung 1, Anhang B: Ankopplung für
Schwingungsaufnehmer (April 1993)

Teil 3 (E)

Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung)
des Schwingungsmessers beim Anwen-
der. Erstprüfung, Nachprüfung, Zwi-
schenprüfung, Prüfung am Einsatzort

[8] *Kaulbars, U., und Christ, E.*: Mes-
sung und Beurteilung der Schwingungs-
belastung an Arbeitsplätzen der gewerb-
lichen Wirtschaft — Leitfaden für die
Praxis. BIA-Report 1/88. Hrsg.: Berufsge-
nossenschaftliches Institut für Arbeits-
sicherheit — BIA, Sankt Augustin 1988

[9] (ISO 5349: 1986) — entspricht
DIN V ENV 25 349

Mechanische Schwingungen — Leitfaden
zur Messung und Beurteilung der Einwir-
kung von Schwingungen auf das Hand-
Arm-System des Menschen

[10] *Kaulbars, U.*: Vibration am Arbeits-
platz — Grundlagen, Meßverfahren
und praktische Hinweise für den Arbeits-

schutz. Verlag TÜV Rheinland, Köln
1994

[11] DIN-ISO 8662

Handgehaltene motorbetriebene Maschi-
nen. Messungen mechanischer Schwin-
gungen am Handgriff.

Teil 1

Allgemeines (ISO 8662-1: 1988)

prEN 28662-2

Meißelhämmer und Niethämmer

Teil 2

(ISO 8662-1: 1992)

(prEN 28662-14)

Teil 14

Steinbearbeitungsmaschinen und Nadel-
estroster

[12] *Kaulbars, U.*: Technischer Vibrations-
schutz durch geprüfte vibrationsgemin-
derte Geräte. Kolloquium „Vibration am
Arbeitsplatz“, 19. - 21.4.1989, Wien —
Vortrag. Schlußbericht S. 184 - 186,
6 Bilder, 4 Lit.-Ang. Hrsg.: Allgemeine
Unfallversicherungsanstalt — AUVA, 1989

[13] 89/392/EWG

Richtlinie des Rates vom 14. Juni 1989
über die Angleichung der Rechtsvorschrif-
ten der Mitgliedstaaten für Maschinen

91/368/EWG

Änderungen und Ergänzungen vom
20. Juni 1991

Anhang

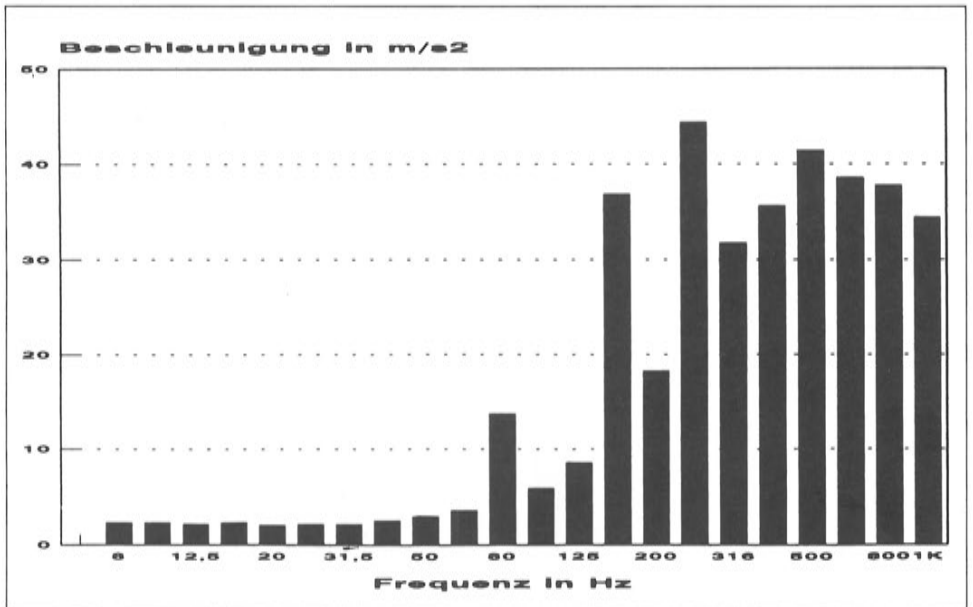
Einzeldaten der untersuchten Meißelhämmer
(Abbildungen und Spektren)

**Abbildung und Spektrum des untersuchten Meißelhammers
Lfd. Nr. 1 Weha, Typ WSH 50**

Arbeitsgang



Frequenzanalyse

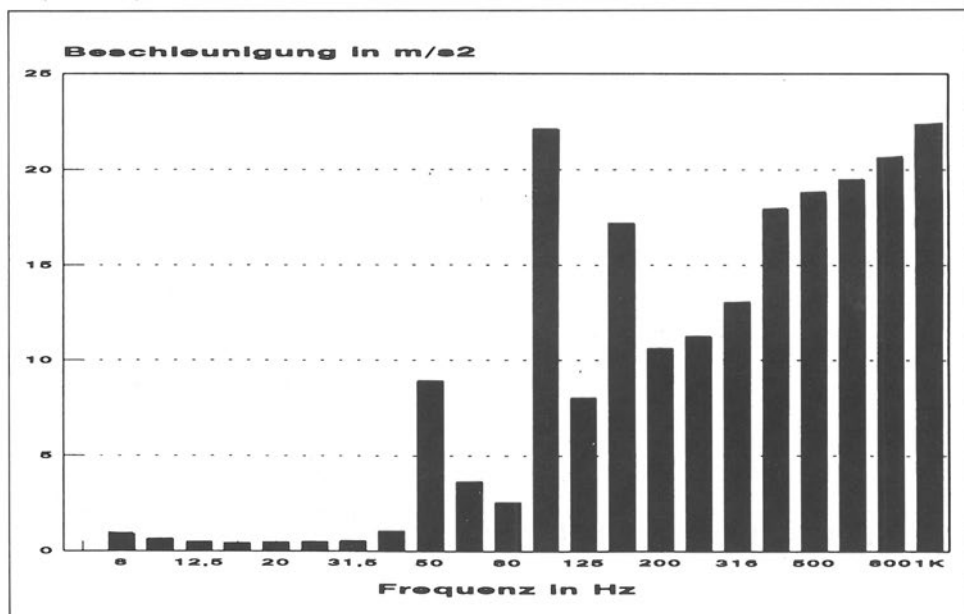


**Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 2
Frölich und Klüpfel,
Typ FK 724 A**



Arbeitsgang

Frequenzanalyse



**Abbildung und Spektrum des untersuchten Meißelhammers
Lfd. Nr. 3 Chikago, Typ Zig Gun CP 9311**

Arbeitsgang



Frequenzanalyse

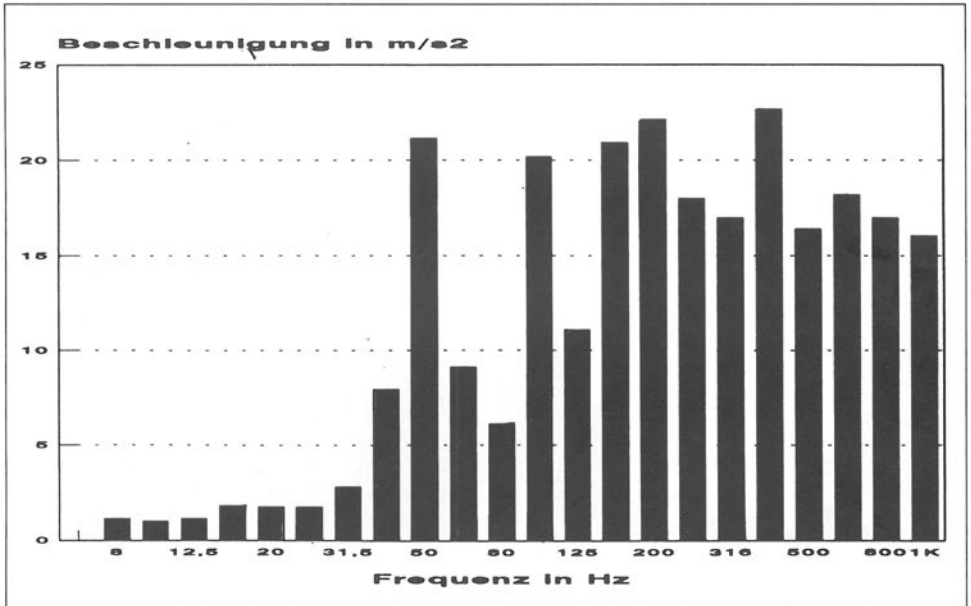


Abbildung und Spektrum des untersuchten Meißelhammers
Lfd. Nr. 4 Frölich und Klüpfel, Typ FK 701 Preciso

Arbeitsgang



Frequenzanalyse

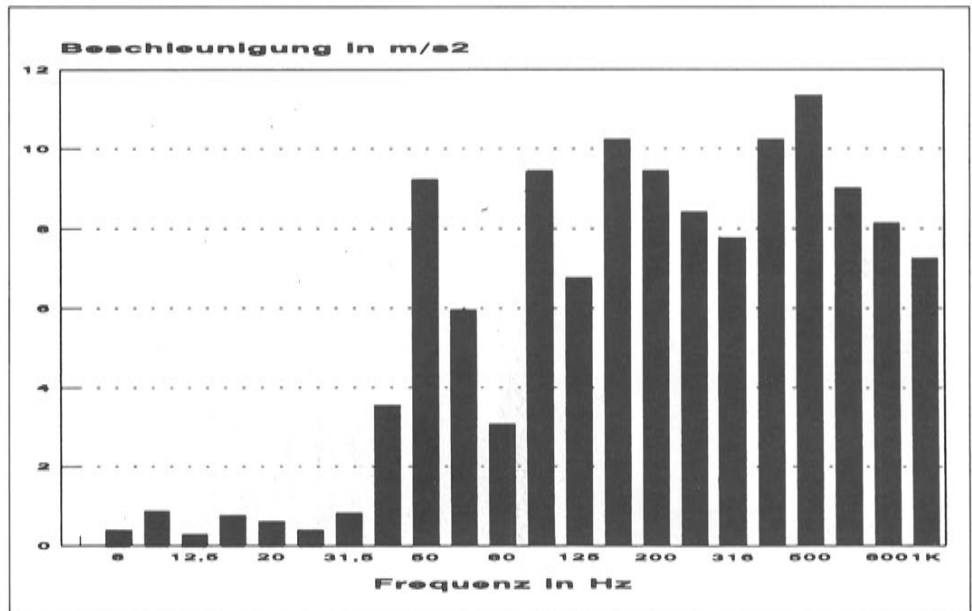
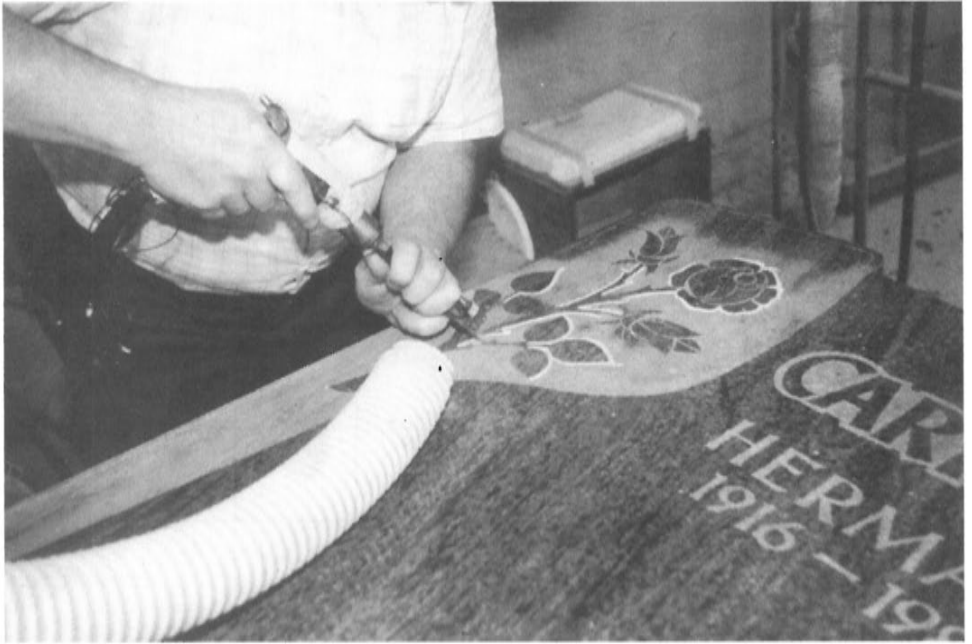
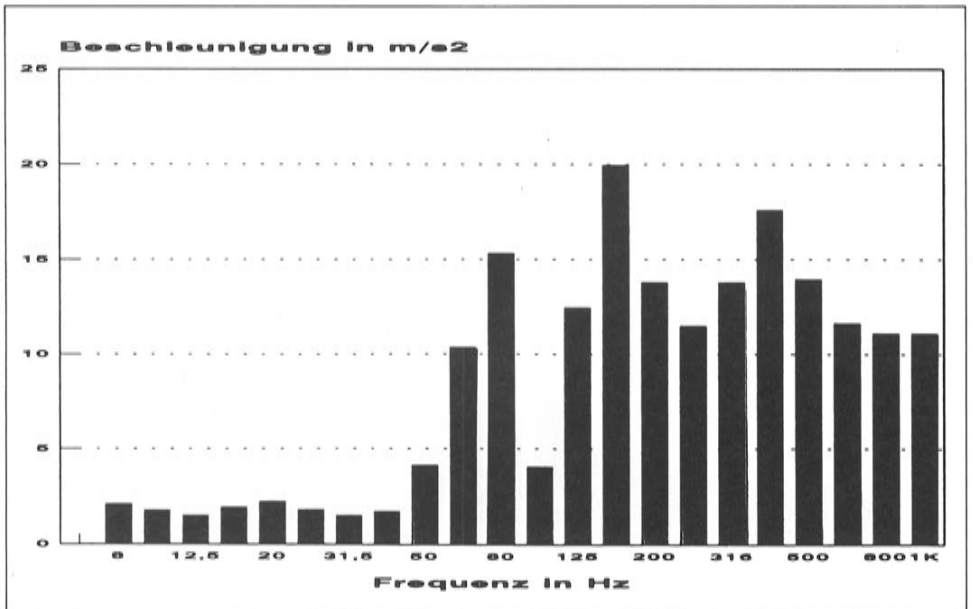


Abbildung und Spektrum des untersuchten Meißelhammers
Lfd. Nr. 5 Weha, Typ WSH 155

Arbeitsgang



Frequenzanalyse



**Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 6
Demag, Typ M 23**



Arbeitsgang

Frequenzanalyse

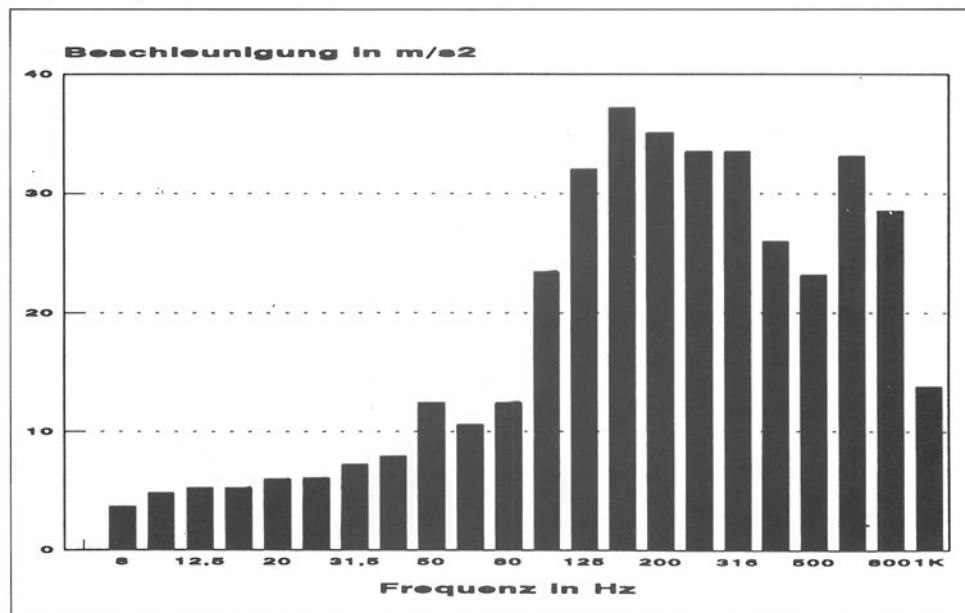
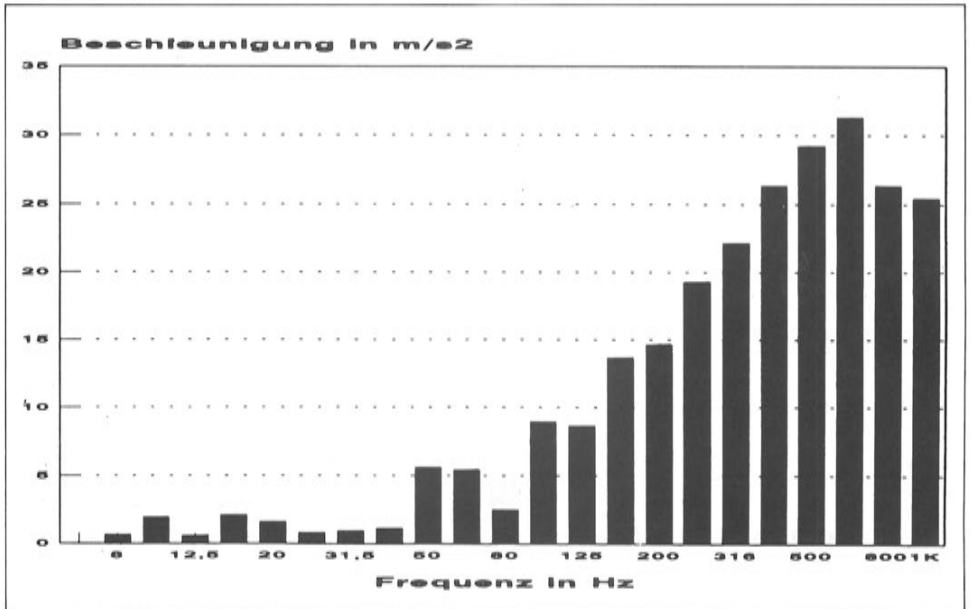




Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 7
Deprag, Typ ZN 23 K

Arbeitsgang

Frequenzanalyse



**Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 8
Frölich und Klüpfel,
Typ FK 702.4**



Arbeitsgang

Frequenzanalyse

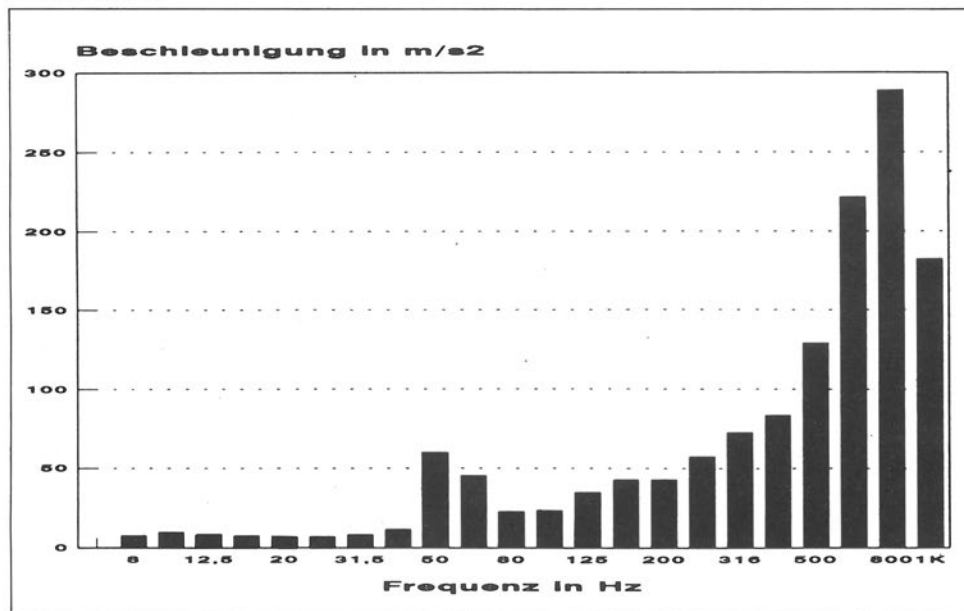
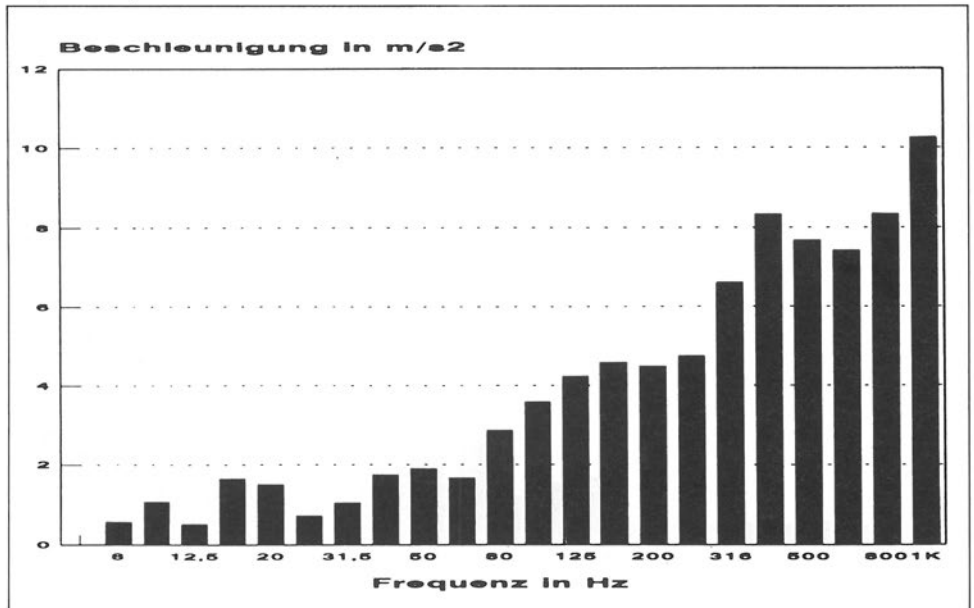




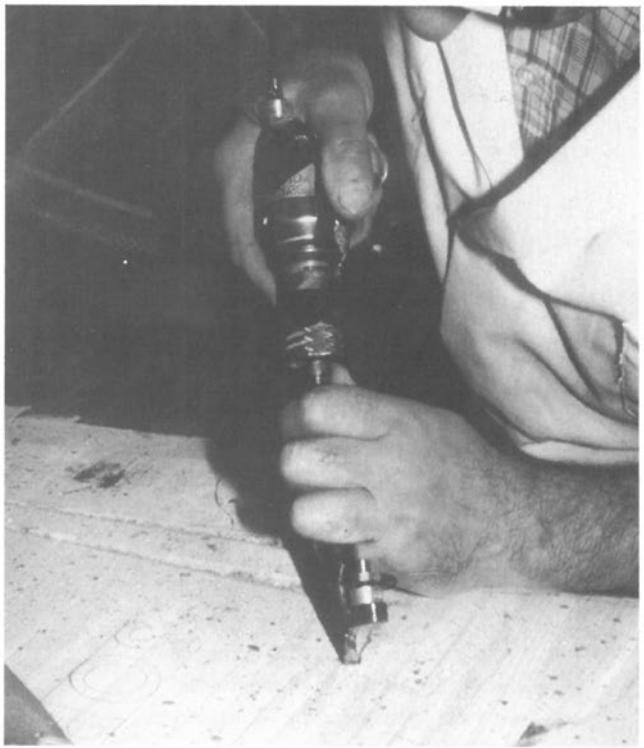
Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 9
Frölich und Klüpfel,
Typ RM 04 FL

Arbeitsgang

Frequenzanalyse



**Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 10
Frölich und Klüpfel,
Typ 7510**



Arbeitsgang

Frequenzanalyse

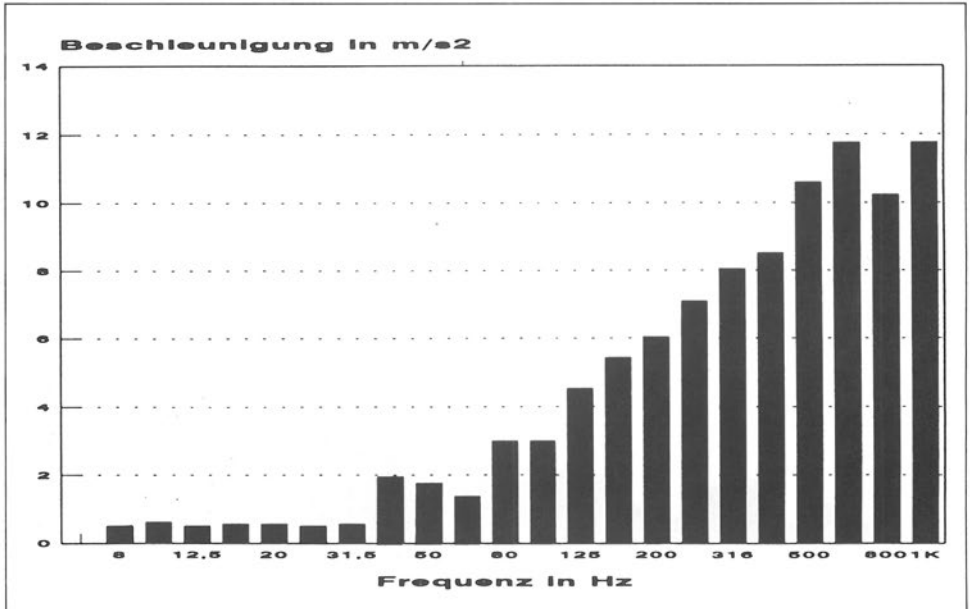
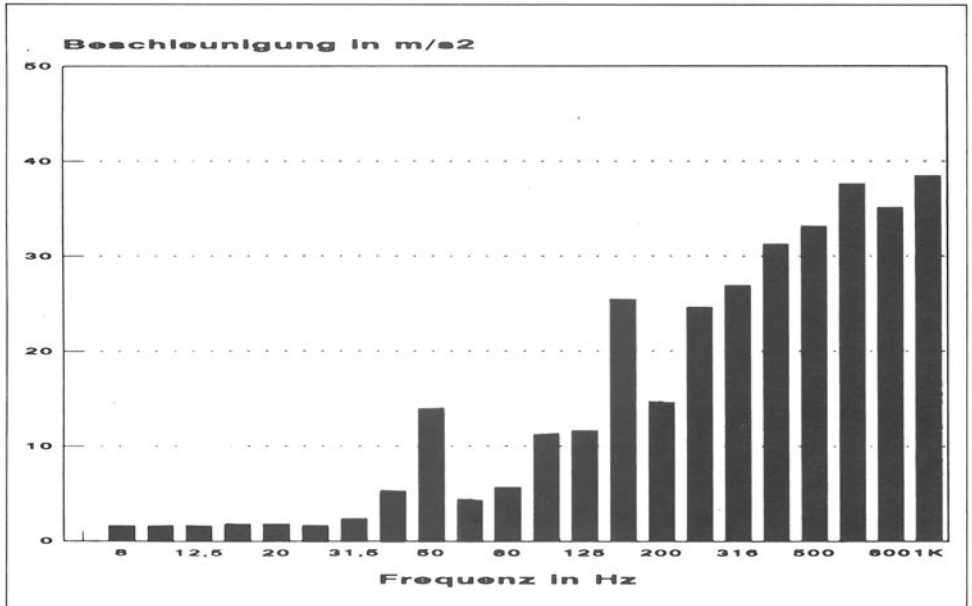


Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 11
Deprag, Typ ZN 231 P

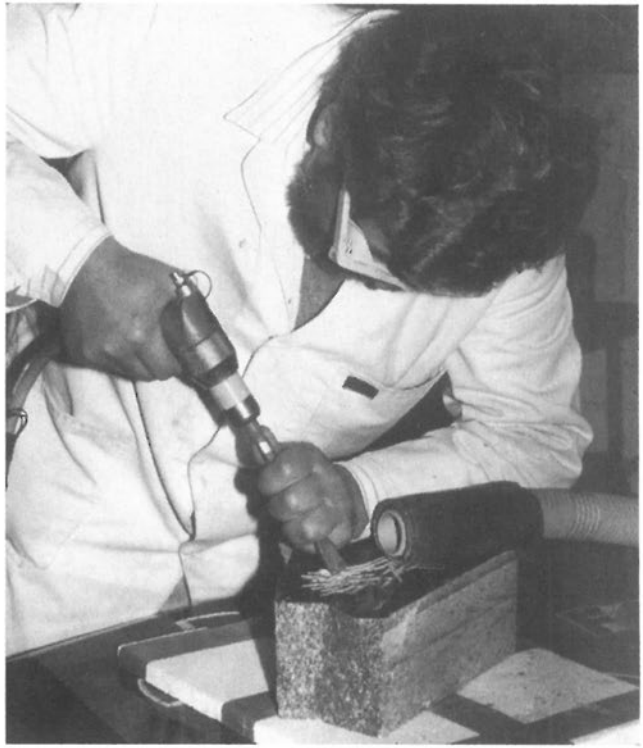


Arbeitsgang

Frequenzanalyse

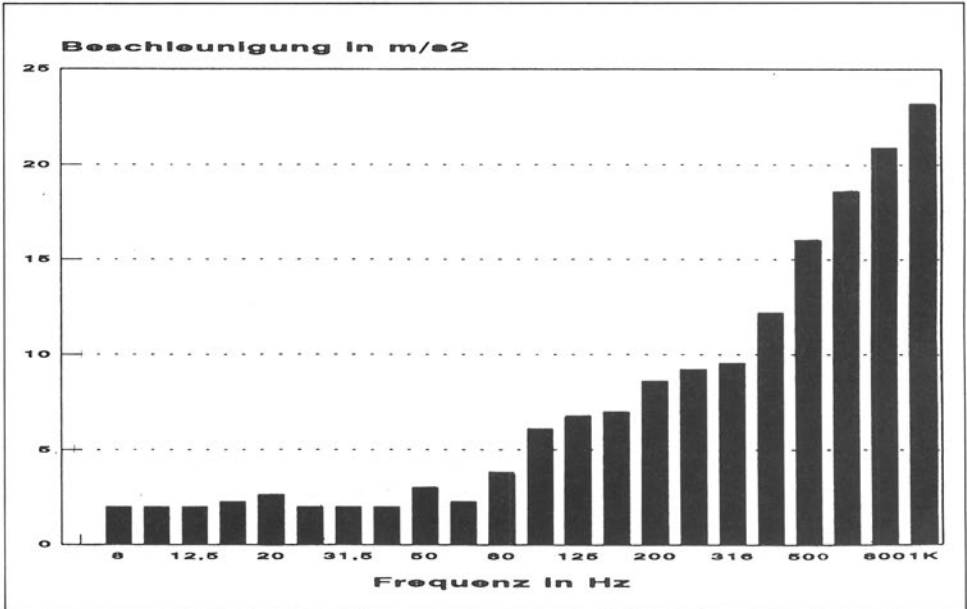


**Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 12
Frölich und Klüpfel,
Typ FK RM 14**



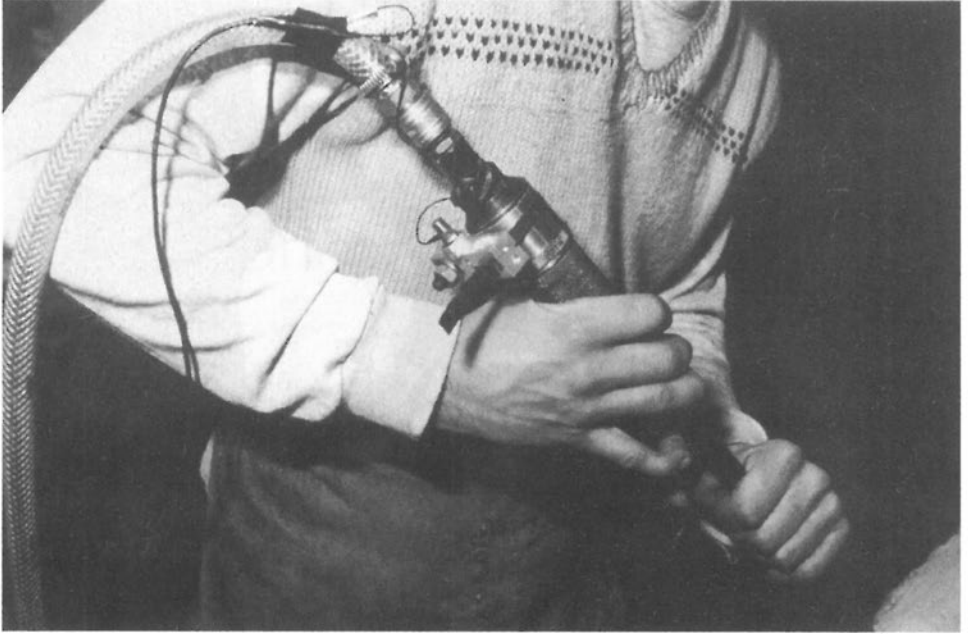
Arbeitsgang

Frequenzanalyse

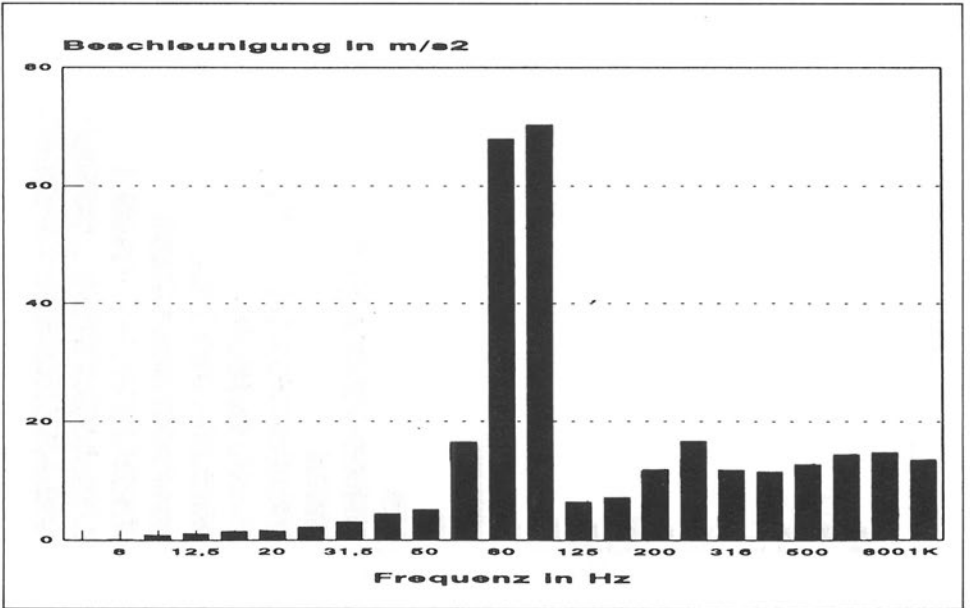


**Abbildung und Spektrum des untersuchten Meißelhammers
Lfd. Nr. 13 Cuturi-GCM, Typ TO 676**

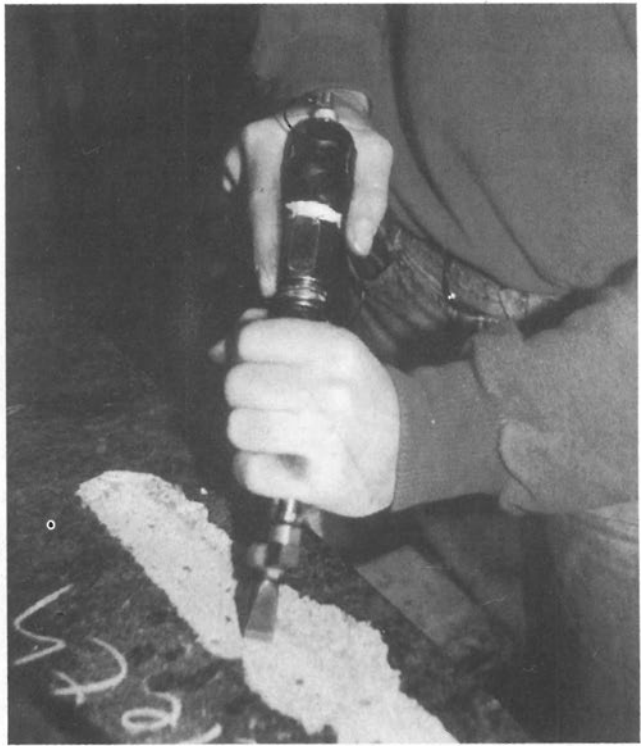
Arbeitsgang



Frequenzanalyse



**Abbildung und Spektrum
des untersuchten
Meißelhammers Lfd. Nr. 14
Deprag, Typ ZN 23 K**



Arbeitsgang

Frequenzanalyse

