

# Industriehygiene und Arbeitsphysiologie: die physiologischen und psychologischen Wirkungen des Lärms

Autor(en): **Grandjean, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **73 (1955)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61837>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

tische Betrachtungsweise in der modernen Medizin sowie die neueren Einsichten über die grosse Bedeutung der zwischenmenschlichen Verhältnisse für Arbeitsfrieden und Produktivität machen es klar, dass der Arzt, in seiner von langer Tradition getragenen Vertrauensstellung, eine besonders günstige Möglichkeit zur Behandlung dieser Fragen hat. Auf dem ganzen Gebiete der Umweltuntersuchungen und der technischen Hygiene soll der Arzt stets in Zusammenarbeit mit Chemikern, Physikern, Technikern, Psychologen und Soziologen diese diversen Probleme anpacken.

III. *Die Anpassung des Arbeitsprozesses an den Menschen und des Menschen an seine Arbeit* muss sich auf grosse Kenntnisse und langjährige Erfahrungen stützen. Die Anpassungsstörung stellt ohne Zweifel eines der wichtigsten Probleme der heutigen Medizin sowie der Arbeitslehre dar. Der Industriearzt, mit zureichenden Hilfsmitteln ausgerüstet, kann dieses Problem zweckmässig angreifen und somit viel beitragen zu Arbeitsfreude, Produktivität und Arbeitsfrieden. In der industriemedizinischen Sprechstunde soll im allgemeinen keine medizinische Behandlung vorgenommen werden, die Beratung dient präventiven und sozialmedizinischen Zwecken. Auch die Revalidierung beschränkter Arbeitsfähiger Arbeiter (Kranke, ältere Arbeiter usw.) gehört zur Tätigkeit des Fabrikarztes.

Die Organisation der Industriemedizin ist vor allem bei kleinen Betrieben schwierig. In mehreren Ländern zeigte sich der kombinierte, bezirksweise gebildete Dienst als eine gute Lösung. Die einzelnen kleineren Betriebe bilden zusammen eine Organisation mit Handhabung ihrer eigenen Selbständigkeit. Die Kosten betragen etwa 0,3 bis 0,5 % der ausgezahlten Löhne und Gehälter. Der moderne Unternehmer hat nicht nur als Ziel, viele Produkte anzufertigen und umzusetzen; er trägt auch eine menschliche und soziale Verantwortung seinen Mitarbeitern gegenüber. Die Gesundheitsfürsorge in der Industrie bildet dem Unternehmer hierzu ein unschätzbares Hilfsmittel, sofern sie von einem sachverständigen industriemedizinischen Dienst besorgt wird.

### Verfahren zur Entstaubung der Luft in Industriebetrieben

Von Dr.-Ing. Koch, Bundesinstitut für Arbeitsschutz, Soest i. W.

Die im allgemeinen üblichen Zahlenwerte für die zulässige Konzentration der Verunreinigungen der Atmungsluft (MAK-Werte) sind nur bei langandauernder, täglich achtstündiger Einatmungszeit gültig. Die Reaktion des Körpers ist weniger von der Konzentration als von der eingeatmeten Staubmenge abhängig.

Die Absaugwirkung an der Staubquelle ist vor allem durch Form und Lage der Hauben bzw. Trichter bestimmt. «Industrial Ventilation», Committee on Industrial Ventilation, P. O. Box 453, Lansing/Michigan, gibt folgende Faustformel für die Luftgeschwindigkeit  $v$  in der Symmetrieachse vor einem runden Absaugrohr mit dem Querschnitt  $F$  und der durchschnittlichen Luftgeschwindigkeit  $v_0$  im Rohr, gemessen in der Entfernung  $x$ :

$$v = v_0 \frac{F}{10x^2 + F}$$

Das Wegblasen ist gelegentlich möglich und oft wirksamer als das Absaugen, eine Kombination von Blasen und Absaugen häufig wertvoller (Wärme- und Lufteinsparung). Bei explosionsgefährlichem Staub sind Schutzmassnahmen erforderlich. Im Umluftverfahren beträgt die Konzentration der Luftverunreinigung beim Wiedereinblasen  $Q = q/(1-p)$ , wenn  $q$  die Konzentration der ständig zugeführten Luftverunreinigung und  $p$  der zurückgeführte Gemischanteil ist. Beispiel:  $q = 1\% = 0,01$ ;  $p = 0,3$ ;  $Q = 0,014$ .

Der natürliche Luftwechsel ist in erster Linie durch die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung bestimmt und ist daher für staubgefährdete Betriebe nicht geeignet. Bei künstlichem Luftwechsel ist die Luftmenge durch den zulässigen MAK-Wert, durch die entstehende Staubmenge und evtl. durch den Staubgehalt der zugeführten Luft bestimmt. Der Luftstrom muss die Hauptgefahrenstellen gut erfassen und darf keine Wirbel im Arbeitsbereich bilden. Von oben kommende Kaltluft und von unten aufsteigende Warmluft verteilt sich schlecht. In grossen Hallen mit vielen Fenstern und Toren ist planmässige künstliche Lüftung kaum möglich.

Klima- oder Teilklimaanlagen sind bei ständiger Staubgefährdung nur sinnvoll, wenn die Anlage auch im Bereich  $5\mu$  bis  $0,5\mu$  einen guten Wirkungsgrad hat und dieser ständig überwacht wird. Zykclone kommen hier also nicht in Betracht. Tuchfilter haben hohen Luftwiderstand und sind empfindlich. Labyrinthfilter insbesondere mit Zusatz artfremder Fasern (gute Isolatoren) sind sehr wirksam, desgleichen Elektrofilter. In beiden Fällen sind aber Vorreiniger, z. B. Zykclone, notwendig.

Ist die durchschnittliche Staubkonzentration  $n$  in der Raumluft ( $\text{mg}/\text{m}^3$  oder Teilchenzahl je Raumeinheit) bekannt, so berechnet sich die Beziehung zwischen abgesaugter Luftmenge, Staubmenge und Zeit aus dem Ansatz:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{Q_s - n \cdot Q_1}{V_1}$$

mit  $V_1$  Luftvolumen im Arbeitsraum in  $\text{m}^3$

$V_s$  Staubmenge im Arbeitsraum in  $\text{mg}$

$n = V_s/V_1$  ( $n_0$  zur Zeit  $t = 0$ )

$Q_1$  Abgesaugte Luftmenge in  $\text{m}^3/\text{h}$

$Q_s$  In den Raum tretende Staubmenge in  $\text{mg}/\text{m}^3$

Daraus ergibt sich:

$$t = \frac{V_1}{Q_1} \lg \left( \frac{Q_s - Q_1 \cdot n_0}{Q_s - Q_1 \cdot n} \right)$$

Ueberwachung der Anlagen:

Bei Abnahme Luftgeschwindigkeiten, Druckdifferenzen, Ventilatorleistung fixieren. Regelmässige Kontrolle der Absauge- und Klimaanlagen notwendig. Luftgeschwindigkeiten bzw. Druckdifferenzen an der Haube, vor und hinter Ventilator prüfen. Undichte Leitungen und Schieber, verstopfte Leitungen, überlastete Anlagen, verstopfte und undichte Filter. Regelmässige Reinigung, besonders der Farbspritz-Absaugeanlagen notwendig.

### Die physiologischen und psychologischen Wirkungen des Lärms

Von Prof. Dr. med. E. Grandjean, ETH, Zürich

#### I. Physiologische und physikalische Grundlagen

Gehörsempfindungen entstehen, wenn Schallwellen durch den äusseren Gehörgang und das Mittelohr in das Innenohr gelangen, wo die Schallenergie in nervöse Impulse umgewandelt wird, die in bestimmten Zentren des Gehirns als etwas Gehörtes bewusst werden. Das Hören, Wahrnehmen und Verstehen ist ein Vorgang, bei dem das Ohr nur ein Glied in der Kette zahlreicher Funktionen darstellt, von denen die wichtigsten im Gehirn lokalisiert sind.

Unter Lärm versteht man einen störenden Schall. Wir müssen dabei unterscheiden zwischen der physikalischen Intensität eines Schalles und der subjektiv empfundenen Lautstärke. Entsprechend dem Weber-Fechnerschen Gesetz steigt die subjektiv empfundene Lautstärke proportional dem Log. der physikalischen Schallintensität an. Die Masseinheiten sind für die Schallintensität das Dezibel (db) und für die subjektive Lautstärke das Phon. Die Schallintensität steigt proportional den Logarithmen der Schalldrucke. Einer Verzehnfachung des Schalldruckes entspricht eine Zunahme von 20 db.

Das Gehör ist für tiefe Töne bedeutend weniger empfindlich als für hohe Töne. Die Masseinheiten des Phons berücksichtigen diese besonders geartete Empfindlichkeit des Gehörs für verschiedene Tonhöhen.

#### II. Die physiologischen Wirkungen auf das Gehör selbst

Für das Hören in einer lärmenden Umgebung ist die Fähigkeit, einen bestimmten Lärm aus andern herauszuhören, von entscheidender Bedeutung. Diese durch den Lärm maskierten Hörschwellen steigen bis zu einem Pegel von 80 db nahezu linear mit dem Lärmpegel an. Um einen Sprechenden in einem Lärmbetrieb gut zu verstehen, muss die Schallstärke der Sprache 18 db über dem Lärmpegel sein.

Wird das Ohr grossen Lärmstärken von 90 db und mehr exponiert, so kommt es zu einer vorübergehenden Herabsetzung der Hörempfindlichkeit. Diese Hörverluste sollen den irreversiblen, nicht heilbaren Hörschäden durch Lärm vorangehen. Die Grenze des Lärmes, unterhalb welcher mit

Sicherheit keine vorübergehenden und auch keine unheilbaren Hörverluste zu erwarten sind, liegt bei 85 db.

### III. Die physiologischen Wirkungen auf diverse Funktionen des Gehirns

Eine grosse Zahl von Laboratoriumsuntersuchungen hat gezeigt, dass der Lärm sowohl psychische Funktionen als auch die vom Gehirn gelenkte Muskeltätigkeit beeinträchtigt. So wurden unter anderem durch Lärm die Geschwindigkeit und die Präzision des Rechnens und des Maschinenschreibens herabgesetzt, die Fähigkeit zur Konzentration beeinträchtigt und die Reaktionszeiten verlängert. Dementsprechend wurde in Industriebetrieben durch Lärmreduktion eine Erhöhung der Produktionsleistungen beobachtet.

Ausserdem haben alle Untersuchungen gezeigt, dass der Lärm subjektiv immer als lästig und unbehaglich empfunden wird, auch dann, wenn objektiv keine Leistungseinbusse gemessen werden kann. Der Mensch ist wohl in der Lage, Arbeiten, die hohe Anforderungen an das Denken, an die Konzentration und an die Geschicklichkeit stellen, in einer lärmigen Umgebung durchzuführen; er muss dabei aber einen nervösen Aufwand und eine geistige Anstrengung auf sich nehmen, um sich vom Lärm zu isolieren und ihn sozusagen nicht zu hören. Die Grösse der nervösen Belastung durch Lärm hängt von verschiedenen Faktoren ab: 1. der unerwarteten und der diskontinuierlichen Störung mehr als der regelmässigen Lärm; 2. eine Arbeit, bei der das Hören mitbeteiligt ist, wird durch Lärm mehr gestört als eine Arbeit, die ohne Beteiligung der Ohren durchgeführt werden kann; 3. Lärmpegel von 50 bis 60 db können bereits bei delikaten Arbeiten störend und belastend wirken; Lärmstärken von 80 db können ohne Nachteile bei verhältnismässig einfachen und unkomplizierten Arbeiten an lärmigen Maschinen ertragen werden; 4. hohe Töne belästigen mehr als niedrige Töne.

### IV. Die physiologischen Wirkungen des Lärms auf den ganzen Organismus

Die Lärmexposition führt beim Menschen vorübergehend zu einer Erhöhung des Blutdruckes, einer Beschleunigung der Herztätigkeit, einer Steigerung des Stoffwechsels, einer Abnahme der Verdauungstätigkeit, einer Erhöhung des Liquordruckes im Gehirn und einer Steigerung der Muskelspannung. Die Gesamtheit dieser Reaktionen sind Ausdruck einer allgemeinen Alarmreaktion des Organismus, welche durch einen erhöhten Reizzustand des vegetativen Nervensystems (Sympathiekotonie) ausgelöst und gesteuert wird. Das gehäufte Auftreten dieser Alarmreaktionen ist für die Gesundheit ungünstig; diese vegetativen Lärmreaktionen sind an der Zunahme der Herz- und Gefässkrankheiten, der Magenbeschwüre und anderer moderner Zivilisationsschäden mitbeteiligt.

### V. Die psychologischen Wirkungen des Lärms

Hierfür ist die individuelle Einstellung zum Lärm selbst oder zu seiner Herkunft entscheidend. Je nach den Assoziationen, die unbewusst oder bewusst mit dem Lärm verbunden werden, empfinden wir ihn als angenehm oder als lästig und unbehaglich. So wird der Lärm einer Maschine den Arbeiter, der sie bedient, wenig stören, hingegen können Angestellte, die mit dieser Maschine direkt nichts zu tun haben, durch ihren Lärm sehr stark gestört werden.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass der Lärm wegen der Störung der Hörfunktion selbst, aber auch wegen seiner physiologischen Wirkungen auf das Gehirn und auf den ganzen Organismus zu einer beträchtlichen Belastung des modernen Menschen führt, die eine Forderung nach systematischer Lärmbekämpfung voll rechtfertigt.

### Die Hörschäden durch Lärm

Von Prof. Dr. med. L. Rüedi, Kantonsspital, Zürich

Symptome von Gehörschäden sind: Druck im Kopf und in den Ohren, Müdigkeit, Ohrensausen und vorübergehende Schwerhörigkeit. Die objektiven Merkmale bei normalen Mittelohrverhältnissen sind: Hörverlust in Form einer flachen Senke im Audiogramm zwischen 2000 und 8000 Doppelschwingungen pro Sekunde. Ohrensausen im Bereich der hohen Töne. Positiver Lautstärkeausgleich innerhalb der Hörsenke.

Das reversible Anfangsstadium der Lärmschädigung wird charakterisiert durch eine breite Senke zwischen 2000 und 8000 Doppelschwingungen, eine verzögerte Erholung eines Prüftones innerhalb der Hörsenke und ein paradox erscheinendes Besserhören eines zweiten Prüftones innerhalb der Schädigungszone. Allem Anschein nach beginnt das reversible Anfangsstadium einer Lärmschädigung mit einer Stoffwechselstörung, an der möglicherweise das Vitamin A beteiligt ist. Dafür spricht die Erhöhung der kritischen Lärmintensität und die Verkürzung der physiologischen Ermüdung durch Vitamin A. Eventuell gibt es auch im Ohr einen für die Laut-Leise-Adaption benötigten besonderen Stoff, ähnlich dem im Auge bei der Hell-Dunkel-Adaption wirksamen Rhodopsin. Die definitive Lärmschädigung wird charakterisiert durch anatomische Veränderungen der Haarzellen des Cortischen Organs. Diese definitiven Schädigungen können die Folge der beschriebenen Stoffwechselstörungen sein, oder aber sie entstehen bei sehr hoher Lärmintensität sehr rasch oder sofort durch direkte Zerreibungen des durch den hohen Schalldruck übermässig stark beanspruchten Cortischen Organs.

Als Behandlung genügt im Anfangsstadium die Entfernung aus dem schädigenden Lärmumfeld, kombiniert mit Vitamin-A-Verabreichung. In einem späteren Stadium, mit anatomischen Schädigungen des Cortischen Organs, kann der nun definitive Hörverlust durch keine Behandlung behoben werden.

Vorbeugung ist durch Verminderung der Lärmproduktion, durch Resorption des Lärms durch geeignete Materialien, durch Schutz der Lärmarbeiter durch verschiedene ohrverschliessende Mittel (in den Gehörgang eingebrachte Einsteckohrlöcher oder ohrbedeckende Schalen) möglich. Bei besonders Lärmempfindlichen kann die Resistenz durch regelmässige Zufuhr von Vitamin A erhöht werden.

### Betriebliche Lärmbekämpfung an der Quelle

Von Dr.-Ing. Koch, Bundesinstitut für Arbeitsschutz, Soest i. W.

Gehörschäden sind ab 95—100 Phon bei 10—1000 Hz und ab 85—90 Phon bei über 1000 Hz zu erwarten; bei der Beurteilung der Lärmschädigungen sind Alter und Geschlecht zu berücksichtigen. Die Verringerung der Schallerzeugung an Maschinen, Fahrzeugen und bei Arbeitsprozessen geht weitgehend parallel mit der Erfüllung der Forderung nach geringem Verschleiss, hohem Wirkungsgrad usw., also mit der Lösung rein technischer Aufgaben. Hinzu kommen Massnahmen: das Füllen mit Sand oder Beton, die Verwendung von Antidöhnstoffen, das Anbringen schalldämpfender Verschaltungen (Wassermäntel). Die Körperschallübertragung kann durch Einbau zweckmässiger Schalldämpferglieder aus Gummi, Kork, Eisenfilz usw. gedrosselt werden.

Luftschalldämmung ist insbesondere bei Gebläsen, Ventilatoren, Kompressoren, Dieselmotoren, Betonmischern mit Benzinmotoren, Rundwebstühlen usw. nötig. Hierfür bestehen zweckmässige Lösungen. Dagegen sind Lösungen noch gesucht bei Nietarbeiten, an Stifeschlagmaschinen und -pressen, Schrauben- und Mutterpressen, Holzbearbeitungsmaschinen. Hier kann das zeitliche oder räumliche Zusammenlegen von Geräuschquellen Vorteile bringen.

### Die Bekämpfung der Schallausbreitung in Gebäuden

Von Prof. W. Furrer, ETH, Zürich

Wenn eine Schallquelle ihre ganze Energie ausschliesslich in die Luft abstrahlt (Stimme, Geige, Blasinstrumente usw.), so spricht man von Luftschall; wenn ein Schallerzeuger dagegen direkt Bauelemente zum Mitschwingen anregt (Wasserleitung, Maschine, Klavier usw.), so wird dies als Körperschall bezeichnet. Diese Unterscheidung ist von grundlegender Wichtigkeit, da die Dämmung dieser beiden Schallarten ganz verschiedene Massnahmen erfordert.

In einem Raum kann man zunächst versuchen, den durch eine Lärmquelle erzeugten Luftschall zu absorbieren. Ueber die Wirksamkeit dieser Massnahme darf man sich jedoch keine übertriebenen Vorstellungen machen. In sehr halligen Räumen ist es möglich, durch das Verlegen von Akustikplatten u. ä. die Absorption um einen Faktor von maximal