

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 81 (1963)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Lärmbekämpfung an Baumaschinen  
**Autor:** Szerényi, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66718>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

kungsbereiches durch Einbezug einer angemessenen *Auslandstätigkeit* wünschenswert. Aus naheliegenden Gründen eignen sich die benachbarten Länder schlecht zur Erreichung des gewünschten Zieles, da deren Wirtschaftsablauf meistens mit dem unsrigen parallel läuft. Eine ausgleichende Tätigkeit in den Entwicklungsländern wäre hierfür wesentlich geeigneter. Grosse Risiken sind jedoch oft mit solchen Arbeiten verbunden, die das tragbare Mass für eine Einzelfirma schweizerischer Grösse meistens übersteigen. Ein Zusammenschluss zu Unternehmergruppen dürfte unvermeidlich sein. Aber auch dann sollten noch Mittel und Wege gefunden werden, um das mit solchen Arbeiten verbundene Währungsrisiko und dasjenige der Gefahr von Verlusten durch politische Unstabilität zu vermeiden. Ein entsprechender Ausbau der Exportrisikogarantie wäre in dieser Hinsicht die wünschenswerteste Massnahme. Grosse Vorteile wären ferner für die an einer solchen Tätigkeit interessierten Unternehmer zu erlangen, wenn die vom Schweizervolk der Entwicklungshilfe ohnehin zugeordneten Geldmittel teilweise in den Dienst der Acquisition von Aufträgen gestellt werden könnten, da sehr oft für die Auftragserteilung die angebotenen Zahlungsbedingungen oder eine Mithilfe bei der Finanzierung der Projekte ausschlaggebend sind.

### 5. Schlussfolgerungen

Wie gezeigt wurde, hat die unaufhaltsam fortschreitende Mechanisierung der Baustellen den Sorgenkreis der Unternehmer nicht kleiner gemacht, sondern erheblich ausgeweitet. Das ganze Baugewerbe ist krisenanfälliger geworden, und vor allem liegen die Mittel zur Abwehr allfälliger Rückschläge nicht mehr ausschliesslich in eigenen Händen. Nur noch Verständnis und Rücksichtnahme der

übrigen Wirtschaftszweige garantieren auch unserem Kreis eine gesunde und erfolgreiche Tätigkeit. Noch sind die Werkzeuge zur Zusammenarbeit nicht geschmiedet, aber die Erkenntnis der schicksalhaften und immer enger werdenden Verflechtung allen wirtschaftlichen Geschehens dringt immer mehr in alle Kreise ein. Das Bewusstsein, dass wir alle in *einem* Boot leben, wächst.

Als Gegenmassnahme zum drohenden und sonst wohl vermutlich unvermeidlichen Staatsdirigismus wird die freiwillige, verständnisvolle Zusammenarbeit aller Wirtschaftszweige zur zwingenden Notwendigkeit. Gerade darin können wir aber auch einen der schönsten Beweise dafür sehen, dass unsere Bemühungen um eine fortschreitende Technisierung berechtigt sind, denn damit wird die Technik nicht nur zum Mittel, das die materielle Lebensgrundlage von Millionen von Menschen verbessert, sondern auch zum machtvollen Verbündeten aller Kreise, die guten Willens sind.

In diesem Sinn wollen wir denn auch mit wahrer Unternehmungslust und -freude die Hallen der Mustermesse, anlässlich der kommenden Baumaschinenmesse durchwandern und uns an den Fortschritten erfreuen, die da zu sehen sind.

Adresse des Verfassers: *Werner Eng*, dipl. Ing., bei Schafir & Mugglin AG, Neumünsterallee 9, Zürich 32.

### Literatur:

- [1] Vereinigung Schweizerischer Tiefbauunternehmer: «Berechnungsgrundlagen für Tiefbauarbeiten — Anleitung 1962»
- [2] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie: «Baugeräteliste», Ausgabe 1960, Bauverlag GmbH, Wiesbaden
- [3] The Associated General Contractors of America: «Contractor's Equipment, Ownership Expense»

## Lärmbekämpfung an Baumaschinen

DK 534.839

Von *P. Szerényi*, dipl. Ing. ETH, Institut für Maschinen im Bau- und Transportwesen an der Eidg. Hochschule, Zürich

Die Eidgenössische Expertenkommission für Lärmbekämpfung hat sich in einer ihrer Unterkommissionen mit dem Baulärm befasst und in einem Schlussbericht die wesentlichen Punkte zusammengestellt. Darin wurde festgehalten, dass in den meisten Städten der Baulärm neben dem Verkehrslärm auf der Strasse und dem Flugzeuglärm in der Luft zu den grössten Lärmplagen gehört. Es werden mitten in dichtbesiedelten Gebieten oder in deren unmittelbarer Nähe auf engstem Raume neue Bauten errichtet. Zwecks besserer Ausnützung der Bodenfläche werden Hochhäuser und infolge gewisser kriegstechnischer Ueberlegungen mehrere Kellergeschosse gebaut, wobei mehr und mehr tiefbautechnische Verfahren angewendet werden müssen. Dies bedingt einen grossen und leistungsfähigen Maschinenpark. Diese Maschinen erzeugen sehr starken Lärm. Ein wesentlicher Teil dieses Lärms rührt oft davon her, dass sie unrichtig betrieben und unzuweckmässig unterhalten werden.

Der Baulärm fällt besonders auf, weil er sich von den üblichen Geräuschen stark unterscheidet und dazu noch eine vorübergehende Vergrösserung des normalen Alltagslärms verursacht. Es ist charakteristisch für den Baulärm, dass er meistens örtlich gebunden und von zeitlich beschränkter Dauer ist. Demzufolge sind bei der Feststellung des noch zulässigen Lärmpegels die örtlichen Verhältnisse im Hinblick auf die Umgebung, die Dauer (Stunden, Tage oder Monate) und die Zeit (Tag oder Nacht) des Lärms ausschlaggebend.

Zur Beurteilung des Baulärms sei insbesondere auf den Aufsatz «Beurteilung des Baulärms»<sup>1)</sup> von *A. Lauber*, dipl. Ing., Sektionschef der EMPA, hingewiesen, der auf diese Fragen in sehr klarer Weise eingegangen ist.

Will man den Baulärm in bezug auf seine Zumutbarkeit beurteilen, so ist dabei sowohl die physikalisch messbare als auch die psychologische Wirkung zu berücksichtigen. Zu den physikalisch messbaren Wirkungen gehört die pro Zeiteinheit

durch die Flächeneinheit strömende Energie (Schallstärke), die spektrale Energieverteilung (die Energiedichte als Funktion der Tonhöhe) und die zeitliche Veränderung des Lärms, d. h. sein An- und Abschwellen. Von rein psychischen Wirkungen soll hier abgesehen werden. Die Störung, die ein tropfender Wasserhahn oder eine tickende Uhr verursachen, kann selbstverständlich nicht mit physikalischen Instrumenten gemessen werden.

Der Schalldruck (bzw. die Energiedichte) wird in Dezibel gemessen. Dazu bestehen besondere Instrumente. Die Dezibelskala, deren Nullpunkt auf  $2 \cdot 10^{-4}$   $\mu$ bar Schalldruck festgesetzt wurde, damit er in einem mittleren Frequenzbereich

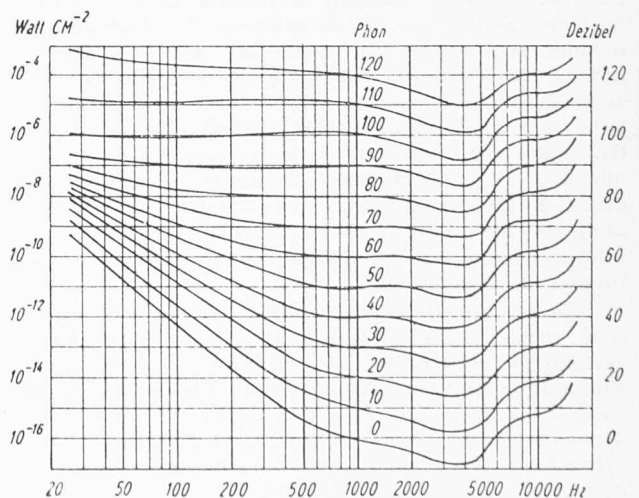


Bild 1. Kurven gleicher Lautstärkenempfindung nach *H. Fletcher* und *W. Munson* 1933 (aus Lärm und Lärmbekämpfung in Industrie- und Gewerbebetrieb, Seite 5, Abb. 2)

1) Schweiz. Bauzeitung, 80. Jahrgang, Heft 32, S. 555.

mit der untersten Hörempfindlichkeit zusammenfällt, hat logarithmischen Charakter. Die Bedeutung dieser Aussage sei an einem Beispiel erklärt: Wenn ein einzelner Sänger einen Ton erzeugt, der in 20 m Distanz einen Schalldruck von 60 dB ergibt, erhöhen 10 Sänger diesen Wert auf 70 dB und 100 Sänger auf 80 dB.

Das menschliche Ohr ist nicht für alle Töne gleich empfindlich, was bei einer Analyse des Lärms berücksichtigt werden muss. Auf Bild 1 sind in Funktion der Tonhöhe Kurven gleicher Lautstärke eingezeichnet. Jeder dieser Kurven wird eine sogenannte Phonzahl zugeordnet, die bei 1000 Hz mit der Dezibelzahl übereinstimmt. Aus den Kurven sieht man, dass das Ohr für tiefe Töne wesentlich unempfindlicher ist als für hohe. Bei ganz hohen Frequenzen nimmt die Hörempfindlichkeit allerdings wieder ab.

Da die Geräusche aus einem ganzen Tonspektrum bestehen, hat man Messinstrumente entwickelt, die in einem bestimmten Frequenzbereich (meistens in einem sogenannten Oktavband) die Energiedichte aufsummieren. Das Messergebnis wird dann über der Frequenz als gebrochener Geradenzug aufgetragen (vgl. hierzu beispielsweise Kurve 3 auf Bild 2). Eine solche Kurve kann als spektrale Energieverteilung oder Geräuschspektrum angesprochen werden. Solange sie vollständig unterhalb gewisser Grenzkurven liegt, wird das betreffende Geräusch als zulässig betrachtet. Die Kurven 1 und 2 sind solche Grenzkurven. Bei allen in diesem Aufsatz wiedergegebenen Messkurven ist auch die Kurve 2 (ISO-Grenzkurve  $N = 80$ ) eingezeichnet, damit die verschiedenen Geräusche miteinander verglichen werden können.

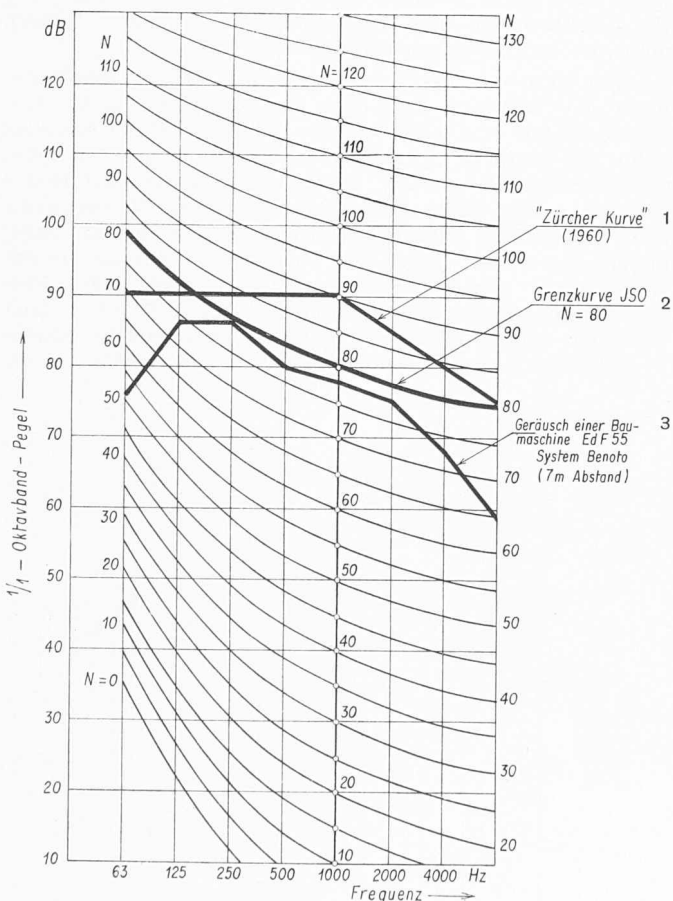


Bild 2. Beurteilung eines Geräuschspektrums

1. } Grenzkurven { «Zürcher Kurve» 1960  
 2. } Grenzkurven { ISO  $N = 80$

3. Geräusch einer Baumaschine

Ein Geräusch wird dann als zulässig angesehen, wenn sein Spektrum gänzlich unterhalb der Grenzkurve liegt (SBZ 1962, Heft 32, S. 559)

In medizinischer Hinsicht kann der Lärm je nach Lautstärke in drei Stufen eingeteilt werden: Die erste bis etwa 65 dB, die zweite bis 90 dB und die dritte oberhalb 90 dB. Die erste Stufe verursacht zwar eine psychische Störung der Betroffenen, bereitet aber keine direkten körperlichen Schäden vor. Sie kann aber je nach persönlicher Einstellung das subjektive Wohlbefinden beeinflussen. Ein Lärmnetz von der Stufe zwei bringt den Körper in eine Alarmsituation. Nach einer Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund<sup>2)</sup> kann festgestellt werden, dass ein solcher Lärmeinfluss die Blutgefäße verengt und damit zu Störungen der Blutzirkulation führen kann. Die Stufe drei kann nach langdauernder Wirkung zu unheilbaren Ohrschäden führen.

In den meisten Veröffentlichungen über Baulärm wurde bisher nur die Lärmbelastigung der Umgebung besprochen, dabei blieben aber die Auswirkungen des Lärms auf den Arbeiter im Betrieb unbeachtet, der tagtäglich 8 bis 10 Stunden in unmittelbarer Umgebung einer lärmigen Maschine arbeiten oder die Maschine bedienen muss. Aus einer Veröffentlichung von Prof. Dr. med. D. Högger über Industrielärm<sup>3)</sup> ist ersichtlich, dass der zu laute Lärm (Stufe 3) an gewissen Arbeitsplätzen bei den Arbeitern auf die Dauer zu Gehörschäden führt, die in der ersten Zeit meist nicht sehr schwerwiegend sind und wenige Tage nach dem Aufhören des Lärmes ausheilen. Ist aber ein Arbeiter jahrelang einem sehr lauten Betriebslärm ausgesetzt, so führt dies mit der Zeit zu einer unheilbaren Schwerhörigkeit.

In Anbetracht dieser Gefahr für den Arbeiter dürfte es richtig sein, überall dort, wo aus irgendwelchen Gründen der Lärm nicht genügend verringert werden kann, die Benützung eines individuellen Ohrenschutzes vorzuschreiben. Dieser kann so konstruiert sein, dass er die schädlichen Hochfrequenzlaute teilweise ausschliesst, aber gleichzeitig die unschädlichen Laute auf niedrigeren Frequenzen durchlässt. Das letztere ist von grosser Bedeutung, da die Arbeiter sich dann trotzdem verständigen können. Auch können Unfälle vermieden werden, da herannahende Fahrzeuge und Warn-

<sup>2)</sup> G. Jansen: Mindert Lärm den Wert der Erholung? «Mitteilungsblatt des Deutschen Arbeitsringes für Lärmbekämpfung», Febr. 1960, Seite 13.

<sup>3)</sup> D. Högger: Industrielärm. «Schweiz. Arbeitgeberzeitung» Nr. 6, Febr. 1960.

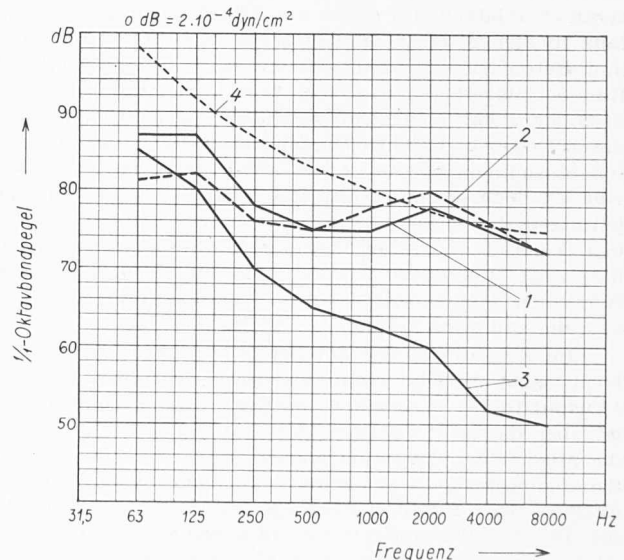


Bild 3. Geräuschspektrum einer Kompressoranlage mit Schallschluckzelt und mit Schalldämpfer

- 1 ohne jeglichen Schallschutz  
 2 mit Schalldämpfer  
 3 mit Schallschluckzelt und Schalldämpfer  
 4 ISO-Grenzkurve  $N = 80$

Der Schalldämpfer scheint nicht optimal auf die Maschine abgestimmt zu sein; oberhalb 500 Hz bewirkt er sogar eine Lärmverstärkung. (Messung des Gesundheitsinspektorats der Stadt Zürich)

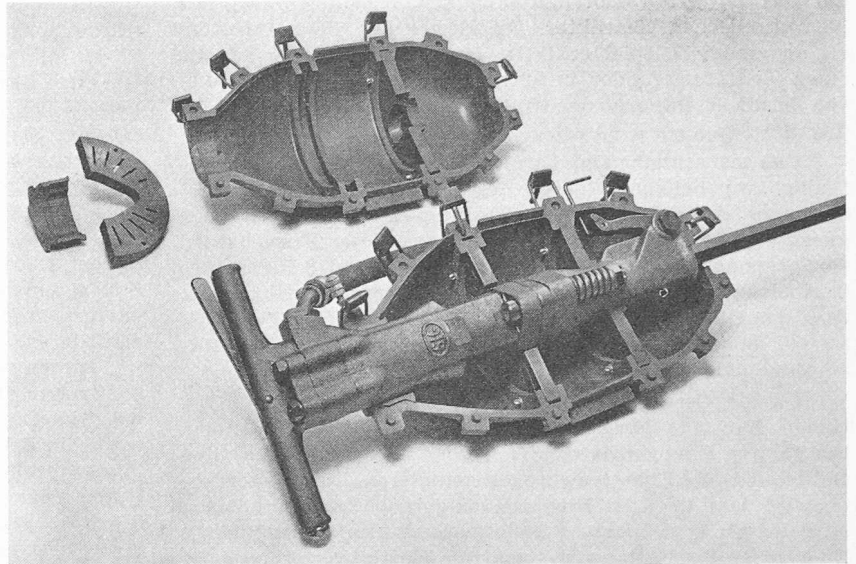


Bild 4. Kompressor in geöffnetem Schallschluckzelt Bild 5. Presslufthammer mit zerlegter Schallschutzhülle aus Gummi

rufe noch gehört werden. Bei kleineren Lautstärken genügt es, wenn die Arbeiter die Ohren mit Watte verstopfen. Dabei ist zu beachten, dass die Dämpfungswirkung von trockener Watte gering ist. Wesentlich besser ist die Wirkung von Watte, die mit Wachs oder weichem Paraffin getränkt ist.

Um den Lärm einer bestimmten Baumaschine wirksam zu bekämpfen, kann im Prinzip auf drei Arten vorgegangen werden: Entweder kapselt man die ganze Maschine nach Möglichkeit mit einem Schallschluckgehäuse ein, oder man versucht das Uebel an der Wurzel anzupacken, indem die Maschine konstruktiv so abgeändert wird, dass sie weniger Lärm erzeugt. Schliesslich können ganz neue Bauverfahren entwickelt werden, die den Gebrauch der betreffenden lärm-erzeugenden Maschine überhaupt überflüssig machen.

### 1. Baulärbekämpfung durch teilweise oder ganze Abkapselung der Baumaschine

Naheliegender scheint als Lärmbekämpfungsmassnahme die Abkapselung der Baumaschine durch Unterbringen in schallisoliertem, geschlossenem Raum. Besonders bei grösseren Bauplätzen, auf denen die Arbeiten sich mehrere Jahre lang hinziehen, kann man ortsfeste Kompressoren, Pumpen und Betonfabrikationsmaschinen in solchen schalldichten Räumen unterbringen. Dabei muss aber beachtet werden, dass der Schall sich nicht nur durch die Luft, sondern auch durch Boden und Rohrleitungen ausbreiten kann; daher sollten Maschinen, die stark zur Vibration neigen, unter Umständen noch beispielsweise auf Gummi gelagert und Rohrleitungen durch Schlauchzwischenstücke unterbrochen werden. Auch die Schallübertragung durch die Ansaugluft muss möglichst verhindert werden, und die ebenfalls ins Freie führenden Abgase sollten durch Schalldämpfer geführt werden, die von ganz besonderer Wichtigkeit sind.

Im Zusammenhang mit der Bekämpfung des Verkehrslärms sind bereits recht wirksame Auspuffschalldämpfer (Auspufftöpfe) entwickelt worden. Bei deren Anwendung ist aber darauf zu achten, dass sie auf das Fahrzeug oder die Maschine abgestimmt sein müssen, um eine genügende Schalldämpfung zu erreichen (vgl. hierzu Bild 3, Geräuschanalyse einer Kompressoranlage mit und ohne Schalldämpfer). Der Schalldämpfer wirkt in diesem Falle in einem gewissen Frequenzbereich sogar als Verstärker; immerhin erweist er aber seine Wirkung im Gebiet der tiefen Frequenzen). Ferner muss geprüft werden, wie weit die Motorenleistung durch den Einbau beeinträchtigt wird und ob der Schalldämpfer der Korosionswirkung der Abgase gewachsen ist. Wesentlich kann es auch sein, den Auspufftopf so zu platzieren und zu richten, dass die Schallausbreitung in der am wenigsten störenden Richtung erfolgt.

Bei der Abkapselung von lärm-erzeugenden Maschinen kann man auf gewisse Schwierigkeiten stossen. Wenn bei-

spielsweise ein fahrbarer luftgekühlter Druckluftkompressor in ein Schallschluckzelt (Bild 4) gestellt wird, muss dieses doch noch teilweise gegen aussen geöffnet sein, damit die Kühlluft Zutritt hat. Immerhin ist aus den Kurven auf Bild 3 zu sehen, dass die Wirkung des Schallschluckzeltes trotzdem beträchtlich ist. Während der Schalldämpfer allein den Lärm noch nicht genügend abdämpft, liegt die Messkurve für Schallgehäuse und Schalldämpfer im ganzen Bereich unter der massgeblichen ISO-Grenzkurve N = 80.

Bei gewissen Baumaschinen, z. B. bei Presslufthämmern oder Rammen, liegt es in der Natur der Sache, dass überhaupt nur eine teilweise Abkapselung in Frage kommen kann. Auf Bild 5 ist ein Presslufthammer mit einer zerlegten Gummischutzhülle gezeigt. Die Geräuschanalyse auf Bild 6 zeigt, dass diese Hülle tatsächlich eine gewisse Verbesserung bringt. Allerdings muss diese Lärmdämmung noch als ungenügend bezeichnet werden. Die Messkurve des Hammers mit Hülle reicht gerade bei den unangenehmen hohen Frequenzen immer noch über die ISO-Grenzkurve N = 80 hinaus. Trotzdem sollten in Wohn- und Geschäftsquartieren keine Presslufthämmern ohne Schutzhüllen mehr in Betrieb genom-

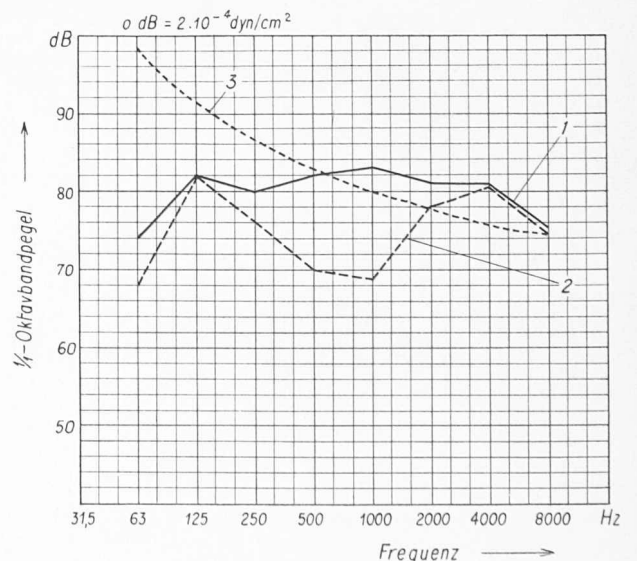


Bild 6. Geräuschanalyse eines Presslufthammers

- 1 Original-Presslufthammer ohne Schutzhülle
- 2 Presslufthammer mit Schutzhülle
- 3 ISO-Grenzkurve N = 80

Die Schutzhülle erweist sich als wirksam; die Lärmdämmung bleibt aber bei hohen Frequenzen immer noch ungenügend



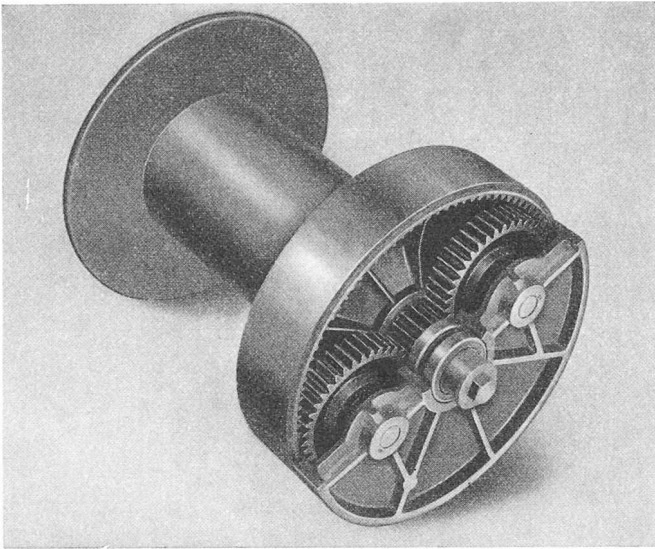


Bild 7. Planetengetriebe zur Seilwinde

men werden, weil schliesslich jede Verringerung dieses besonders störenden Lärmes willkommen ist. Dass solche unvollständige Abkapselungen nur Teilerfolge bringen können, hängt eben damit zusammen, dass gewisse Maschinenteile aus der Umhüllung herausragen müssen, wie z. B. der Meissel des Abbauhammers. Dieser leitet mindestens einen Teil des störenden Lärmes weiter und erzeugt seinerseits mit dem Aufschlag der Meisselschneide selbst einen zusätzlichen Lärm, der kaum weiter abgeschirmt werden kann. Gleiches kann von einer Reihe weiterer Baumaschinen gesagt werden: auch bei Löffelbaggern, Bulldozern usw. können aus naheliegenden Gründen immer nur gewisse Maschinenteile mit einem Schallschutz versehen werden.

So unvollständig auch manchmal die Wirkung von Schallschluckwänden und dergleichen sein mag, so ist ihre Anwendung oft die einzige heute bestehende Möglichkeit, den Lärm einer sich bereits im Einsatz befindlichen Baumaschine doch noch auf ein einigermaßen erträgliches Mass zu vermindern. Schallschluckwände können aber nicht als Dauerlösung betrachtet werden, da sie meistens die Arbeit und die Bedienung der Maschine hindern. Bei allfälligen Reparaturen muss die meist sehr kompliziert zusammenmontierte Schall-

isolation entfernt werden, was die Reparaturzeit und die Kosten, die durch den unnötig längeren Stillstand der Maschine entstehen, noch vergrössert. Nach Beendigung der Reparatur wird oft aus Zeitmangel die Schallschuckung nur noch teilweise oder überhaupt nicht mehr montiert, und die Maschine arbeitet wieder mit «voller Lautstärke». Ausserdem dürfte es wohl richtiger sein, die Maschinen so zu bauen, dass sie an sich wenig Lärm erzeugen, als erst nachträglich den einmal erzeugten Lärm einzudämmen.

## 2. Lärmbekämpfung durch Konstruktionsänderung an der Maschine selbst

Im vorhergehenden Abschnitt wurde die ganze Maschine als eine einzige Lärmquelle angesehen, deren Schallausbreitung eingedämmt werden muss. Will man sich aber damit befassen, die Maschine selbst zu verbessern, so muss man alle Lärmquellen einzeln ausfindig machen. Bekanntlich ist die Wirkung gering, wenn man von mehreren, ungefähr gleich starken Lärmerzeugern, einen einzigen ausschaltet. Bei der Bekämpfung der verschiedenen Lärmquellen innerhalb der Maschine kann wiederum, wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, zunächst an eine Lärmdämmung gedacht werden. Ganz besonders muss der Umstand beachtet werden, dass gewisse Maschinenteile in Resonanz geraten und dünne Bleche wie der Resonanzboden eines Musikinstrumentes den Schall sogar verstärken können. Solche Bleche lassen sich entweder versteifen oder aber durch das Aufspritzen von Schallschluckmassen dämpfen. Im Fahrzeugbau sind diese aufgespritzten Schallschluckmassen unter dem Namen «Anti-dröhnmassen» bekannt geworden.

Die Unterbindung der metallischen Schalleitung innerhalb der Maschine kann je nach Umständen durch Gummielemente oder Kunststoffeinsätze erfolgen. Dazu gehört auch die gefederte Abstützung der Maschinen auf ihr Fundament. Ueber die Notwendigkeit von Schalldämpfern in Ansaug- und Auspuffleitungen wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt gesprochen.

Anstelle einer solchen Lärmeindämmung sollte aber auch versucht werden, die Lärmquelle selbst auszuschalten oder zumindest ihre Wirksamkeit zu verringern. Solche Lärmquellen sind die Verbrennungsgeräusche von Dieselmotoren, das Heulen von Kühlluftgebläsen, das Austrittsgeräusch der Pressluft bei Bohrhämmern, das Pfeifen von Bremsen und Kupplungen, das Aufschlagen von Rammhären, das mechanische Geräusch von Zahnradgetrieben und dergleichen. Im folgenden seien einige Beispiele näher ausgeführt.

Die Verbrennungsgeräusche von Dieselmotoren können unter Umständen mit der richtigen Wahl des Verbrennungsraumes und Verbrennungsverzugs gemildert werden. So wurde zum Beispiel von einer Firma der sogenannte «Flüstermotor» entwickelt, der nach Fabrikangaben besonders leise laufen soll. Um das Klopfen des Dieselmotors zu mildern, wurde der Brennstoff filmartig auf die Wand des Brennraumes aufgespritzt. Die so erreichte langsame Verdampfung des Brennstoffes an der Wand soll eine allmähliche Verbrennung und dementsprechend ein weiches Arbeiten des Motors gewährleisten.

Was die Kühlluftgebläse anbetrifft, so muss, ganz abgesehen von einer lärmtechnischen Verbesserung der Ventilatorbeschaukelung, die Eintrittsöffnung aerodynamisch richtig ausgebildet sein. Die Vermeidung von scharfen Kanten am Einlaufstutzen sowie von scharfkantigen Einbauten vor dem Gebläse trägt meistens ebenfalls zur Verbesserung bei. Als weitere Massnahme kann ein Saugstutzen, der mit schallschluckendem Material ausgekleidet ist, angebaut werden.

Getriebegeräusche lassen sich mit feiner bearbeiteten Zahnradern, mittels Einschaltung von Kunststoffzahnradern (soweit konstruktiv möglich) oder durch Einbau von schrägverzahnten Zahnradern vermindern. Bei vielen Baumaschinen sind die Getriebe oder Zahnräder nicht ölgekapselt und daher grossem Verschleiss ausgesetzt, so dass sich der Lärm mit der Zeit vergrössert. Bei kleinen zu übertragenden Leistungen könnte von Gummikeilriemen oder Gummireibrollen Gebrauch gemacht werden, da sie sich im rauen Baubetrieb besser bewähren würden als grobtoleirierte Zahnräder.

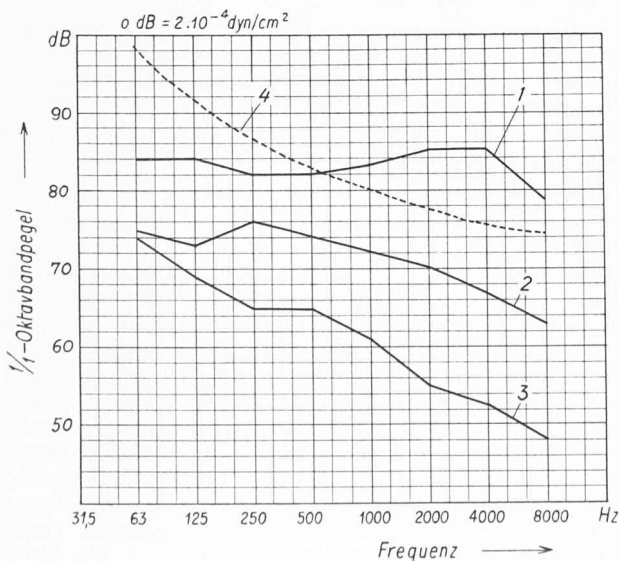


Bild 8. Geräuschspektren verschiedener Baugrubenumschliessungsverfahren

- 1 Schnellschlaghammer
- 2 Vibrationsbär
- 3 Bentonit-Baugrubenumschliessungsverfahren
- 4 ISO-Grenzkurve N = 80

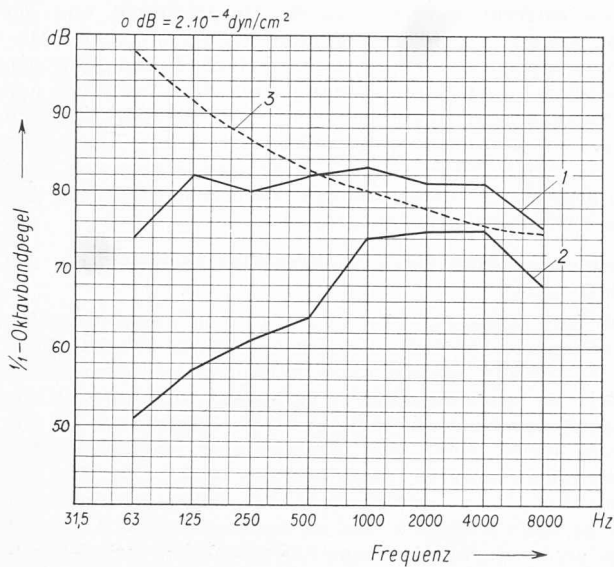


Bild 9. Geräuschspektren verschiedener Antriebsarten bei Kolbenkompressoranlagen

- 1 Kompressoranlage mit Antrieb durch einen luftgekühlten Dieselmotor
- 2 Kompressoranlage mit Antrieb durch einen Elektromotor
- 3 ISO-Grenzkurve N = 80

Das harte Aufschlagen von Geräteteilen, wie es z. B. bei Kippmulden von Betonmischern auftritt, lässt sich durch Puffer oder Polsterungen aus Gummi oder Kunststoff vermeiden.

Bei pfeifenden Brems- oder Kupplungsbelägen kann man in erster Linie versuchen, sie durch solche von anderer Weichheit zu ersetzen. Seilwinden, bei denen für die weiche Ein- und Auskupplung nicht gesorgt wird, können bei unsorgfältiger Bedienung bis zu 100 dB Lärm erzeugen. Führt das Ersetzen der Kupplungsbeläge nicht zur gewünschten Verbesserung, so müssen grundlegende Konstruktionsänderungen erwogen werden, z. B. Veränderung der Flächenpressung oder Brechung von Körperschall mit Hilfe elastischer Zwischenteile.

Da ein geschickter Arbeiter mit feinfühligem Bedienen der Kupplungen und Bremsen viel zur Geräuschverminderung beitragen kann, können konstruktive Lösungen gesucht werden, durch die das Kuppeln und Bremsen automatisch sanft erfolgt. Als Beispiel sei der Einbau eines Planetenradgetriebes angeführt, wie er bei der auf Bild 7 gezeigten Seilwinde zu sehen ist.



Bild 11. Nacharbeiten mit Elektrohammer

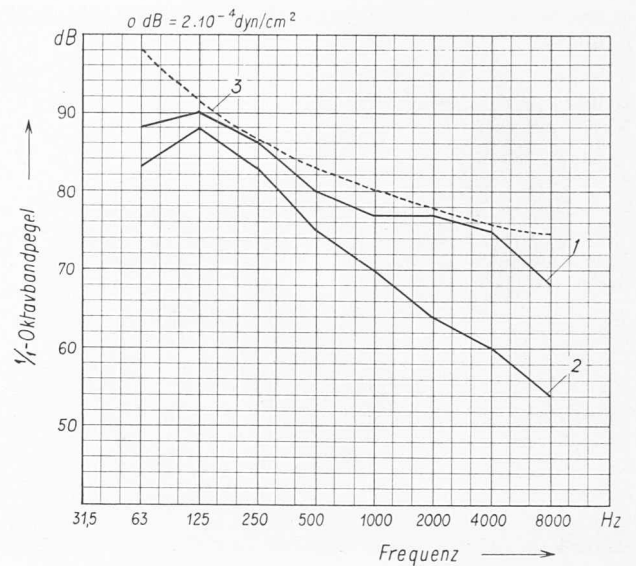


Bild 10. Vergleich zweier Abbauhämmer:

- 1 Presslufthammer
- 2 Elektrohammer
- 3 ISO-Grenzkurve N = 80

### 3. Entwicklung von lärmarmen Bauverfahren

Es gibt zahlreiche Baumaschinen oder Bauverfahren, bei denen die Unterbindung des Lärms abgesehen von gewissen provisorischen Halbblösungen technisch unmöglich scheint. In solchen Fällen sollte nach grundsätzlich neuen Verfahren gesucht werden. Erfreulich ist die Tatsache, dass in den letzten Jahren auf gewissen Gebieten in dieser Hinsicht grosse Erfolge erzielt worden sind. Denken wir zum Beispiel an die Baugruben-Umschliessungs-Verfahren, wobei heutzutage an vielen Baustellen, sofern es die Bodenverhältnisse erlauben, die Freifall- oder Dieselrammen durch Vibrationsbären ersetzt werden können. Ein besonders lärmarmes Verfahren ist das Erstellen von Betonwänden im Bentonitverfahren, wobei das Geräusch auf das Lärmniveau eines Löffelbaggers verringert wird<sup>4)</sup>. Die unterschiedliche Lärmentwicklung der verschiedenen Verfahren ist aus Bild 8 gut ersichtlich. Während die Messkurve 1 des Schnellschlaghammers noch weit über der massgeblichen ISO-Grenzkurve N = 80 liegt, zeigt diejenige des Vibrationsbärs 2 einen nach heutigen Vorschriften zulässigen Verlauf. Noch besser ist die von einem lärmarmen Bentonitverfahren herstammende Kurve 3, wobei die Messwerte nicht nur sehr weit unter der Grenzkurve liegen, sondern auch einen angenehmen, gegen die hohen Frequenzen abnehmenden Verlauf aufweisen.

Grosse Lärmverminderung ist erreichbar mit elektrisch angetriebenen Maschinen. Deshalb wäre es wünschenswert, im Städtebau, wo die Anschlussmöglichkeit an das Kraftstromnetz fast immer besteht, Elektrohammer statt Presslufthammer und Elektroantrieb statt Dieselantrieb zu wählen. In Bild 9 sind die Frequenzanalysen zweier fahrbarer Kompressoren gleicher Kompressorleistung aufgezeichnet. Der eine wird von einem luftgekühlten Dieselmotor, der zweite von einem Elektromotor angetrieben. Als weitere Beispiele können aus Bild 10 die Geräuschanalysen eines Pressluft-Abbauhammers und eines Elektro-Abbauhammers gesehen werden. Der Geräuschpegel des Elektrohammers liegt bei niedrigen Frequenzen tief unterhalb der ISO-Grenzkurve N = 80; deshalb ist seine Verwendung in dringenden Fällen auch bei Nacharbeit möglich, wie auf Bild 11 ersichtlich ist. Hierbei muss allerdings erwähnt werden, dass der Elektroabbauhämmer die Leistungsfähigkeit des Presslufthammers meistens nicht erreicht.

<sup>4)</sup> SBZ 1958, H. 11, S. 151; 1960, H. 19, S. 313.

#### 4. Die wirksame Durchführung von Lärmbekämpfungsmassnahmen

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, dass gewisse Grundlagen zu einer Baulärmbekämpfung vorhanden sind. Natürlich hängt deren wirksame Durchführung von den dazugehörigen Vorschriften und Gesetzen ab. Diese sollten zumutbare Massnahmen gegen den Lärm enthalten; in erster Linie wären die Lärmgrenzen für bestimmte Maschinenarten oder für eine ganze Baustelle festzusetzen. Mit Hilfe dieser Lärmgrenzen könnte dann über die Zulässigkeit von Baumaschinen entschieden werden, und zwar mittels einer sogenannten Typenprüfung. Die Typenprüfungsvorschriften müssten vorgeschriebene Versuche enthalten, die einen Vergleich von Maschinen verschiedener Hersteller ermöglichen. Die Arbeitsbedingungen sowie die Messanordnung sollten darin für jede Maschinenart genau angegeben sein, damit man die Versuche jederzeit reproduzieren kann.

Bei der Anschaffung von neuen Maschinen ist unbedingt den Fragen der Lärmbekämpfung mehr Beachtung zu schenken. Leider wird von Seite der Maschinenfabriken, die die Baumaschinen liefern, vorläufig nur sehr wenig unternommen, um geräuscharme Maschinen herzustellen. Es ist klar, dass der Hersteller nur dann solche Baumaschinen konstruieren und liefern wird, wenn sie vom Bauunternehmer verlangt und die allfälligen Mehrkosten getragen werden. Der Unternehmer seinerseits wird nur dann geräuscharme Maschinen kaufen und betreiben, wenn ihm dies vom Bauherrn vorgeschrieben ist. Vielleicht sollte bei der Erteilung der Baubewilligung ein Druck auf den Bauherrn ausgeübt werden, damit er die Vergebung seiner Aufträge von gewissen Bedingungen hinsichtlich Lärmbekämpfung abhängig macht. Vor allem aber besteht die dringende Notwendigkeit, in der Gesetzgebung den Bestrebungen zur Lärmverminderung den nötigen Nachdruck zu verleihen.

## Die Verwendung von Teflon zur Verminderung der Reibungsverluste in den Spannkanälen vorgespannter Tragwerke

DK 624.012.47.002.92

Von H. G. Elsaesser, dipl. Ing., Bern

### 1. Allgemeines

Durch die Umlenkung der Spannglieder in vorgespannten Bauwerken entstehen bekanntlich Reibungskräfte, welche der eingeleiteten Spannkraft entgegenwirken. Die Reibungsverluste werden nach dem Coulomb'schen Seilreibungsgesetz berechnet, welches folgendermassen formuliert werden kann:

$$V_x = V_0 \cdot e^{-(\mu \alpha + kx)}$$

$V_x$  = Vorspannkraft in der Entfernung  $x$  von der Spannstelle

$V_0$  = Vorspannkraft an der Spannstelle

$\mu$  = Reibungskoeffizient für gewollte Umlenkkräfte

$k$  = Reibungskoeffizient für ungewollte Umlenkkräfte

$\alpha$  = Summe der Umlenkwinkel

Auf Grund der Erfahrung kann für die Reibung der Stahldrähte auf gewellten Hüllrohren mit folgenden Reibungskoeffizienten gerechnet werden:

$$\mu = 0,20 \div 0,25$$

$$k = 0,08 \cdot 10^{-2} \div 0,12 \cdot 10^{-2}/m'$$

Berechnet mit diesen Koeffizienten, kann der Spannkraftabfall infolge Reibung erheblich sein. Es ist daher von grossem wirtschaftlichem Interesse, die Reibungsverluste zu verringern. Nachfolgend wird dargelegt, wie durch Verwendung von Teflon diese Verluste in Spannkanälen um ungefähr 75 % herabgesetzt werden können.

Dass sich durch eine Verminderung der Anzahl Spannkabel auch konstruktive Vorteile ergeben, ist einleuchtend.

### 2. Versuche mit Teflon als Gleitfläche für die Spanndrähte

#### 2.1 Zweck der Versuche

Dieser bestand erstens in der Ermittlung der Reibungskoeffizienten zwischen Spannstahl und Teflon, zweitens in der Ermittlung der Abriebfestigkeit von Teflon.

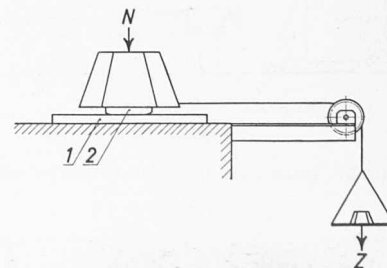
Polytetrafluoräthylen, unter dem Handelsnamen Teflon bekannt, ist ein durch Zusammenlagerung von mehreren Molekularstrukturen (Polymerisation) aus einem Fluoräthylen hergestellter Kunststoff. Neben seiner grossen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, seiner Witterungs- und Alterungsbeständigkeit besitzt Teflon hervorragende Gleiteigenschaften.

#### 2.2 Vorversuch

Die Versuchsanordnung war folgende: Ein Schlitten, mit Spannstahlabschnitten als Kufen und einer die Umlenkkräfte simulierenden Normalkraft  $N$  als Belastung, wurde über verschiedenartige Gleitflächen gezogen (Bild 1). Als Gleit-

Bild 1. Anordnung des Vorversuches

- 1 Gleitfläche, zusammengesetzt aus Stahlblech, PVC-Platte und Teflon
- 2 Spanndrähte  $\varnothing$  8 mm
- $N$  Normalkraft
- $Z$  Zugkraft



flächen wurden ein Stahlblech, eine PVC-Platte und eine Teflonfolie verwendet. Aus der Normalkraft  $N$  und der zur Ueberwindung der Haftreibung notwendigen Zugkraft  $Z$  konnten die Haftreibungskoeffizienten  $\mu$  für verschiedene Gleitflächen und Linienpressungen bestimmt werden.

$$\mu = \frac{N}{Z}$$

Bild 2. Haftreibungskoeffizient in Funktion der Normalkraft. Gleiten von zwei Spannstahlabschnitten:

- 1 auf Stahl
- 2 auf PVC
- 3 auf Teflon

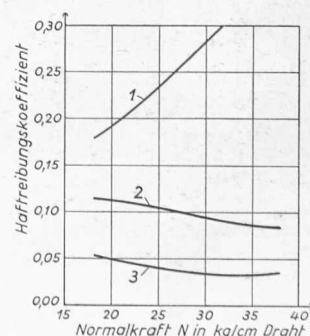


Tabelle 1 Resultate des Vorversuchs

Gleitfläche	$N$ kg	$Z$ kg	$\mu$
Stahlblech	201	38	0,19
	252	59	0,23
	304	86	0,28
PVC-Platte	201	23	0,11
	252	26	0,10
	304	28	0,09
	355	30	0,08
Teflonfolie	201	10	0,05
	252	10	0,04
	304	11	0,04
	355	12	0,03