

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

Technischer Bericht Nr. 88

Schalldämmende Verbundplatten unter Verwendung von
Blechen aus Blei und anderen schweren Metallen

von

Dipl.-Ing. A. v. MEIER

H 88

Berlin

1 9 6 6

Schalldämmende Verbundplatten unter Verwendung von
Blechen aus Blei und anderen schweren Metallen

Zusammenfassung

Der Aufbau von geschichteten Platten aus üblichen Baumaterialien und Blechen wird beschrieben. Diese Verbundplatten weisen eine Grenzfrequenz von 3 kHz auf und gewähren damit optimalen Luftschallschutz innerhalb des bauakustisch interessierenden Frequenzbereichs.

Die Berechnung der Schichtdicken sowie die an Versuchsaufbauten gemessenen Schalldämmmaße werden mitgeteilt.

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung

Der Bearbeiter:

gez. A. v. Meier

(Dipl.-Ing. A. v. Meier)

Der Abteilungsleiter

gez. L. Cremer

(Prof.Dr.-Ing.L.Cremer)

Der Institutsdirektor

gez. L. Cremer

(Prof.Dr.-Ing.L.Cremer)

Berlin-Charlottenburg, den 18. August 1966



Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Problemstellung	1
2. Lösungsmöglichkeiten	3
2.1. Prinzipieller Aufbau von Verbundplatten	3
2.2. Dimensionierung der Schichtdicken für eine Grenzfrequenz von 3 kHz	4
2.2.1. Geschlitztes Blech oder Metallplättchen auf Bauplatte	4
2.2.2. Blech und Bauplatte fest verbunden	5
2.2.3. Blech in der neutralen Biegeebene der Bauplatte fest verklebt	6
2.2.4. Blech und Bauplatte elastisch verklebt	6
2.2.5. Blech in der neutralen Biegeebene der Bauplatte elastisch verklebt	9
2.3. Abhängigkeit des Luftschallschutzmaßes vom Flächengewicht	11
3. Hinweise auf Doppelwandkonstruktionen	12
Literatur	13
Abbildungen	14

1. Problemstellung

Zur Abschätzung der höchstmöglichen Schalldämmmaße einer Einfachwand wird im allgemeinen das Massengesetz herangezogen. Es lautet bei Annahme eines mittleren Schalleinfallwinkels von 45° :

$$R = \left[20 \log \frac{\omega m''}{2 Z} - 3 \right] \text{ dB} \quad (1)$$

ω = Kreisfrequenz

Z = Schallwellenwiderstand

$$Z = 41 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

m'' = Masse pro Flächeneinheit

Es gilt mit guter Genauigkeit bis zu Frequenzen, die mindestens noch eine Oktave unterhalb der Grenzfrequenz f_g

$$f_g = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m''}{B'}} \quad (2)$$

c = Schallgeschwindigkeit
in Luft

B' = Biegesteifigkeit pro
Breiteneinheit

liegen. In der Nähe der Grenzfrequenz sind aufgrund des Spuranpassungs-Effektes [1] die gemessenen Schalldämmmaße erheblich kleiner als die nach Gl.(1) berechneten. Bei Platten aus üblichen Baumaterialien liegt die Grenzfrequenz im allgemeinen innerhalb des bauakustisch interessierenden Bereichs, abgesehen von sehr leichten und sehr schweren Platten, während für viele Metalle die Grenzfrequenz weit oberhalb dieses Bereiches liegt, sofern die Blechdicken nicht zu groß sind.

Abbildung 1 zeigt anhand einiger ausgewählter Beispiele den prinzipiellen Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes einer bauüblichen Platte, hier aus Holz, im Vergleich zu gleichschweren Platten aus Metallen. Die mit 6 dB pro Oktave ansteigende Gerade entspricht dem Massengesetz nach Gl.(1).

Für die Holzplatte gilt es nur bei sehr tiefen Frequenzen. Im Bereich mittlerer Frequenzen, die zur Bewertung des Schallschutzes wesentlich sind, tritt bereits ein erheblicher Rückgang

der Schalldämmmaße gegenüber denen, die bei Gültigkeit des Massengesetzes möglich wären, auf. Daher kann im allgemeinen bei Platten aus üblichen Baumaterialien das Plattengewicht nur ungenügend zur Luftschalldämmung beitragen. Im Gegensatz dazu verläuft das Schalldämmmaß in Abhängigkeit von der Frequenz bei gleichschweren Platten aus Metall noch weit über den bauakustisch interessierenden Frequenzbereich hinaus nach dem Massengesetz. Im besonderen Maße gilt dies für Blei. Doch auch für Stahlbleche liegt die Grenzfrequenz bei dem in Abb. 1 gewählten Flächengewicht noch oberhalb von 3,2 kHz.

Zur praktischen Bewertung des Luftschallschutzes von Wänden ist es jedoch nicht erforderlich, daß das Massengesetz über den bauakustischen Bereich hinaus gilt. Das Bewertungsverfahren DIN 52 210 gestattet sogar ein Abflachen des Frequenzverlaufes des Schalldämmmaßes bei hohen Frequenzen zwischen 1,25 kHz und 3,2 kHz (Vergl. die in Abb. 8 angegebene Sollkurve). Andererseits ist aus statischen Gründen eine sehr hohe Grenzfrequenz wegen der damit verbundenen geringen Biegesteife unerwünscht.

Der Vergleich der in Abb. 1 gezeigten Kurven für die Holzplatte und für die Metallbleche legt daher die Möglichkeit nahe, Baumaterial und Metall in der Weise zu kombinieren, daß die zusammengesetzte Platte eine Grenzfrequenz aufweist, die gerade hoch genug ist, um einen bestmöglichen Schallschutz bei vorgegebenem Plattengewicht zu gewährleisten. Dieser optimale Wert für die Grenzfrequenz liegt bei

$$f_g = 3 \text{ kHz}$$

Der Verlauf der Schalldämmmaße gehorcht dann dem Massengesetz bis zu Frequenzen von ungefähr 1,5 kHz, also dem für die Bewertung wichtigen mittleren Frequenzgebiet, darüber hinaus werden die Dämmmaße schwächer ansteigen oder sogar absinken, wie es die in Abb. 1 eingezeichnete Kurve für die Verbundplatte prinzipiell andeutet.

Dem als optimal vorausgesetzten Wert von f_g entspricht nun auch eine optimale Dimensionierung der Schichtdicken, wobei der Gewichtsanteil des Baumaterials aus ökonomischen Gründen so groß wie möglich sein sollte.

2. Lösungsmöglichkeiten

2.1. Prinzipieller Aufbau von Verbundplatten

In Abb. 2 sind verschiedene technische Möglichkeiten skizziert, nach denen Metall und Baumaterial zu einer Verbundplatte verklebt werden können.

Anordnung a: Auf die Bauplatte sind kleine Metallplättchen geklebt oder ein aufgeklebtes Blech ist nachträglich mit Schlitzfen versehen worden. Dieses bereits bekannte Prinzip [2] nach dem die Biegesteife der Platte nicht verändert, wohl aber das Flächen- gewicht erhöht wird, kann in der Weise abgewandelt werden, daß statt der Metallplättchen auf die Platte ein Belag von kunstharz- gebundenem Metall- oder Schwerspatpulver aufgebracht wird.

Anordnung b: Bei dieser Anordnung ist das Blech festhaftend mit einer Seite der Bauplatte verbunden. Diese Art der Verklebung kann bei Verwendung eines Zweikomponenten-Klebers gegeben sein, allerdings nur für Metalle mit verhältnismäßig niedrigem E-Modul wie Blei und Zink.

Anordnung c: Hier ist ein Blech festhaftend in der neutralen Biegeebene der Bauplatte angeordnet, wieder z.B. mittels eines Zweikomponenten-Klebers.

Anordnung d: Im Unterschied zur Anordnung b ist hier das Blech elastisch mit der Bauplatte verbunden, was mit Hilfe eines lö- sungsmittelhaltigen Kunstharzklebers geschehen kann.

Anordnung e: Das Blech ist hier, im Unterschied zur Anordnung c, mittels eines elastischen Klebers in der neutralen Biegeebene der Bauplatte angeordnet.

Wenn nun für jede dieser Anordnungen eine konstante Grenzfrequenz vorgegeben wird, in diesem Fall $f_g = 3 \text{ kHz}$, so muß nach Gl.(2) das Verhältnis m''/B' überall das gleiche sein, und es ist zu fra- gen, wie groß die Dicke h_1 der Bauplatte und die Dicke h_2 des Bleches sein muß, damit die Verbundplatte eine Grenzfrequenz von 3 kHz aufweist.

Während das Flächengewicht in allen Fällen

$$m'' = \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 \quad (3)$$

ρ_1, ρ_2 = Massendichte des
Baumaterials bzw.
des Metalls

beträgt, läßt sich für die Biegesteife der geschichteten Platte kein so einfacher Ausdruck angeben. Sie hängt sowohl vom Verhältnis der Dicken h_2 zu h_1 ab, als auch von der Art und Weise, wie das Blech mit der Bauplatte verbunden ist. Somit stellt Gl.(2), wenn man für f_g den konstanten Wert 3 kHz einsetzt, eine Beziehung zwischen den Schichtdicken h_1 und h_2 dar, die für jede der oben beschriebenen Anordnungen zu berechnen ist.

2.2. Dimensionierung der Schichtdicken für eine Grenzfrequenz von 3 kHz

2.2.1. Geschlitztes Blech oder Metallplättchen auf Bauplatte

Hier haben, wie bereits erwähnt, die aufgeklebten Metallplättchen keinen Einfluß auf die Biegesteife B_1' der Bauplatte. Sie lautet wie bei der isotropen Platte, bei Vernachlässigung der in tangentieller Richtung verhinderten Querkontraktion:

$$B_1' = \frac{E_1 h^3}{12} \quad (4)$$

E_1 = Elastizitätsmodul
des Baumaterials

Die Abmessungen der Plättchen, bzw. die Abstände der Schlitze, müssen lediglich klein gegenüber der freien Biegewellenlänge in der Platte sein.

Die gesuchte Beziehung zwischen Blechdicke h_2 und Bauplattendicke h_1 bei einer vorgegebenen Grenzfrequenz $f_g = 3$ kHz erhält man durch Einsetzen von Gl.(3) und (4) in Gl.(2):

$$h_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} (2,48 \cdot 10^{-11} c_{e_1}^2 h_1^3 - h_1) \quad (5)$$

$$c_{e_1} = \sqrt{\frac{E_1}{\rho_1}} \quad \text{in cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h_{1,2} \quad \text{in cm}$$

In den Abb. 3 bis 5 ist die numerische Auswertung der Gl. (5) für eine praktisch sinnvolle Auswahl von Baumaterialien und Blechen als Kurve a aufgetragen.

2.2.2. Blech- und Bauplatte fest verklebt

Bei der Berechnung der Biegesteife dieser Anordnung können die Untersuchungen von OBERST [3] herangezogen werden. Die Biegesteife einer zweischichtigen Platte ist dort in der Form angegeben:

$$B' = B_2' \frac{1 + 2 \frac{E_2}{E_1} \left[2 \frac{h_1}{h_2} + 3 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2 + 2 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^3 \right] + \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^4 \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^4}{1 + \frac{h_1}{h_2} \frac{E_1}{E_2}} \quad (6)$$

mit der Biegesteife des Bleches

$$B_2' = \frac{E_2 h_2^3}{12} \quad (6a)$$

Um zu der gesuchten Beziehung zwischen h_1 und h_2 bei konstanter Grenzfrequenz der Platte zu kommen, muß wiederum Gl.(2) herangezogen werden, in die Gl.(3) und Gl.(6) eingesetzt werden. Jedoch erfordert eine explizite Darstellung der Funktion $h_2 = f(h_1)$ hier erheblichen Rechenaufwand. Es ist daher zweckmäßiger, die in [3] angegebene numerische Auswertung von Gl.(6) heranzuziehen und die Schichtdicken hiermit auszurechnen:

$$h_2 = \frac{2.03 \cdot 10^5}{c_{e2}} \sqrt{\left(1 + \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2 h_2}\right) \frac{B_2'}{B_1'}} \text{ cm} \quad (7)$$

$$c_{e2} = \sqrt{\frac{E_2}{\rho_2}} \text{ in cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

In Abb. 3 bis 5 sind die Schichtdicken für diese Anordnung in den jeweiligen Kurven b dargestellt.

2.2.3. Blech in der neutralen Biegeebene der Bauplatte fest verklebt

Der Ausdruck für die Biegesteife lautet:

$$B' \approx B_1' \left(1 + \frac{h_2}{h_1}\right)^3 + B_2' \quad (8)$$

mit B_1' und B_2' nach Gl.(4) und Gl.(6a).

Gl.(8) zusammen mit Gl.(3) in G (2) eingesetzt ergibt die Beziehung zwischen den Schichtdicken. Sie lautet

$$h_2 = \frac{2.03 \cdot 10^5}{c_{e2}} \left(1 + \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2 h_2}\right)^{\frac{1}{2}} \left[1 + \frac{E_1}{E_2} \left(\frac{h_1}{h_2} + 1\right)^3\right]^{-\frac{1}{2}} \text{ cm} \quad (9)$$

$$c_{e2} \text{ in cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Die numerische dieser Gleichung findet sich in Abb. 3 bis 5, Kurve c.

2.2.4. Blech und Bauplatte elastisch verklebt

Die Biegesteife der Anordnungen bei denen das Blech über einen elastischen Zwischenfilm mit der Bauplatte verbunden ist, hängt von der Frequenz ab. Sie wird mit steigender Frequenz kleiner. Dieses Verhalten beruht auf den in der Zwischen-

schicht der Dicke δh auftretenden Schubdeformationen. Die Biegesteife derartiger geschichteter Platten ist von KERWIN, UNGAR und ROSS [4] beschrieben worden. Nach den dort angegebenen Berechnungen läßt sich für die hier vorliegende Anordnung schreiben:

$$B' \approx B_1' + B_2' + 3G\delta h \frac{h_1^2}{4} + \frac{E_1 h_1 \cdot E_2 h_2 \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}\right)^2 \cdot g}{E_1 h_1 + g(E_1 h_1 + E_2 h_2)}$$

$$- 3G\delta h \frac{h_1 + h_2}{4} \cdot \frac{E_1 h_1^2 + 2gE_2 h_1 h_2}{E_1 h_1 + g(E_1 h_1 + E_2 h_2)} \quad (10)$$

$$\delta h \ll h_1$$

mit

$$g = \frac{G}{\delta h E_1 h_1 \omega} \sqrt{\frac{B'}{m''}}$$

G : Schubmodul
des Klebers

Für $\omega \rightarrow 0$, also $g \rightarrow \infty$ wird B' am größten und Gl.(10) geht in Gl.(6) über. Hingegen nähert sich die Biegesteife ihrem kleinsten Wert für $\omega \rightarrow \infty$ und es wird

$$B' \approx B_1' + B_2' \quad (11)$$

$$\omega \rightarrow \infty$$

Dieses Frequenzverhalten kommt den praktischen Erfordernissen sehr entgegen, da für statische Belastungen ($\omega \rightarrow 0$) die Biegesteife hoch ist, für dynamische - hier akustische - jedoch ab-

nimmt, womit sich die Grenzfrequenz gemäß Gl.(2) nach oben verschiebt.

Aus Gl.(10) läßt sich eine Bedingung für die Dicke des Klebefilms und dessen Schubmodul herleiten, unter der die Biegesteife ihren Mindestwert nach Gl.(11) für Frequenzen um 3 kHz bereits nahezu erreicht hat:

Mit

$$\left[\frac{B'_{f=3\text{kHz}}}{B'_1 + B'_2} - 1 \right] \leq 0,1$$

erhält man aus Gl.(10)

$$\frac{\delta h}{G} \geq \frac{35}{E_1 h_1} = 1,3 \cdot 10^{10} \quad (12)$$

unter der Voraussetzung

$$E_2 h_2 \geq 2 \cdot 10^{10} \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$h_1, \delta h$ in cm

E_1, G in $\text{dyn} \cdot \text{cm}^{-2}$

Die Bedingung (12) dürfte beim praktischen Aufbau von Verbundplatten immer zu erfüllen sein.

Geht man daher bei der Berechnung der Schichtdicken von Gl.(11) aus, so erhält man mit Gl.(3) und Gl.(2) die Beziehung

$$h_2 = \frac{2.03 \cdot 10^5}{c_{e2}} \left(1 + \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2 h_2}\right)^{\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{E_1 h_1^3}{E_2 h_2^3}\right)^{-\frac{1}{2}} \text{ cm} \quad (13)$$

c_{e2} in cm s^{-1}

Die numerische Auswertung von Gl.(13) findet sich wieder in den Abb. 3 bis 5, Kurve d.

2.2.5. Blech in der neutralen Biegeebene der Bauplatte elastisch verklebt

Zur Bestimmung der Biegesteife dieser Anordnung kann wieder auf die Berechnung von KERWIN, UNGAR und ROSS [4] zurückgegriffen werden. Sie ist dort für eine dreilagige Sandwich-Struktur in allgemeiner Form angegeben. Auch die hier vorliegende Anordnung kann als dreilagiger Sandwich gelten, wenn das eingefügte dünne Blech und die an beiden Seiten haftenden Klebefilme zusammen als homogene Kernschicht des ansonsten symmetrischen Sandwich aufgefaßt werden. Dabei ist die Schubsteife des Kernes allein durch die beiden Klebefilme und seine Biegesteife allein durch das Blech gegeben:

Unter diesen Annahmen läßt sich ein Gl.(10) entsprechender Ausdruck für diese Biegesteife angeben. Hier interessiert jedoch wieder nur sein Grenzwert für hohe Frequenzen, der wie bei der vorigen Anordnung, durch die Summe der Biegesteifen jeder Schicht gegeben ist:

$$B' = B_2 + 2 \frac{E_1 \left(\frac{h_1}{2}\right)^3}{12} \quad (14)$$

Die Gültigkeit von Gl.(14) soll wiederum für Frequenzen von wenigstens 3 kHz aufwärts mit genügender Genauigkeit gewährleistet sein. Das führt, analog zur vorigen Anordnung zu einer Bedingung für die erforderliche Dicke des Klebefilms und für

den Schubmodul des Klebers:

$$\frac{\delta h}{G} \geq \frac{2.5}{E_1 h_1} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \delta h, h_1 & \text{ in cm} \\ G, E_1 & \text{ in dyn cm}^{-2} \end{aligned}$$

Im Vergleich zu Bedingung (12) sind gemäß Bedingung (15) noch geringe Dicken des Klebefilms ausreichend.

Zur Berechnung der Schichtdicken einer Verbundplatte mit der Grenzfrequenz von 3 kHz wird Gl.(14) und Gl.(3) in Gl.(2) eingesetzt und man erhält

$$h_2 = \frac{2,03 \cdot 10^5}{C_{e2}} \left(1 + \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2 h_2}\right)^{\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{E_1 h_1^3}{4 E_2 h_2^3}\right)^{-\frac{1}{2}} \text{ cm} \quad (16)$$

$$C_{e2} \text{ in cm s}^{-1}$$

Die numerische Auswertung in Abb. 3 bis 5, Kurve e, zeigt im Vergleich zu den entsprechenden Kurven der vorigen Anordnungen, daß hier das Gewichtsverhältnis von Baumaterial zu Blech am größten ist. Auch die gesamte Plattendicke ist bei dieser Anordnung noch gering. Sie liegt bei Flächengewichten bis zu 50 kg/m² noch immer unterhalb von 3 cm.

Allen Kurven der Abb. 3 bis 5, mit Ausnahme der Kurve a ist gemeinsam, daß sie mit der x- und y-Achse eine Fläche einschließen. Alle Punkte für h₁ und h₂, die innerhalb dieser Fläche liegen, bedeuten, daß eine so dimensionierte Platte Grenzfrequenzen oberhalb von 3 kHz aufweisen würde. Für alle Punkte, die außerhalb der durch die Kurven eingeschlossenen Flächen liegen, gilt entsprechend, daß für derartige Platten die Grenzfrequenz niedriger als 3 kHz ist.

2.3. Abhängigkeit des Luftschallschutzmaßes vom Flächengewicht

Für alle Kurven der Abb. 3 bis 5 sind die Flächengewichte der Verbundplatten angegeben. Da für jede dieser Platten die Grenzfrequenz voraussetzungsgemäß 3 kHz beträgt, ist zu erwarten, daß der Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes ähnliches Verhalten zeigt und nach Maßgabe der verschiedenen Plattengewichte lediglich in vertikaler Richtung parallel zueinander verschoben ist.

In Abb. 6 und Abb. 7 sind einige Meßergebnisse an derartigen Verbundplatten wiedergegeben. Der Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes folgt dem Massengesetz bei tiefen und mittleren Frequenzen und biegt in der Nähe der Grenzfrequenz zu kleineren Dämmmaßen hin ab, wobei für eine Anordnung in Abb. 6 der Bereich oberhalb der Grenzfrequenz noch wiedergegeben ist.

Wie bereits erwähnt, spielt das Absinken des Schalldämmmaßes bei hohen Frequenzen praktisch keine Rolle, soweit es sich um die Dämmung von üblichen Wohn-, Büro- und Verkehrsgeräuschen handelt.

Wegen des gemeinsamen Frequenzverhaltens des Schalldämmmaßes läßt sich eine feste Beziehung zwischen dem Plattengewicht und dem Luftschallschutzmaß nach DIN 4109 aufstellen. Durch Vergleich einer Vielzahl von Schalldämmmessungen an Verbundplatten mit einer Grenzfrequenz von 3 kHz [5] erhält man

$$LSM = -23 + 20 \log \frac{m''}{10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}} \quad (17)$$

mit einem maximalen Fehler von ± 1 dB.

Durch Erhöhung der Grenzfrequenz über den Wert von 3 kHz hinaus wird das Luftschallschutzmaß nicht beeinflusst, wohl aber wird es durch Erniedrigung der Grenzfrequenz herabgesetzt.

In Abb. 7 ist unter anderem der Aufbau einer Verbundplatte unter Verwendung von Stahlblech gezeigt. Ihr Plattengewicht beträgt 45 kg/m^2 , und es liegt damit an der oberen Grenze, bei der der Aufbau von Verbundplatten mit Stahl praktisch noch möglich ist, vergl. Abb. 3 bis 5, Kurve e für Stahlblech. Im Vergleich hierzu gestattet die Verwendung von Blei erheblich höhere Flächengewichte,

die in Abb. 3 bis 5 bis zu ungefähr 100 kg/m^2 angegeben sind. Die in Abb. 1 noch angeführten Metalle liegen zwischen diesen beiden Grenzfällen.

3. Hinweis auf Doppelwandkonstruktionen

Die bisher beschriebenen Platten, die im akustischen Sinne als Einfachwand wirken, zeichnen sich durch besonders geringe Dicken aus. Ein noch besseres Verhältnis von Wandgewicht zu erzieltm Luftschallschutzmaß als das in Gl.(10) angegebene läßt sich durch den Aufbau von Doppelwandkonstruktionen nach den bekannten Gesichtspunkten erreichen, wobei allerdings eine größere Wanddicke in Kauf genommen werden muß.

Wegen ihrer verhältnismäßig hohen Grenzfrequenz von 3 kHz eignet sich die Verbundplatte besonders gut zum Aufbau von Doppelwänden. Abb. 8 zeigt ein Beispiel, bei dem 2 Platten des in Abb. 6 angegebenen Aufbaus verwendet wurden. Das ermittelte Luftschallschutzmaß beträgt + 1dB und es entspricht damit den Anforderungen an eine Wohnungstrennwand.

Bei der Verwendung von unbeschichteten Bleifolien, deren Grenzfrequenzen noch um eine Größenordnung höher liegen, zum Aufbau von Doppelwandkonstruktionen ergeben sich weiterhin Möglichkeiten, das Wandelement mittels durchgehender fester Verbindungen zwischen den beiden äußeren Schalen auszustei-
fen [5,6].

Die Untersuchungen zur Verwendung von Blei zum Aufbau von Verbundplatten sind mit finanzieller Unterstützung der INTERNATIONAL LEAD ZINC RESEARCH ORGANISATION, New York, durchgeführt worden.

Literatur

- [1] CREMER, L. Akustische Zeitschrift, 7 (1942) .
81 ff
- [2] CREMER, L. Die wissenschaftlichen Grundlagen
der Raumakustik
Bd. III, Leipzig 1950, 180 ff.
- [3] OBERST, H.
FRANKENFELD, K. Akustische Beihefte der Acustica .
Heft 4 (1951/52), 185 ff
- [4] ROSS, D.
UNGAR, E.E.
KERWIN, E.M. jr. Damping of plate flexural vibrations
by means of viscoelastic laminae
ASME-reports New York 1959
Herg.: J.E. RUZICKA
- [5] CREMER, L.
v. MEIER, A. Application of Lead for Acoustical
Use in Building Partitions
Final Report International Lead Zinc
Research Organisation, New York 1965
- [6] v. MEIER, A. Anwendung von Bleifolien zur Schall-
dämmung
Vortrag F 32 5. ICA-Kongress
Lüttich 1965

Bildunterschriften

- Abb. 1 Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes gleichschwerer Platten verschiedener Biegesteife
- Abb. 2 Möglichkeiten zur Kombination von Blechen mit anderen Baustoffen
- Abb. 3 Schichtdicken und Flächengewichte von Verbundplatten aus Asbestzement-Platten mit Blechen aus Blei bzw. Stahl. Grenzfrequenz $f_g = 3$ kHz
- Abb. 4 Schichtdicken und Flächengewichte von Verbundplatten aus Gipsplatten mit Blechen aus Blei bzw. Stahl. Grenzfrequenz $f_g = 3$ kHz
- Abb. 5 Schichtdicken und Flächengewichte von Verbundplatten aus Holzspan- oder Sperrholz-Platten mit Blechen aus Blei bzw. Stahl. Grenzfrequenz $f_g = 3$ kHz
- Abb. 6 Gemessener Frequenzgang des Schalldämmmaßes von Verbundplatten im Vergleich zum berechneten Verlauf nach Gl.(1)
- Abb. 7 Gemessener Frequenzgang des Schalldämmmaßes von Verbundplatten im Vergleich zum berechneten Verlauf nach Gl.(1)
- Abb. 8 Gemessener Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes einer Doppelwandkonstruktion aus Verbundplatten nach Abb. 3.

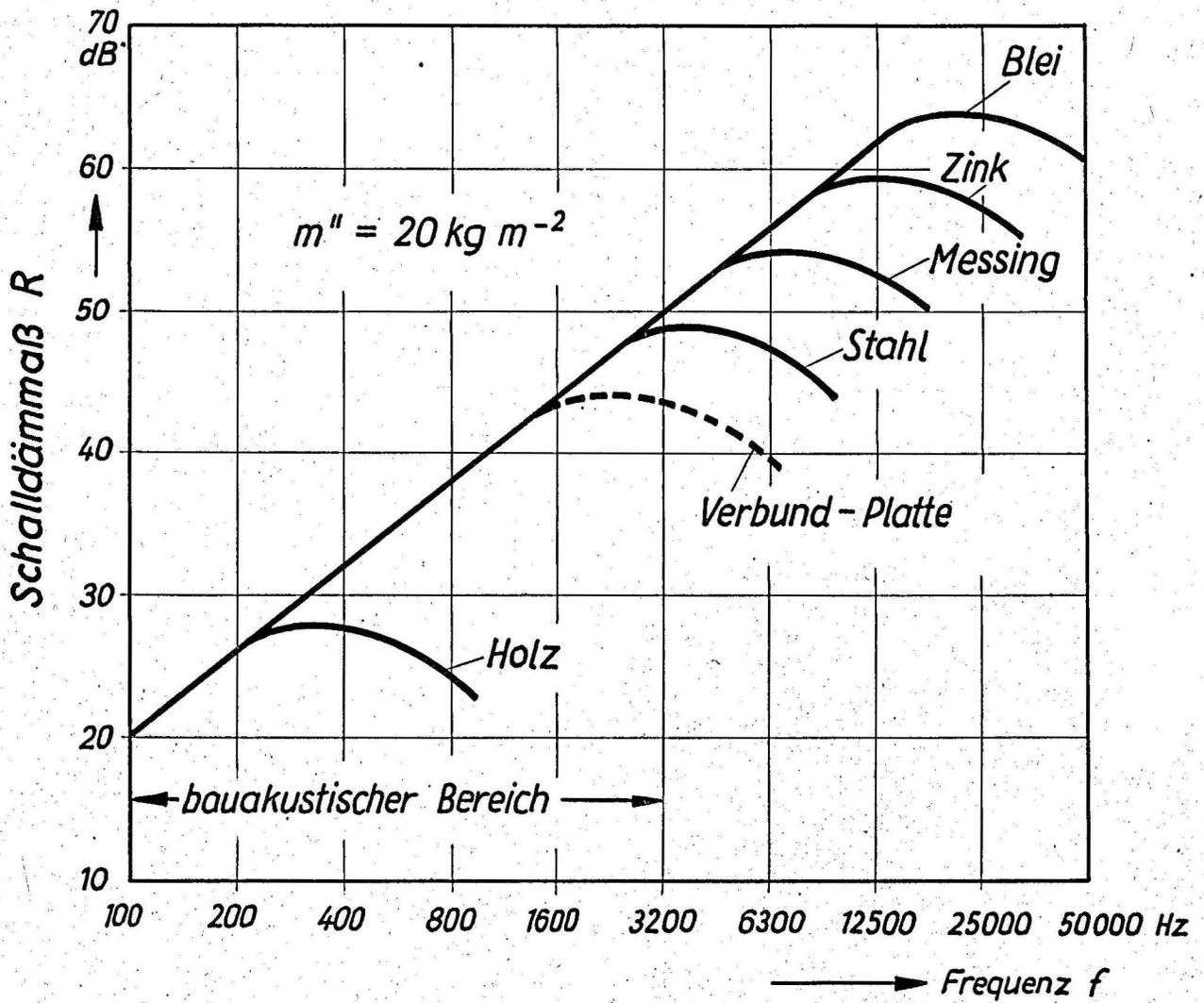
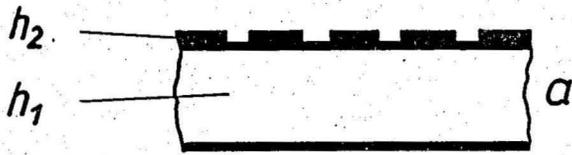
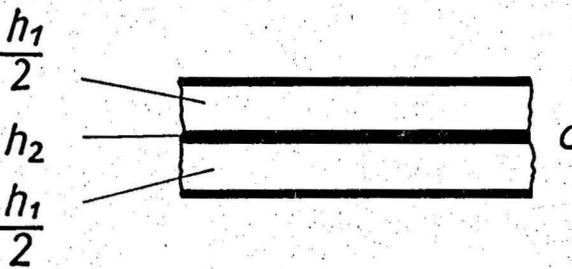
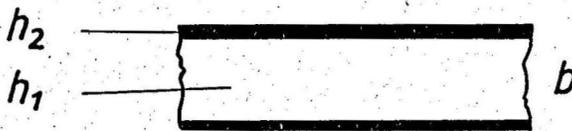


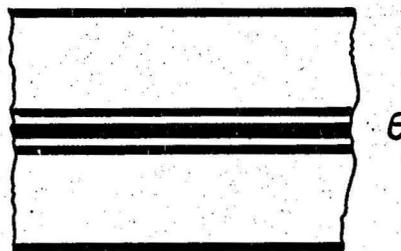
Abb. 1



*geschlitztes Blech
oder Metallplättchen
auf Bauplatte*

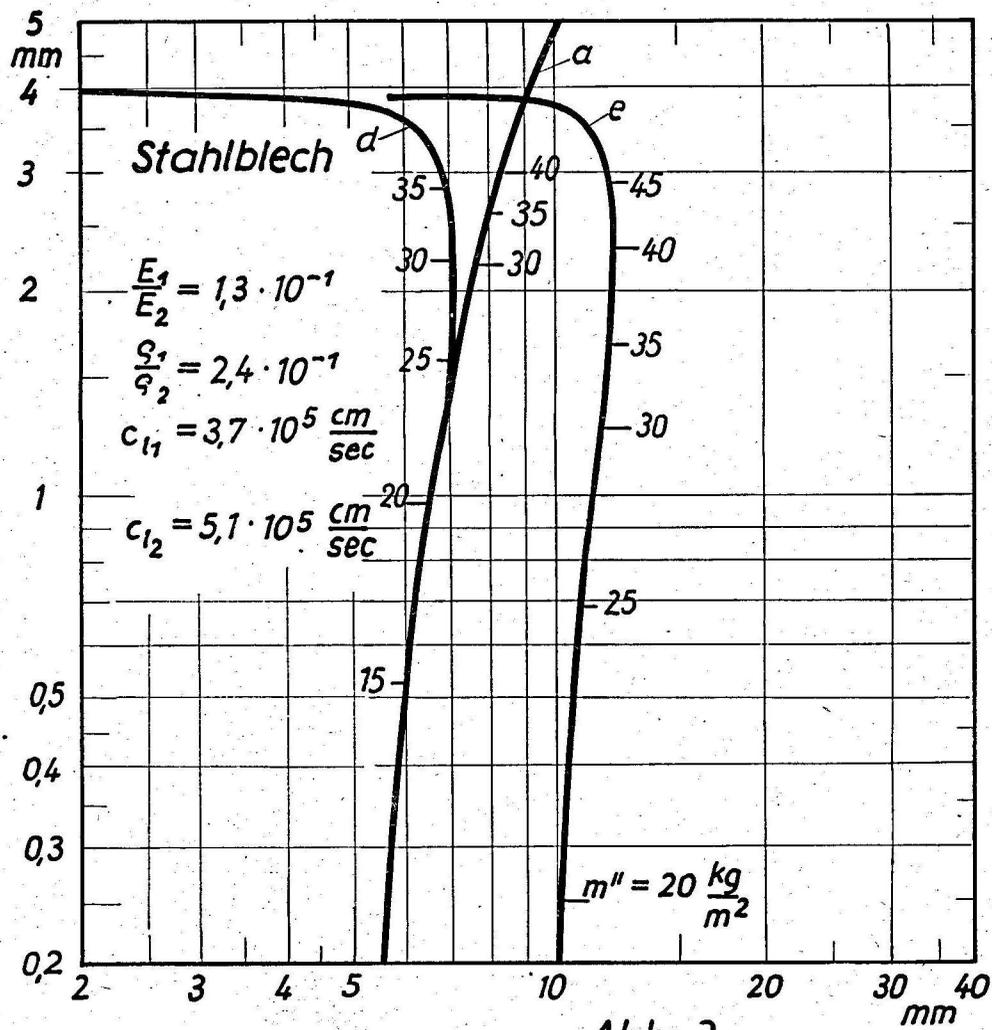
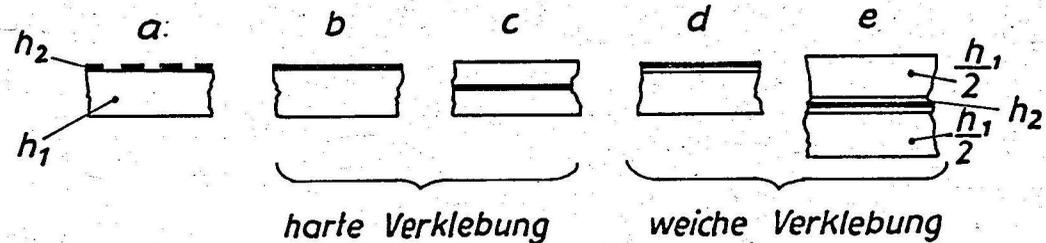
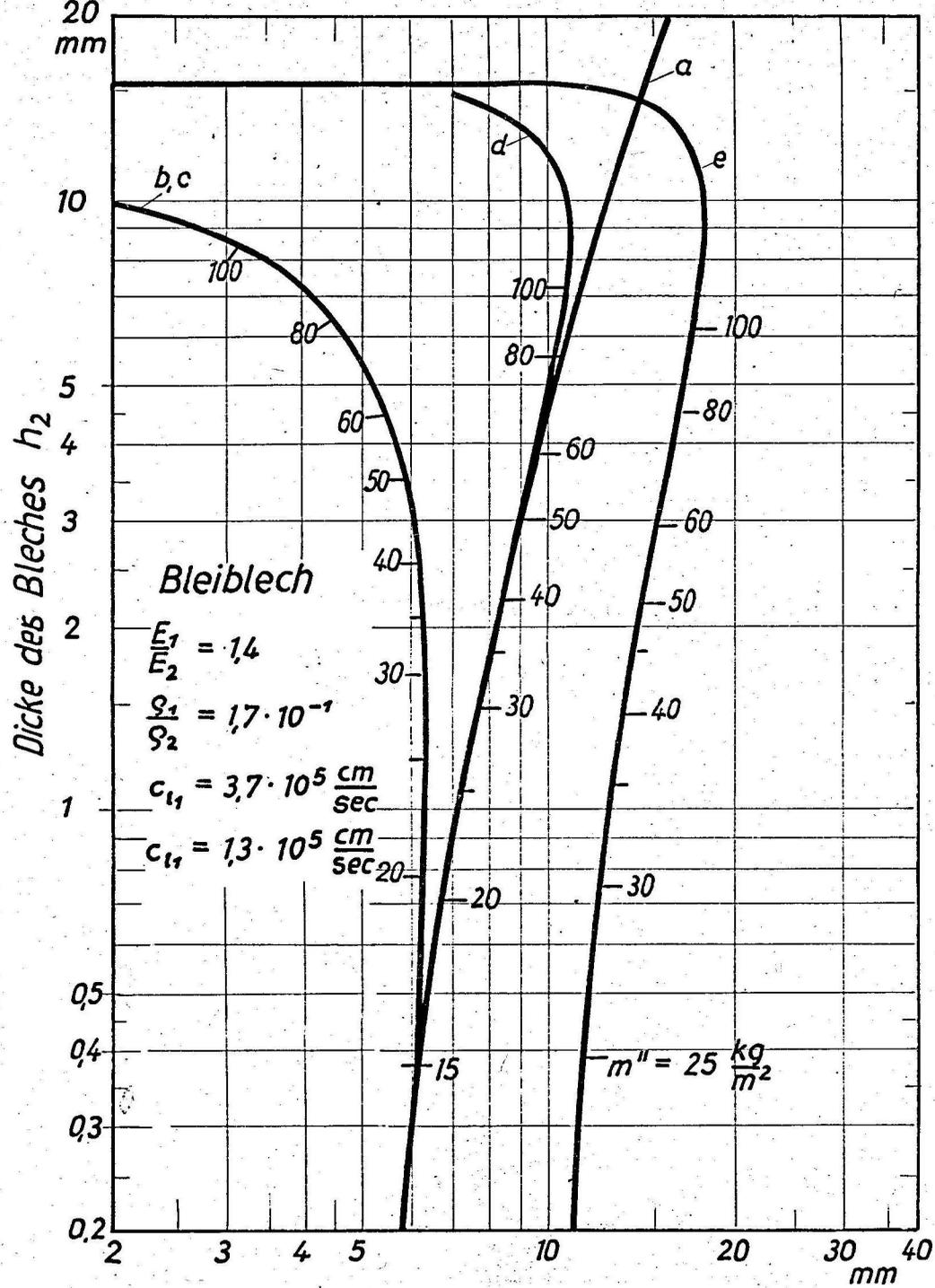


*Blech und Blechplatte
fest verbunden*



*Blech und Blechplatte
elastisch verbunden*

Abb. 2



Dicke der Asbestzementplatte h_1 ,

Abb. 3

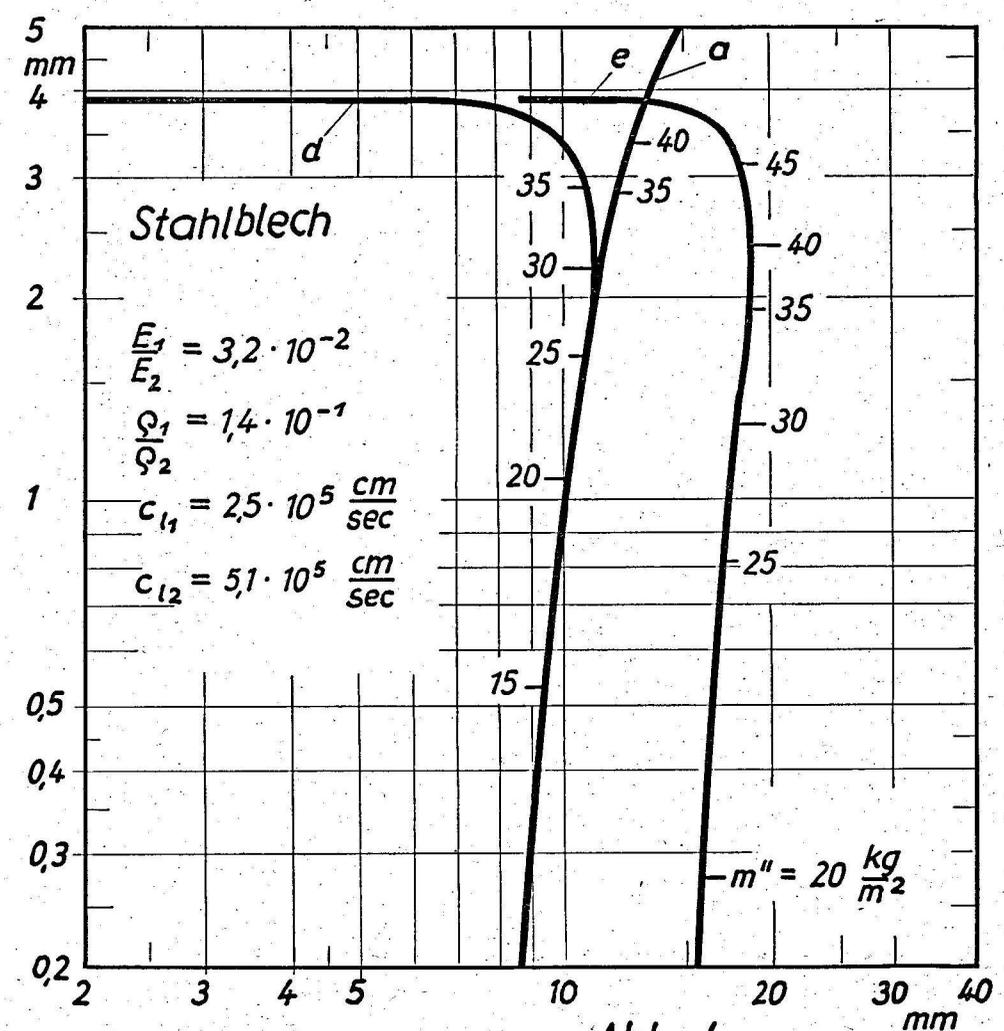
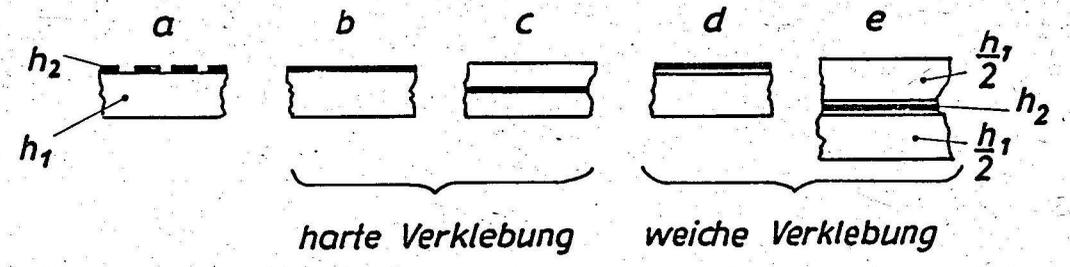
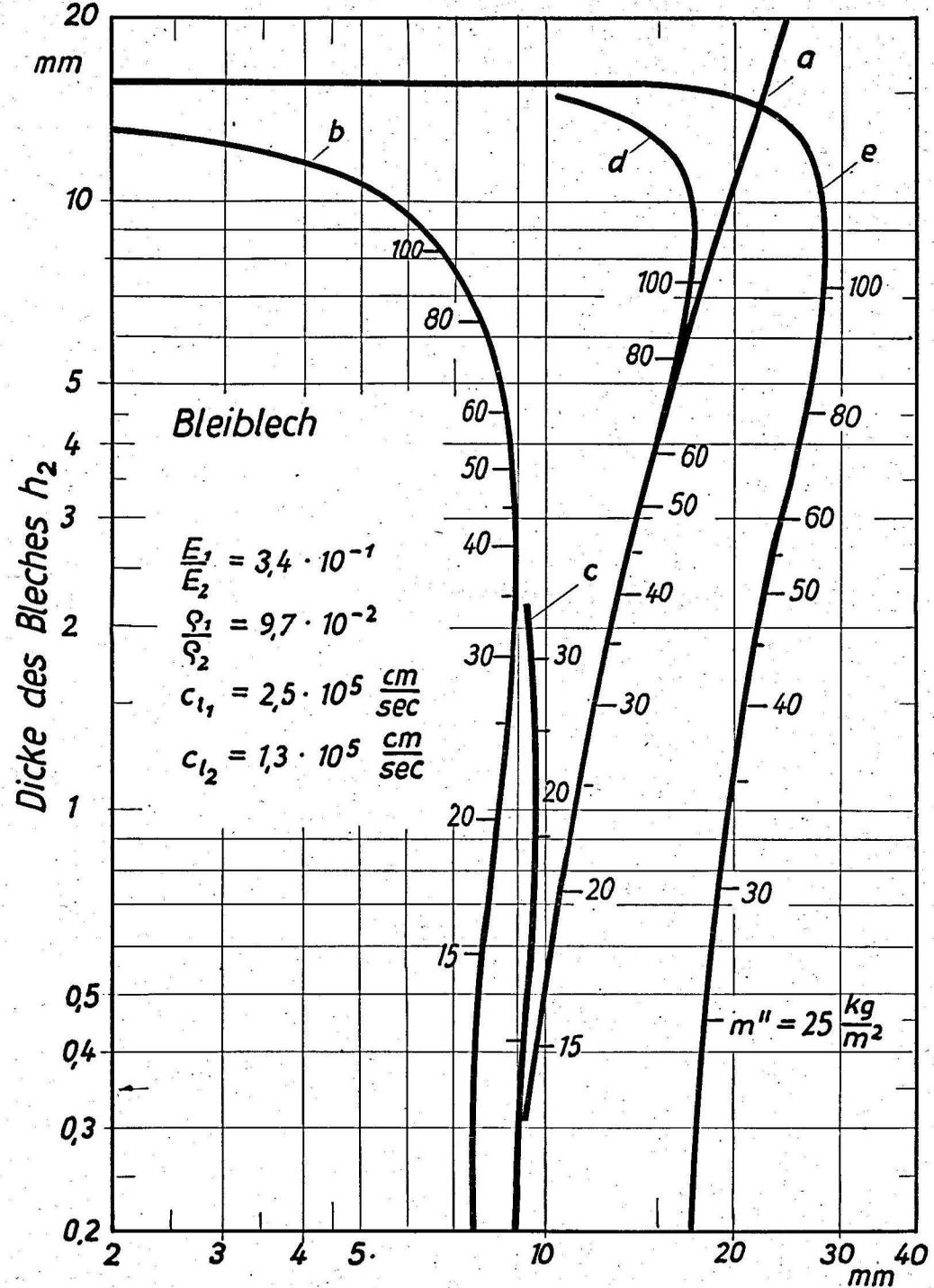


Abb. 4

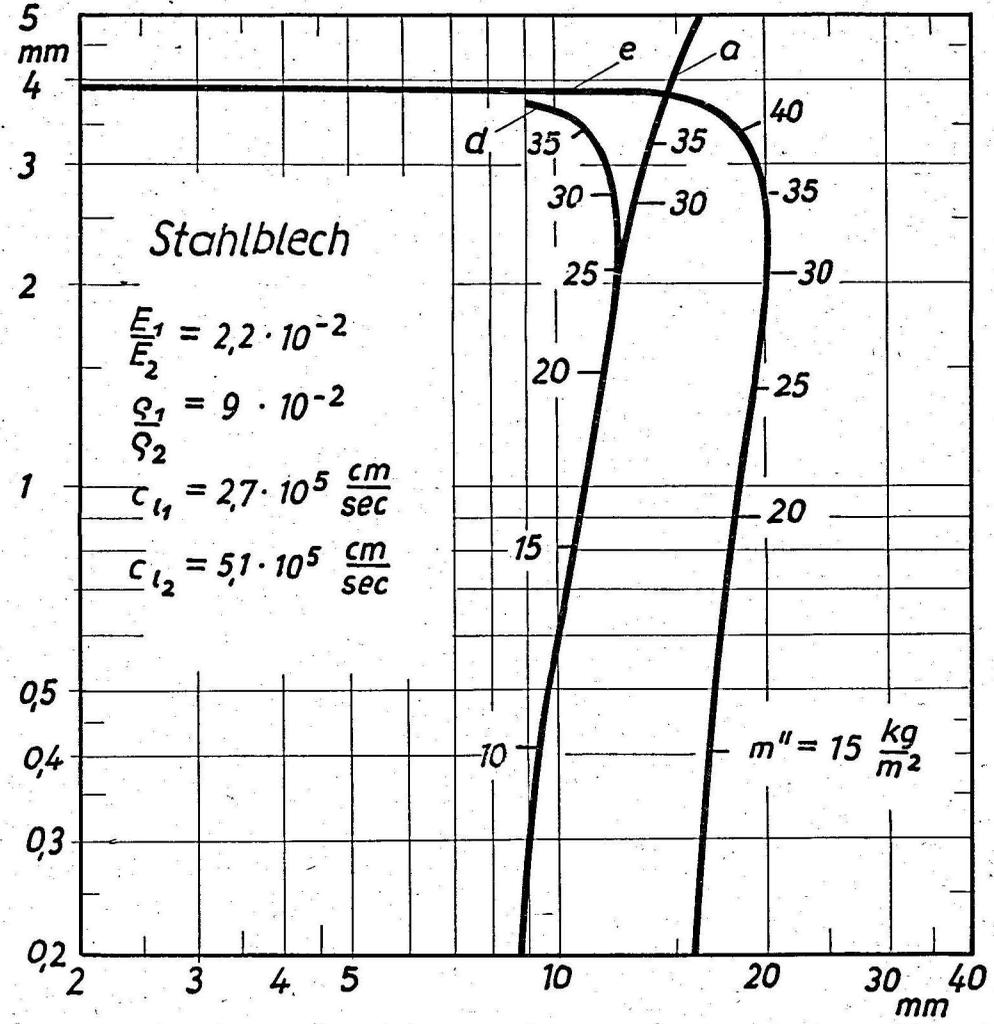
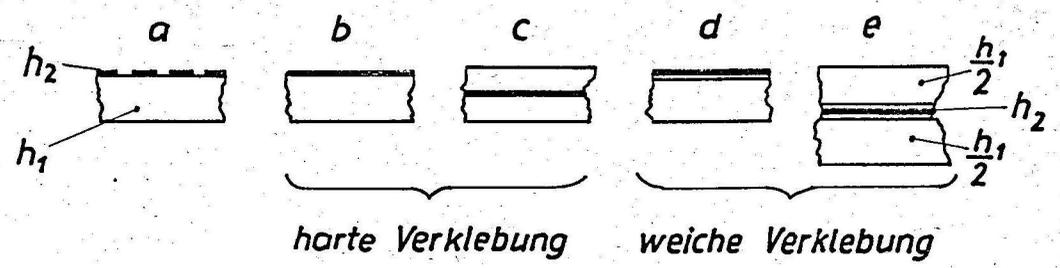
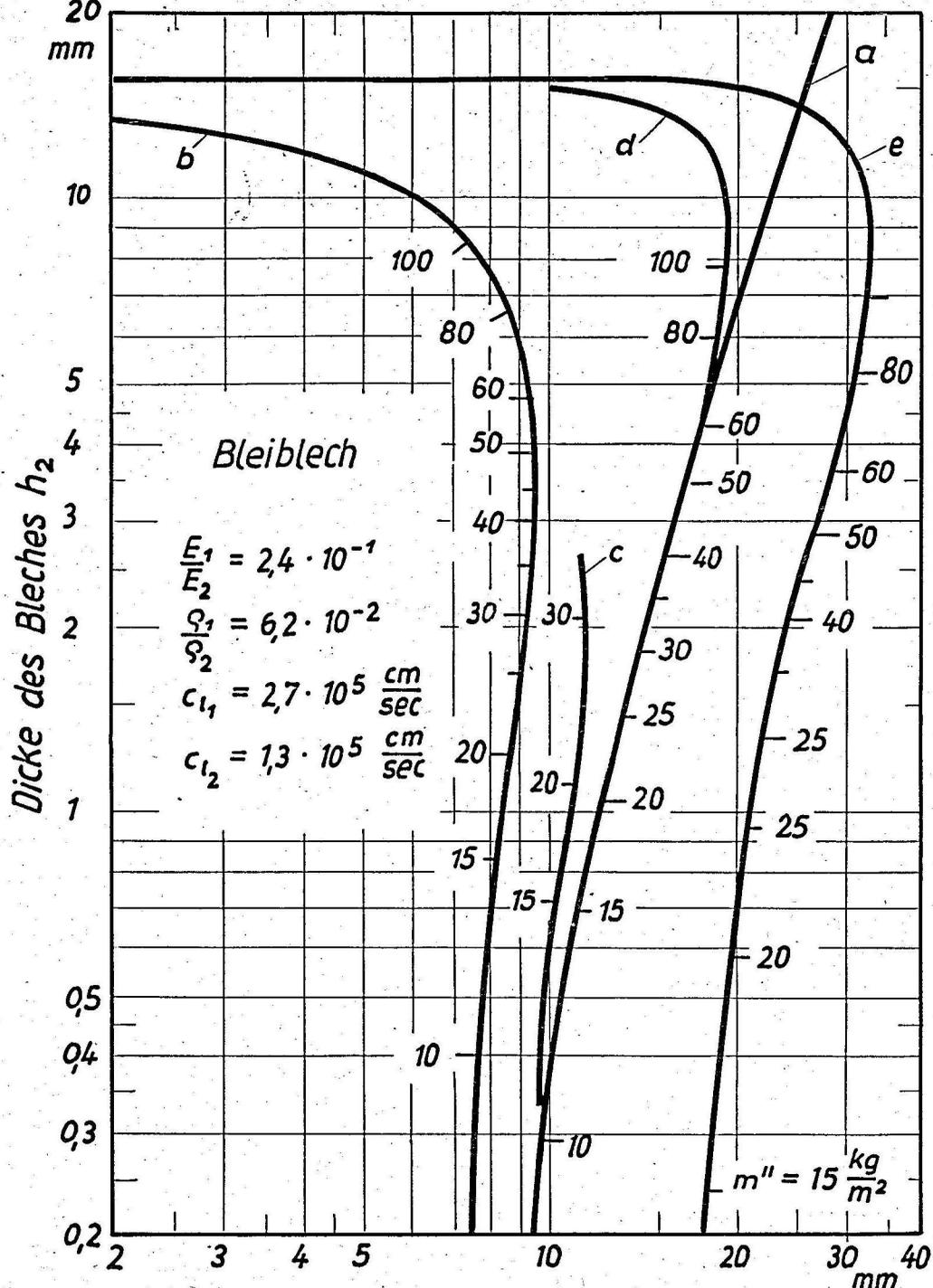
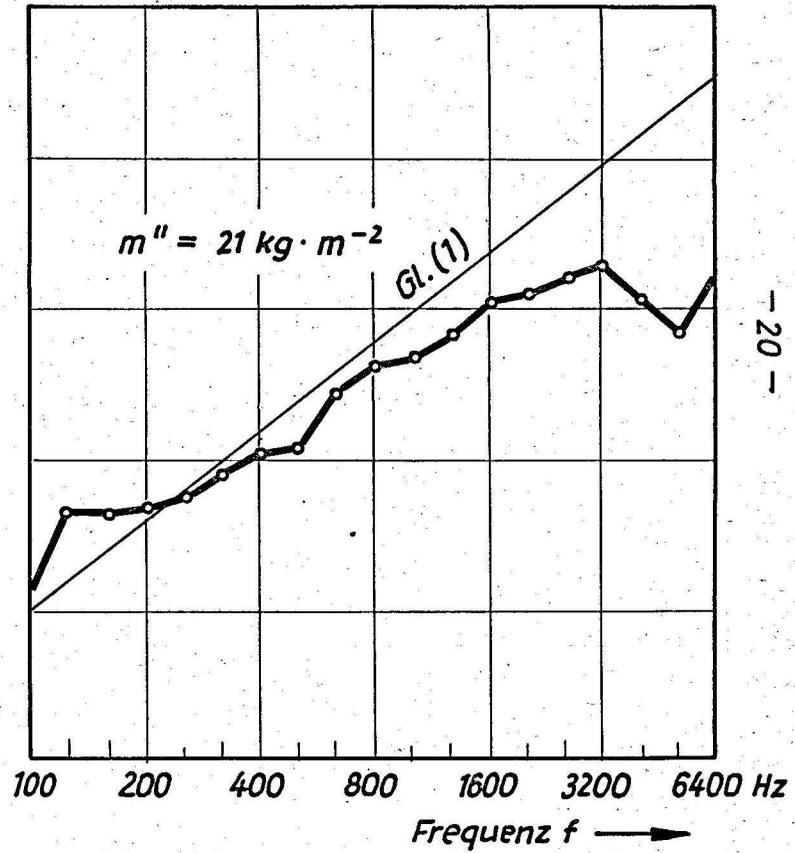
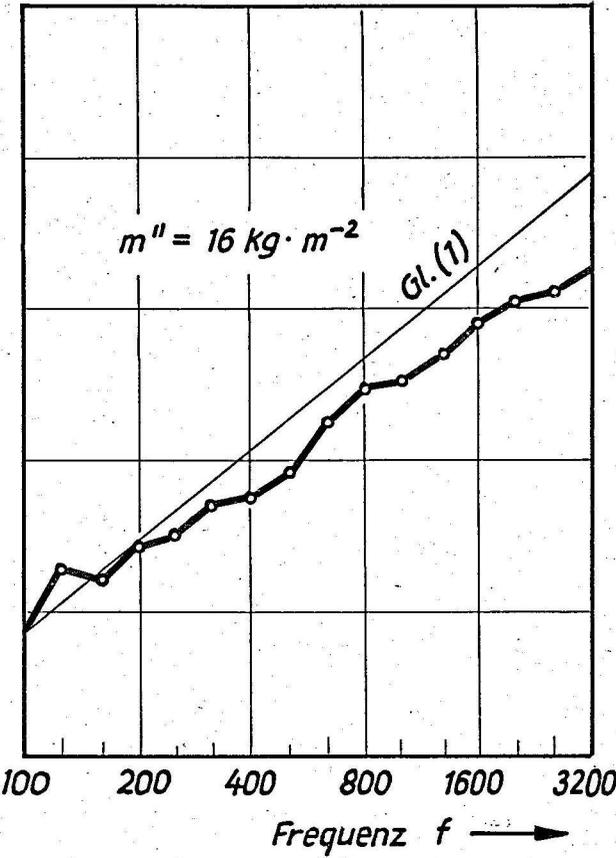
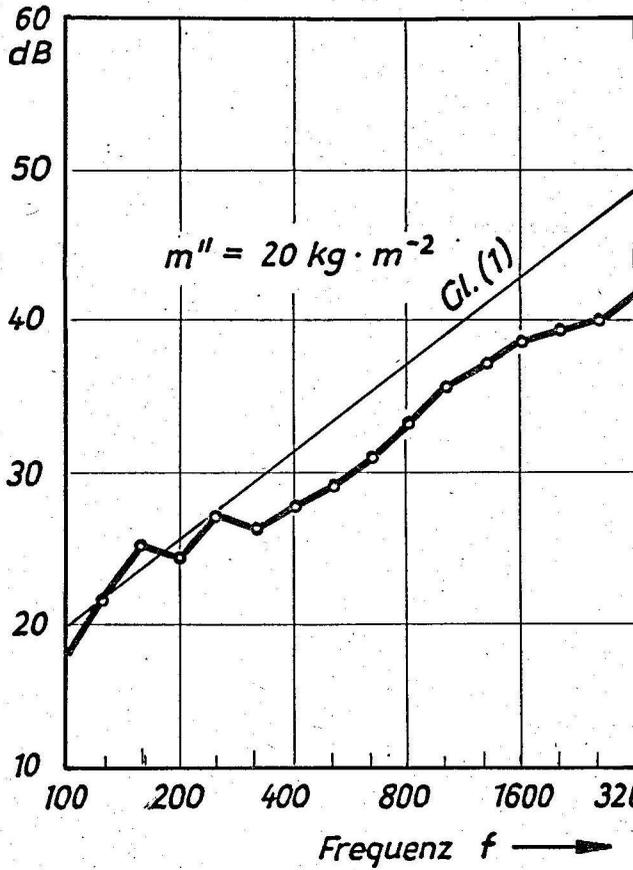
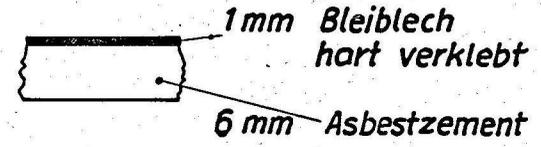
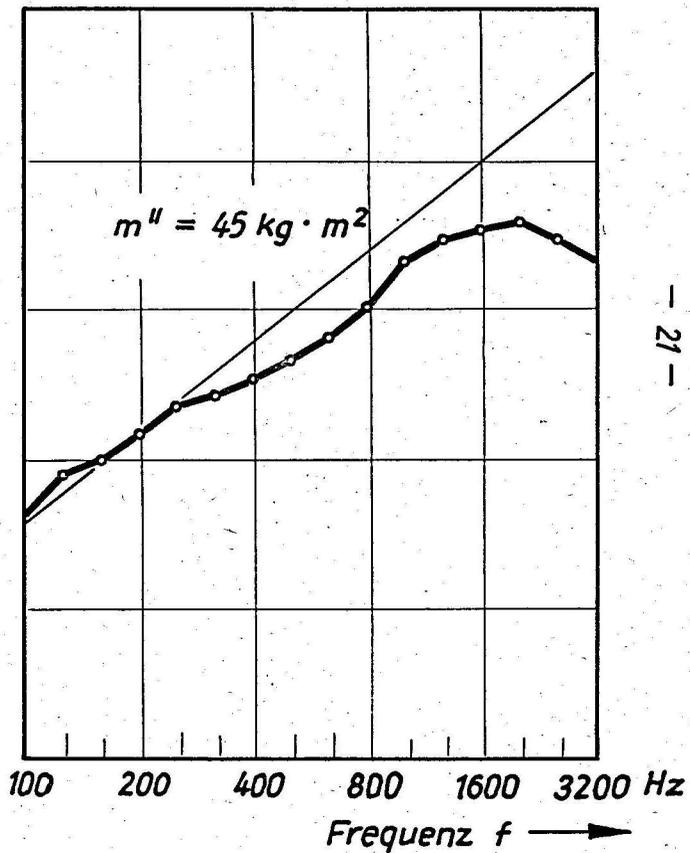
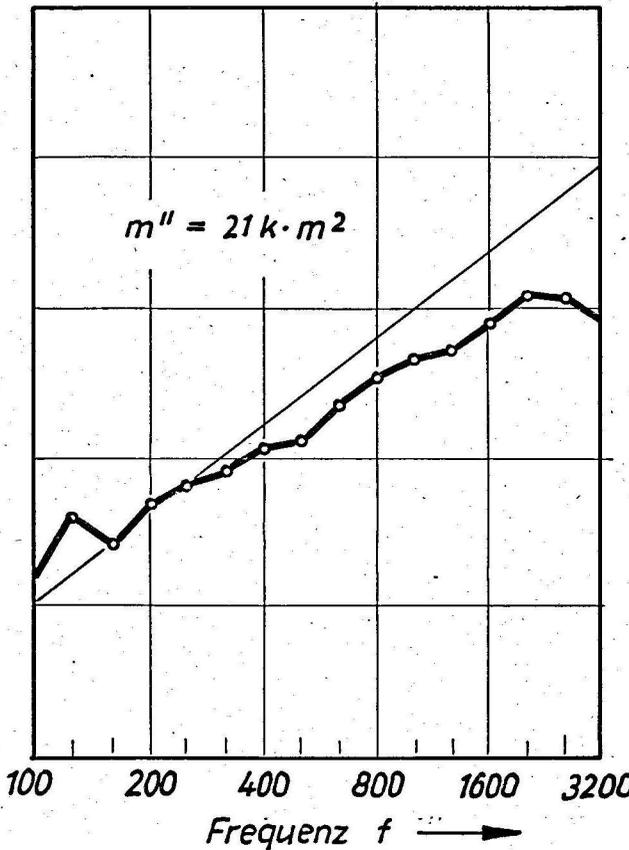
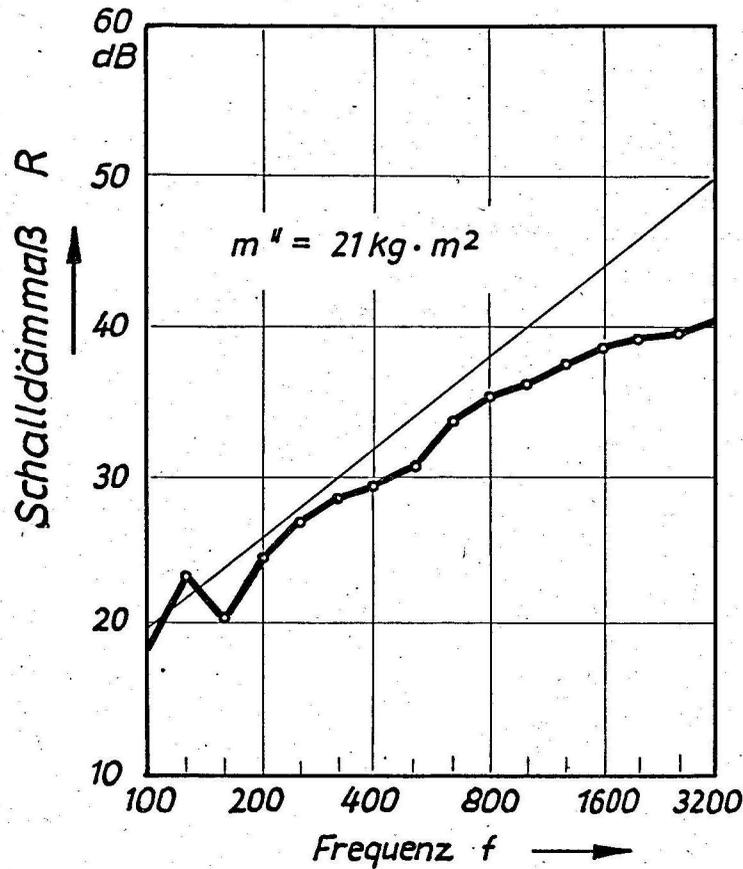
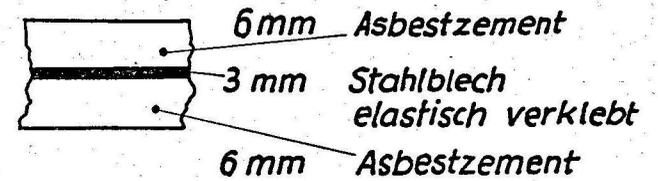
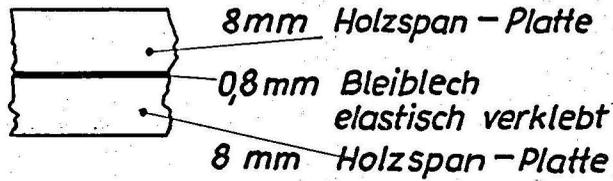
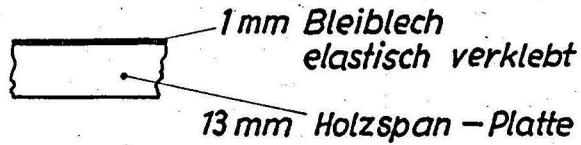


Abb. 5



Prüffläche: 3 m^2

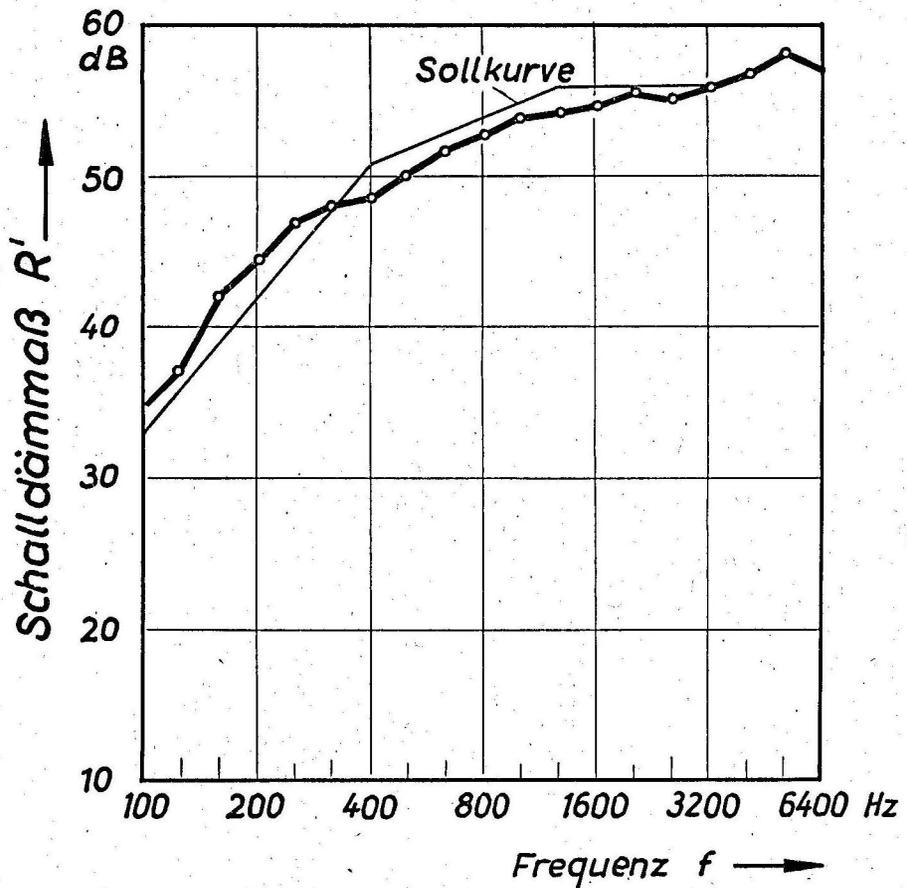
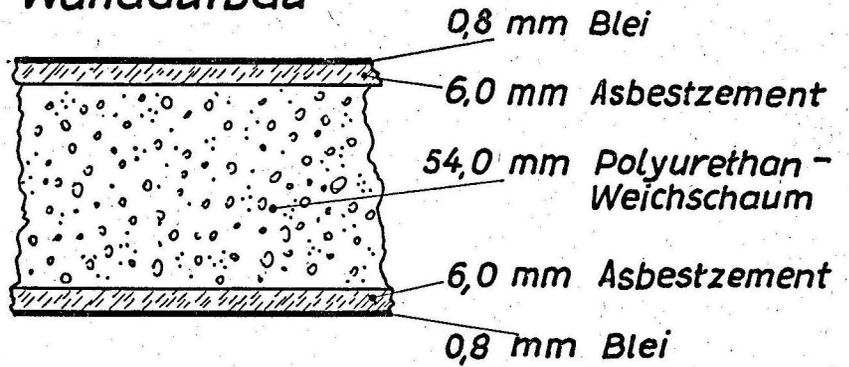
Abb. 6



Prüffläche: 3 m^2

Abb. 7

Wandaufbau



Prüffläche: $S = 3 \text{ m}^2$
Flächengewicht: $m'' = 43 \text{ kg/m}^2$
Luftschallschutzmaß: $LSM = +1 \text{ dB}$

Abb. 8

