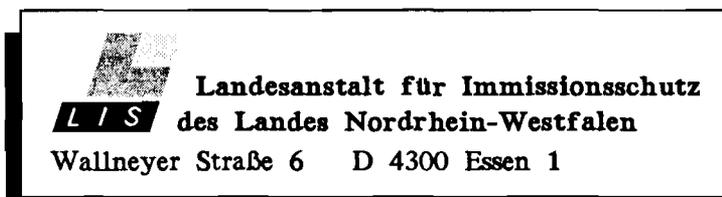


L I S - Berichte

Nr. 79

**Geräuschminderung
durch Teilkapselung
von Schmiedehämmern**

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1988

**Geräuschminderung durch Teilkapselung
von Schmiedehämmern**

Karlheinz Wietlake

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Z u s a m m e n f a s s u n g

S u m m a r y

1. E i n l e i t u n g
2. P r i m ä r - u n d S e k u n d ä r m a ß n a h m e n z u r
L ä r m m i n d e r u n g b e i S c h m i e d e h ä m m e r n
3. Z u r b i s l a n g a u s g e f ü h r t e n T e i l k a p s e l u n g
v o n S c h m i e d e h ä m m e r n
4. A u f g a b e d e r L I S
5. V o r g e h e n s w e i s e z u r E r m i t t l u n g d e r b i s -
l a n g e r r e i c h t e n D ä m m w i r k u n g
 - 5.1. B e s c h r e i b u n g d e r u n t e r s u c h t e n H ä m m e r
 - 5.2. E r f a ß t e B e t r i e b s z u s t ä n d e
 - 5.3. M e ß d u r c h f ü h r u n g
 - 5.4. M e ß g r ö ß e n
 - 5.5. L a g e d e r M e ß p u n k t e
 - 5.6. M e ß w e r t e r f a s s u n g
6. B e s c h r e i b u n g d e r M e ß s i g n a l e u n d d e r e n
A u s w e r t u n g
7. H i n w e i s e z u r g e w ä h l t e n A u s w e r t e m e t h o -
d i k
8. E r g e b n i s s e d e r M e s s u n g e n
 - 8.1. P e g e l m i n d e r u n g d u r c h d i e T e i l k a p s e l u n g
 - 8.2. F r e q u e n z a b h ä n g i g e P e g e l m i n d e r u n g
9. A u s s a g e d e r v o r l i e g e n d e n E r g e b n i s s e
10. F o l g e r u n g e n a u s d e r U n t e r s u c h u n g

S c h r i f t t u m

GERÄUSCHMINDERUNG DURCH TEILKAPSELUNG VON SCHMIEDEHÄMMERN

Karlheinz Wietlake

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Materialumformung mit Schmiedehämmern ist sehr lärmintensiv. Versuche zur konstruktiven Lärmbekämpfung führten bislang zu keinen greifbaren Minderungserfolgen. Die Vollkapselung von Schmiedehämmern ist beim derzeitigen Stand der Technik aus schmiedetechnischen Gründen nicht durchführbar. So kam es zur Teilkapselung mit freien Öffnungen zum Arbeitsraum des Hammers. Diese Minderungsmaßnahme wurde versuchsweise bei Oberdruckhämmern vorgenommen und von der LIS hinsichtlich der erzielten Lärminderung überprüft.

Im Nahbereich des teilgekapselten Hammers ist die Minderung stark vom jeweiligen Standort abhängig; die Differenz der L_{AF} -Werte aus Messungen mit und ohne Teilkapsel liegt hier bei "optimaler" Kapselausführung zwischen 5 und 14 dB.

Im Diffusfeld der Schmiedehalle und auch im Freien beträgt die Minderung in etwa 10 dB; dies bewirkt annähernd eine Halbierung der Lautheitsempfindung.

Eine weitere Pegelminderung durch Teilkapselung ist nur dann möglich, wenn bei fortschreitender Automatisierung die bislang im Arbeitsraumbereich notwendigen Öffnungen weiter abgeschottet werden können.

S u m m a r y

Transforming of iron material with forging hammers causes intensive noise. Experiments to reduce this noise by measures at the forging hammer construction itself have had little success. The full enclosure of the forging hammer is not possible at the present state of knowledge, because of forging conditions. This was the reason to try it by means of a partial enclosure of the hammer. This measure of noise-reduction was realized at a forging hammer, of which the falling upper part was accelerated by pressure. The success in noise-reduction was controlled by the LIS.

In the immediate vicinity of the partly enclosed forging hammer the noise reduction depends mainly on the regarded local position. The difference of the L_{AF} -values between the measurements with and without the partial enclosure are about 5 to 14 dB, to be gained by an optimal construction of the partial enclosure.

Within the diffuse sound field inside the forging-hall as well as outside the hall, the reduction of the sound pressure level is about 10 dB. The loudness is reduced by this degree to about half.

Further success in reducing the noise level by improving the partial enclosure seems possible only if the working process at the forging hammer is further automatised, so that it will be possible to close a greater part of the openings in the working area of the forging hammer by partial enclosures.

1. Einleitung

Schmiedehämmer gehören in der metallverarbeitenden Industrie aufgrund ihres Arbeitsprinzips zur Gruppe besonders geräuschstarker Anlagen. Im Arbeitsplatzbereich der Bedienungsmannschaft treten je nach Art und Arbeitsvermögen der Hämmer bei Prellschlägen Schallpegelmaxima von etwa $L_{AF} = 110 \dots 125$ bzw. $L_{AI} = 115 \dots 132$ dB auf. Diese kurzfristig auftretenden Pegelwerte führen unter Berücksichtigung von Schlagfolge und Wärmepause nach den Ausführungen von TA Lärm [1] und VDI-Richtlinie 2058 [2] unabhängig von der gewählten Meßgröße zu schichtbezogenen Beurteilungspegeln von etwa $L_r = 107 \dots 115$ dB(A). Die in der Arbeitsstättenverordnung [3] zur Vermeidung von Gehörschäden vorgegebenen Richtwerte von 85 bzw. 90 dB(A) werden somit erheblich überschritten. Daraus leitet sich in 1. Linie auch die Zielvorstellung nach erheblichen Emissionsminderungen bei Schmiedehämmern ab. Hinzu kommt die Forderung des BImSchG [4] hinsichtlich der "Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen", wonach "insbesondere die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung" vorzunehmen sind. Das Aufzeigen und Beschreiben von Maßnahmen zur wirksamen Minderung der von Schmiedehämmern ausgehenden Geräuschemissionen ist daher ein berechtigtes Anliegen, und zwar sowohl aus dem Bereich des Arbeitsschutzes als auch des Nachbarschaftsschutzes. Infolgedessen wurde diese Aufgabe von der Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) im Rahmen des hier anstehenden Untersuchungsvorhabens "Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern" aufgegriffen.

2. Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Lärminderung bei Schmiedehämmern

Die bisherigen Bemühungen primär, d.h. durch konstruktive Maßnahmen am Hammer selbst Emissionsminderung zu erzielen, haben keine durchschlagenden Erfolge gebracht [5]. Dies ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen von DOEGE und HUMBERT [5] und [6] im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß die mit der Barendgeschwindigkeit verknüpfte Stoßzeit (Berührungszeit der Gesenke) der entscheidende Parameter für die Schallentstehung am Hammer ist. Zur Minderung der Hammergeräusche müßten somit die Stoßzeiten gedehnt werden; dies ist aber aus schmiedetechnischen Gründen nicht realisierbar. Das Arbeitsprinzip des Hammers beruht in der Erzeugung hoher Umformkräfte durch kleine Stoßzeiten; jegliche Dehnung des Stoßverlaufs stößt schmiedetechnisch auf Schwierigkeiten. Eine Alternative dazu ist beispielsweise die im Vergleich zum Schmiedehammer erheblich geräuschärmere Schmiedepresse, bei der mit relativ großen Stoßzeiten gearbeitet wird. Allein aus schmiedetechnischen Gründen kann jedoch der Schmiedehammer nicht in allen Fällen durch Schmiedepressen ersetzt werden. Die Ursache zur eigentlichen Lärmmentstehung kann somit nicht nennenswert geändert werden. Somit bleibt primär nur noch die Möglichkeit, den bereits im Hammer entstandenen Körperschall in seiner Ausbreitung von der Erregerstelle zu den großflächigen Gestellteilen zu hindern. Es wurden elastische Zwischenschichten an den einzelnen Stoßstellen eingebaut. Der Körperschallpegel des Ständers konnte dadurch zwar im Mittel um ca. 5 dB gemindert werden, im abgestrahlten

Luftschall des Hammers wirkte sich diese Minderung jedoch nicht aus. Ursache dafür ist, daß der Hauptanteil des Geräusches von dem Arbeitsraum des Hammers abgestrahlt wird, in dem sich die direkt am Schlag beteiligten Maschinenelemente Bär, Gesenk und Schmiedesattel befinden; vgl. dazu die schematische Darstellung eines Oberdruckhammers in Abb. 1. Dieser Geräuschanteil, der nach Untersuchungen von HUMBERT [6] etwa 60 % der Gesamtabstrahlung ausmacht, konnte - wie die eigentliche Geräuscherzeugung - aus verfahrenstechnischen Gründen durch Primärmaßnahmen nicht maßgeblich verringert werden. Bei diesem Erkenntnisstand folgten Überlegungen zur Emissionsminderung durch Sekundärmaßnahmen. Die Kapselung des Hammers ist eine solche Maßnahme. Der vom Hammer ausgehende Luftschall würde dadurch in seiner freien Ausbreitung gehindert und teilweise im Entstehungsbereich absorbiert; man beschreibt eine solche Maßnahme mit "integriertem Schallschutz". Durch eine vollständige Kapselung des Hammers könnten die Schlaggeräusche sicherlich um ca. 30 dB verringert werden, so daß am Arbeitsplatz dann die nach [2] vorgegebenen Werte zur Vermeidung von Gehörschäden in etwa eingehalten würden. Eine derartige vollständige Hammerkapselung kann jedoch z.Zt. aus arbeitstechnischen Gründen noch nicht verwirklicht werden. Sie setzt eine Vollautomatisierung des Arbeitsablaufs voraus, die beim allgemeinen Schmiedebetrieb bislang noch nicht durchführbar ist. Im 1. Schritt wurde daher von HUMBERT eine Teilkapselung von Schmiedehämmern geplant. Obwohl von vornherein zu erkennen war, daß durch eine derartige Maßnahme nur eine zahlenmäßig geringe und für die Arbeitsplatzsituation bei weitem nicht ausreichende Minderung der Geräuschemission erreicht werden kann, wurde die Teilkapselung in der Praxis realisiert; vgl. dazu die schematische Darstellung eines teilgekapselten Hammers in Abb. 2. Es ging dabei zunächst im wesentlichen um zwei Feststellungen:

1. Ist die Teilkapselung eines Schmiedehammers aus schmiedetechnischer Sicht beim manuellen Arbeitsablauf überhaupt durchzuführen?
2. Bringt die Teilkapselung aus der Sicht der am Hammer arbeitenden Personen eine nennenswerte Geräuschkinderung?
3. Zur bislang ausgeführten Teilkapselung von Schmiedehämmern

Die bisherigen Versuche beziehen sich auf die in Abb. 1 und 2 schematisch dargestellten Oberdruckhämmer, auf denen Teile von der Zange oder Stange geschmiedet werden. Bei diesem Zangen- oder Stangenschmieden ist eine Arbeitsöffnung in dem Gesenkbereich der Kapsel notwendig, durch die der Schmied das Schmiedeteil während einer Schlagfolge festhalten und in die einzelnen Gravuren einbringen muß. Diese aus schmiedetechnischen Gründen notwendige Arbeitsöffnung hat akustisch den Nachteil, daß hierdurch ein Teil des vorwiegend im Arbeitsraum entstehenden Lärms ungehindert ins Freie dringt. Hier wird der zwangsläu-

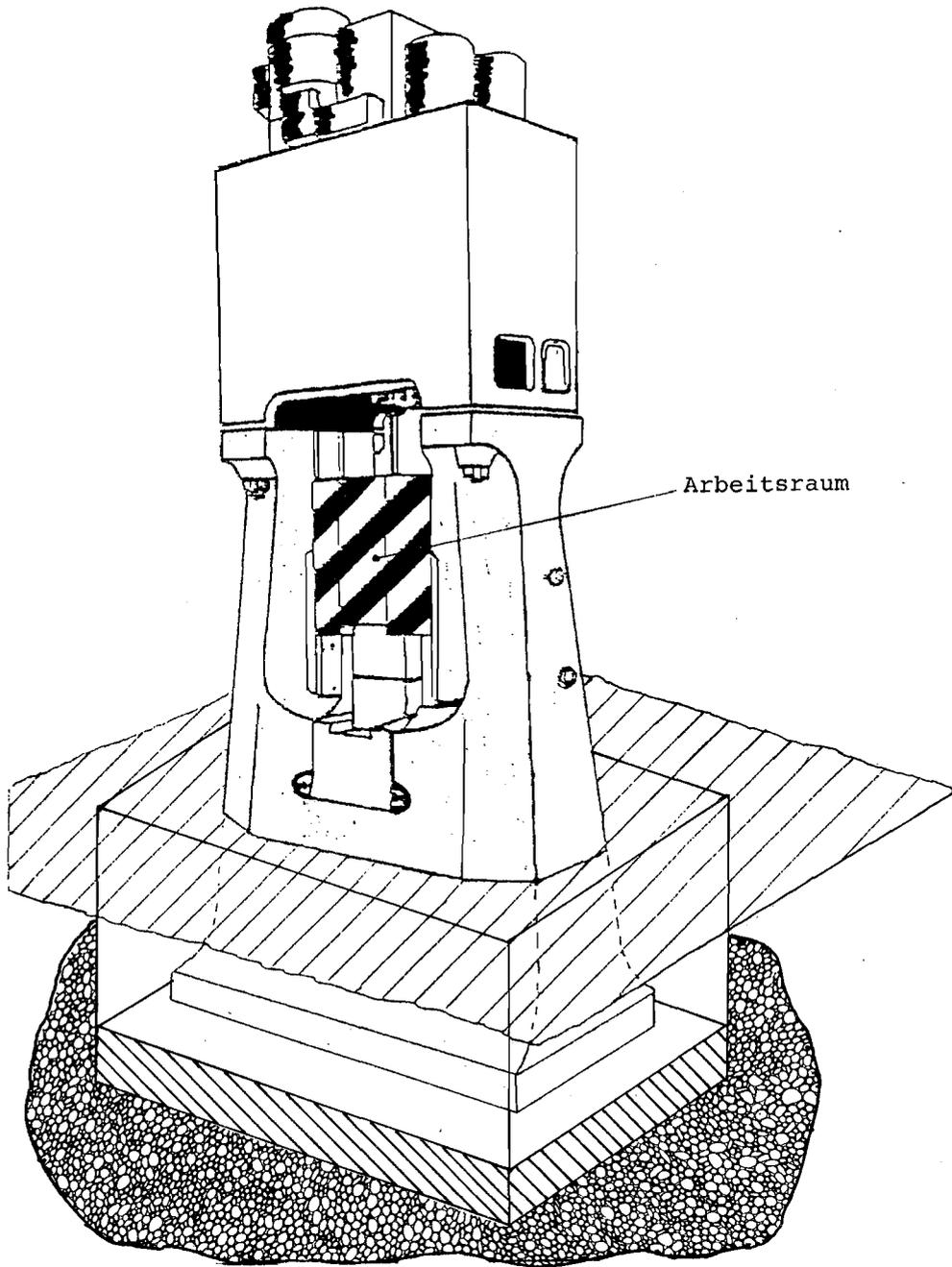


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Oberdruck-Schmiedehammers

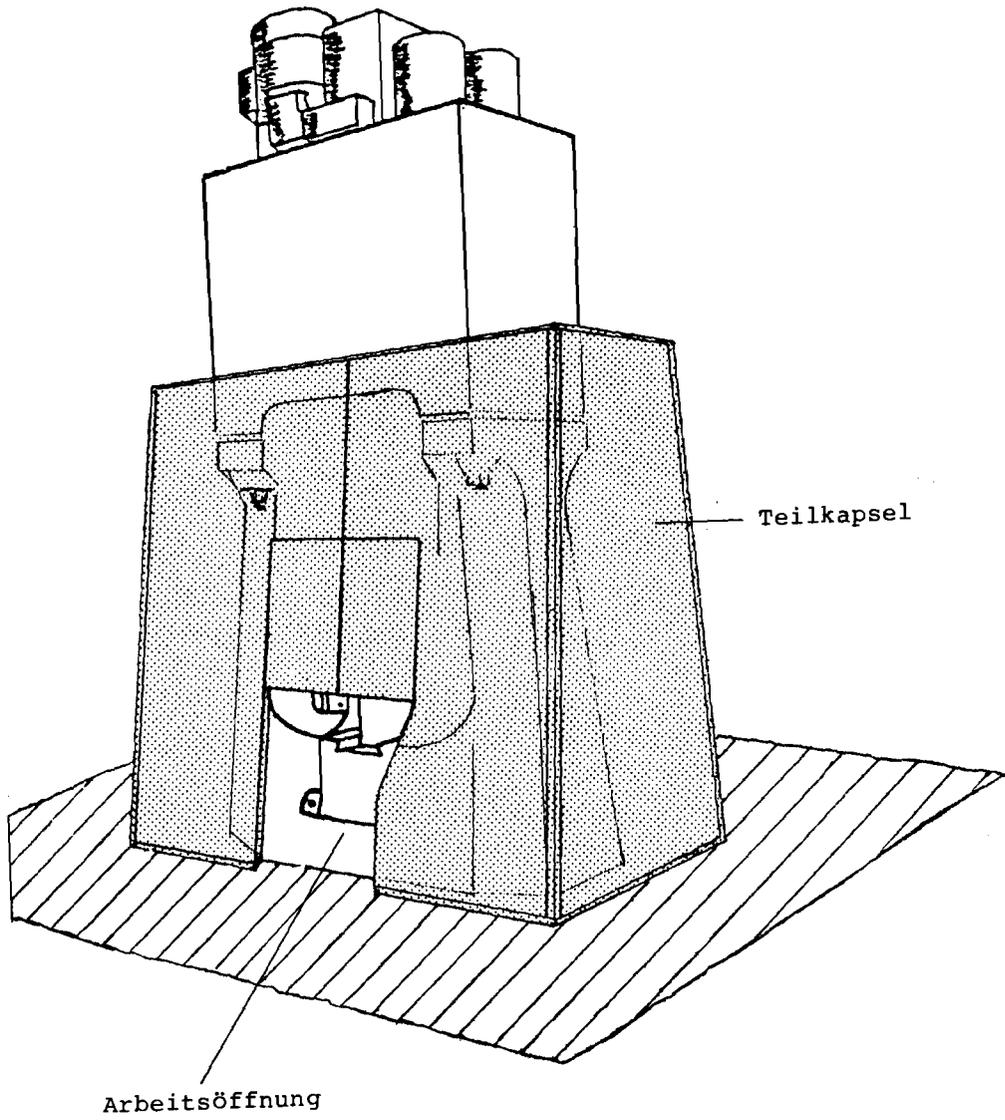


Abb. 2: Festaufgestellter Oberdruckkammer mit Teilkapselung

fig beim Bau der Teilkapselung einzugehende Kompromiß zwischen anzustrebender Lärminderung und dem Beachten schmiedetechnologischer Notwendigkeiten deutlich erkennbar. Es muß die Forderung nach ungestörtem und unfallsicherem Arbeitsablauf mit den akustischen Erfordernissen in Einklang gebracht werden. Nach eingehenden Abwägungen und Versuchen wurde die Teilkapsel mit einer fest vorgegebenen Arbeitsöffnung im Gesenkbereich gebaut [6].

Bei der in Abb. 2 schematisch dargestellten Teilkapsel handelt es sich um eine in der Praxis mittlerweile bewährte Ausführung; sie wurde aus dem von HUMBERT entwickelten Prototyp [6] von dem Schmiedebetrieb Jung & Sohn in Halver weiterentwickelt und wird z.Zt. bei 10 Lasco-Oberdruckhämmern mit Arbeitsvermögen von je etwa 12 kJ eingesetzt. Eine wesentliche Änderung gegenüber dem Prototyp besteht darin, daß die Ständer der Hämmer jetzt voll in die Kapselung einbezogen werden, wodurch auf die ursprünglich zwischen Ständer und Schabotte eingebaute "Körperschallisolierung" verzichtet wurde.

Die Teilkapsel setzt sich aus vier Einzelteilen zusammen, und zwar aus den einzelnen Seitenflächen, die im Bedarfsfall mit wenigen Handgriffen montiert oder demontiert werden können. Für den Auf- oder Abbau werden etwa 10 Minuten benötigt.

Die Außenhaut der Kapsel besteht aus 1,5 mm dickem Stahlblech; auf der Innenseite befindet sich eine 100 mm dicke Mineralfasermatte, die durch ein Lochblech abgedeckt ist. Die Teilkapsel umschließt etwa 70 % der äußeren Fläche des Hammergestells. Die größten Öffnungen in der Kapsel befinden sich auf der Bedienungs- und Auswurfseite des Hammers im Bereich des Arbeitsraumes, außerdem am oberen Abschluß zwischen Kapsel und Hammerkopf. Das Verhältnis der Öffnungsfläche zur Gesamtoberfläche der Teilkapsel beträgt 1 : 8. Die Öffnungen zwischen Kapseloberkante und Hammergehäuse sind zur Vermeidung eines Hitzestaus im Kapselbereich notwendig; hier kann die Warmluft nach oben entweichen.

Durch die Hammerkapselung wird neben der Lärminderung am Arbeitsplatz auch eine Geräuschminderung in der Nachbarschaft angestrebt. Dies ist für die Schmieden ein neuer Weg. Üblicherweise wird der Immissionsschutz allein durch Maßnahmen an der Halle betrieben, indem der Außenhaut die Aufgabe einer Kapsel zugeschoben wird. Die Arbeitsplatzsituation bleibt dabei unberücksichtigt. In dem hier anstehenden Fall wird ein aus akustischer Sicht sinnvoller Weg beschritten, und zwar der, zunächst mögliche Minderungsmaßnahmen am Hammer selbst auszuschöpfen und erst danach - soweit noch erforderlich - Minderungsmaßnahmen auf dem Ausbreitungsweg.

Nach mehrjährigem Umgang mit den Kapseln wurde in der Betriebspraxis festgestellt:

1. Der schmiedetechnische Ablauf wird nicht negativ beeinflusst
2. Das Bedienungspersonal gewöhnt sich schnell an die zunächst ungewohnte Situation

3. Nach dem subjektiven Empfinden der Betroffenen trägt die Teilkapselung zu einer merklichen Geräuschkinderung am Arbeitsplatz bei.

4. A u f g a b e d e r L I S

Die Messungen der LIS dienten dazu, die Wirksamkeit der innerbetrieblich weiterentwickelten Teilkapselung durch Messungen zu ermitteln und die Ergebnisse den Interessenten vorzustellen.

5. V o r g e h e n s w e i s e z u r E r m i t t l u n g d e r b i s - l a n g e r r e i c h t e n D ä m m w i r k u n g

Die Dämmwirkung wurde durch Geräuskmessungen beim Einzelbetrieb von Schmiedehämmern mit und ohne Kapselung ermittelt. Drei Hämmer wurden in die Versuchsreihe einbezogen, und zwar alle hydraulisch angetriebenen Oberdruck-Kurzhubhämmer eines Herstellers mit Arbeitsvermögen von ca. 12 kJ.

5.1. Beschreibung der untersuchten Hämmer

Zwei der untersuchten Hämmer hatten ein geteiltes Gestell aus Grauguß, wobei einer davon entsprechend Abb. 1 fest gegründet und der andere entsprechend Abb. 3 direktgefedert [7], aufgestellt war. Der dritte Hammer hatte ein einteiliges Gehäuse aus Stahlguß und war direktgefedert aufgestellt.

Im einzelnen sieht das so aus:

- Hammer 13, geteiltes Gestell, Grauguß, fest gegründet
- Hammer 20, geteiltes Gestell, Grauguß, direktgefedert
- Hammer 21, einteiliges Gestell, Stahlguß, direktgefedert.

Durch die Auswahl der unterschiedlichen Gehäusearten und Gründungen der ansonsten vergleichbaren Hämmer ist neben der Kapselwirkung der bislang noch unbeantworteten Frage nachgegangen worden, ob und inwieweit das Material und die Trennfuge zwischen Gehäuse und Schabotte einerseits und die Direktabfederung andererseits einen Einfluß auf die Geräuschabstrahlung des Hammers haben. Bislang wird vermutet, daß sowohl der einteilige Hammeraufbau in Stahlguß als auch die starre Gründung eine erhöhte Schallabstrahlung bewirkt.

Sollte sich durch die Untersuchungen die Vermutung bestätigen, daß sich das geteilte Graugußgestell in Verbindung mit der Direktabfederung geräuschkindernd auswirkt, so wäre dies auch aus geräuschtechnischen Gründen die zu bevorzugende Ausführung.

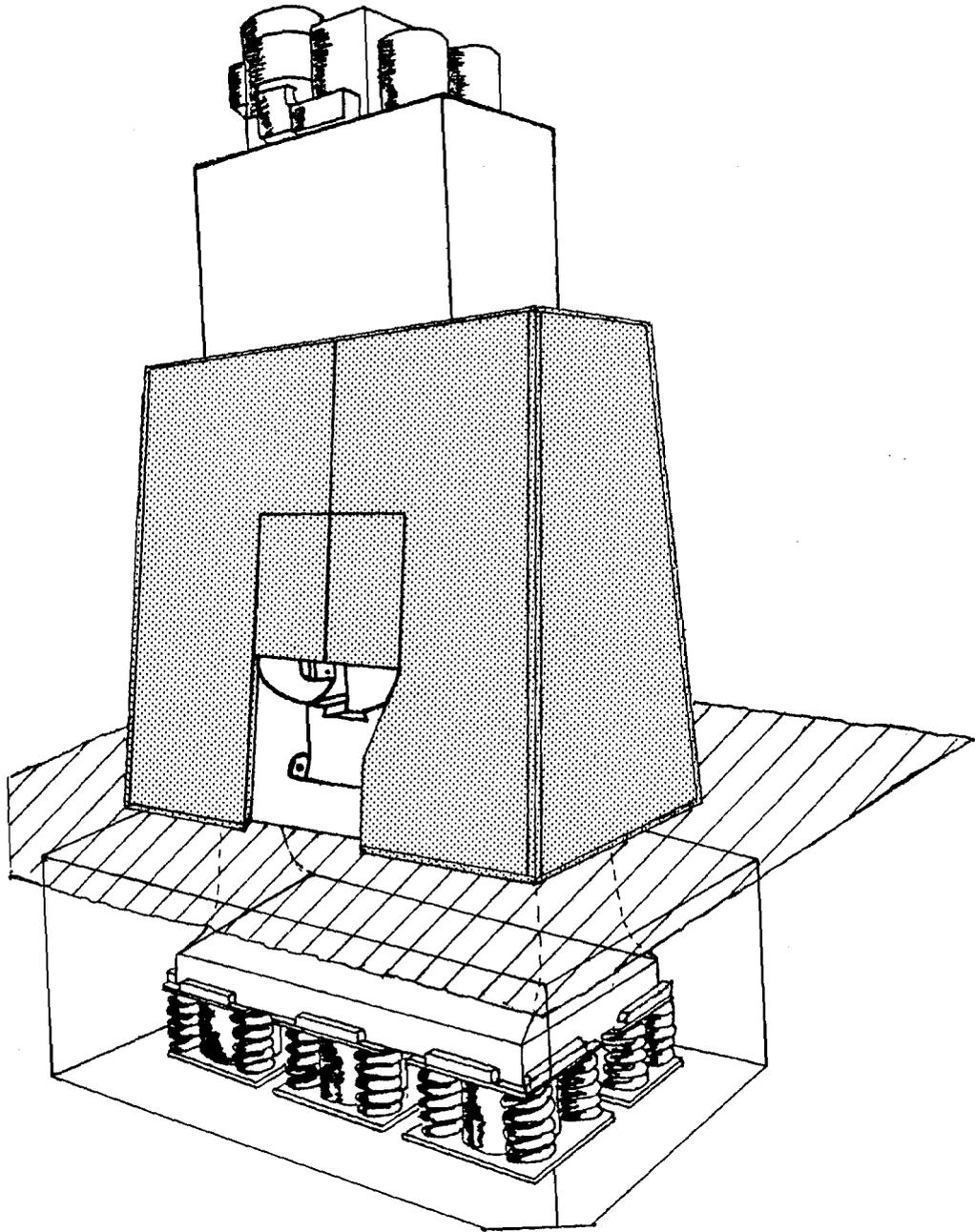


Abb. 3: Direktfederter Hammer mit Teilkapselung

5.2. Erfasste Betriebszustände

Auf den drei ausgewählten Hämmern wurde während der Untersuchungen vergleichbar geschmiedet; es wurden je Arbeitsspiel fünf Schläge ausgeführt.

Folgende Stücke wurden auf den drei Hämmern geschmiedet:

Hammer 13, Spurstangen-Kopf,	250 108
Hammer 20, Gabelkupplung,	232 013
Hammer 21, Schaltgabel,	025 372.

Jedes Arbeitsspiel wurde viermal erfaßt.

5.3. Meßdurchführung

Jeder der drei Hämmer wurde nacheinander im gekapselten und im ungekapselten Zustand untersucht. Aus den Pegelunterschieden beim Hammerbetrieb mit und ohne Kapsel wurde die erzielte Dämmwirkung abgeleitet.

Die geeignetste Meßgröße zur Beschreibung der erzielten Dämmung ist die Schalleistung. In der anstehenden Schmiedehalle war die Schalleistung jedoch wegen des geringen Abstandes der Hämmer zu den reflektierenden Flächen benachbarter Bauteile und Aggregate mit den in der LIS zur Verfügung stehenden Meßgeräten nicht korrekt zu ermitteln. Infolgedessen wurde auf die Ermittlung der Schalleistung verzichtet und die Untersuchung auf die Erfassung und Beschreibung der Schalldruckpegel abgestimmt.

5.4. Meßgrößen

Die Erfassung der Schalldruckpegel wurde auf die hier als wesentlich anzusehenden Größen L_{peak} und L_{AF} beschränkt. Dabei stellt L_{peak} den völlig unbewerteten und somit rein physikalisch abgebildeten Spitzenpegel des Schlaggeräusches dar. Der L_{AF} -Wert ist zweifach bewertet, und zwar durch die Zeitbewertung "FAST", die einen Effektivwert des Spitzenpegels mit einer Zeitkonstanten T von 125 ms abbildet und durch die dem menschlichen Gehör angepaßte A-Bewertung.

Auf die Ermittlung von L_{AI} -Werten wurde aus meßtechnischen Gründen verzichtet.

5.5. Lage der Meßpunkte

Die Erfassung der Geräusche erfolgte bei jedem der drei Hämmer an insgesamt zwölf Meßpunkten, davon befanden sich acht Punkte im Nahbereich des Hammers, zwei im Diffusfeld der Halle in 10 m Abstand des jeweils untersuchten Hammers und zwei im Freifeld außerhalb der Schmiedehalle in 25 und 50 m Abstand von der freien Hallenquerwand.

Abb. 4 zeigt die Lage der im Nahbereich des jeweiligen Hammers ausgewählten Meßpunkte. Der Meßpunkt 2 ist dabei etwa dem Arbeitsplatz des Hammerführers zuzuordnen. Hier und auch an den Meßpunkten 1 und 3 war aufgrund der Hammeranordnung von starken Reflexionen auszugehen. Im Gegensatz dazu befanden sich die auf dem zur Hallenmitte hin gelegenen Höhenprofil liegenden Meßpunkte 4 bis 8 in einem kaum reflektierenden Bereich.

In Abb. 5 sind die Standorte der drei ausgewählten Hämmer 13, 20 und 21 durch die ausgefüllten Rechtecke gekennzeichnet. Für den Hammer 13 ist in dieser Abb. 5 nochmals die Lage der im Nahbereich festgelegten Meßpunkte 1 ... 8 angegeben, außerdem ist für die Untersuchung dieses Hammers die Lage der im Diffusfeld der Halle angeordneten Meßpunkte 9 und 10 gekennzeichnet. Diese beiden Meßpunkte lagen in 10 m Abstand von dem jeweils untersuchten Hammer auf der Hallenlängsachse in 1,5 bzw. 3 m Höhe über Hallenboden. Die hier gewonnenen Meßwerte dienen zur Beschreibung der Dämmwirkung im diffusen Schallfeldbereich und auch für den Bereich weiterer Arbeitsplätze.

Die mit I und II bezeichneten Meßpunkte 11 und 12 - Abb. 5 - befanden sich außerhalb der Schmiedehalle in 25 bzw. 50 m Abstand von der zu einem Waldgelände hin gelegenen Hallenquerwand in 1,5 m Höhe über dem Boden. Aus den hier gewonnenen Meßwerten wird auf die im Nachbarschaftsbereich zu erreichende Minderung geschlossen.

5.6. Meßwerterfassung

Folgende Meßgeräte wurden benutzt:

a) vor Ort

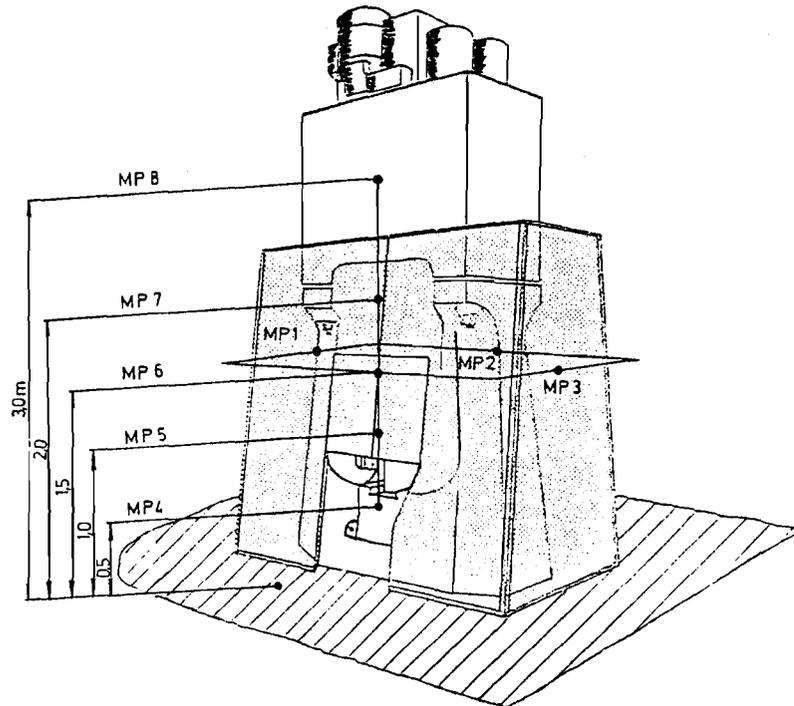
1/2" Kondensatormikrofone	Typ 4165	Brüel & Kjaer
Schallpegelmesser	Typ 4426	Brüel & Kjaer
Pegelschreiber	Typ 2309	Brüel & Kjaer
PCM-Recorder	Typ SL 2000	Sony
PCM-Audio Processor	Typ PCM-F 1	Sony

b) für die Auswertung im Labor

FFT Analysator	Typ 660 A	Nicolet
Dual-Oszilloscop	Typ 9400	Le Groy

Die vor Ort eingesetzten Geräte waren für die einzelnen Aufgaben folgendermaßen zusammengeschaltet:

An den Innenmeßpunkten 1 ... 10 wurden die Schalldrucksignale über die Kondens-



Abstand der Meßpunkte von den Hammerumrissen etwa 1 m

Abb. 4: Lage der Meßpunkte im Nahfeld des Hammers

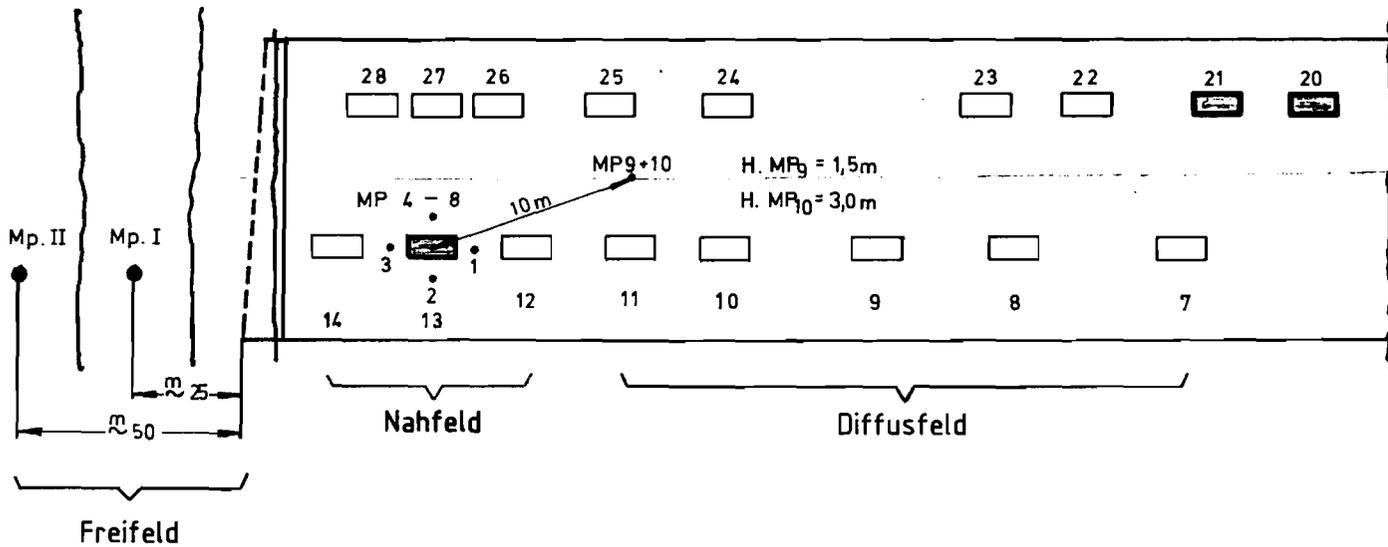


Abb. 5: Aufstellungsplan der Hämmer in der Schmiedehalle und Lage der Meßpunkte im Innen- und Außenbereich

satormikrofone in Wechselspannungen umgewandelt und unbewertet auf der Sony-PCM-Anlage abgespeichert. Der lineare Meßbereich dieser Meßkette reicht frequenzmäßig von etwa 5 Hz bis 20 kHz, der Dynamikbereich umfaßt 70 dB.

An den Außenmeßpunkten I und II wurden die mittels Kondensatormikrofone umgewandelten Meßspannungen über die Meßverstärker frequenz- und zeitbewertet und dem Zweikanal-Pegelschreiber zugeführt. Der Meßbereich dieser Kette reicht frequenzmäßig von 2 Hz ... 20 kHz und pegelmäßig über 50 dB.

Da bei der eingesetzten PCM-Anlage nur vier Aufzeichnungskanäle zur Verfügung standen, konnten die Messungen an den zehn Innenmeßpunkten nicht gleichzeitig vorgenommen werden. Es wurden jeweils drei Meßreihen nacheinander vorgenommen, und zwar wurden bei der 1. Meßreihe die Meßpunkte 1, 2, 3 und 6 belegt, bei der 2. Meßreihe die Meßpunkte 4, 5, 7 und 6 und bei der 3. Meßreihe die Meßpunkte 8, 9, 10 und 6. Daraus ist zu erkennen, daß der Punkt 6 in alle drei Meßreihen einbezogen war; er diente zur Normierung der nacheinander erfaßten Meßwerte auf eine einheitliche Bezugsgröße.

Die Anzahl der Einzelergebnisse wurde außerdem noch durch Wiederholungsmessungen erhöht, die zur Absicherung der Meßwerte vorgenommen wurden. Jede Messung wurde dreifach wiederholt, d.h. bei vier Arbeitsspielen durchgeführt. Infolgedessen fielen bei fünf Schlägen je Arbeitsspiel bei jeder Meßreihe insgesamt 20 Einzelergebnisse an. Diese Ergebnisse wurden nach unterschiedlichen Verfahren aufgearbeitet und zu Mittelwerten zusammengefaßt.

6. Beschreibung der Meßsignale und deren Auswertung

Die Abbildungen 6 und 7 dienen zur Veranschaulichung der hier interessierenden Schallereignisse und der dafür von der LIS festgelegten Auswertemethode. Ausgewählt wurden Aufzeichnungen beim Betrieb des ungekapselten Hammers 20 über ein Arbeitsspiel am "Bezugsmeßpunkt" 6. Abb. 6 beschreibt den zeitlichen Verlauf des Schallwechseldrucks $p(t)$. Der 1. Schlag - ein weicher Verformungsschlag - verursacht relativ geringe Wechseldrucke mit einem Maximalwert von etwa $p = 10 \text{ N/m}^2$. Die weiteren Schläge führen zu annähernd stetig ansteigenden Drucken mit Maximalwerten bis zu $p = 100 \text{ N/m}^2$ beim 5. Schlag - einem harten, schmiedetechnisch notwendigen Prellschlag -. Die Einwirkungszeit der einzelnen Schallereignisse liegt im Bereich bis zu etwa 100 ms, wobei auf die Maximalwerte Zeiten unter 10 ms entfallen. Dieser Signalverlauf ist, wenn man die Höhe der Ausschläge für die zeitliche Folge unbeachtet läßt, repräsentativ für alle Aufzeichnungen der Versuchsreihe.

Abb. 7 zeigt beispielhaft die Pegelzeitverläufe $L_{\text{peak}}(t)$ und $L_{\text{AF}}(t)$, die aus den Schallwechseldrucken aus Abb. 6 für den ungekapselten Hammer 20 am Bezugspunkt 6 ermittelt wurden. Der obere Schrieb in Abb. 7 zeigt nochmals den Schallwechseldruckzeitverlauf in zeitlich gestraffter Form, wobei jedoch zu beachten ist, daß für alle fünf Schläge nur jeweils der Schallwechseldruckverlauf

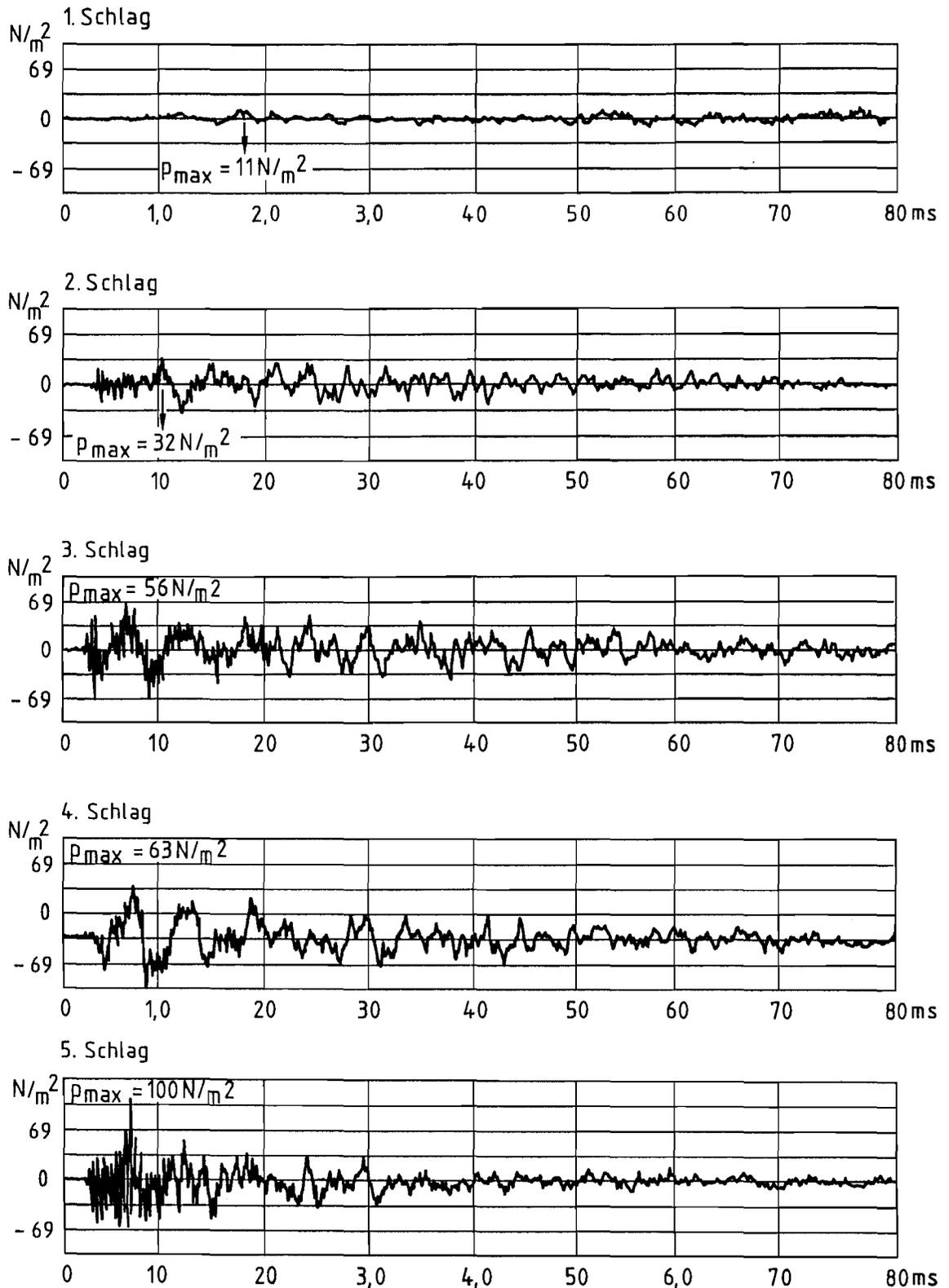


Abb. 6: Schallwechseldruckverlauf $p(t)$ beim Betrieb des ungekapselten Hammers 20 über ein Arbeitsspiel am Mp. 6

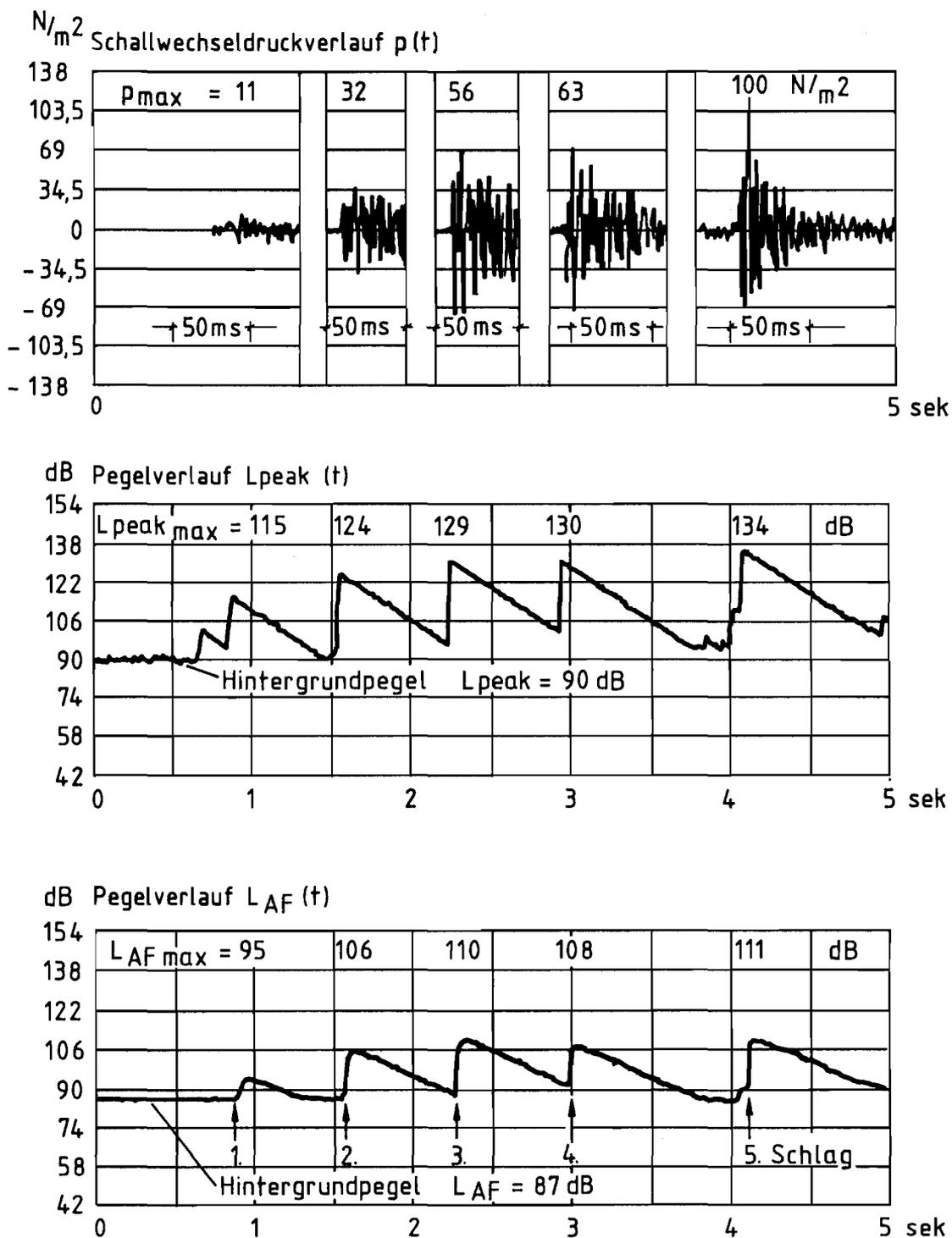


Abb. 7: Gegenüberstellung des Schallwechseldruckzeitverlaufs $p(t)$, des Pegelzeitverlaufs $L_{peak}(t)$ und des bewerteten Pegelzeitverlaufs $L_{AF}(t)$ beim Betrieb des ungekapselten Hammers 20 über ein Arbeitsspiel am Mp. 6

unmittelbar nach den Schlägen wiedergegeben ist und es sich somit hier um einen nicht durchlaufenden Schrieb handelt. Dies hat einen meßtechnischen Grund, die Speichertiefe des o.g. Oszilloscops reicht nicht aus, um die fünf Schallwechseldruckverläufe in dem hier für die Wiedergabe der Pegelzeitverläufe gewählten Zeitfenster von 5 Sekunden richtig zu erfassen.

Der mittlere Schrieb in Abb. 7 kennzeichnet die Pegelspitzen L_{peak} und der untere Schrieb die zu jedem Schlag gehörenden L_{AF} -Werte. Das nach jeder Pegelspitze auftretende sägezahnförmige Abklingen der Schriebe hängt mit der Pegelerfassung zusammen; je nach Meßgröße und eingesetztem Meßgerät sind bestimmte nicht eindeutig festgelegte Abfallzeitkonstanten vorhanden.

Für das hier betrachtete Arbeitsspiel liegen die L_{peak} -Werte zwischen 115 und 134 dB und die zugehörigen L_{AF} -Werte zwischen 95 und 111 dB. Dabei sind die L_{peak} -Werte für alle hier anfallenden Schallereignisse durch die Beziehung

$$L_{\text{peak}} = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \text{ dB}; \quad p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2 \quad (1)$$

mit den Schallwechseldruckspitzen verknüpft. Die A- und "FAST"-bewerteten Pegelwerte liegen je nach Art des Schlages und der dadurch verursachten Schlaggeräusche zwischen 18 und 23 dB unter den zugehörigen L_{peak} -Werten.

6.1. Auswertemethode

Die Einzelereignisse jedes Arbeitsspiels wurden zu unterschiedlichen Einwertangaben zusammengefaßt. Eine Mittelung über die Zeit der einzelnen Arbeitsspiele schied hier aus, da die zeitliche Folge der Schläge bei den unterschiedlichen Arbeitsspielen infolge der manuellen Steuerung untereinander nicht vergleichbar ist. Im 1. Schritt wurden die Maximalwerte L_{peak} und L_{AF} der fünf Einzelereignisse jedes Arbeitsspiels energetisch gemittelt und zu einem Einzelwert zur Kennzeichnung der einzelnen Arbeitsspiele zusammengefaßt.

1. Schritt

Energetische Mittelung der Maximalwerte L_{peak} und L_{AF} der fünf Schläge für jeden Meßpunkt

$$L (M_{\text{px}})_k = 10 \lg \left(\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 10^{0,1 L (M_{\text{px}})_{ki}} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

- x Bezeichnung des Meßpunktes 1 ... 10
- k Index des Arbeitsspiels
- i Index des Schlages

Für das hier in Abb. 7 beispielhaft herausgestellte Arbeitsspiel des ungekap-selten Hammers 20 ergeben sich nach Gl. 2 folgende energetische Mittelwerte:

$$L_{\text{peak}} (\text{Mp. 6}) = 129 \text{ dB} \quad \text{und}$$

$$L_{\text{AF}} (\text{Mp. 6}) = 108 \text{ dB.}$$

Infolge der drei Wiederholungsmessungen fallen für jeden Meßpunkt insgesamt vier der v.g. energetischen Mittelwertpaare an, für den Bezugspunkt 6 wegen der drei überlappenden Versuchsreihen sogar 12; sie werden durch arithmetische Mittelung zu Einwertangaben für jede Versuchsreihe zusammengefaßt.

2. Schritt

Arithmetische Mittelung der nach Gl. 2 errechneten energetischen Mittelwerte aus vier Arbeitsspielen

$$\bar{L} (M_{\text{px}}) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 L (M_{\text{px}})_k \quad \text{dB} \quad (3)$$

Für den aus gerätetechnischen Gründen eingeführten Bezugsmeßpunkt 6 - vgl. 5.6 - fallen für jede Versuchsreihe drei der nach Gl. 3 errechneten Mittelwertpaare $\bar{L} (\text{Mp. 6})$ an. Diese werden jeweils durch eine weitere arithmetische Mittelung zusammengefaßt.

3. Schritt

Arithmetische Mittelung der nach Gl. 3 für jede Versuchsreihe am Mp. 6 errechneten drei Mittelwertpaare

$$\overline{\bar{L} (\text{Mp. 6})} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \bar{L} (\text{Mp. 6}) \quad \text{dB} \quad (4)$$

Auf diese $\overline{\bar{L} (\text{Mp. 6})}$ -Werte werden abschließend alle übrigen Einwertangaben jedes Versuchs normiert. Diese Normierung ist notwendig, weil die Ausgangswerte jedes Versuchs an den Meßpunkten 1 ... 10 nicht gleichzeitig anfielen, sondern aus jeweils drei unterschiedlichen Meßreihen stammen, die aber alle über die Werte am Mp. 6 miteinander verknüpft sind.

4. Schritt

Normierung der nach Gl. 3 errechneten Einwertangaben auf die für den Bezugsmeßpunkt 6 nach Gl. 4 errechnete Bezugsgröße \bar{L} (Mp. 6)

$$\bar{L}_{\text{normiert}} (M_{\text{px}}) = \bar{L} (M_{\text{px}}) + \overline{L (\text{Mp. 6})} - \bar{L} (\text{Mp. 6}) \quad (5)$$

6.2. Ermittlung der Dämmwirkung

Die Wirksamkeit der Teilkapselung an den unterschiedlichen Stellen des Schallfeldes - Nahfeld, Diffusfeld und Freifeld - ergibt sich aus der Differenz der normierten Pegelwerte, die bei den Versuchen mit und ohne Kapsel für die einzelnen Stellen ermittelt wurden.

Zur weiteren Beschreibung der Dämmwirkung dient der Vergleich von Schmalbandspektren, die jeweils beim Betrieb der drei untersuchten Hämmer am Bezugsmeßpunkt 6 mit und ohne Kapsel bei einem als repräsentativ für den gesamten Versuch anzunehmenden Prellschlag ermittelt wurden. Zur Ermittlung dieser Spektren wurde der FFT Analysator benutzt, wobei auf das Zeitsignal eine \cos^4 -Hanning-Gewichtung symmetrisch auf den Zeitpunkt des Pegelmaximas angewandt wurde.

7. H i n w e i s e z u r g e w ä h l t e n A u s w e r t e m e t h o d e

Die Auswertemethodik ist aus der Zielvorstellung - Beschreibung der erzielten Kapselwirkung - abgeleitet worden. Die möglicherweise aufkommende Frage nach der Beurteilung der Geräuscheinwirkung, z.B. auf den Menschen am Arbeitsplatz, war hier nicht Gegenstand der Untersuchung und blieb deshalb bei der Auswertung unberücksichtigt. Dies bezieht sich insbesondere auf die Zeitstruktur, die hier völlig unbeachtet blieb; die herausgestellten Einzahlangaben sind keine zeitlichen Mittelungspegel, sondern gemittelte Pegelmaximalwerte. Diese Vorgehensweise vereinfachte das Auswerteverfahren und beinhaltet trotzdem mit Blick auf das gesteckte Ziel keine Nachteile.

Die hier wiedergegebenen Schmalbandspektren sind losgelöst von den ausgeworfenen Gesamtpegeln zu betrachten; sie beschreiben keine gemittelten Schallereignisse, sondern die durch Prellschläge verursachten Schlaggeräusche.

8. E r g e b n i s s e d e r M e s s u n g e n

Zur Veranschaulichung der angefallenen Einzelergebnisse sind in den Zahlentafeln 1 und 2 beispielhaft alle Meßwerte aufgegliedert, die beim Betrieb des ungekapselten Hammers 20 an den Innenmeßpunkten 1 ... 10 erfaßt wurden.

Zahlentafel 1: Schallpegel L_{peak} beim Betrieb des ungekapselten Hammers 20

Schlag	Arbeits- spiel (AS)	MP6	MP1	MP2	MP3	MP6	MP4	MP5	MP7	MP6	MP8	MP9	MP10
1	1.	119,4	119,4	120,6	118,3	111,3	113,1	112,5	102	115	113,3	100,6	100
2		127,5	126,3	128,8	124,5	123,8	126,3	124,4	126,4	124,4	122	110	111,3
3		134,4	128,1	131,9	125,8	131,9	131,9	129,4	132	128,8	126,4	115,6	115,6
4		132,5	128,1	131,9	125,1	130,0	131,3	130,6	132	129,4	127	116,3	116,3
5		136,3	130,6	137,5	130,8	135	136,3	135	133,3	133,8	128,3	113,1	113,8
energ. Mittelwert des 1. AS		132,8	127,7	132,8	126,5	130,8	131,8	130,4	130,6	129,3	125,5	113,4	113,7
1	2.	112,5	110,6	113,1	108,3	118,1	116,9	117,5	117,6	117,5	115,8	105,6	103,1
2		125	121,9	124,4	124,5	127,5	130,6	127,5	130,1	127,5	125,1	114,4	112,5
3		129,4	126,3	130,6	125,1	130	135	135	132,6	130	130,8	119,4	118,1
4		131,9	124,4	132,5	128,3	130	135,6	133,1	132,6	129,4	130,8	117,5	117,5
5		139,4	130	139,4	130,4	131,9	133,8	133,1	132	131,9	132,6	115,6	116,3
energ. Mittelwert des 2. AS		133,6	125,7	133,8	126,8	129,2	133,2	132	131	129,1	129,6	116,2	115,6
1	3.	116,9	113,1	116,9	111,4	119,4	119,4	118,1	118,9	115,6	117,6	105,6	104,4
2		128,8	126,9	129,4	127	130	131,3	128,8	130,8	126,9	126,4	115,6	115
3		131,3	127,5	132,5	128,3	130	133,8	133,1	131,4	135	132	118,8	117,5
4		133,1	127,5	133,8	127,6	132,5	136,3	135	133,9	131,3	133,3	115,6	118,1
5		138,1	130,6	136,9	129,5	137,5	138,1	137,5	138,9	136,3	132,6	118,1	116,3
energ. Mittelwert des 3. AS		133,3	127,5	133	127,3	132,8	134,6	133,7	134,1	132,7	130,8	116,4	116
1	4.	116,9	117,5	119,4	113,9	117,5	115,6	113,8	116,4	135,6	134,5	116,3	118,1
2		125,6	124,4	127,5	123,3	125	127,5	126,3	129,5	126,9	124,5	112,5	115
3		133,1	128,1	132,5	125,1	131,9	132,5	131,3	132	129,4	129,9	116,3	116,9
4		131,3	125,6	130,6	125,1	130	131,3	130,6	133,3	135,6	132,6	116,3	118,8
5		135,6	130	137,5	130,1	134,4	138,8	139,4	137,6	130,6	129,4	113,8	113,1
energ. Mittelwert des 4. AS		131,7	126,7	132,6	125,8	130,6	133,5	133,7	133,2	132,9	131,2	115,3	116,8
arithmetischer Mittelwert der 4 energ. Mittelwerte		132,9	126,9	133,1	126,6	130,8	133,3	132,5	132,2	131	129,3	115,3	115,5

Zahlentafel 2: Schallpegel L_{AF} beim Betrieb des ungekapselten Hammers 20

Schlag	Arbeits- spiel (AS)	MP6	MP1	MP2	MP3	MP6	MP4	MP5	MP7	MP6	MP8	MP9	MP10
1	1.	100,6	97,5	100	97	94,4	93,1	93,1	93,9	95	92,6	81,9	82,5
2		108,1	103,8	106,9	102,6	105,6	102,5	104,4	104,5	105,6	102	93,1	91,9
3		112,5	108,8	111,9	107	111,3	109,4	108,8	110,1	110	105,8	97,5	97,5
4		110	108,8	110,6	106,4	109,4	107,5	108,8	108,9	108,1	105,8	97,5	96,9
5		116,9	113,1	116,9	112	114,4	114,4	113,8	112,6	111,3	105,8	96,9	97,5
energ. Mittelwert des 1. AS		112,3	108,9	112,1	107,4	110,3	109,4	109,3	108,9	108,3	104,2	95,6	95,5
1	2.	93,1	90,6	93,8	88,3	98,1	96,3	97,5	98,9	98,8	96,4	85,6	86,3
2		105	101,9	105	103,3	108,8	106,3	106,9	107,6	108,1	104,5	96,3	95,6
3		110	105,6	110	105,8	113,8	113,1	111,9	112	113,1	107,6	99,4	99,4
4		110,6	105,6	111,3	106,4	110	112,5	111,3	111,4	110,6	109,1	98,8	99,4
5		118,8	111,3	116,9	112	111,3	111,9	111,3	110,8	113,1	108,9	98,1	98,8
energ. Mittelwert des 2. AS		113	106,5	111,8	107,2	110,5	110,7	109,8	109,8	110,7	107	97,4	97,6
1	3.	96,9	95	97,5	92	100	98,1	98,8	99,5	98,1	96,4	86,3	86,3
2		108,8	106,3	110	104,5	108,8	107,5	108,8	108,3	108,1	105,8	96,9	96,3
3		112,5	108,1	111,3	107,6	111,3	112,5	111,3	110,8	113,8	109,5	100	100
4		111,3	108,8	111,9	107,6	111,3	113,1	111,9	112	113,1	109,5	100	100,6
5		118,1	112,5	116,9	111,4	117,5	116,3	116,3	117	115,6	110,1	100,6	100,6
energ. Mittelwert des 3. AS		113,2	108,6	112,5	107,5	112,6	112,4	112	112,3	112,4	108,1	98,7	98,8
1	4.	98,1	96,3	97,5	92,6	96,3	94,4	95	97,6	115,6	110,8	101,3	101,3
2		106,9	104,4	107,5	103,9	106,9	105	105,6	105,8	107,5	102,6	95	95,6
3		112,5	107,5	111,3	105,1	110,6	109,4	110	110,8	110,6	107	98,8	98,8
4		109,4	106,9	110	105,8	109,4	108,1	109,4	109,5	113,1	109,1	100	100,6
5		116,9	113,1	116,9	112	115,6	116,9	116,9	116,4	110,6	106,4	96,9	96,9
energ. Mittelwert des 4. AS		112,1	108,3	112	107,1	110,9	111,3	111,6	111,4	112,3	108	98,9	99,1
arithmetischer Mittelwert der 4 energ. Mittelwerte		112,6	108,1	112,1	107,3	111,1	111	110,7	110,6	110,9	106,8	97,7	97,8

Die Tafel 1 enthält die L_{peak} -Werte und die Tafel 2 die zugehörigen L_{AF} -Werte aus 12 Arbeitsspielen mit insgesamt 60 Schmiedeschlägen. Gleichzeitig aufgenommen wurden die Meßwerte an den Punkten 6, 1, 2 und 3 sowie 6, 4, 5 und 7 und 6, 8, 9 und 10.

Wie schon durch Abb. 7 aufgezeigt, liegen die durch den Verformungsschlag (1. Schlag) ausgelösten Maximalpegel im Mittel um etwa 15 dB niedriger als die durch Prellschläge (5. Schlag) verursachten Maximalpegel.

Die Differenz zwischen zugehörigen L_{peak} - und L_{AF} -Werten liegt in der Größenordnung um 20 dB; um diesen Betrag liegen die L_{peak} -Werte über den entsprechenden L_{AF} -Werten.

Die energetischen Mittelwerte eines jeden Arbeitsspiels liegen dicht unterhalb der Maximalwerte. Von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel unterscheiden sich die energetischen Mittelwerte nur geringfügig; die über alle Spiele gemittelten Werte unterscheiden sich von den minimalen und maximalen Einzelwerten meist nur um etwa 1 dB.

Auch die am Bezugspunkt 6 über 12 Arbeitsspiele gemittelten Bezugswerte von $L_{\text{peak}} = 132$ dB bzw. $L_{\text{AF}} = 112$ dB zeigen nur maximal 1 dB Abweichungen zu den für jede der drei Versuchsreihen über vier Arbeitsspiele gemittelten Werten. Die Normierung aller Meßwerte auf die v.g. Bezugswerte ergab somit nur geringe Verschiebungen. In Zahlentafel 3 sind zur Veranschaulichung die normierten Werte den Ausgangswerten für den ungekapselten Hammer 20 gegenübergestellt. Die hier aufgezeigten Unterschiede entsprechen in etwa auch denen der übrigen Untersuchungsergebnisse. Infolgedessen wird auf die Wiedergabe der weiteren Ausgangswerte verzichtet.

In Zahlentafel 4 sind alle auf den Bezugswert normierten Pegel wiedergegeben, die sich beim Betrieb der drei ungekapselten Hämmer ergaben. Die Hämmer 13 und 21 können danach als etwa gleich geräuschstark eingestuft werden; der Hammer 20 ist dagegen im Mittel um etwa 3 dB leiser. Möglicherweise wirkt sich bei diesem geräuschärmeren Hammer 20 die Ausführungskombination geteiltes Graugußgestell und Direktfederung geräuschmindernd gegenüber den beiden anderen Kombinationen geteiltes Graugußgestell und feste Gründung beim Hammer 13 bzw. einteiliges Stahlgußgestell und Direktfederung beim Hammer 21 aus. Diese in Fachkreisen vermutete Aussage sollte jedoch vor einer Verallgemeinerung durch weitere Untersuchungen besser abgesichert werden. Hier kann lediglich auf einen möglichen Trend hingewiesen werden.

In Zahlentafel 5 sind die normierten Mittelwerte für die gekapselten Hämmer aufgeführt. Diese Auflistung zeigt, daß alle drei untersuchten Hämmer an den vergleichbaren Meßpunkten annähernd gleiche Pegelwerte verursachten; der Hammer 20 ist somit im gekapselten Zustand nicht mehr geräuschärmer. Die Dämmwirkung der Kapsel muß folglich beim Hammer 20 geringer sein als bei den beiden übrigen Hämmern.

Zahlentafel 3: Gegenüberstellung der gerundeten Pegelwerte für den ungekapselten Hammer 20 vor und nach der Normierung

a) L_{peak} -Werte Bezugsgröße am MP6 : $L_{\text{peak}} = 132$ dB

Hammer 20	MP6	MP1	MP2	MP3	MP6	MP4	MP5	MP7	MP6	MP8	MP9	MP10
Ausgangswerte	133	127	133	127	131	133	132	132	131	129	115	115
normierte Werte	132	126	132	126	132	134	133	133	132	130	116	116

a) L_{AF} -Werte Bezugsgröße am MP6 : $L_{\text{AF}} = 112$ dB

Hammer 20	MP6	MP1	MP2	MP3	MP6	MP4	MP5	MP7	MP6	MP8	MP9	MP10
Ausgangswerte	113	108	112	107	111	111	111	111	111	107	98	98
normierte Werte	112	107	111	106	112	112	112	112	112	108	99	99

Zahlentafel 4: Gegenüberstellung der normierten Mittelwerte beim Betrieb der drei ungekapselten Hämmer 13, 20 und 21

a) normierte L_{peak} -Werte

Hammer	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10
13	131	135	131	135	134	136	135	134	118	117
20	126	132	126	134	133	132	133	130	116	116
21	130	134	129	137	137	135	137	134	117	117

a) normierte L_{AF} -Werte

Hammer	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10
13	110	116	111	113	114	115	114	111	101	101
20	107	111	106	112	112	112	112	108	99	99
21	112	115	111	114	115	115	114	112	100	101

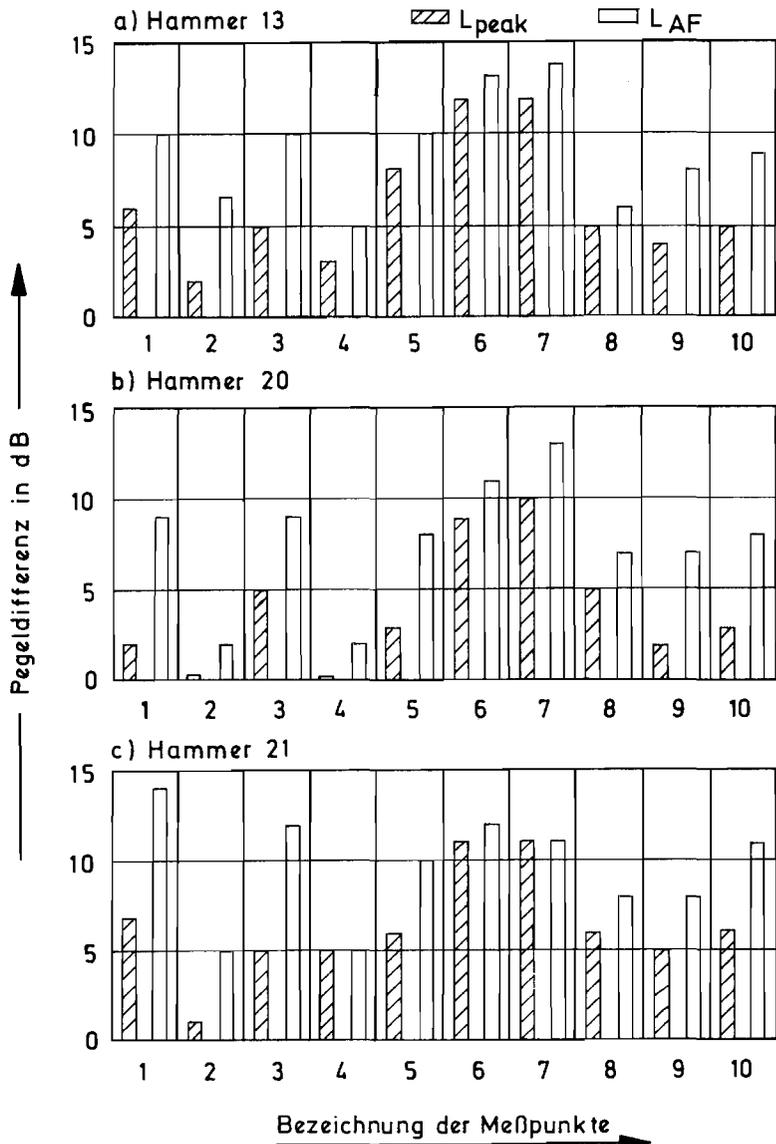
Zahlentafel 5: Gegenüberstellung der normierten Mittelwerte beim Betrieb der drei gekapselten Hämmer 13, 20 und 21

a) normierte L_{peak} -Werte

Hammer	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10
13	125	133	126	132	126	124	123	129	114	112
20	124	132	121	134	130	123	123	125	114	113
21	123	133	124	132	131	124	126	128	112	111

a) normierte L_{AF} -Werte

Hammer	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10
13	100	109	101	108	104	102	100	105	93	92
20	98	109	97	110	104	101	99	101	92	91
21	98	110	99	109	105	103	103	104	92	90



Lage der Meßpunkte 1 ... 8

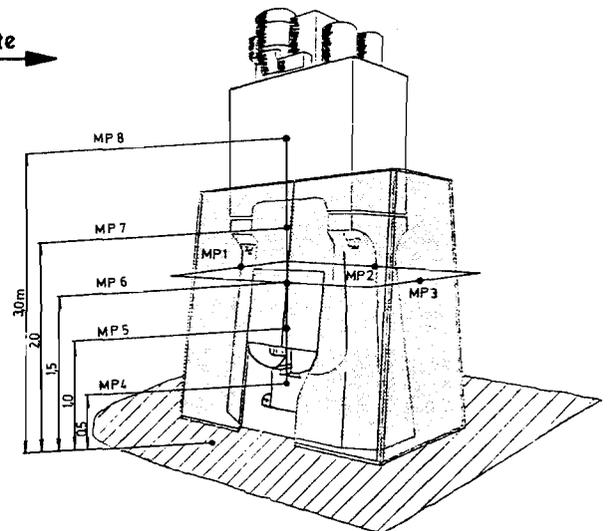


Abb. 8: Pegeldifferenzen zwischen gekapseltem und ungekapseltem Betrieb der drei untersuchten Hämmer

8.1. Pegelminderung durch die Teilkapselung

In Abb. 8 sind für alle drei untersuchten Hämmer die an den einzelnen Meßpunkten aus den Zahlentafeln 4 und 5 herausgefundenen Pegeldifferenzen zwischen dem ungekapselten und gekapselten Betriebszustand graphisch dargestellt. Zur besseren Einordnung der einzelnen Dämmwerte ist die Skizze mit den im Nahfeld der Hämmer befindlichen Meßpunkten 1 ... 8 ebenfalls mit aufgeführt; die in der Skizze fehlenden Meßpunkte 9 und 10 beziehen sich - wie Abb. 5 zeigt - auf das Diffusfeld in 10 m Abstand von den Hämmern.

Aus Abb. 8 sind folgende Ergebnisse zu erkennen:

a)

Die Pegeldifferenzen in L_{peak} sind durchweg geringer als in L_{AF} . Auf den ersten Blick ein unverständliches Ergebnis, denn allgemein wird erwartet, daß bei einem impulshaltigen Geräusch durch eine Kapsel insbesondere die Spitzen gedämmt werden. Aus dem nachstehenden Schmalbandspektrum eines Schlaggeräusches ist zu erkennen, warum dies hier nicht so ist.

Das Schmalbandspektrum - Abb. 9 - zeigt, daß die höchsten Pegel im niederfrequenten Bereich unter 200 Hz auftreten. Hierdurch wird der L_{peak} -Pegel im wesentlichen bestimmt. Der L_{AF} -Pegel wird dagegen vorwiegend durch die hochfrequenten Anteile geprägt. Da nun eine Kapsel die höherfrequenten Anteile bevorzugt dämmt [8], wird verständlich, daß hier die A-bewerteten Pegel durch die Teilkapselung stärker gemindert werden als die unbewerteten L_{peak} -Pegel.

b)

Die erzielten Dämmwirkungen sind sehr stark vom jeweiligen Meßort abhängig. An den Meßpunkten 1, 3, 5, 6 und 7 ist die Dämmung relativ hoch; hier wirkt die geschlossene Kapsel. An den Meßpunkten 2, 4 und 5, die im Bereich des Arbeitsraumes und damit im nur geringfügig bzw. völlig ungekapselten Bereich liegen, ist die erzielte Dämmwirkung erwartungsgemäß gering, obwohl gerade in diesem Hammerbereich die höchsten Pegel auftreten. Erwartungsgemäß gering ist die Dämmwirkung auch am Meßpunkt 8, der oberhalb der Kapsel vor dem "freien" Hammergehäuse liegt.

An den Meßpunkten 9 und 10 in 10 m Abstand von den einzelnen Hämmern liegt die Minderung der zumindest für den Nachbarschaftsbereich ausschlaggebenden L_{AF} -Pegel zwischen 8 und 11 dB. Diese Minderung ist der Gesamtwirkung der Kapsel zuzuordnen; es ist praktisch der Wertebereich, um den der A-bewertete Schalleistungspegel der Hammergeräusche durch die Teilkapselung gemindert wurde. Die im Außenbereich der Schmiede an den in Abb. 5 gekennzeichneten 25 m- und 50 m-Meßpunkten I und II im Freifeld vorgenommenen A-bewerteten Messungen führten zu vergleichbaren Minderungen von 8 ... 10 dB wie an den Meßpunkten 9 und 10 im Diffusfeld.

c)

Die am Hammer 20 erreichte Minderung ist etwas geringer als an den beiden übrigen Hämmern 13 und 21 der Versuchsreihe. Zieht man die an den Meßpunkten 9 und 10 ermittelten A-Pegeldifferenzen zum Vergleich heran, so fällt die Minderung beim Hammer 20 im Mittel um 2 dB niedriger als beim Hammer 21 und um 1 dB niedriger als beim Hammer 13 aus. Ausschlaggebend dafür ist die unterschiedliche Dämmwirkung im Arbeitsbereich; beim Hammer 20 war die Öffnung zur Bedienungs- und zur Auswurfseite hin von der Kapsel weniger abgedeckt als bei den beiden anderen Hämmern.

8.2. Frequenzabhängige Pegelminderung

In Abb. 10 ist zur Veranschaulichung der frequenzabhängigen Pegelminderung $\Delta L(f)$ ein Schmalbandspektrenpaar wiedergegeben. Beide Spektren beschreiben die Prellschlaggeräusche des Hammers 21 am Meßpunkt 6, wobei der obere Kurvenzug dem ungekapselten Hammer zuzuordnen ist und der untere dem gekapselten Hammer.

Der freie Bereich zwischen den zusammengehörigen Spektren kennzeichnet die am Meßpunkt 6 erzielte Dämmwirkung. Die Dämmung ist erwartungsgemäß im unteren Frequenzbereich relativ gering und steigt im zunehmender Frequenz stetig an.

In Abb. 11 sind für alle drei untersuchten Hämmer die frequenzabhängigen Dämmwerte gegenübergestellt. Wiedergegeben sind die aus Prellschlaggeräuschen am Meßpunkt 6 über den eingesetzten FFT-Analysator ermittelten Oktavspektren und die daraus abgeleiteten Pegelminderungen in Oktavschritten. Auch diese Zusammenstellung verdeutlicht, daß die Pegelminderung bei dem geräuschärmeren Hammer 20 niedriger liegt als bei den beiden Hämmern 13 und 21, für die etwa gleiche Minderungen festgestellt wurden.

9. Aussage der vorliegenden Ergebnisse

Die Schlaggeräusche der untersuchten Oberdruckhämmer dringen im wesentlichen aus dem Arbeitsraum heraus.

Am Meßpunkt 2, der etwa im Ohrbereich des Hammerführers liegt, wurden die höchsten Schallpegel ermittelt; sie betragen im ungekapselten Zustand bei den Hämmern 13 und 21 $L_{\text{peak}} = 135$ und 134 dB bzw. $L_{\text{AF}} = 116$ und 115 dB. Beim Hammer 20 lagen die Pegel mit $L_{\text{peak}} = 132$ dB bzw. $L_{\text{AF}} = 111$ dB niedriger.

Die geringere Schallintensität des Hammers 20 könnte mit der Kombination geteiltes Graugußgestell und Direktfederung in Zusammenhang stehen.

Die vorgenommene Teilkapselung hat alle drei untersuchten Hämmer auf etwa vergleichbare Pegel reduziert. Das bedeutet eine etwas geringere Minderung bei dem ursprünglich geräuschärmeren Hammer 20.

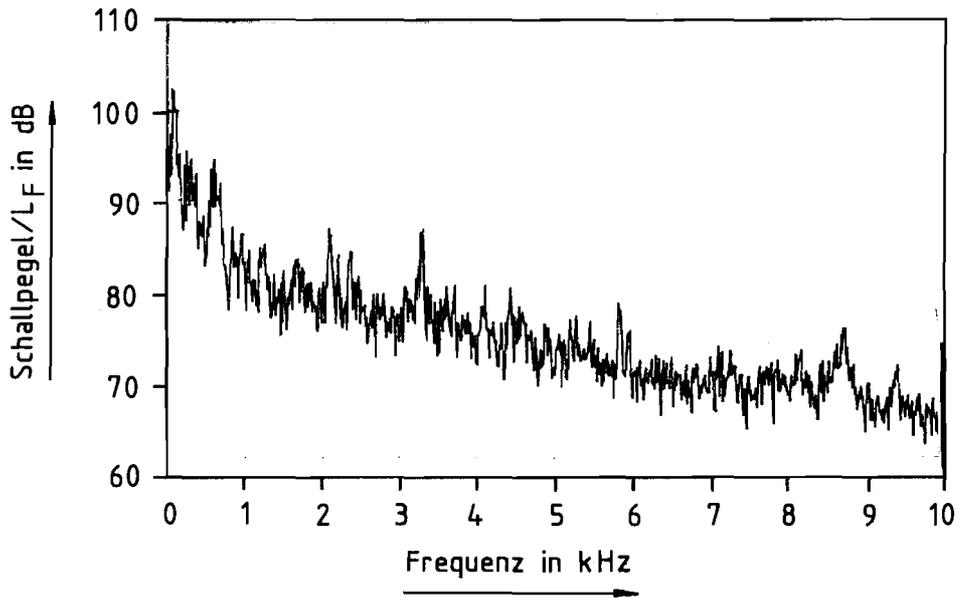


Abb. 9: Schmalbandspektrum eines Prellschlages beim Betrieb des gekapselten Hammers 20 am Mp. 6

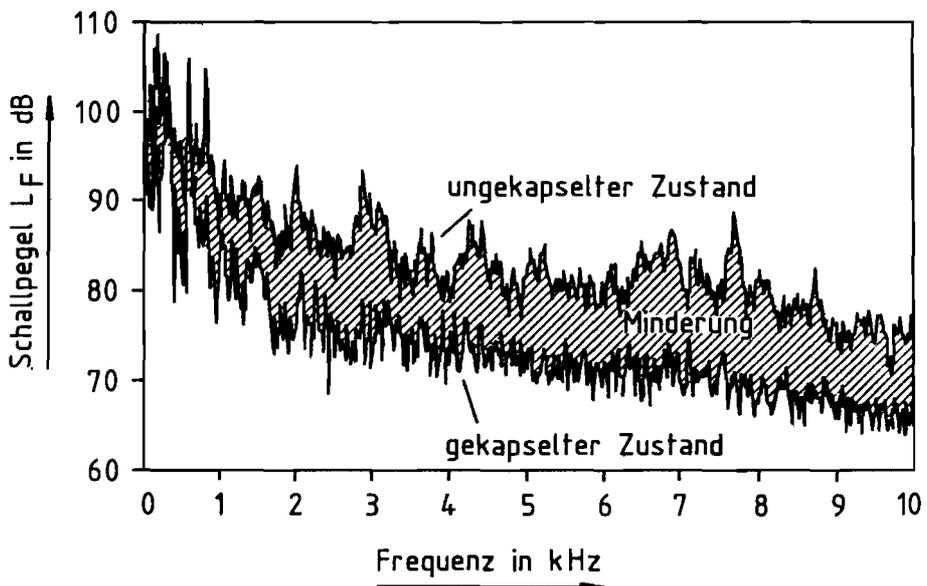


Abb. 10: Schmalbandspektren $L_F(f)$ von Prellschlägen beim Betrieb des Hammers 21, aufgenommen am Meßpunkt 6

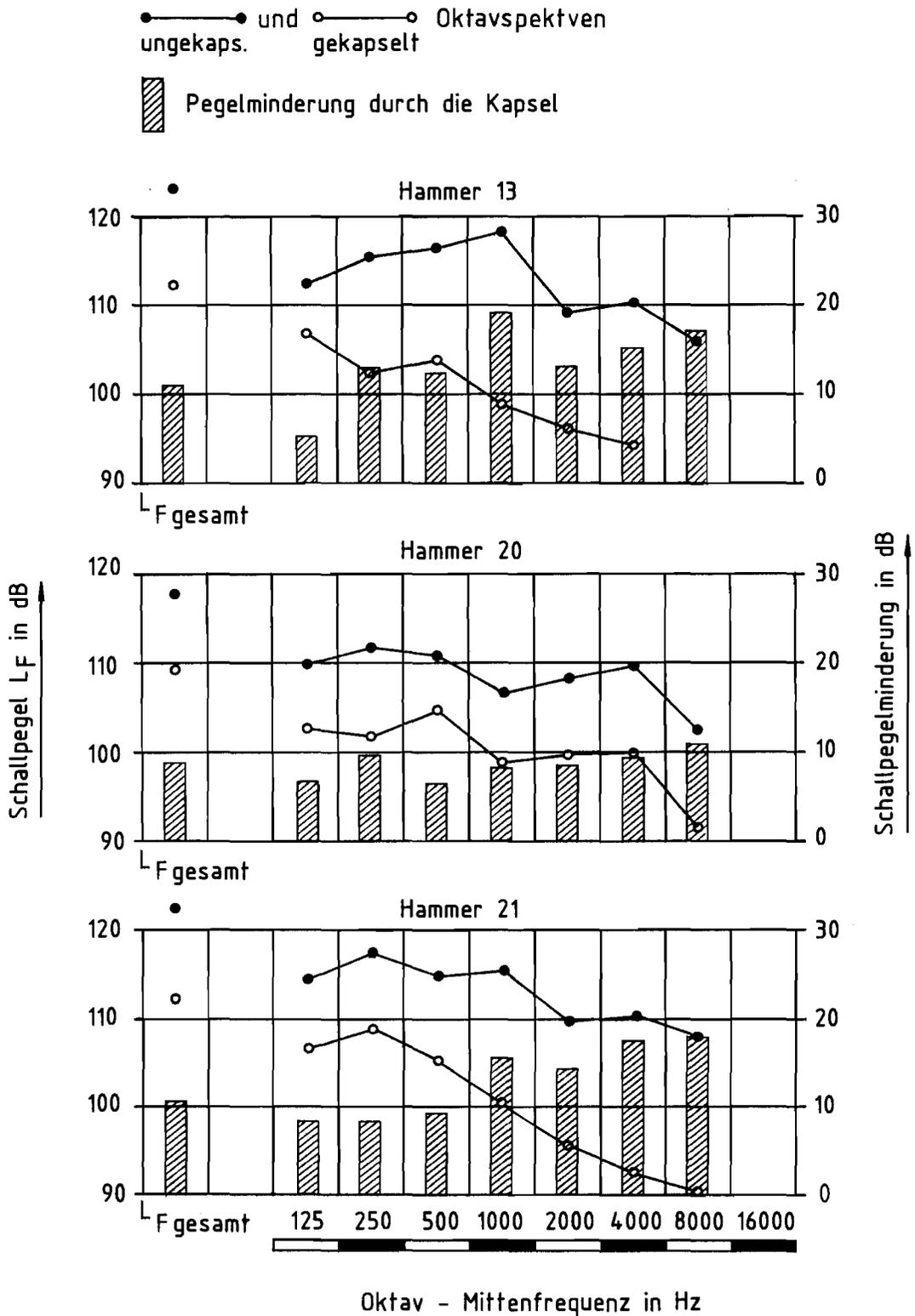


Abb. 11: Oktavspektren und Pegelminderungen von Prellschlaggeräuschen am Mp. 6

Ursache dafür ist eine größere Öffnung der Kapsel im Bereich des Arbeitsraumes.

An den im Nahfeld gelegenen Meßpunkten 1, 3, 6 und 7, in deren Bereich die Kapsel voll wirksam ist, liegt die Minderung der L_{AF} -Werte bei den Hämmern 13 und 21 zwischen 10 und 14 dB und bei dem geräuschärmeren Hammer 20 zwischen 9 und 13 dB.

Die L_{peak} -Werte wurden durch die Kapsel an allen Meßpunkten weniger gemindert als die L_{AF} -Werte. Der Unterschied liegt zwischen 1 und 7 dB. Ursache dafür ist, daß die L_{peak} -Werte im wesentlichen durch niederfrequente Anteile bestimmt werden und diese durch die Kapsel weniger stark gedämmt werden als die höherfrequenten Anteile, die aber andererseits die L_{AF} -Werte im wesentlichen bestimmen.

Die für die Nachbarschaft maßgebende Minderung wird durch die Unterschiede im Diffusfeld insbesondere an dem Meßpunkt 10 gekennzeichnet; sie liegt in dem hier für die Beurteilung ausschlaggebenden A-Wert bei den Hämmern 13 und 21 im Mittel bei 10 dB und bei dem schlechter gedämmten Hammer 20 bei etwa 8 dB. Diese Minderungen ergaben sich auch an den Außenpunkten I und II.

Die bei der bislang gewählten Kapselausführung erreichte Minderung der L_{AF} -Werte um 10 dB bewirkt in dem hier ausschlaggebenden Frequenzbereich eine Herabsetzung der empfundenen Lautheit auf etwa die Hälfte. Diese Minderung wirkt sich uneingeschränkt im Nachbarschaftsbereich aus und in geringem Maße auch innerhalb der Schmiede. Wenn auch der Schmied durch das von seinem Hammer ausgehende Schlaggeräusch durch die Kapselwirkung nur um etwa 5 dB entlastet wird, so werden doch noch die von den übrigen Hämmern an seinem Arbeitsplatz einwirkenden Schlaggeräusche durch deren Kapselung um bis zu 10 dB gemindert.

10. F o l g e r u n g e n a u s d e r U n t e r s u c h u n g

Für die Wirksamkeit einer Teilkapselung bei Oberdruckhämmern der hier vorgefundenen Ausführung ist die "Abdichtung" des Arbeitsraumes von ausschlaggebender Bedeutung. Eine Gesamtminderung von mehr als etwa 10 dB kann nur durch eine weitere Kapselung des Arbeitsraumes erzielt werden.

Ein weiteres Hochziehen der Kapsel zum Hammerkopf hin, wie auch der Einbau von Dämpfern in den Spalt am derzeitigen Gestell, der aus wärmetechnischen Gründen vorhanden sein muß, bringt nach den vorliegenden Ergebnissen keine nennenswerte Verbesserung der Kapselwirkung, solange der Arbeitsraum nicht weiter abgedichtet werden kann.

Im Zuge zunehmender Automatisierung beim Schmieden müßte zumindest ein weitgehender Abschluß des Arbeitsraumes auf der Auswurfseite möglich sein. Eine weitere Pegelminderung der abgestrahlten Schalleistung um etwa 3 dB müßte dadurch möglich sein.

Auf der Bedienungsseite wird eine weitere Abschottung des Arbeitsraumes aus arbeitstechnischen Gründen als problematisch angesehen, so daß der hier herausdringende Lärm immer die Wirksamkeit einer Kapsel beschränken wird. Selbst unter Einbeziehung einer fortschreitenden Automatisierung im Schmiedebereich muß somit nach der vorliegenden Untersuchung bei Oberdruckhämmern eine Minderung von bestenfalls etwa 13 dB durch die Teilkapselung als realistische Zielvorstellung angesehen werden. Davon sind bislang 10 dB erreicht.

Eine weitere Emissionsminderung von ca. 3 dB ist losgelöst von der Kapselung vermutlich durch die geteilte Grauguß-Gestellausführung in Verbindung mit der Direktabfederung erzielt worden. Teilkapselung, geteiltes Graugußgestell und Direktabfederung zusammen, lassen demnach eine Minderung von etwa 15 dB erwarten.

In weiteren Gesprächen mit dem Betreiber und dem Hersteller der untersuchten Hämmer wird geprüft, ob diese Zielvorstellung zumindest bei Neuanlagen allgemein in die Praxis umgesetzt werden kann.

Weiterhin wird geprüft, ob und inwieweit die an den Oberdruckhämmern gefundenen Ergebnisse auf andere Hammertypen und hierbei insbesondere auf Fallhämmer übertragen werden können.

S c h r i f t t u m

- [1] TA Lärm:
Allgemeine Verwaltungsvorschrift über genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 16 der Gewerbeordnung.
Allg. Verw. Vorschr. der BReg. vom 16. Juli 1968.
- [2] VDI-Richtlinie 2058, Blatt 2, Entwurf:
Beurteilung von Arbeits- und Freizeitlärm hinsichtlich Gehörschäden.
Ausg. 10.86.
- [3] Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
20.03.1975 BGBl I, S. 729.
- [4] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
BGBl I, 15.03.1974.
- [5] DOEGE, E.:
Möglichkeiten und Grenzen der Lärminderung an Schabottehämmern.
Schmiedetechnische Mitteilungen Nr. 6 (1979), 101 Jg. Nr. 91, S. 59-63.
- [6] HUMBERT, G.:
Möglichkeiten der Lärminderung von Schabottehämmern und ihre Grenzen hinsichtlich der Auswirkung auf den Schmiedeausgang.
Dissertation, Universität Hannover, Fakultät für Maschinenwesen (1979).
- [7] WIETLAKE, K.H.:
Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung von Schabotte-Schmiedehämmern".
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Essen, H. 8 (1980), 59 S.
- [8] KURZE, U.J. et al.:
Schallschutz durch Teilkapselung.
Forschungsbericht Nr. 212.
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund.

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung
-Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIBBEL, J.:
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
(vergriffen) Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
(vergriffen) Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANN, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:
(vergriffen) Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
(vergriffen) Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahmezeit des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
(vergriffen) Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
(vergriffen) Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen. (1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:
(vergriffen) Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
(vergriffen) Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:
(vergriffen) Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:
(vergriffen) Untersuchungen zu Schießlärminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und
(vergriffen) J. KROCHMANN:
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO₂, NO_x, O₃ und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITZGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADEZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH
(1986).
- Berichte-Nr. 61: SPLITZGERBER, H.:
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsmissionen - Vergleich verschiedener
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:
(vergriffen) Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor
Air. (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62).
(1987).

- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)
- Berichte-Nr. 64: WINKLER, H.D.:
Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungseinwirkung durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung.
(1986)
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9.10.1986 in der LIS, Essen.
(1986).
- Berichte-Nr. 67: ASSMANN, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.
(1986)
- Berichte-Nr. 68: MANN, H. und H. GIES:
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m³/h für die automatisierte Immissionsmessung.
(1986)
- Berichte-Nr. 69: BEINE, H.:
Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung.
(1987)
- Berichte-Nr. 70: BUCK, M. und H.-U. PFEFFER:
Air quality surveillance in the state North-Rhine-Westphalia (Federal Republic of Germany).
(1987)
- Berichte-Nr. 71: WEFERS, H. und H. KATZER:
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken.
(1987)
- Berichte Nr. 72: BEIER, R., J. KOHLERT und M. BUCK:
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984-1986.
(1987)
- Berichte Nr. 73: SCHADE, H.:
Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost.
(1987)
- Berichte Nr. 74: BEIER, R. und M. BUCK:
Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft.
(1988)
- Berichte Nr. 75: KOCH, E. und P. ALTENBECK:
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes.
(1988)
- Berichte Nr. 76: J. GIEBEL:
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation.
(1988)
- Berichte Nr. 77: KÜLSKE, S., R. BEIER und H.-U. PFEFFER:
Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen.
(1988)

Berichte Nr. 78: GEUEKE, K.-J. und H. NIESENHAUS:
Bestimmung von Benzol in Abgasen.
1988.