

## Werk

**Titel:** Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis vom Schutz gegen Schall und Erschütterung...

**Autor:** Hencky, K.

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1917

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X\\_0005|log93](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log93)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

16. Februar 1917.

Heft 7.

## Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis vom Schutz gegen Schall und Erschütterungen.

Von Dipl.-Ing. K. Hencky, München,

Assistent am Laboratorium für technische Physik an der  
K. Technischen Hochschule.

Auf dem Gebiete des Bauwesens, das in Hinsicht auf die architektonische Wirkung eine so beachtenswerte Höhe erreicht hat, machen sich in neuerer Zeit die störenden Einflüsse des Schalls und der Erschütterungen in immer stärkerem Maße bemerkbar. Die Vorteile neuerer Bauweisen sowie besonders finanzielle Rücksichten waren die Ursache, daß man beim Bauen auf die Schallbelästigung oft nicht genügend Bedacht nahm. Dieser Verzicht auf ausreichenden Schallschutz findet zum Teil auch darin seine Erklärung, daß noch eine gewisse Unsicherheit in der Anwendung und der Auswahl der Mittel zur Schalldämpfung bestanden hat, die, wie wir sehen werden, in der Eigenart des vorliegenden Problems begründet ist. Diese Unkenntnis darf trotz der Reichhaltigkeit der physikalischen Literatur nicht weiter überraschen, da es meist sehr schwer zu entscheiden ist, in welchem Maße die Resultate rein physikalischer Forschung für die technische Praxis Bedeutung haben. Im Interesse aller war es daher gelegen, daß in besonderen, den praktischen Verhältnissen Rechnung tragenden Versuchen eine Klärung dieser Fragen herbeizuführen unternommen wurde. Hierher gehören in erster Linie die im Laboratorium für technische Physik an der Kgl. Technischen Hochschule in München von *Berger* und *Ottenstein* durchgeführten Arbeiten und die von *Weisbach* an der Universität Leipzig ausgeführten Untersuchungen. Die Ergebnisse dieser seit mehreren Jahren im Gange befindlichen Arbeiten sollen im folgenden kurz auseinandergesetzt werden, da sie bereits zu wertvollen Resultaten geführt haben, welche zweifellos allgemeines, über die Fachkreise hinausreichendes Interesse beanspruchen dürfen.

Die Fortpflanzung des Schalls findet im allgemeinen teils durch die Luft, teils durch feste Körper statt. Ein gesprochenes Wort wird z. B. durch die Luft übertragen, welche Schallausbreitung wir als „Luftschall“ bezeichnen wollen. Im Gegensatz hierzu werde die Geräuschübertragung in festen Körpern als „Bodenschall“ gekennzeichnet. In praktisch vorliegenden Fällen hat man es meist mit einem Zusammenwirken beider Schallarten zu tun. Eine Trennung bei akustischen Betrachtungen ist dennoch notwendig

geworden, weil beide Möglichkeiten der Schallbelästigung zu ihrer wirksamen Dämpfung voneinander ganz wesentlich verschiedene Maßnahmen erfordern. Es sollen daher zunächst die Verhältnisse bei Luftschall näher betrachtet und dann die bei Bodenschalleitung zu beachtenden Gesichtspunkte besprochen werden.

### I. Luftschall.

Für die Fortpflanzung des in einem geschlossenen Raume entstandenen Luftschalles treten ganz analog den Verhältnissen bei der Wärmestrahlung drei Möglichkeiten in Erscheinung. Ein Teil der Schallenergie wird nach Auftreffen auf die Wände von deren Oberfläche wieder reflektiert, ein Teil dringt in die Wand ein und wird durch Überführung in eine andere Energieform absorbiert. Der Rest endlich durchdringt die Wand und tritt auf der Gegenseite als Luftschall wieder auf. Die von den Wänden zurückflutende und im Raume wieder gehörte Schallenergie führt zu der Erscheinung des Nachhalles, die letzte von der Wand hindurchgelassene Schallmenge bewirkt eine unerwünschte Schallbelästigung in dem Nebenraume.

Der Nachhall, welcher die immer wieder auftauchende Frage nach der Ursache der „Akustik“ von Zimmern, Sälen und sonstigen geschlossenen Räumen umfaßt, tritt nach zwei Richtungen störend hervor, erstlich durch die Größe der reflektierten Schallenergie, welche auf die Volumeneinheit bezogen mit Energiedichte bezeichnet sei, und zweitens durch die Dauer des Nachhalles, d. h. derjenigen Zeit, die vom Augenblick des Abbrechens des Tones bis zu dessen Verschwinden im Raume verstreicht. Die Theorie<sup>1)</sup> zeigt, daß bei gegebener ausgesandter Schallenergie die Energiedichte und ebenfalls auch die Dauer des Nachhalles mit der Vergrößerung der Oberflächen und der Verminderung ihres Reflexionsvermögens abnimmt. Unter Oberflächen sind nicht nur die Begrenzungsflächen des Raumes zu verstehen, sondern auch die Oberflächen sämtlicher im Raume vorhandener Gegenstände, einschließlich der Oberflächen von Verzierungen, Wandrippen usw. Es kann daher durch eine starke Gliederung der Wände eine entsprechende Verminderung des Nachhalles bewirkt werden.

Das Reflexionsvermögen der Wände ist durch passende Wahl des Materials in den erforderlichen Grenzen zu halten. Da Öffnungen (offene Türen

<sup>1)</sup> G. Jäger, Zur Theorie des Nachhalles. Sitz.-Bericht der K. Akademie der Wiss. in Wien, math.-naturw. Klasse Bd. CXX, 1911, Abt. II a.

und Fenster) keinen Schall zurückwerfen, ist deren Reflexionsvermögen = 0. Demgegenüber sind Wände sehr stark reflektierend, wie Versuche von Sabine<sup>1)</sup> zeigen. Es ist z. B. das Reflexionsvermögen für

Offenes Fenster	= 0,000
Fichtenholzverkleidung	= 0,939
Glas von einfacher Dicke	= 0,973
Mörtelbewurf auf Ziegel	= 0,975

Durch Behängen der Wände mit Stoff, Tapete usw. wird das Reflexionsvermögen stark herabgesetzt. Dies beruht darauf, daß die feinen stark luftdurchlässigen Gewebe den Schall fast ungehindert durchlassen, worauf er durch die oftmalige, jedesmal mit Verlusten verbundene Reflexion zwischen Wand und Gewebe eine starke Dämpfung erfährt. Auch für diese Gewebe liegen Versuchszahlen vor:

Haarfilz, 2,5 cm stark	= 0,22
Teppiche	= 0,70
Vorhänge	= 0,77
Linoleum auf Fußboden	= 0,88
einzelner Mann	= 0,52
einzelne Frau	= 0,46
Publikum pro qm	= 0,04

Die beiden für die Nachhalldämpfung wichtigen Faktoren, die Vergrößerung der Oberfläche und die Verminderung des Reflexionsvermögens, sind aus den letzten drei genannten Versuchszahlen besonders gut in ihrer Einzelwirkung zu erkennen. Während ein Mann oder eine Frau hauptsächlich durch das geringe Reflexionsvermögen der Kleider eine Dämpfung auf 52 (46) % des ursprünglichen Schalles bewirkt, bringt eine Vermehrung der schallabsorbierenden Oberfläche, wie sie durch Anwesenheit mehrerer Personen geschieht, eine weitere starke Herabsetzung bis auf 4 % zustande. Die Anwesenheit einer hinreichend großen Besucherzahl ist demnach bei Aufführungen in Konzertsälen und Theatern von hoher Bedeutung.

Die Größe des Reflexionsvermögens eines Materials hängt auch noch von der Schichtdicke ab, und zwar in dem Sinne, daß mit der Schichtdicke das Reflexionsvermögen nicht proportional, sondern verzögert abnimmt; dabei ist noch festzuhalten, daß tiefe Töne weiter eindringen als hohe Töne. Demgemäß genügen bei letzteren dünnere Schichten als bei tiefen Tönen.

Die auf die Wand aufgetroffene Schallenergie, welche nicht reflektiert wird, dringt in dieselbe ein, wobei sie je nach Materialbeschaffenheit weiterhin absorbiert wird, der verbleibende Rest dringt hindurch und wird auf der anderen Seite als Luftschall von unserem Ohr wieder empfunden. Diese Schallübertragung auf die Nebenräume kann in dreierlei Weise erfolgen. Die erste ist die, bei welcher die molekularen Teilchen der Wand beim Auftreffen des Schalles in wellenförmige Schwingungen geraten, die Wand

als Ganzes aber in Ruhe bleibt. Die Wellenbewegung durchsetzt die Wand unter Schwächung der Amplituden infolge der inneren Reibung. Schon aus theoretischen Erwägungen folgt, daß die Verminderung der Amplitude auch bei nur ganz dünnen Schichten eine sehr intensive ist und dadurch die auf solche Art übertragene Schallenergie verschwindend klein wird.

Wichtiger ist die zweite Art der Schallübertragung, welche in der Luftdurchlässigkeit der Materialien gegeben ist. Denn der Schall kann in den luftgefüllten Poren von Pore zu Pore übertragen werden und so die Wand durchdringen, ohne den festen Teil derselben in Schwingungen zu versetzen. Da hier die Luft der Schallträger bleibt, findet die Umwandlung des Schalles in eine andere Energieform nicht statt und es treten keinerlei dämpfende Umsetzungsverluste auf. Wir erkennen daher die hohe Bedeutung der Luftundurchlässigkeit für eine wirksame Schallisolation. Die Annahme, daß die Schallwellen beim Übergang von einer Luftpore zur anderen stark gedrosselt werden, hat sich nur in geringem Maße bestätigt gezeigt. Die Untersuchung poröser Körper hat dabei etwa eine proportionale Abnahme der Schalldurchlässigkeit mit der Abnahme der Luftdurchlässigkeit ergeben.

Ist daher auch beim Luftschallschutz die möglichste Luftdichtheit notwendig, so ist sie doch nicht hinreichend, denn es verbleibt noch eine dritte, gleichfalls sehr wirksame Art der Schallübertragung bestehen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Wand als Ganzes unter dem Einfluß der auffallenden Schallenergie Durchbiegungen erfährt. Diese Biegungsschwingungen übertragen sich dann auf die jenseits gelegene Luftmasse. Über diese Art des Schalldurchganges sind wir besonders gut unterrichtet. Da gemäß obiger Vorstellung die Schwingungsamplitude der an die Rückseite der Wand grenzenden Luft mit derjenigen der Wand oder dem Betrag ihrer Durchbiegung proportional ist, kann angenommen werden, daß die Schalldurchlässigkeit nach den Gesetzen der statischen Durchbiegung einer Platte beurteilt werden darf. Die Größe dieser Durchbiegung und damit die Schalldurchlässigkeit hängt zunächst von den Auflagerbedingungen ab, d. h. davon, ob die Platte frei aufliegend oder am Rande eingespannt ist; im ersten Falle ist die Durchbiegung 4-mal so groß wie im letzteren. Versuche hierüber liegen nicht vor, wohl aber zahlreiche über den Einfluß der Plattenmasse, welche in der dritten Potenz die Durchbiegungen verkleinert. Unabhängig voneinander fanden Weisbach<sup>1)</sup> und Berger<sup>2)</sup> die Abnahme der Schall-

<sup>1)</sup> Weisbach, Versuche über Schalldurchlässigkeit, Schallreflexion und Schallabsorption. Diss. Leipzig, 1910. Ders., Bauakustik, Berlin, Julius Springer 1913.

<sup>2)</sup> R. Berger, Über die Schalldurchlässigkeit, Diss. München 1911. Ders., Versuche über die Durchlässigkeit gegen Luftschall, Gesundheits-Ingenieur 1911, Nr. 51, S. 925.

<sup>1)</sup> Sabine, The American Architect and Building News, LXVIII, April 7, 1900 f.

durchlässigkeit mit dem Plattengewicht. Fig. 1 gibt ein graphisches Bild dieser Gesetzmäßigkeit nach Versuchen von Berger. Zu deren zahlenmäßiger Veranschaulichung sind in Tabelle 1

Tabelle 1.

Material	Dicke mm	Gewicht kg	Relative Schalldurch- lässigkeit
Luft . . . . .	—	—	100
Preßkork . . . . .	15	1,29	77,5
Filz . . . . .	15	1,80	70
Holz . . . . .	15	2,83	57
Beton . . . . .	15	14,60	15
Eisenblech . . . . .	5	16,75	13,2
Bleiblech . . . . .	2	25,20	9,4

die Durchlässigkeitszahlen für verschiedene Materialien zusammengetragen, wie sie aus der Fig. 1 abgelesen werden können. Eine eingehende

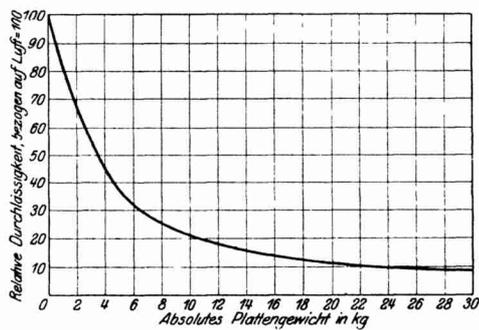


Fig. 1. Beziehung zwischen Schalldurchlässigkeit und Gewicht eingespannter quadratischer Platten (nach Berger).

theoretische Betrachtung ergibt in Übereinstimmung mit obigen Versuchen die Regel, daß man als Isolator einen Stoff anwenden muß, bei dem das Produkt aus Dichte und Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles möglichst stark von dem für Luft geltenden abweichen soll. Dies trifft in der Tat für schwere Wände zu.

Aus dem asymptotischen Verlauf der Durchlässigkeitskurve erkennt man ferner noch, daß von einem bestimmten Gewichte an für gleiche Schallstärke und bei gleicher Luftdurchlässigkeit der Platte nur mehr eine sehr kleine Verminderung der Schalldurchlässigkeit erreicht werden kann, so daß diese in keinem Verhältnis zu den gemachten Aufwendungen steht. Bei diesem Tatbestand muß demnach darauf verzichtet werden, durch weitere Vermehrung des Gewichtes und entsprechend feste Auflagerung der Wände, Decken usw. die Ausbildung von Biegungsschwingungen zu verhindern. Eine weitere Dämpfung kann vielmehr nur davon erwartet werden, daß durch geeignete Mittel die Schallwellen vor dem Auftreffen auf die schwingungsfähigen Wandteile

abgefangen werden oder daß die Ausbreitung der einmal entstandenen Biegungsschwingungen unterbunden wird. Ersteres wird erreicht, wenn die Oberflächen der Wände sehr stark absorbierend gestaltet werden, indem sie mit plastischen Stoffen z. B. Plastellin, belegt werden. Die Wirkung dieser Materialien beruht darauf, daß sie die Schwingungsenergie in nicht umkehrbare Formänderungsarbeit verwandeln und so nicht weiter gelangen lassen. — Die Ausbreitung entstandener Schwingungen kann wirksam hintangehalten werden, wenn die Wände aus mehreren Materialien mit entsprechenden zur Schwingungsdämpfung geeigneten Zwischenlagen zusammengesetzt werden. Die gute Schalldämpfung und die Art der Zusammenstellung solcher Wandkombinationen zeigen die in Tabelle 2 enthaltenen Angaben<sup>1)</sup>. Als Vergleichswand ist darin eine Ziegelmauer von 120 mm Dicke gewählt, deren Schalldurchlässigkeit gleich 100 gesetzt ist.

Tabelle 2.

Wand Nr.	Relative Schalldurchlässigkeit	Wandgewicht	Schicht I	Schicht II	Schicht III
1	100	222	—	—	Ziegel 120 mm stark
2	80	237	Preßkork 30 mm	Korkpulver 50 mm	„ „
3	73	300	„ „	Schweißsand 50 mm	„ „
4	72	270	—	Lehm, trock. 30 mm	„ „
5	33	285	—	Lehm, halbtrocken	„ „
6	25	300	—	Lehm, naß	„ „

Nr. 1, 2, 3 gibt ein Bild der Schalldämpfung durch die Zwischenlager Korkpulver<sup>2)</sup> und Schweißsand. Aus den Zahlenwerten zu Versuch Nr. 4, 5, 6 geht besonders deutlich die schalldämpfende Wirkung plastischer Stoffe (nasser Lehm) hervor, welche hier nicht als Außenbelag, sondern als Zwischenschicht gleichfalls stark dämpfend wirken.

Diese Methode der Luftschalldämpfung durch zusammengesetzte Wände ist im eigentlichen Sinne schon ein Problem der Bodenschalldämpfung, da es sich doch darum handelt, die Ausbreitung von Schwingungen einer Wand zu verhindern. Es kann daher nicht weiter befremden, wenn statt schwerer Materialien bei den Wandkombinationen gerade absichtlich diejenigen leichten, lose ge-

<sup>1)</sup> E. Ottenstein, Über Schalldurchlässigkeit von Baumaterialien und ausgeführten Wänden. Gesundheits-Ingenieur 1913, Nr. 19, S. 345.

<sup>2)</sup> Es muß hier ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß Kork ein leichtes, luftdurchlässiges Material ist und deshalb nach dem früher Gesagten für sich allein verwendet keinerlei merkliche Luftschalldämpfung besitzen würde.

schütteten Stoffe benutzt werden müssen, welchen wir bei Betrachtung der Bodenschalldämpfung wieder begegnen werden.

## II. Bodenschall.

Bodenschall entsteht dann, wenn einem Körper Gelegenheit gegeben ist, seine Schwingungen auf den Boden zu übertragen. Von den hierher gehörigen Schwingungsarten sind für die Technik am wichtigsten:

1. Verdichtungswellen (Fig. 2),
2. Schubwellen (Fig. 3),
3. Dehnungswellen in Stäben (Fig. 4),
4. Oberflächenwellen (Fig. 5),
5. Biegungswellen (Fig. 6).



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

Welche Wellenbewegung jeweils auftritt, hängt von der Art des Stoßes und der inneren Beschaffenheit der stoßenden Körper ab. In absolut unelastischen oder plastischen Stoffen ist das Auftreten von Wellen unmöglich<sup>1)</sup>.

Die auf Seite 99 bereits erwähnte, für die Schwingungsdämpfung gültige Regel kommt auch für Bodenschalldämpfung zur Anwendung. Demgemäß ist als Isolator ein Material zu verwenden, dessen spezifisches Gewicht und dessen Schallgeschwindigkeit möglichst von den entsprechenden

Größen desjenigen Stoffes abweichen, von dem der Schall herkommt.

Da sich Erschütterungen in spezifisch schweren Stoffen mit hoher Schallgeschwindigkeit fortpflanzen, sind gemäß obiger Regel zur Dämpfung von Bodenschall leichte und lose geschüttete Materialien besonders geeignet, da sich in diesen der Schall mit geringerer Geschwindigkeit ausbreitet.

Für Bodenschallisolation kommen daher auch Luftzwischenräume in Frage. Diese sind in der Tat ein einfaches Mittel und man wendet sie insbesondere gegen Oberflächenwellen mit Erfolg an, indem z. B. rings um Maschinen tief in den Boden dringende schmale Luftspalten vorgesehen werden. Eine gleich gute Dämpfung tritt bei den Verdichtungswellen und Schubwellen ein. Müssen solche Luftzwischenräume teilweise durch feste Körper überbrückt werden, so können sich dennoch die Wellen ausbreiten. Es ist daher wichtig, auf allen Seiten für Isolierung des Schwingungsherdens Sorge zu tragen. Zu diesem Zwecke müssen die Flächen, an welchen die Übertragung von Kräften stattfindet und sich aus diesem Grunde die Anwendung von Luftzwischenräumen verbietet, durch Zwischenlagen aus besonders geeigneten Materialien isoliert werden. Solche Stoffe sollen große Dickenänderungen aushalten und dürfen auch in längeren Zeiträumen trotz der hohen Belastung von ihrer Elastizität nichts verlieren. Außerdem müssen sie gemäß obiger allgemeiner Regel spezifisch leicht sein und den Schall mit möglichst kleiner Geschwindigkeit weiter leiten. Diese Bedingungen werden erfüllt von Korkstein, Eisenfilz, Gewebebauplatten, Gummi und anderen, ferner auch von lose geschütteten Materialien, wie Korkmehl, Sand, Kies. Voraussetzung dabei ist aber, daß die Stoffe lufttrocken sind und es auch dauernd bleiben. Denn bei wasserhaltigen Aufschüttungen wirkt das Wasser selbst als wirksamer Schallträger<sup>1)</sup>.

Die Wirksamkeit derartiger isolierender Unterlagen<sup>2)</sup> wurde an einem in der Praxis häufiger vorkommenden Fall untersucht, nämlich bei den Schwingungen einer Decke, welche sich unter dem Einflusse eines darauf befestigten Motors ausbildeten. Dabei zeigte sich, daß die Deckenschwingungen (Fig. 7) mit Steigerung der Maschinendrehzahl (also der Stoßimpulse) zunehmen, dann abnehmen und wieder zunehmen, so daß bei der graphischen Darstellung fortwährend Berge und Täler abwechseln. Die bei den einzelnen Unterlagen auftretenden Ausschläge sind niedriger als die ohne die Unterlagen entstehenden. Aus Fig. 7 ist weiter zu ersehen, daß die kritischen Drehzahlen und damit die Höchstausschläge nach den niederen Drehzahlen sich verschieben. Muß z. B. die Maschine mit 2500 Umdrehungen laufen, so erweist sich die Unterlage

<sup>1)</sup> Bei Unterwassersignalen macht man von dieser Erscheinung absichtlich Gebrauch.

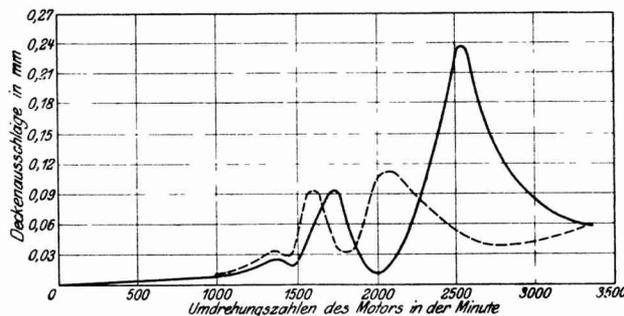
<sup>2)</sup> R. Berger, Über Erschütterungen. Gesundheits-Ingenieur 1913, Nr. 24, S. 433.

<sup>1)</sup> Plastische Stoffe sind daher die einzigen Materialien, welche Luft- und Bodenschall gleichzeitig dämpfen.

einer Gewebebauplatte als gut schalldämpfend. Die Verschiebung der Wellenberge bringt es aber mit sich, daß gerade das Umgekehrte der Fall wäre, wenn die Maschine z. B. mit 2000 Touren sich drehen müßte. Es kann daher über die Güte eines Materials in Laboratoriumsversuchen eine generelle Entscheidung nur insofern getroffen werden, als es sich um die Feststellung der Höhe des mittleren Bodenausschlags handelt, welcher wiederum dem Höchstausschlag proportional gesetzt werden darf. Das Auftreten der Wellenberge ist von örtlichen Verhältnissen abhängig und es muß von Fall zu Fall ein bestimmtes Material ausgewählt werden. Diese Entscheidung ist außerordentlich schwierig, da insbesondere der Technik noch ein transportables Instrument fehlt, welches die Schwingungen einer Decke in absolutem Maße aufzuzeichnen vermag. Jene Laboratoriumsversuche<sup>1)</sup> haben ferner noch das wichtige Ergebnis gezeigt,

nur mit Zwischenlagen, zu geschehen, wenn der Schwingungsherd auf dünnen Deckenkonstruktionen ruht. (Fig. 9.) Tief eingeschnittene Luftfugen würden hier eine so starke Schwächung der zur Tragfähigkeit notwendigen Wandstärke bedingen, daß die Durchbiegungen der Wand verstärkt würden und dadurch die Biegungsschwingungen in höherem Maße auftreten müßten. In diesen Fällen sind alle einzelnen Teile für sich mit Zwischenlagen zu unterbauen. Es darf dabei nicht übersehen werden, daß auch alle an die Maschine angeschlossenen Rohrleitungen durch Isolierung gehindert werden, ihrerseits die Maschinenschwingungen fortzuleiten.

Die Übertragung der Erschütterungen von Straßen auf die Gebäude möge nur kurz gestreift werden. Da es sich hier in erster Linie um Oberflächenwellen handelt, kann man durch Luftspalten (Gräben) schon viel erreichen. Auch die Vorgärten bieten hierzu ein einfaches Mittel,



— Motor ohne Zwischenlage an der Decke festgeschraubt.  
- - - - Motor mit Zwischenlage einer Gewebebauplatte.

Fig. 7. Schwingungen einer Decke unter dem Einfluß eines Motors.

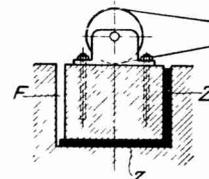


Fig. 8.

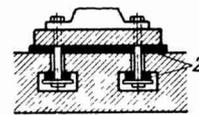


Fig. 9.

daß die Amplituden bei gleicher Stoßkraft mit zunehmendem Auflagerdruck der Maschine abnehmen. Es empfiehlt sich daher, zur Übertragung der Schwingungen des stoßenden Körpers für eine große Berührungsfläche desselben mit der die Schwingungen aufnehmenden Wand zu sorgen.

Bei der praktischen Durchführung der Bodenschallisolierung erscheint es zweckmäßig, diese gleich am Schwingungsherd selbst vorzunehmen. Dieser Fall ist vor allem bei Maschinen gegeben. Nach dem Grundsatz, daß alle Teile isoliert sein müssen, wird man die ganze Maschine einschließlich Fundament (Fig. 8) unter Anwendung von Luftfugen (F) und, wo Kräfte zu übertragen sind, durch Einlegen von Zwischenlagen (Z) isolieren. Diese Art der Isolierung setzt voraus, daß unter dem Maschinenfundament reichlich Raum vorhanden ist, wie es bei allen auf dem Erdboden aufzustellenden Maschinen zutrifft. Die Isolierung hat jedoch ohne Luftfugen und

wenn darin die Erde tief aufgelockert wird. Gräben dürfen eventuell mit lockerem Kies u. a. aufgefüllt werden. Besondere Aufmerksamkeit kommt heute auch der Geräuschbelästigung durch Straßenbahnen, Untergrundbahnen zu. So wurde z. B. die Untergrundbahn in Berlin an vielen Stellen derart isoliert, daß die Tunnelanlage vom Unterbau durch Kiesschichten getrennt wurde. Die Mittelstützen der Decke waren durch die Tunnelsohle auf den Grund geführt, ohne jene zu berühren.

Auch für das Bauwesen ergeben sich aus den Forschungsergebnissen wohl zu beachtende Grundsätze. Homogene Bauweise unterstützt die Bodenschalleitung, ganz besonders dann, wenn hartes Material zur Anwendung kommt, weil es sehr hohe Schallgeschwindigkeit und hohes spezifisches Gewicht besitzt<sup>1)</sup>. Am gefährlichsten sind in dieser Hinsicht Eisenbetonbauten.

Die Wände selbst (Tragmauern) können aus Festigkeitsgründen und wegen der hohen Pressun-

<sup>1)</sup> R. Ottenstein, Über den Schutz gegen Schall und Erschütterungen. Diss. München 1915 und Beiheft 1 zum Gesundheits-Ingenieur, Serie 2, 1916.

<sup>1)</sup> Es ist jedoch damit eine hohe Luftschalldämpfung verbunden, worauf die im I. Teil angeführten Gesetzmäßigkeiten hinweisen.