Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111/112 (1938)
Heft: 17: Schallfragen im Bauwesen

Artikel: Trittschall im Hochbau
Autor: Pfeiffer, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49844

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

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

SCHALLFRAGEN IM BAUWESEN

Ueberblick über die im S. I. A.-Kurs vom 3. bis 5. März 1938 behandelten Fragen

(Der nachfolgende Aufsatz „Trittschall im Hochbau" war der „SBZ" schon vor dem Kurs und unabhängig davon eingereicht Worden)

Band 111 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nr. 17
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Trittschall im Hochbau

Von Dipl. Ing. W. PFEIFFER, Winterthur

Unter Trittschall versteht man die Luftschall-Lautstärke, die in einem Raume hörbar ist, dessen Decke begangen wird. Die Messung von Trittschall läuft also immer auf die Messung eines Luftschalles hinaus. Zur Messung sind heute hauptsächlich zwei Verfahren im Gebrauch: das objektive, bei dem die Geräuschstärke mit einem objektiven Anzeigegerät gemessen wird, und das subjektive auf Grundlage der Reizschwelle.

Auf dem erstgenannten Verfahren beruht die Messung nach deutscher Norm[1]). Die Decke wird mittels eines Hammerwerkes mit einer Energie von 2000 cmgr beaufschlagt, entsprechend einem Kolbengewicht von 500 gr und einer Fallhöhe von 4 cm. Die Kolbenspitze besteht aus Buchenholz. Die Trittschalldefinition lautet

$$T = L + 10 \lg A$$

L wird mit einem objektiven Geräuschmesser bestimmt, A bedeutet die Schallschluckfläche des Hörraumes.

Beim zweiten Verfahren wird ebenfalls ein Hammerwerk benützt. Als Wertmasstab wird jedoch die Reizschwellenenergie eingeführt, das ist diejenige Fallenergie, die im Raume unterhalb eine Geräuschlautheit erzeugt, die gerade eben noch wahrgenommen wird. Auf diesem Prinzip sind verschiedene Methoden entwickelt worden, z. B. von Doorentz[2]) und von Hofbauer[3]). Der letztgenannte Autor benützt ein Klopfwerk, das so eingerichtet ist, dass jeder folgende Schlag bald schwächer, dann stärker ist. Man zählt die hörbaren Schläge und kann aus deren Zahl den Durchgang durch die Reizschwelle bestimmen. Doorentz dagegen arbeitet mit einer konstanten Fallenergie und bestimmt mit einem Stimmgabelfallhammer die jeweilige Erhöhung der Reizschwelle.

Der Verfasser hat nach allen drei Methoden zahlreiche Dekken untersucht und kommt zum Schluss, dass deren keine befriedigen kann. Im folgenden soll deshalb versucht werden, einen vollständig neuen Weg zu weisen, den anzudeuten der Verfasser schon vor Jahresfrist in einer Sitzung des deutschen Normenausschusses Gelegenheit hatte.

Es muss hier mit aller Deutlichkeit gesagt werden, dass jede Messung nur den Zweck haben kann, festzustellen, ob der Hausbewohner belästigt wird oder nicht. Die Messung darf nicht Selbstzweck sein. In erster Linie ist zu prüfen, ob der Phonmasstab überhaupt für die Bewertung von Trittschall geeignet ist. Schoch sagt in seinem Buche[4]) (Seite 105): «die Verwendung des Phonmasstabes ist unschön.» Ich möchte etwas weiter gehen und sagen: der Phonmasstab gibt in keiner Weise ein richtiges Bild über die praktische Eignung einer Decke, weil der Hausbewohner gar nicht in erster Linie auf Geräusch*stärken* reagiert, sondern vor allem und mit ausschlaggebendem Gewicht auf die *Klangfarbe* des Trittschalles. Je dumpfer ein Geräusch, umso angenehmer, und je heller, umso lästiger ist es bei gleicher Lautheit (Lästigkeitskurven von Laird & Coye, vergl. S. 99* lfd. Bds. der «SBZ»). Garantieangaben, wie sie öfters in Phon gegeben werden, sind also meist wertlos. So erhielt ein Unternehmer auf Grund seiner Garantie von 30 Phon den Auftrag für die Ausführung von Decken in einem Krankenhaus; die Nachprüfung ergab 27 Phon, die Garantie war erfüllt, die Decke jedoch verfehlt, weil Herumgehen mit hellem, lästigem Geräusch gehört wurde. Noch deutlicher gehen die Verhältnisse aus Abb. 1 und Tabelle I hervor. Die Messung erfolgte in Anlehnung an die deutsche Norm,

Tabelle I: Vergleich der Deckenkonstruktionen gemäss Abb. 1

Decke Nr.	Gewicht pro m²	Trittschall oben in Phon	Dämmung in Phon	Trittschall unten in Phon	Subjektiver Eindruck	Unterschied in Phon zwischen hell und dumpf
1.	294	Teppich 73	26	47	dumpf	2
	294	Parkett 78	29	49	hell	
2.	271	Teppich 69	37	32	sehr dumpf	4
	271	Linol 68	32	36	ziemlich hell	
3.	207	Teppich 68	35	33	dumpf	20
	207	Parkett 79	26	53	hell	
4.	450	Holzmosaik 66	18	48	hell, hart	
5.	300	Estrich		56	hell	9
	300	Korklinol mit Filzkarton		47	dumpf	
6.		64	7	57	hell	
7.	375	Teppich 68	23	45	dumpf	3
	375	Linol 74	26	48	hell	
8.	380	59	14	45	sehr laut u. hell	
9.	630	66	36	30	hell, schwach	
10.	300	63	15	48	laut und hell	

[1]) *Gastell*, «Akustische Zeitschrift» 1936, Heft 1, S. 28 ff.

[2]) *Doorentz*, «Vom wirtschaftlichen Bauen», 13. Folge, S. 134.

[3]) *Hofbauer*, «Gesundheitsingenieur» 1934, S. 562—566.

[4]) *Schoch*, «Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen», Leipzig 1937, Verlag Hirzel.

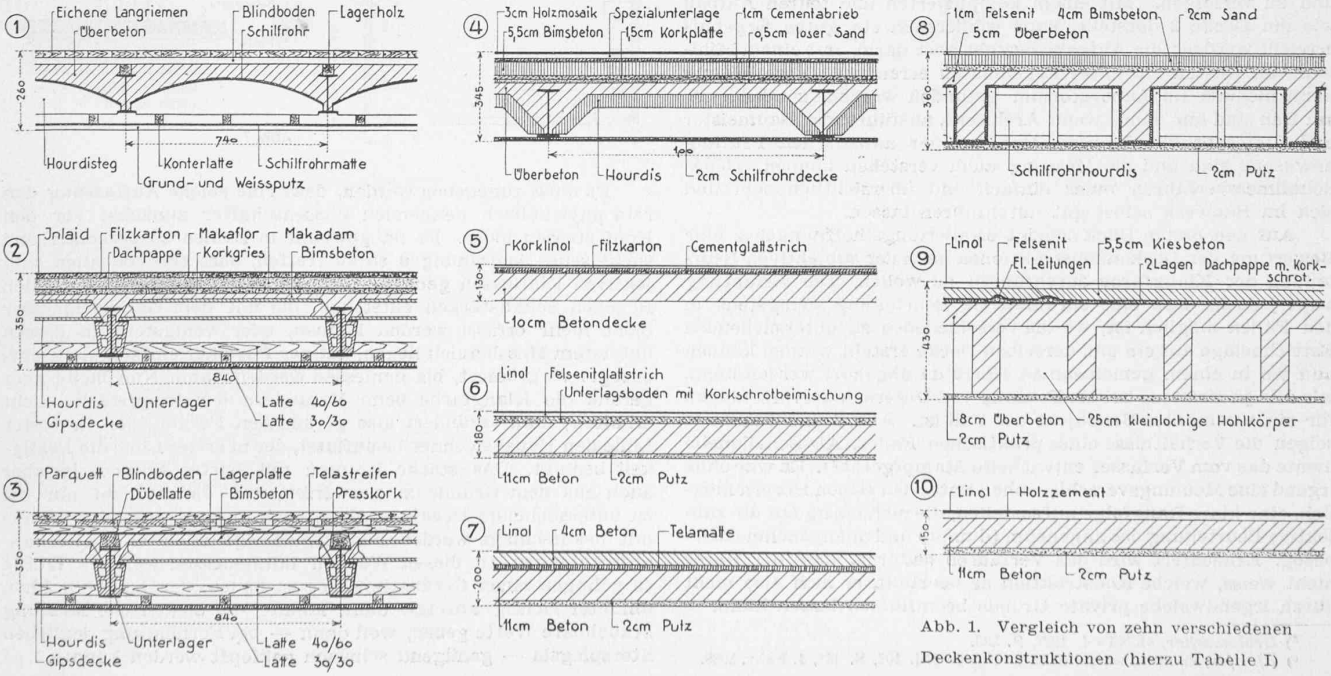

Abb. 1. Vergleich von zehn verschiedenen Deckenkonstruktionen (hierzu Tabelle I)

Tabelle III: Untersuchung von schwimmenden Belägen.
Stärke in ungepresstem Zustand. Die Bemerkungen über die Klangfarbe verstehen sich für die Stufen über der Reizschwelle.

Nr.	Art der Matte	Gewicht gr/m²	Stärke mm	Stampfenergie E_0 in cmgr im ungedämpften Raum: Decke 19 cm Massivbeton	Decke 27 cm Massivbeton	im gedämpften Raum: Decke 27 cm Massivbeton
1	2 Dachpappen mit aufgeklebtem Korkschrot, dazwischen Mineralwolle	6900	25	10 laut	10 gut hörbar	10 gut hörbar
2	Baumwollmatte, geflochten	1920	12	10 mittel	10 gut hörbar	10 gut hörbar
3	Linol 2 mm auf Kork 15 mm ohne Betonplatte	4600	17	10	10 sehr gut hörbar	10 hell
4	Filzkarton 2 Lagen	1820	5	10	10 gut hörbar	10 sehr laut
5	Filzkarton 3 Lagen	2200	7	10 gut hörbar	10 sehr dumpf	10 stark hörbar
6	Dachpappe wie 1, eine Lage	2600	5	10 stark	10 gut hörbar	10
7	Dachpappe wie 1, drei Lagen	7800	20	10 mittel	10	10 gut hörbar
8	Glasseide	1180	15	70 dumpf	170	180
9	Kokosfasern	2350	25	120 sehr dumpf	180	180 sehr schwach
10	Kokosfasern	2450	25	80 sehr dumpf	170	180
11	Korkschrot 50 mm	—	50	10 dumpf	20	25
12	Zweischichtiger Gummi, untere Lage weich, ohne Betonplatte	8450	5	10	20 dumpf	

jedoch mit geringerer Fallenergie, was indessen die Relativwerte nicht verändert. Bei Decke 1 beträgt der Unterschied 2 Phon, ob auf Teppich oder auf Parkett geklopft wird, das durchgelassene Geräusch ist im einen Falle dumpf (angenehm), im zweiten Falle hell (lästig). Aehnlich liegen die Verhältnisse bei Decke 7, während bei Decke 3 der Unterschied 20 Phon beträgt, um den selben Unterschied in der Empfindung vom Eindruck hell-lästig zum Eindruck dumpf-angenehm zu erhalten. Anderseits kann bei 32 Phon (Decke 2) der Eindruck sehr dumpf, d. h. nicht mehr belästigend, erreicht sein, während bei Decke 9 schon 30 Phon als lästig empfunden werden, weil das Geräusch wohl schwach, jedoch hell und spitz war. Es scheint also nicht gerechtfertigt, den Phonmasstab auch für Trittschall anzuwenden, nur weil er sich für Luftschallmessungen sehr gut eignet. Wenn an solchen Decken schon etwas gemessen werden soll, ist es viel eher das Klangspektrum als messbares Charakteristikum der Klangfarbe, die neben andern Faktoren (wie intermittierender Charakter des Geräusches oder psychologische Einflüsse) in der Hauptsache die Lästigkeit bedingt. Apparate zur Messung des Klangspektrums sind gebaut worden, z. B. für das Grützmachersche Suchtonverfahren[5]). Die Apparatur ist jedoch nicht für Baumessungen geeignet. Es wird eine dankbare Aufgabe der Elektrotechnik sein, ein leicht transportables und in den Kosten erschwingliches Gerät zur Messung des Klangspektrums zu bauen. Ein Blick auf Abb. 1, die ja nur einen ganz kleinen Ausschnitt aus der Unmenge von möglichen Deckenkonstruktionen darstellt, zeigt, wie notwendig es ist, den Trittschall am Bauwerk selbst zu messen und zu verfolgen. Mit einem komplizierten und teuren Aufbau wie ihn Decke 2 darstellt, kann schliesslich ein gutes Ergebnis erreicht werden; die Aufgabe besteht aber darin, mit einem Minimum an Kosten ein gutes Ergebnis zu erreichen. Diese Lösung kann niemals im Laboratorium gefunden werden, sondern nur am Bau und nur dann, wenn Architekt, ausführender Baumeister und Lieferant von Isoliermatten bei der akustischen Prüfung anwesend sind und die Messung auch verstehen können. Jedes Schallmessverfahren muss einfach und übersichtlich sein und sich im Bauwerk selbst gut durchführen lassen.

Auf den ersten Blick scheint es allerdings hoffnungslos, eine Bewertung der Deckenkonstruktionen nach der subjektiven Beurteilung der Klangfarbe durchführen zu wollen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass eine einwandfreie Beurteilung wenigstens in den Fällen möglich ist, wo die verschiedenen zu untersuchenden Estrichbeläge auf ein und derselben Decke erstellt werden können und wo in einem gemeinsamen Hörraum abgehört werden kann, wie dies ja meistens bei der Prüfung von Unternehmervorschlägen für ein bestimmtes Bauobjekt der Fall ist. Abb. 2 und Tabelle II zeigen die Verhältnisse eines praktischen Falles. Als Schallquelle diente das vom Verfasser entwickelte Stampfgerät[6]). Es war ohne irgend eine Meinungsverschiedenheit unter den sieben Hörern möglich, eine klare Rangfolge aufzustellen, die sich einzig auf die subjektive Beurteilung des angenehm (dumpf) und unangenehm (hell) bezog. Erleichtert wird das Verfahren dadurch, dass der Hörer nicht weiss, welche Konstruktion er beurteilt, er sich also nicht durch irgendwelche private Gründe beeinflussen lassen kann.

[5]) *Grützmacher*, «ENT» 4, 1927, S. 533.
[6]) *Pfeiffer*, «Schweizerische Bauzeitung» Bd. 107, S. 48*, 1. Febr. 1936.

Tabelle II: Vergleich verschiedener Matten

Nr.	Beurteilung	Rang	Mattenart
I.	21 cm gr schwach hörbar. Dumpf-hell	3	Kokos
II.	Lauter und heller als I. 21 cm gr noch gut hörbar	4	Baumwolle 10 mm
III.	104 cm gr unhörbar, sehr gut	1	Baumwolle mit Spezialfederung
IV.	Ebenfalls gut, eine Stufe schlechter als III	2	Glasseide
V.	Etwa wie I und II, hell	5	Asphalt mit Gipsüberzug ohne Betonplatte
VI.	Laut, hell, schlechter als I	7	Dachpappe m. Korkschrot
VII.	Lauter als VI. 21 cm gr noch sehr gut hörbar	9	Filzkarton
VIII.	21 cm gr fast unhörbar. Dumpfer als VII	6	Fasermatte
IX.	Sehr hell	8	Filz mit Gipsüberzug
X.	21 cm gr gut hörbar, hell	10	Dachpappe m. Korkschrot

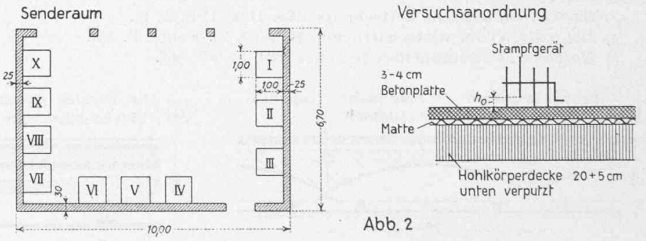

Abb. 2

Es muss zugegeben werden, dass eine solche Auffassung den rein physikalisch denkenden Wissenschafter zunächst vor den Kopf stossen muss. Er ist gewohnt in Zahlen zu sprechen und sucht seine Anordnungen so zu treffen, dass frei von allen subjektiven Einflüssen gemessen werden kann. Weil beim normalen Begehen Schallstärken entstehen, die mit dem Geräuschmesser nicht mehr erfasst werden können, oder wenigstens in dessen unterstem Messbereich liegen, hat der Physiker einfach die Klopfenergie vergrössert, bis gemessen werden kann. Nun bleibt aber gerade die Klangfarbe beim Verändern der Klopfstärke nicht erhalten; man verändert also gerade den Faktor, der in erster Linie den Hausbewohner beeinflusst, der in erster Linie die Lästigkeit bedingt. Das starke Klopfen mit harten Spitzen ist aber auch aus dem Grunde zu verwerfen, weil damit nicht nur die zu untersuchende Decke, sondern auch die angrenzenden Wände mit beaufschlagt werden und demzufolge auch die Luftschallabstrahlungen an diesen Wänden mitgemessen werden. Würde es gelingen einen Geräuschmesser zu bauen, der bis Null Phon hinunter richtig anzeigt, dann könnte die elektrische Messung brauchbare Werte geben, weil dann — bei Fernhaltung jeglichen Störspiegels — genügend schwach geklopft werden könnte.

Tabelle IV: Einfluss der Belastung auf die Wirksamkeit verschiedener Isolierplatten.

Nr.	Art des Musters	Schwimmender Belag unbelastet[1])				Schwimmender Belag belastet mit 230 kg/m² [2])			
		Stufe	G gr	E_0 cm gr	Eindruck im Hörraum	Stufe	G	E_0	Eindruck im Hörraum
1	20 mm Baumwolle	2	132	53	deutlich, dumpf				
2	2 Lagen Watte, je 10 mm, mit 1400 gr Spezialeinlage	9	132	238	sehr schwach				
3	2 Lagen Watte, je 5 mm, mit 1400 gr Spezialeinlage	11	132	290	leise	2	132	53	deutlich, dumpf
4	2 Lagen Watte, je 5 mm, mit 1600 gr Spezialeinlage	18	132	475		2	132	53	deutlich, dumpf
5	10 mm Baumwolle, gewoben	2	132	53	sehr laut				
6	15 mm Glasseide	11	132	290	leise	3	132	79	
7	Kokos	15	132	395	schwer abzuhören	2	132	79	deutlicher
8	2 Lagen Glasseide, mit 1400 gr Spezialeinlage	10	132	264	dumpf	10	52	104	
9	3 Lagen Glasseide, mit 1300 gr Spezialeinlage	7	132	184	heller				
10	2 Lagen Baumwolle mit Holzwolle	14 18	132 52	370 187	sehr dumpf	4	52	42	dumpf

[1]) Matte nur mit 5 cm Betonplatte belastet. [2]) Matte mit Betonplatte und Nutzlast belastet.

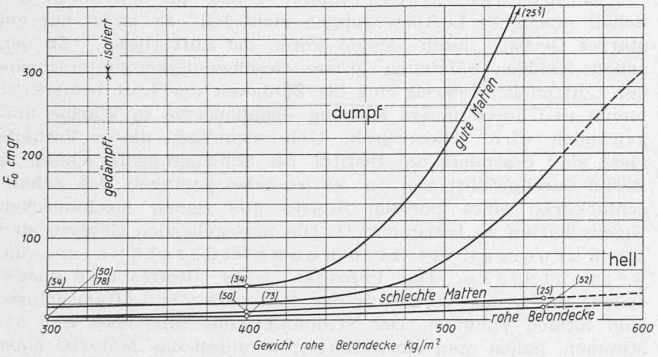

Abb. 3. Einfluss des Deckengewichtes auf die Reizschwellenenergie bei verschiedenen Matten

Das Verfahren von Hofbauer ist meines Erachtens als Reizschwellenverfahren viel eher geeignet, das Verhalten von Deckenkonstruktionen in der Praxis zu erfassen. Die äusserliche Anpassung der Messergebnisse an den Phonmasstab scheint mir allerdings nach dem oben Gesagten nicht unbedingt notwendig zu sein, da ja durch die Logarithmierung die Messwerte nur auf einen engen Raum zusammengedrängt werden. Da auch bei diesem Verfahren harte Spitzen verwendet werden müssen, um zwischen den einzelnen Schlägen unterscheiden zu können, geht auch hier die der Decke ureigene Klangfarbe teilweise verloren. Die Messung darf nur bei Fehlen jeglichen Störspiegels durchgeführt werden, da sonst der Durchgang durch die Reizschwelle nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann. Ferner ist zu beachten, dass nicht die selben Reizschwellenenergien erhalten werden, ob Einzelschläge beobachtet werden oder ob das Klopfinstrument eine bestimmte Fallhöhe jeweilen eine kurze Zeit beibehält. Beide Methoden geben allerdings in sich vergleichbare Resultate, nur ist zu beachten, dass das Beobachten nach der zweiten Art etwas sicherer ist und eher einer Anpassung an die Höreigenschaften des Ohres entspricht (vergl. Gastell, S. 29).

Von grossem Einfluss auf die Trittschallstärke ist das Deckengewicht und damit in Zusammenhang die zu wählende Tragkonstruktion und der zu wählende Estrichbelag. Während z. B. bei einschaligen Konstruktionen ein klarer Zusammenhang zwischen Gewicht und Luftschalldämmung besteht, liegen bei den Decken, namentlich bei Vorhandensein eines schwimmenden Belages, die Verhältnisse verwickelter. Zur Abklärung hat der Verfasser erstmalig vorgeschlagen eine Trennung in *isolierte* und *gedämpfte* Decken vorzunehmen. Im ersten Falle soll normales Gehen im Raume unterhalb überhaupt nicht mehr gehört werden, es ist also kein Trittschallgeräusch mehr vorhanden, folglich spielt auch die Klangfarbe keine Rolle. Im zweiten Falle wird Gehen noch gehört, die Decke soll aber so gebaut sein, dass kein helles, sondern blos dumpfes Geräusch entsteht.

Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass für den ersten Fall der *Isolierung*, ein Deckengewicht von minimal 500 kg/m² notwendig ist, unter Anwendung eines schwimmenden Belages, wobei als Isoliermatten nur einige wenige Fabrikate geeignet sind, deren Hauptmerkmal das Vorhandensein von sperrigen Fasern ist. Abb. 3 zeigt die Zusammenhänge. Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Phonwerte, die gleichzeitig nach deutschem Normenverfahren mit einer Energie von 2000 cmgr mit Siemens-Geräuschmesser bestimmt wurden. Es fällt auf, dass auf der schweren Decke bei 550 kg/m² Rohgewicht sowohl die guten wie die schlechten Matten mit 25 Phon gleich sind, weil tiefer hinunter nicht mehr gemessen werden konnte. Hätte man auch für diese Verhältnisse noch Unterschiede in den Phonangaben erhalten wollen, so hätte man noch viel stärker klopfen müssen. Dieser Umstand ist bei den Messungen von Gastell[1]) nicht zum Ausdruck gekommen, weil alle dort untersuchten Decken bei weitem nicht an eine Decke heranreichen, die imstande ist, normales Gehen zu *isolieren*. Die Bestimmung der Reizschwellenenergie erfolgte mit dem nachfolgend beschriebenen Verfahren des Verfassers.

Der hier untersuchte Fall der *Isolierung* tritt allerdings in der Praxis verhältnismässig selten auf, etwa wenn über einem Kammermusiksaal ein Tanzsaal angeordnet werden muss, in Rundfunk-Senderäumen oder in hochwertigen Krankenzimmern.

Für den zweiten Fall dagegen, die *Dämpfung*, ist das Deckengewicht beliebig, d. h. es ist durch die statischen Belange und durch die Anforderungen an die Luftschalldämmung bedingt. Für diesen weitaus häufigsten Fall ist man deshalb in der Wahl des Baustoffes frei, es kommen leichte Baustoffe mit Füllstoffen, auch Holzbauweisen in Betracht, während für Isolierung Eisenbeton wegen seines grossen Gewichtes im Vorteil ist. Gerade wegen der reinlichen Trennung in der Eignung der verschiedenen Baustoffe ist aber eine akustische Unterscheidung in «isoliert» und «gedämpft» sehr wertvoll. Die Dämpfung wird durch eine geeignete Auswahl der Estrichkonstruktion und des Bodenbelages zu erreichen sein, wobei selbstverständlich neben der Eignung auch die Kosten mitzuberücksichtigen sind. Alle Konstruktionen der Abb. 1 fallen in diesen Bereich der Dämpfung und ein Blick auf die zugehörige Tabelle zeigt denn auch, dass Phonmessungen hiefür gar nicht interessant sind, während in der ersten Gruppe, der Isolierung, Phon überhaupt nicht mehr gemessen werden können, es sei denn es werde noch stärker geklopft als die deutsche Norm vorschlägt.

Auf Grund dieser Ueberlegungen hat der Verfasser ein Messverfahren entwickelt, das durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet ist:

1. Stampfgerät nach Bauart Doorentz, jedoch mit der Möglichkeit, die Fallhöhe von 2 zu 2 mm zu verändern (siehe Bd. 107, S. 49, Abb. 2), und mit Spitzen aus hochelastischem Paragummi mit Kolben von etwa 50 gr Gewicht, gemäss Abb. 4. Die weiche Spitze hat den Vorteil, dass sie sich gleichsam neutral gegen alle Bodenbeläge verhält, ob weich oder hart, was für den Vergleich der einzelnen Bodenkonstruktionen von Wichtigkeit ist.

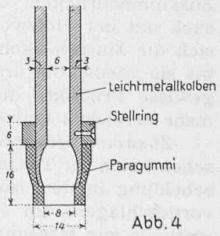

Abb. 4

2. Es gelingt einwandfrei auch bei schwer abzuhörenden Decken, die Reizschwellenenergie auf 10 cmgr genau zu bestimmen, entsprechend einer Fallhöhe von 2 mm. Das Einschneiden erfolgt dadurch, dass der Reihe nach verschiedene Fallhöhen eingestellt werden und jedesmal die Anzahl der gehörten Stufen gemeldet wird, wobei eine Fallhöhe jeweilen etwa 2 bis 3 Sekunden beibehalten wird. Die Messung wird fortgesetzt bis sowohl mit an-

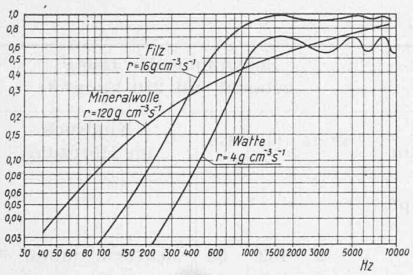

Abb. 1. Berechneter Schallschluckgrad poröser Materialien

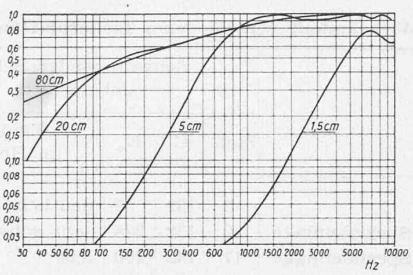

Abb. 2. Berechneter Schallschluckgrad von Filz

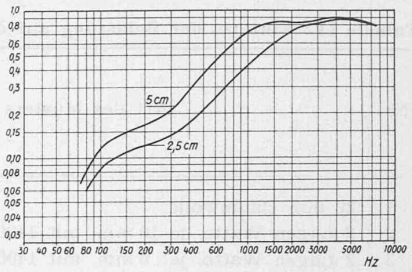

Abb. 3. Schallschluckgrad von Akustik-Perfecta-Platten

steigender wie mit abfallender Fallhöhenfolge einige Messungen widerspruchslos verlaufen sind. Dadurch werden Störungen, die etwa von einem Störspiegel eintreten könnten, ohne weiteres erkennbar. Da zudem der Hörer gar nicht weiss, was am Instrument eingestellt wird, ist das Verfahren weitgehend objektiv. Verschiedene Hörer kommen jeweilen zum gleichen Resultat.

3. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die Gruppe *isoliert*, Gehen nicht hörbar, wobei Decken mit etwa 300 cmgr Reizschwellenfallenergie den Anforderungen entsprechen. Es wurden aber schon bedeutend höhere Energien gemessen (siehe Tabelle IV).

4. Für den *gedämpften* Bereich ist gewöhnlich die Reizschwellenenergie so klein, dass keine messbaren Unterschiede mehr festgestellt werden können. Da hier die Klangfarbe massgebend ist, wird eine Reizschwellenmessung aber auch gar nicht mehr notwendig, und noch viel weniger eine Phonmessung. In Tabelle III ist eine Zusammenstellung über einige untersuchte Estrichbeläge zu finden. Die Prüfung erfolgte jeweilen in einem Muster von 50/60 cm Grösse, das auf die Tragdecke verlegt wurde. Darüber kommt eine 5 cm starke Betonplatte zu liegen, auf die mit dem Stampfgerät geklopft wird. Eine Prüfung im Muster ist für den Estrich zulässig, solange es sich um Trittschalluntersuchungen handelt, im Gegensatz zu Luftschallmessungen, die nur an grossen Wänden durchgeführt werden dürfen. Aus Tabelle II geht wiederum deutlich der Einfluss des Deckengewichtes auf den Trittschalldurchlass hervor, sowie die Tatsache, dass nur mit einer ganz bestimmten Auswahl von Matten eine Erhöhung der Reizschwellenenergie und ein Dumpfmachen des Klanges möglich ist.

5. Die letzte Kolonne der Tabelle II zeigt, dass die Schallschlukkung des Hörraumes ohne Einfluss auf die Reizschwellenenergie bleibt. Die Erklärung ist darin zu suchen, dass im Gebiet der Reizschwelle offenbar nur noch der direkte Schallstrahl das Ohr trifft, weil jeder indirekte Strahl eine Verstärkung bringen würde, also noch nicht Reizschwelle geben könnte [7]). Dies bedeutet gegenüber dem Normenverfahren eine wesentliche Erleichterung, da die Bestimmung der Schluckfläche bei Baumessungen keine einfache Sache ist, soll sie experimentell durchgeführt werden. Wird sie jedoch geschätzt oder berechnet, so werden die Vergleichswerte unsicher.

Mit dem beschriebenen Verfahren wurde ferner der Einfluss der *Belastung von Isoliermatten* im schwimmenden Belag durchgeführt (Tabelle IV). Die Versuchsanordnung ist die selbe wie in Abb. 2 beschrieben. Es zeigt sich bei allen Matten, die heute im Handel sind, ein starkes Zurückgehen der Isolierwirkung mit zunehmender Belastung, ein Umstand der in der Baupraxis von grösster Bedeutung ist. Die Messungen wurden mit Kolben von 52 und 132 gr durchgeführt. Je luftiger eine Matte ist, umso besser dämpft sie, umso empfindlicher wird sie jedoch gegen das Zusammendrücken. Das geht besonders deutlich aus dem Versuch mit der Holzwolle hervor. Es zeigt sich ferner auch, dass sich die Matten nach der Belastung einige Zeit erholen müssen, bis sie wieder die ursprüngliche Dämpfung aufweisen, dass aber gewisse Produkte die ursprüngliche Wirkung überhaupt nicht mehr erreichen und «lahm» werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Die Phonmessung scheint sich für Trittschallmessungen nicht zu eignen. Eine Unterscheidung in den isolierten und den gedämpften Bereich wird vorgeschlagen. Im ersten Falle eignet sich die Reizschwellenmethode zur Messung, im zweiten Falle ist in der Hauptsache die Klangfarbe massgebend. Es wird gezeigt, dass, wie bei keinem Teilgebiet der Bauakustik, gerade beim Trittschall wegen der unendlich vielen Möglichkeiten der baulichen Ausführung eine Messung am Bauwerk selbst unbedingt notwendig ist. Es werden Versuche gezeigt über den Einfluss der Schallschluckung beim Reizschwellenverfahren, sowie über den Einfluss der Belastung von Isoliermatten.

[7]) *Pfeiffer*, «Akustische Zeitschrift» 1937, Heft 6, Mitteilungen.

Schallschluckstoffe

Von Dipl. Ing. W. FURRER, Bern

Vortrag im S. I. A.-Kurs «Schallfragen im Bauwesen» Zürich, März 1938.

1. Arten.

Ein Material kann Luftschall auf zwei grundsätzlich verschiedene Arten schlucken: durch poröse Absorption oder durch Mitschwingen.

Ein poröser Stoff nimmt selbst an den durch den Schall erzeugten Luftbewegungen nicht teil. Er bildet nur ein starres Gerüst, durch dessen Poren die Luft fliesst. In den engen Kanälen entstehen grosse Geschwindigkeitsunterschiede der Luftteilchen, sodass sich die Zähigkeit der Luft bemerkbar macht und durch innere Reibung Schallenergie in Wärme umgewandelt wird. Theoretische Untersuchungen dieser Verhältnisse sind besonders am Institut für Schwingungsforschung in Berlin durchgeführt worden; es ist dabei gelungen, den Schallschluckgrad eines porösen Stoffes aus seinen mechanischen Eigenschaften zu bestimmen.[1]) Die massgebenden Grössen sind die Porosität, der Strömungswiderstand und die Schichtdicke. Die Porosität eines Stoffes wird ausgedrückt durch das Verhältnis des Volumens der Lufteinschlüsse zum totalen Volumen. Der Strömungswiderstand lässt sich bestimmen, indem man einen Luftstrom durch das Material bläst und den dabei auftretenden Druckabfall misst. Es ist also möglich, das akustische Verhalten eines porösen Stoffes durch Versuche zu bestimmen, bei denen gar kein Schall nötig ist.

Bei der Messung der Porosität ergab sich die etwas unerwartete Tatsache, dass bei allen Stoffen, die überhaupt akustisch interessant sind, Werte zwischen 70 und 90 % herauskamen. Im Gegensatz dazu weisen die verschiedenen Materialien Strömungswiderstände auf, die um viele Grössenordnungen verschieden sein können. Eine Holzfaserstoffplatte hat beispielsweise einen rund 10 000 mal grösseren Strömungswiderstand als lose Watte. Porosität und Strömungswiderstand eines Materials stehen unter sich in keinem direkten Zusammenhang. Die Relation zwischen diesen beiden Grössen und dem Schallschluckvermögen ist recht verwickelt. Abb. 1 zeigt den berechneten Frequenzgang der Schallschluckgrade von drei porösen Stoffen mit verschiedenen Strömungswiderständen. Es geht daraus hervor, dass es für einen Schallschluckstoff einen optimalen Wert des Strömungswiderstandes gibt. Der Verlauf der Kurven zeigt ferner, dass der Schluckgrad gegen die tiefen Frequenzen zu rasch abnimmt. Diese Erscheinung ist typisch für die poröse Absorption. Abb. 2 zeigt den Einfluss der Schichtdicke, der einfacher und übersichtlicher als jener des Strömungswiderstandes ist. Je dicker die Schicht, desto besser werden die tiefen Frequenzen absorbiert. Diese Tatsache ist für die Praxis von grosser Wichtigkeit. Um mit einem porösen Material tiefe Frequenzen wirksam zu dämpfen, sind immer sehr grosse Schichtdicken notwendig. Eine Vergrösserung der Dicke über eine gewisse Grenze hinaus bringt aber nichts mehr; diese Genze hängt vom Strömungswiderstand ab. Die Abb. 3 und 4 zeigen den Frequenzgang des Schluckgrades von zwei typischen porösen Baumaterialien: Perfekta-Platten und Kork. Ein weiterer, sehr wichtiger poröser Schallschlucker ist auch Publikum (Abb. 5).

Ganz anders verhalten sich die schwingungsfähigen Schallschluckstoffe[2]) und [3]). Ein solcher besteht aus einer undurchlässigen, schwingungsfähigen Platte, die einen dahinter liegenden Luftraum abschliesst. Auffallende Schallwellen regen die Platte zum Mitschwingen an, wobei durch innere Reibung Schallenergie in Wärme umgesetzt wird. Platten mit Dimensionen wie sie praktisch in Frage kommen, die

[1]) L. Cremer, «Elektr. Nachr. Techn.» 1935, S. 333.
[2]) E. Meyer, «Elektr. Nachr. Techn.» 1936, S. 95.
[3]) H. Lauffer, «Hochfrequenztechn. und Elektroak.» 1937, S. 9.