DER STAHLBAU

Verantwortliche Schriftleitung: Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin
Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule. — Fernspr.: Steinplatz 0011

Beilage zur Zeitschrift **DIE BAUTECHNIK** Fachschrift für das gesamte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 R.-M. und Postgeld

3. Jahrgang | BERLIN, 25. Juli 1930 | Heft 15

Beitrag zur Beurteilung der Ausführung von Schallisolierungen in Gebäuden.*)

Alle Rechte vorbehalten.

Von Richard Doorentz, Baurat, Leipzig.

Einleitung.

Die hohen Gestehungskosten von Gebäuden erfordern ihre größte Anpassungsfähigkeit an die Bedürfnisse des täglichen Gebrauches. Dieser ist, besonders in der heutigen Zeit stärkster Entwicklung, wandelbar. Die Notwendigkeit, sich anpassen zu können, bedingt in verstärktem Maße Bauwerke, bei denen oft nur die Außenhaut und die Decken „bleibend", dagegen die inneren Wandungen „veränderlich" sind.

Beachtet man ferner, daß der „Lärm" infolge des wachsenden Verkehrs steigt und daß die Baustoffe zur Abminderung von Gewicht und Kosten der Bauwerke in größerem Maße ausgenutzt werden, so ist es durchaus zu verstehen, daß die Fragen der „Wärmehaltung" und des „Schallschutzes" mehr und mehr in den Vordergrund treten.

Hinsichtlich der „Wärmehaltung" ist insbesondere durch die Forschungsarbeiten der Laboratorien der technischen Hochschulen vorbildliche und aufklärende Arbeit geleistet worden, so daß sich die Begriffe und die praktischen Grenzen schon gut in der Praxis eingebürgert haben.

Hinsichtlich der Fragen des Schallschutzes sind wegen der schwierigen Festlegung allgemeinverständlicher Grenzbegriffe und wegen der Vielseitigkeit der Materie überhaupt die Dinge noch sehr im Fluß. Es ist aber erkannt, daß insbesondere die Schallsicherung der Decken und Wände in Ansehung der eingangs erwähnten Gründe eine erhöhte Zuwendung von Aufmerksamkeit erfordert. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Klärung dieser Fragen liefern, insbesondere dazu, welche Ansprüche an Schallisolierungen gestellt werden können und zu stellen sind und weiter, wie sie technisch zweckmäßig hergestellt werden.

Es ist das Verdienst des Dezernenten des Hochbauamtes der Stadt Leipzig, Herrn Stadtbaurat Ritter, frühzeitig die Notwendigkeit der Klärung auf diesem Gebiete erkannt und hier das Erforderliche veranlaßt zu haben. Die Versuche wurden vom Verfasser im Benehmen mit der Bauabteilung des Hochbauamtes und ihrem Vorstand, Herrn Stadtbaudirektor Fest, nur an ausgeführten Objekten durchgeführt.

Die erste Untersuchung der in Nr. 9 beschriebenen Glasgewände fand unter gutachtlicher Mitwirkung der Herren Prof. Michel, Hannover und Schallingenieur Weiß, Leipzig, statt.

Das Versuchsprogramm für die unter Nr. 10 beschriebenen Deckenisolierungen wurde unter Zuziehung des Herrn Dr.-Ing. Reiher, Stuttgart, beraten. Die Durchführung dieser Versuche fand unter bereitwilliger Mitwirkung maßgebender Unternehmungen für Schallisolierungen mit dem unter Nr. 10 angegebenen Ziele statt.

Über die Ergebnisse der versuchstechnischen Arbeiten wird in der Folge kurz berichtet:

Nr. 1. Die Schallisolierung muß nach zwei Richtungen hin wirksam sein. Sie muß einmal den auftretenden Luft- und Körperschall so wirksam abdämpfen, daß der verbleibende Rest nicht mehr als störend empfunden wird. Zum andern muß sie so widerstandsfähig sein, daß sie die auftretenden statischen Belastungen bei jeder normalen Temperatur dauernd so erträgt, daß schädliche Formänderungen nicht eintreten.

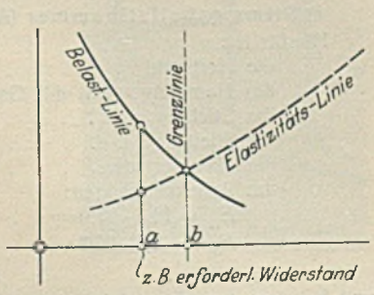

Abb. 1.

Die zur Erreichung des Schallisoliervermögens nötige Plastizität und Elastizität finden demnach in den statischen Anforderungen ihre erste natürliche Grenze.

Diese Forderung ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Der gedachte Grenzzustand liegt bei Punkt *b*. Meist werden (z. B. bei Decken) die statischen Anforderungen aus Gründen einer gewissen Sicherheitsreserve überwiegend sein. Dann wird wegen der größeren Härte des Isolierstoffes das Isoliervermögen herabgesetzt, siehe Punkt *a*. Zusammengefaßt kann demnach gesagt werden:

„Das zweckmäßige und mögliche Isoliervermögen ist erreicht, wenn ein Gleichgewichtszustand zwischen der Elastizität des Isolierstoffes und dessen statischer Aufnahmefähigkeit (bei größtem Absorptionsvermögen) erreicht ist."

Nr. 2. Das Isoliervermögen und die absoluten Kosten sind verschieden. Sind beide bekannt, dann können die relativen Kosten ermittelt werden. Durch Vergleich der relativen Kosten ergibt sich:

„Wieviel Schallenergie wird für 1 RM vernichtet?"

Die erste Notwendigkeit ist, den Schall an seiner Entstehungsquelle zu vernichten und zu bekämpfen, sowie seine Ausbreitung zu verhindern. Hat er sich schon verbreitet, dann ist die Bekämpfung seiner Erscheinungsformen teurer. Über Verbesserungsmaßnahmen ist folgendes zu sagen.

Für drei Isolierungen, die einer Verbesserung unterzogen werden sollen, mögen gefunden sein:

Bezeichnung	Für die Isolierung		
	a	*b*	*c*
Ihr Schallisolierverhältnis zueinander . .	1,0	1,5	2,0
Ihre absoluten Kosten je m²	6,00	7,00	8,00 RM
Dann sind ihre relativen Kosten[1]) . . .	6,00	4,65	4,00 „
und die Schallvernichtung für 1 RM[1]). .	1,00	1,29	1,50

[1]) Bezogen auf *a*.

Es mögen zur Erhöhung des Isoliervermögens Verbesserungen vorgenommen werden, deren Ergebnisse die folgende Zusammenstellung zeigen möge:

Bezeichnung	Für Isolierung		
	a	*b*	*c*
Kosten für die aufgewendete Verbesserung	1,20	1,00	0,80 RM
Neue Gesamtkosten je m² nunmehr . .	7,20	8,00	8,80 „
Neues Isolierverhältnis zueinander . . .	1,40	1,60	2,30
Neue Relativkosten[1])	5,14	5,00	3,82 RM
Neue Schallvernichtung für 1 RM[1]) . .	1,00	1,03	1,34

[1]) Bezogen auf *a*.

Folgerung: Verbesserungskosten sind demnach nur dann wirtschaftlich richtig aufgewendet, wenn die Relativkosten fallen (z. B. bei *a* und *c*). Sie sind unrichtig aufgewendet, wenn die Relativkosten steigen (wie bei *b*). Das stärkste Fallen der Relativkosten zeigt die besten Maßnahmen an.

Die zur Verfügung stehenden Mittel ziehen der Schallisolierung eine zweite Grenze. Die aufgewendeten Mittel müssen jedoch eine relativ hohe Schallvernichtung bei sonst technisch einwandfreier Ausführung zur Folge haben.

Nr. 3. Der „Lärm" wächst. Die Arbeitsbelastung des Einzelnen dürfte hinsichtlich der Nervenbelastung ebenfalls wachsen. Soll letztere nicht zu vorzeitigen Erschöpfungszuständen führen, so kann die hiergegen erforderliche Freimachung der Nervenbelastung nur durch eine entsprechende Freimachung vom Einflusse des Lärmes bzw. durch eine Abtragung desselben erfolgen. Ausgeführte Schallisolierungsmaßnahmen u. a. in industriellen Werken haben eine Erhöhung der Arbeitsleistung zur Folge gehabt.

Die Baukonstruktionen sind darum in dieser Richtung mehr als bisher einer Untersuchung zu unterziehen, wobei gewisse „Normen" oder „Richtlinien" für ihre schalltechnische Wertung herauszuschälen sind. Hierauf

*) Wir bringen diese Ausführungen wegen der Wichtigkeit der Schallisolierungsfrage im Stahlskelettbau. Die Schriftleitung.

ist bei der größeren Materialausnutzung gebührend Rücksicht zu nehmen. Maßgebende Forscher wie Prof. Kreüger, Prof. Knoblauch, Dr. Reiher u. a. m. haben in verschiedenen Veröffentlichungen bereits wesentliche Arbeit in dieser Richtung geleistet. Die eingeschlagenen Wege mögen verschieden sein. Die Ergebnisse zeigen aber doch in vieler Beziehung Übereinstimmung.

Durch weitere vergleichende Zusammenstellung von Versuchsergebnissen werden sich im Laufe der Zeit die Richtlinien bzw. der noch fehlende einfache Maßstab herausschälen lassen, so daß sie für die praktische Nutzanwendung in der Baupraxis in eine einfache und zweckentsprechende Form gekleidet werden können.

Die in Nr. 1 und Nr. 2 angedeuteten Grenzen können dadurch klargestellt werden. Die folgenden Mitteilungen sollen zur Bildung eines Gebrauchsmaßstabes einen Beitrag liefern.

Nr. 4. Zunächst ist festzustellen, welcher Schallquelle die Störung entstammt. Danach richten sich die zu ergreifenden Maßnahmen.

In dem besonderen und doch so allgemeinen Fall des Wohnbauwerkes (Wohnungen, Schulen, Krankenhäuser, Bürogebäude usw.) handelt es sich bei dem Luft- und Körperschall im allgemeinen um einen komplexen Lärm, der in seinen wesentlichen Auswirkungen zu unterbinden ist und dessen Ursachen sehr verschiedener Natur sein können. Die Schwingungszahlen (Hertz) der verschiedenen Schallquellen liegen verschieden hoch. Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, sie bei den wesentlichen in Frage kommenden Luftschallen mit 300 bis 1000 Hertz und bei den wesentlichen in Frage kommenden Bodenschallen mit 1000 bis 2500 Hertz und mehr schätzen zu dürfen.

Erfahrungsgemäß ist das Ohr weniger für die Unterschiede der Schallstärken empfindlich. Die Empfindungsstärke (Lautheit) ist ferner nicht übereinstimmend mit der physikalischen Schallstärke. Nach den Versuchen von M. Wien werden die verschiedenen Tonhöhen verschieden stark empfunden. Die stärkste Empfindung erfolgt etwa bei 2000 Hertz. Der Lärm wird in seiner „Lautheit" als störend empfunden. Bezeichnet man mit:

J die physikalische Tonstärke,
L die Empfindungsstärke (Lautheit),
R die Reizschwellenstärke des Ohres (= Tonstärke, die eben noch empfunden wird),

dann ist der bei gleichbleibendem J mit der Tonhöhe veränderliche Wert

$$L = \frac{J}{R}$$

durch Isolierung in solchen Grenzen zu halten, daß die Lautheit L nicht mehr als störend empfunden wird.

R ist bei verschiedenen Tonhöhen verschieden hoch. Bei gleicher Tonhöhe entstehen im geschlossenen Raume Interferenzerscheinungen. Beide Störungsfaktoren sind bei Vergleichsmessungen soweit als möglich auszumerzen. Durch Verwendung eines veränderlichen Tongemisches (Heulen) können die Interferenzerscheinungen fast ausgeschaltet werden. Es verbleibt aber eine mit der Veränderung der Tonhöhe veränderliche Empfindungsstärke. Bei Verwendung eines Tones gleicher Höhe ist die Empfindungsstärke gleich, aber es verbleibt die Ungenauigkeit der Interferenzerscheinung. Diese kann durch gut gewählte Standpunkte, evt. zwei Hörer oder mehrere Versuche für praktische Vergleiche genügend weit ausgemerzt werden.

Ein besonderes Kapitel bilden die möglichen Eigenschwingungen der Konstruktion in der Nähe der Hertzzahl der Schallquellen. Sie wirken sich als „Verstärker" aus. Bei längerer Beobachtung der verschiedenen Baukonstruktionen können sie aber als solche bald erkannt und durch einfache Maßnahmen, z. B. Änderung der Einspannungsverhältnisse, Versteifungen oder dgl., ihrer Wirkung entkleidet werden. Daß solche Möglichkeiten eintreten können, ist durch die Versuche von Prof. Kreüger bekannt. Es muß jedoch gesagt werden, daß eine Vorausberechnung im Rahmen der Bauausführung unmöglich ist. Lediglich die Möglichkeit einer wahrscheinlichen Vermeidung kann durch fortgesetzte Beobachtung der Baukonstruktionen in schalltechnischer Beziehung herbeigeführt werden.

Es wird Luft- und Körperschall übertragen. Der Zweck des Bauwerkes bestimmt und die zu erwartenden Schallquellen zeigen auf, in welcher Richtung die „Schallvernichtung" betrieben werden muß.

Der Luftschallübergang hängt (bei sonst dichter Konstruktion) in der Hauptsache von membranen Schwingungszuständen (Biegungsschwingungen) ab. Die Größe der Amplitude ist der Durchbiegungsfähigkeit direkt proportional. Soweit der Luftschall (durch die Isolierung hindurch) die Konstruktion in membrane Schwingungszustände zu versetzen vermag, liegt die Richtung der weiteren Bekämpfung des Schalldurchganges in der Erhöhung der Steifigkeit (kleine Durchbiegungsfähigkeit). Das ist besonders bei dünnen, plattenförmigen Decken zu beachten.

Der Körperschallübergang erfolgt über kurzwellige Schwingungen mit hoher Frequenz. Hierfür ist die Empfindungsstärke hoch. Soweit der Körperschall nicht unmittelbar von der Isolierung absorbiert wird (oder vom Fußbodenbelag gedämpft wird), ist es nötig, ihn noch in der Konstruktion durch akustische Brechung zu bekämpfen.

Ist v = Schallgeschwindigkeit in m/Sek,
g = spezifisches Gewicht,

dann ist die akustische Brechung zwischen zwei Schichten

$$\frac{v_1 g_1}{v_2 g_2}$$

d. h. je stärker der Unterschied zwischen $v_1 g_1$ und $v_2 g_2$ in den Schichtfolgen ist, um so stärker ist die Brechung.

Es ist zweckmäßig, beide Schallarten so zu dämpfen, daß sie an der Schallschattenseite nur noch etwa gleich stark empfunden werden.

Durch laufende Beobachtung der Konstruktionen nach dieser Richtung hin ist es möglich, bereits im Entwurf solche Vorkehrungen zu treffen, daß diese Forderung ungefähr erfüllt werden kann.

Eine wirksam verbreitete Verbesserung entstehender Bauwerke in schalltechnischer Beziehung ist nur zu erwarten, wenn der noch fehlende Gebrauchsmaßstab in eine so einfache Form gekleidet wird, daß er ohne große Hilfsmittel von jedem ausführenden Architekten und Baumeister in die Praxis übersetzt werden kann.

Von Prof. Kreüger, Stockholm, wurde für Luftschall (Sprechschall) ein leicht nachprüfbares und praktisches Unterscheidungsmerkmal zugrunde gelegt. Ähnlich könnte man für Körperschall (Gehen — Rollen — Fallen) unterscheiden. Den nachfolgend beschriebenen Versuchen wurden darum folgende Unterscheidungsmerkmale zugrunde gelegt.

Unterscheidungsbegriffe für Sprechschall.
Nach Prof. Kreüger, Stockholm.

Gruppen-Nr.	Isolierwert	Sprechart
1	Außerordentlich gut	Lautes Sprechen unhörbar.
2	sehr gut	Lautes Sprechen kann nur mit Anstrengung vernommen werden.
3	gut	Lautes Sprechen ist schwach hörbar.
4	ziemlich gut	Lautes Sprechen hörbar, Worte können nicht verstanden werden.
5	weniger gut	Lautes Sprechen hörbar, einzelne Worte können verstanden werden.
6	schlecht	Gewöhnliches Sprechen hörbar, hin und wieder kann ein Wort verstanden werden.
7	sehr schlecht	Gewöhnliches Sprechen kann ziemlich vollständig nach Wörtern verstanden werden.

Unterscheidungsbegriffe für Körperschall.

Gruppen-Nr.	Isolierwert	Der Körperschall wird hervorgerufen durch:		
		Gehen auf der Decke	Rollkugelversuch ⌀ 50 mm $h : l$ = 100/250 mm	Fallversuch mit dem Gummiball ⌀ 70 mm Fallhöhe 1 m
1	Sehr gut	Nicht hörbar	Schwach hörbar	Schwach hörbar
2	gut	wenig hörbar	wenig hörbar	wenig hörbar
3	genügend	gut hörbar	gut hörbar	gut hörbar
4	schlecht	laut hörbar	laut hörbar	laut hörbar

Die Prüfungen, welche auf den verschiedenen Baustellen stattfanden, wurden mit den nachfolgend beschriebenen Apparaten vorgenommen. Die gefundenen Resultate spiegeln die Konstruktionen so, wie sie in der Praxis hergestellt werden können, mit allen ihren Ausführungsfehlern, die nicht zu vermeiden sind, wieder.

a) Stimmgabelfallhammer (Abb. 2) für Luftschallprüfungen.

Hierfür ist:

die Hertzzahl 512
das Hammergewicht mit Gummispitze 27,0 g
das Stielgewicht . . . . . 15,3 g
die Stiellänge . . . . . 155 mm
der Hammerradius . . . . . 113 mm
das Arbeitsvermögen:
$E_H = 11{,}3 \cdot 27{,}0 =$ . . . . . 305 cmg
$E_{St} = 7{,}8 \cdot 15{,}3 =$ . . . . . 119 „
zusammen 424 cmg Rohenergie

und bei dem Ausschlagwinkel α mit $(1 - \cos\alpha) = n$:

$$\mathfrak{E} = 424 \cdot (1 - \cos\alpha) = 424\, n \text{ in cmg.}$$

Bei einem Wirkungsgrad η wird von $\mathfrak{E}$ der Betrag $E = \mathfrak{E}\,\eta$ in Schallenergie umgewandelt. Der Apparat wurde von der Firma E. Zimmermann, Leipzig, gebaut.

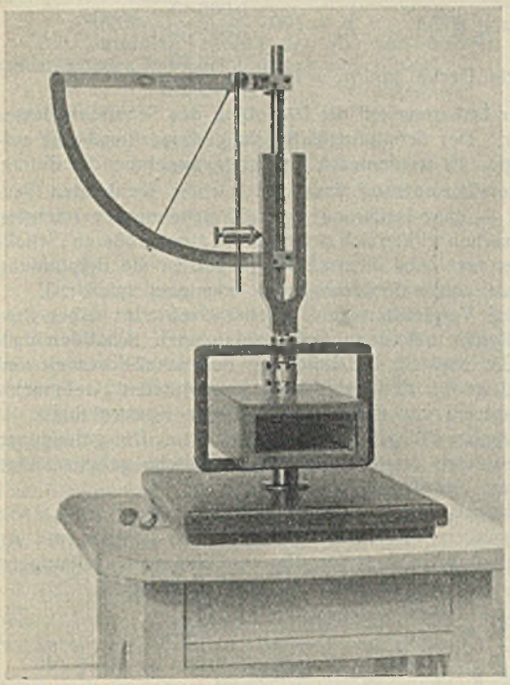

Abb. 2. Stimmgabelfallhammer.

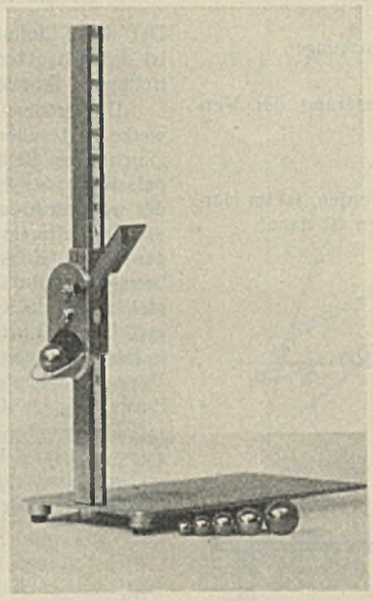

Abb. 3. Fallkugelapparat.

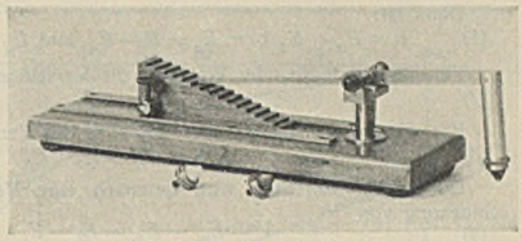

Abb. 4. Stufenfallhammer.

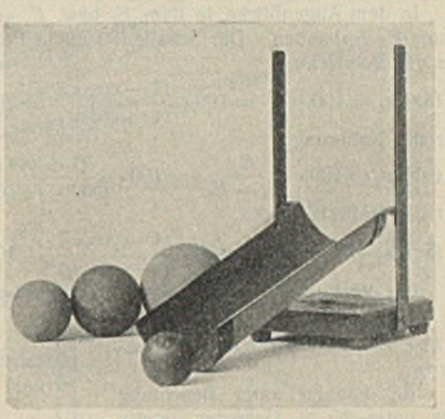

Abb. 5. Rollkugelapparat.

b) Fallkugelapparat (Abb. 3) für Körperschallprüfungen.

Die Fallhöhen sind verstellbar von 2 bis 150 mm. Als Fallkugeln werden Stahlkugeln von $^1/_4$ bis $^9/_{16}$ Zoll verwendet. Die Gewichte der Kugeln sind folgende:

Kugeldurchmesser in Zoll	$^1/_4$	$^5/_{16}$	$^3/_8$	$^7/_{16}$	$^1/_2$	$^9/_{16}$
Gewicht in Gramm . . .	1,05	2,06	3,54	5,62	8,42	12,—

Der Apparat wurde von der Firma Heinrich Diel, Leipzig, gebaut.

c) Stufenfallhammer (Abb. 4).

Der Stufenhammer zeigt verschiedene Fallstufen von Nr. 1 bis 15 auf. Er wird benutzt als Körperschallquelle (bei direktem Aufschlag) und kann als Luftschallquelle durch Aufschlag auf einen kleinen Kasten benutzt werden. Der Apparat wurde von der Firma E. Zimmermann, Leipzig, gebaut.

d) Rollkugelapparat (Abb. 5) für Körperschall-Rohprüfungen.

Kugeldurchmesser 50 mm. Fallhöhe verschieden einstellbar. Bei den Versuchen wurde die Höhe der schrägen Ebene stets auf 100 mm bei 250 mm Lauflänge eingestellt.

e) Gummifallkugel (Abb. 5) für Körperschall-Rohprüfungen.

Kugeldurchmesser verschieden. Bei den Fallversuchen wurde einheitlich ein Vollgummiball von 50 mm Durchmesser mit 1 m Fallhöhe benutzt.

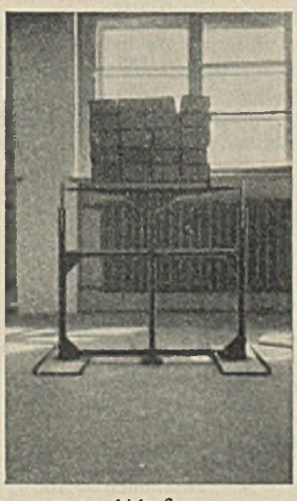

Abb. 6.

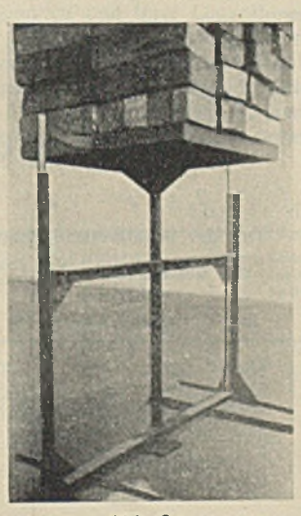

Abb. 6a.

Belastungsapparat für Einsenkungsprüfungen.

f) Belastungsapparat (Abb. 6 u. 6a) für Einsenkungsprüfungen.

Ein beweglicher Stempel hatte oben eine Belastungsfläche von 500/500 mm, so daß in jeder Schicht acht Ziegel von zusammen rd. 28 kg liegen. Die gedrückte Stempelfläche betrug 100/100 mm. Das Eisengewicht betrug 6,2 kg (Stempel mit Platte). Die Ablesungsvorrichtung war an beiden Seiten angebracht, um den Einfluß seitlicher Bewegungen in der Ablesung auszuschalten. Die Ablesung erfolgte als Mittelwert beider Ablesungen.

g) Horchapparat (Abb. 7).

Benutzt zur Feststellung von Schwingungs- bzw. Schallübertragungsursachen in Wänden und Decken.

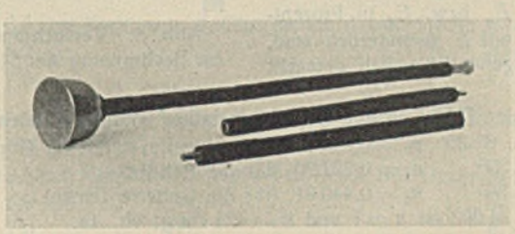

Abb. 7. Horchapparat.

Nr. 5. Energieverhältnisse beim Stimmgabelfallhammer.

Nach Ottenstein (Über den Schutz gegen Schall und Erschütterungen, Verlag R. Oldenbourg, Berlin) ist die Schallstärke proportional der Fallhöhe. Die auf $r = 1$ bezogene Fallhöhe ist $(1 - \cos\alpha) = n$. Bezeichnet man mit:

α_0 = Fallwinkel zur Erreichung bzw. Feststellung von R (Reizschwellenstärke) in a Meter Abstand vom Instrument im Hörraum (a muß bei dieser Feststellung und bei der Versuchsdurchführung gleich sein). Zweckmäßig wird α_0 vor dem Versuch festgestellt und später nochmals nachkontrolliert.

$n_0 = (1 - \cos\alpha_0)$.

$\alpha_0 =$	5,00°	6,00°	6,30°	7,00°	8,30°	9,00°
$n_0 =$	0,003 81	0,005 48	0,006 43	0,007 45	0,010 98	0,012 31
$E_0 =$	1,62	2,33	2,73	3,16	4,66	5,22

α_1 = Fallwinkel zur Erreichung von R im Abstand a vom Instrument durch die Rohdecke oder Rohwand hindurch;

$n_1 = (1 - \cos\alpha_1)$;

α_2 = Fallwinkel zur Erreichung von R durch die isolierte Decke oder Wand hindurch;

$n_2 = (1 - \cos\alpha_2)$; vgl. die Tabelle für $n = (1 - \cos\alpha)$ am Schlusse;

$E_d = p \cdot E$ = durchgelassene und empfundene Schallstärke;

$E_a = E - p \cdot E = E(1 - p)$ = von der Decke oder Wand verschluckte Schallstärke;

E_0 bzw. E_1 bzw. E_2 = Schallstärke zu α_0 bzw. zu α_1 bzw. zu α_2 und E = beliebige Schallstärke.

Dann ist:

(1) $E = E_a + E_d$ bzw. $E_a = E - E_d$ und $E_d = E - E_a$.

Für die Rohdecke oder Wand ist die Verschluckung:

(2) $E_{a_1} = E_1 - E_0$

Für die isolierte Decke oder Wand ist die Verschluckung:

(3) $E_{a_2} = E_2 - E_0$

Durch die Isolierung wird demnach eine Verbesserung der Verschluckung von

(4) $V = E_{a_2} - E_{a_1} = E_2 - E_1$

erzielt.

In dem Augenblicke, in dem E_1 bzw. E_2 erreicht werden, ist im Hörraum E_0 vorhanden. Der Schalldurchlaß in Prozentteilen ist dann:

für die Rohdecke:

(5a) $p_1 = 100 \cdot \frac{E_0}{E_1} = 100 \cdot \frac{(1 - \cos \alpha_0)}{(1 - \cos \alpha_1)} = 100 \cdot \frac{n_0}{n_1}$,

für die Isolierung:

(5b) $p_i = 100 \cdot \frac{E_0}{E_2 - E_1} = 100 \cdot \frac{(1 - \cos \alpha_0)}{(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)} = 100 \cdot \frac{n_0}{n_2 - n_1}$,

für die isolierte Decke:

(5c) $p_2 = 100 \cdot \frac{E_0}{E_2} = 100 \cdot \frac{(1 - \cos \alpha_0)}{(1 - \cos \alpha_2)} = 100 \cdot \frac{n_0}{n_2}$.

Der Wirkungsgrad η von $\mathfrak{E}$ kürzt sich weg.

Das sind einfache Maßstäbe für den Wert der Isolierung.

Sie können unter Beachtung des unter Nr. 2 Gesagten relativ ausgewertet werden. Ist die Rohkonstruktion praktisch gleich, so können die E_1 vernachlässigt werden. Dann genügt es, zum Vergleich verschiedener Konstruktionen einschließlich der Isolierung die Werte p_2 miteinander zu vergleichen.

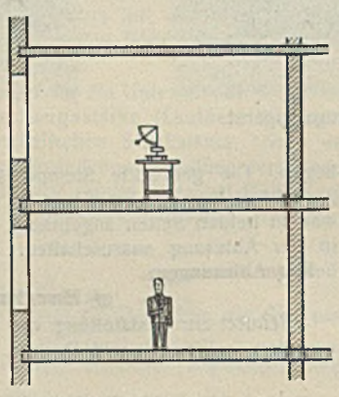

Abb. 8. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Schallstärke.

Beispiel 1. Zur Prüfung der Frage, ob in Gl. 1 der Wert E_a konstant und nur E_d veränderlich ist, oder ob E_a bzw. E_d in Prozentbeträgen mit E veränderlich sind, wurde folgender Versuch gemacht (Abb. 8).

Für eine Decke in der Quarantänestation wurde gefunden:

$\alpha_0 = 6° 30'$ $n_0 = 0{,}006\,43$ (Reizschwellenstärke im Hörraum),
$\alpha_1 = 39°$ $n_1 = 0{,}222\,90$ (für die Rohdecke),
$\alpha_2 = 56°$ $n_2 = 0{,}440\,81$ (für die isolierte Decke).

Bei $\alpha = 90°$ ist $n = 1$ und $\mathfrak{E} = 424$ cm/g; Nr. 4a.

Für die isolierte Decke ist nach Gl. 5c:

$$p_2 = 100 \cdot \frac{0{,}006\,43}{0{,}440\,81} = \text{rd. } 1{,}46\,\%.$$

Die Ohren der Hörer wurden durch Watteropfen nun so verschlossen, daß bei 90° Fallwinkel durch die isolierte Decke hindurch gerade die Reizschwelle der Hörer in diesem Zustande erreicht wurde.

War die Annahme „eines prozentualen Durchganges der Schallenergie durch die Decke" richtig, so mußten die Hörer in diesem Zustande im Hörraum bei gleichem Abstande a vom Instrument wie beim vorhergehenden Versuch den Ton bei dem Fallwinkel wieder hören, bei dem die Fallenergie gleich der durchgelassenen Energie war.

Durchgelassen wurden bei $\alpha = 90°$ (wenn η der Wirkungsgrad des Instrumentes ist):

$$E_{d_2} = p_2 \cdot E = p_2 \cdot 424 \cdot \eta.$$

Die im Hörraum erzeugte Energie mußte wiederum E_{d_2} sein. Daraus folgt, daß beim zweiten Versuch der Ton wieder erhört werden mußte, wenn

$$E_{d_2} = p_2 \cdot E = p_2 \cdot 424 \cdot \eta = n_x \cdot 424 \cdot \eta = (1 - \cos \alpha_x)\, 424 \cdot \eta$$

oder wenn

$$n_x = (1 - \cos \alpha_x) = p_2 = 0{,}0146,$$

oder wenn

$$\alpha_x = \text{rd. } 9° 50' \text{ war.}$$

Tatsächlich wurde der Ton bei rd. 10° wieder aufgenommen.

Demnach darf angenommen werden, daß der Durchgang in Prozentteilen der ankommenden Schallstärke erfolgt.

Die schalltechnische Verbesserung der Decke durch die Isolierung ist gekennzeichnet durch

$$V = n_2 - n_1 = 0{,}440\,81 - 0{,}222\,90 = 0{,}217\,91.$$

Der Schalldurchlaß beträgt:

für die Rohdecke allein $p_1 = 100 \cdot \frac{0{,}006\,43}{0{,}2229} = 2{,}90\,\%$,

für die Isolierung allein $p_i = 100 \cdot \frac{0{,}006\,43}{0{,}217\,91} = 2{,}95\,\%$,

für die isolierte Decke zus. $p_2 = 100 \cdot \frac{0{,}006\,43}{0{,}440\,81} = 1{,}46\,\%$.

Der starke Einfluß der Isolierung auf die Dämpfung des Schalldurchlasses ist deutlich erkennbar. Der Schalldurchlaß erfolgt proportional der auftreffenden Schallenergie. Er ist demnach ein mit E zunehmender Betrag.

Die größere Materialausnutzung bzw. die leichter werdenden Bauwerke sind außerdem — ohne Isolierung — oft Ursache eines vermehrten Durchlasses. Beide Ursachen wirken sich zusammen zu einer größeren „Schallbelastung" des Hörers aus. Aus diesen Darlegungen ist die Begründung der jetzt höheren Schallschutzanforderungen zu erkennen, vgl. Nr. 3.

Durch mehrfaches Vergleichen des „Gebrauchsurteils" über bestehende Konstruktionen mit den hierfür gefundenen Schalldurchlaßbeträgen ergibt sich das Maß für die Erhöhung der Schallsicherheit und gleichzeitig die Grundlage für den unter Nr. 3 angedeuteten „Gebrauchsmaßstab". Durch Vergleich von neueren und älteren Konstruktionen ist in folgendem der angegebene Weg eingeschlagen worden. Die gefundenen Versuchsgegenüberstellungen ermöglichen eine praktische gefühlsmäßige Einstellung für das, was erwartet werden kann.

Das relative Verhältnis der Verschluckung verschiedener praktisch ausgeführter Isolierungen zueinander ergibt sich — wenn mit n_2, n_2', n_2'' usw. die Fallwinkelbeträge für die verschiedenen Isolierungen bezeichnet werden — bezogen auf die erste Isolierung aus:

$$(6)\quad \begin{cases} k_1 = \frac{V_1}{V_1} = \frac{n_2 - n_1}{n_2 - n_1} = 1{,}00, \\ k_1' = \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2' - n_1'}{n_2 - n_1} = \ldots \\ k_1'' = \frac{V_3}{V_1} = \frac{n_2'' - n_1''}{n_2 - n_1} = \ldots \\ \text{usw.} \end{cases}$$

Wird bei annähernd gleicher Rohkonstruktion n_1 vernachlässigt, dann ist:

(7) $k_1 = \frac{n_2}{n_2} = 1{,}0$; $k_1' = \frac{n_2'}{n_2} = \ldots$; $k_1'' = \frac{n_2''}{n_2} = \ldots$ usw.

Beispiel 2. Zum besseren Verständnis sollen die Darlegungen an einem Beispiel erläutert werden.

Für zwei verschiedene Isolierungen seien gefunden:

$\alpha_0 = 7° 30'$ $n_0 = 0{,}0086$ für die R. Schw.
$\alpha_1 = 35°$ $n_1 = 0{,}181$ „ „ 1. Decke als Rohdecke
$\alpha_1' = 38°$ $n_1' = 0{,}212$ „ „ 2. Decke als Rohdecke
$\alpha_2 = 55°$ $n_2 = 0{,}426$ „ „ 1. Decke mit Isolierung
$\alpha_2' = 60°$ $n_2' = 0{,}500$ „ „ 2. Decke mit Isolierung.

(Die dem Versuche zugrunde liegenden Decken müssen gleich konstruiert sein).

Dann sind die Verbesserungen, die durch die Deckenisolierungen erreicht wurden:

$$v_1 = 0{,}426 - 0{,}181 = 0{,}245$$
$$v_2 = 0{,}500 - 0{,}212 = 0{,}288.$$

Ferner ist der Schalldurchlaß:

der 1. Rohdecke (ohne Isolierung) $p_1 = 100 \cdot \frac{0{,}0086}{0{,}181} = 4{,}75\,\%$

„ 2. „ „ „ $p_1' = 100 \cdot \frac{0{,}0086}{0{,}212} = 4{,}06$ „

„ 1. Isolierung alleine $p_i = 100 \cdot \frac{0{,}0086}{0{,}245} = 3{,}45$ „

„ 2. „ „ $p_i' = 100 \cdot \frac{0{,}0086}{0{,}288} = 2{,}98$ „

„ 1. isolierten Decke gesamt $p_2 = 100 \cdot \frac{0{,}0086}{0{,}426} = 2{,}02$ „

„ 2. „ „ „ $p_2' = 100 \cdot \frac{0{,}0086}{0{,}500} = 1{,}73$ „

Von der Schallverschluckung entfallen:

auf die Rohdecke Nr. 1: $100 \cdot \frac{0{,}181 - 0{,}0086}{0{,}426 - 0{,}0086} = 41{,}3\,\%$

„ „ Isolierung Nr. 1: $100 \cdot \frac{0{,}245}{0{,}426 - 0{,}0086} = 58{,}7$ „

zusammen $= 100\,\%$

auf die Rohdecke Nr. 2: $100 \cdot \frac{0{,}212 - 0{,}0086}{0{,}500 - 0{,}0086} = 41{,}4\,\%$

„ „ Isolierung Nr. 2: $100 \cdot \frac{0{,}288}{0{,}500 - 0{,}0086} = 58{,}7$ „

zusammen $= 100\,\%$

Das relative Verhältnis der Schallverschluckung beider Isolierungen zueinander ist (bezogen auf Isolierung 1):

für Isolierung 1: $k_1 = \frac{0{,}245}{0{,}245} = 1{,}00$

„ „ 2: $k_1' = \frac{0{,}288}{0{,}245} = 1{,}17$.

Die absoluten Kosten der fix und fertigen Schallisolierung einschließlich des Estriches darüber mögen sein:

für Isolierung 1: = 7,00 RM/m²
„ „ 2: = 8,00 „

Dann sind die relativen Kosten:

für Isolierung 1: $P_1 = 7{,}00 : 1{,}0 = 7{,}00$ RM/m²
„ „ 2: $P_2 = 8{,}00 : 1{,}17 = 6{,}84$ „

d. h. die zweite Isolierung ist die relativ bessere.

Nr. 6. Energieverhältnisse beim Fallkugelapparat.

Die Entstehung von Körperschall ist stark von der Oberfläche abhängig, auf die der fallende Körper auftrifft. Schallharte Beläge, wie Zement-Estrich, Gips-Estrich usw., befördern die Entstehung und Fortleitung von Körperschall. Schallweiche Beläge, wie z. B. Korklinoleum, verhindern die Entstehung von Körperschall z. B. in Deckenkonstruktionen.

Beim Fallen eines Körpers entstehen Luft- und Körperschall. Bei genügend großen Fallkörpern kann der entstehende Luftschall neben dem Körperschall auf der Schallschattenseite wahrgenommen werden. Eine Trennung beider voneinander ist nicht möglich.

Bei genügend kleinem Fallkörper zeigen die Versuche, daß häufig der Luftschall im Fallraum nicht mehr wahrgenommen wird, obschon der durchgehende Körperschall an der Schallschattenseite noch gehört wurde.

Der Körperschallwiderstand wurde daher durch Vergleich der Fallhöhe kleiner Stahlkugeln festgestellt. Eine Beeinflussung des Hörresultates durch Luftschalleinflüsse wurde dadurch vermieden.

Die Fallhöhe wird solange verringert, bis die Reizschwelle des Ohres des Horchenden erreicht ist. Eine mehrfache Wiederholung der Versuche ist zweckmäßig und erforderlich.

Durch Vergleich der bei den verschiedenen Decken gefundenen Kugelfallhöhen wird ein einfacher Maßstab für die Beurteilung der Körperschall-Leitfähigkeit bzw. des Widerstandes gegen den Durchlaß von Körperschall gewonnen. Hierbei ist es zweckmäßig, wegen des Vergleiches untereinander stets mit dem gleichen Kugeldurchmesser zu arbeiten und die Resultate auf eine gleiche Reizschwelle zu beziehen.

Werden verschiedene Kugeldurchmesser verwendet, so können die Fallhöhen nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden. Zur Klärung dieses Übersetzungsverhältnisses fand ein Versuch an einer isolierten Decke statt. Die Decke ist im Schnitt in Abb. 9 dargestellt. Die Oberfläche war Gips-Estrich bzw. 3,5 bis 5,00 bzw. 7,00 mm Korklinoleum.

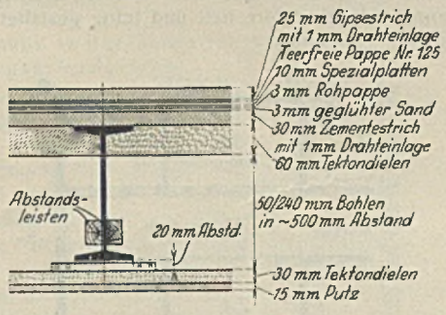

Abb. 9. Schnitt durch die Versuchsdecke.

Die Kurven der Fallhöhen, der Fallenergien und ihrer Logarithmen wurden aufgetragen. Abb. 10 zeigt diese z. B. für 3,5 mm Korklinoleum. Sie zeigen, daß zur Erreichung der Reizschwelle mit fallendem Kugeldurchmesser eine steigende Fallenergie aufzuwenden ist. Darauf dürfte die Oberfläche, die verkleinerte stoßende Masse, das veränderte Massenverhältnis zwischen stoßender und gestoßener Masse, die veränderten Oberflächenkrümmungsverhältnisse usw. Einwirkung haben.

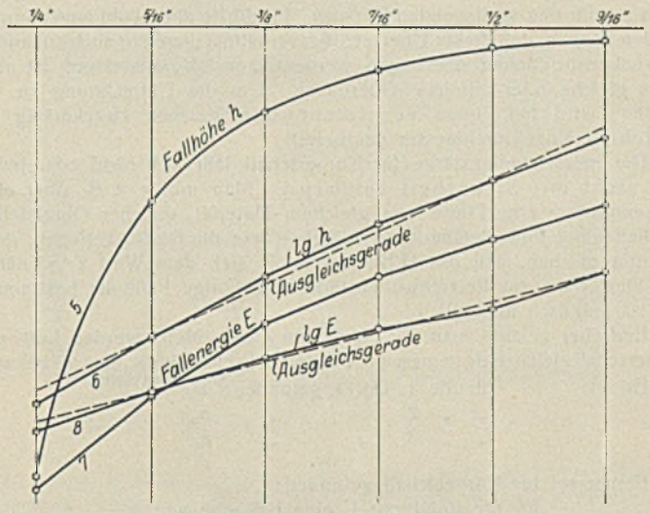

Abb. 10. Versuchsergebnisse für 3,5 mm Korklinoleum.

(8) $$y_1 = y_2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^m$$

bestimmt werden. Nennt man:

(9) $$\frac{d_2}{d_1} = a,$$

dann ist:

(10) $$y_1 = y_2\, a^m$$

und

(11) $$m = \frac{\log y_1 - \log y_2}{\log a}.$$

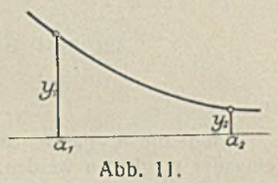

Abb. 11.

Für die gemittelten Geraden ergibt sich als Übersetzungsverhältnis für die Fallhöhen:

(12) für Gips-Estrich auf der isolierten Decke: . . $h_1 = h_2\, a^{5,4}$
„ Asphalt-Estrich „ „ „ „ : . . $h_1 = h_2\, a^{4,6}$

(13) für 3,5 mm Korklin. a. d. Gips-Estrich d. isol. Decke $h_1 = h_2\, a^{4,13}$
„ 5,0 „ „ „ „ „ „ „ „ $h_1 = h_2\, a^{3,97}$
„ 7,0 „ „ „ „ „ „ „ „ $h_1 = h_2\, a^{3,82}$

Bei Korklinoleum auf Asphalt-Estrich (statt auf Gips-Estrich) darf angenommen werden:

(14) bei 3,5 mm Korklin. a. d. Asphalt-Estrich d. isol. Decke $h_1 = h_2\, a^{4,0}$
„ 5,0 „ „ „ „ „ „ „ „ $h_1 = h_2\, a^{3,85}$
„ 7,0 „ „ „ „ „ „ „ „ $h_1 = h_2\, a^{3,70}$

Die Kurven der Fallenergien lassen sich ebenfalls so darstellen. Hierfür ist:

(15) für Gips-Estrich, sonst wie vor . . . . . $E_1 = E_2\, a^{2,55}$
„ Asphalt-Estrich, sonst wie vor . . . . . $E_1 = E_2\, a^{2,22}$
„ 3,5 mm Korklinoleum auf Gips-Estrich s. w. v. $E_1 = E_2\, a^{1,14}$
„ 5,0 „ „ „ „ „ $E_1 = E_2\, a^{0,96}$
„ 7,0 „ „ „ „ „ $E_1 = E_2\, a^{0,80}$
„ 3,5 „ „ „ Asphalt-Estrich „ $E_1 = E_2\, a^{1,03}$
„ 5,0 „ „ „ „ „ $E_1 = E_2\, a^{0,89}$
„ 7,0 „ „ „ „ „ $E_1 = E_2\, a^{0,74}$

Tabelle der Fallhöhen.

Kugeldurchmesser	Asphalt-Estrich auf Isolierung		Gips-Estrich auf Isolierung		3,5 mm Korklinoleum auf Gips-Estrich auf Isolierung		5,0 mm Korklinoleum auf Gips-Estrich auf Isolierung		7,0 mm Korklinoleum auf Gips-Estrich auf Isolierung		3,5 mm Korklinoleum auf Asphalt-Estrich auf Isolierung		5,0 mm Korklinoleum auf Asphalt-Estrich auf Isolierung		7,0 mm Korklinoleum auf Asphalt-Estrich auf Isolierung	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
1/4"	—	156	83	87	121	123	136	140	154	158	—	195	—	210	—	222
5/16"	58	56	27	27	49	49	58	58	66	66	80	80	89	89	97	97
3/8"	23	24	11	9,8	23	23	28	27,8	33	32,4	—	38	—	43,6	—	50
7/16"	11	12	5	4,4	12	12,3	15	15,3	18	18,2	—	21	—	24,5	—	28
1/2"	6	6,4	2,1	2,1	7	7,1	9	9	11	10,5	12	12,1	14	14,3	16	16,8
9/16"	—	3,7	1	0,9	4	4,3	6	5,6	7,5	6,9	—	7,5	—	9,1	—	10,9

Trägt man den Kugeldurchmesser als Abszissen und die Logarithmen der Fallhöhen bzw. Fallenergien als Ordinaten auf, so erkennt man, daß die Kurven der Fallhöhen bzw. Fallenergien genähert als Exponentialfunktion betrachtet werden können.

Die zur Erreichung der Reizschwellenstärke für verschiedene Kugeldurchmesser erforderliche Fallhöhe kann nach Abb. 11 darum mit (für den praktischen Gebrauch genügender) Schärfe aus:

Die gemessenen und berechneten Fallhöhen sind in der vorstehenden Tabelle gegenübergestellt. Die Übereinstimmung ist praktisch befriedigend.

Es bezeichnet M = Meßwert, B = Berechnungswert. Auf die Gegenüberstellung der Fallenergien ist verzichtet worden.

Ist eine Fallhöhe mit einem bestimmten Kugeldurchmesser bekannt, dann kann mit Hilfe der Tabelle auf die Fallhöhe bei anderem Kugeldurchmesser geschlossen werden. Die Tabelle gilt streng genommen zu-

nächt nur für den vorliegenden Versuch. Es dürfte aber wohl angenommen werden können, daß dieses Übersetzungsverhältnis ungefähr auch auf andere Deckenkonstruktionen übertragen werden kann. Voraussetzung ist allerdings gleiche oder ähnliche Oberfläche. Um die Umrechnung zu vermeiden, wird bei einem vergleichenden Versuch zweckmäßig mit gleichem Kugeldurchmesser gearbeitet.

Die Reizschwellenstärke für Körperschall läßt sich nicht oder jedenfalls nicht mit Sicherheit bestimmen. Man müßte z. B. über einer Deckenöffnung eine Platte von gleichem Material, gleicher Oberflächenbeschaffenheit und gleicher Quersteifigkeit wie die Decke verlegen, diese so dünn machen, daß das Dickenverhältnis sich dem Wert $1:\infty$ nähert und hierfür die zur Reizschwellenstärke zugehörige Fallhöhe bestimmen. Das ist praktisch unmöglich.

Einfacher gelangt man wie folgt zum Ziele. Meist werden Luft- und Körperschall gleichzeitig gemessen. Für den Luftschall sind α_0 bzw. n_0 bekannt.

Es sei: für die 1. Decke gefunden: n_0
" " 2. " " n_0'
" " 3. " " n_0''
usw.

Ferner sei für Körperschall gefunden:
für die Rohdecke 1. eine Fallhöhe von h_1
" " " 2 " " " h_1'
" " " 3. " " " h_1''
usw.
für die 1. isolierte Decke eine Fallhöhe h_2
" " 2. " " " " h_2'
" " 3. " " " " h_2''
usw.

Sind alle n_0 gleich, dann können die Fallhöhen ohne weiteres miteinander verglichen werden. Dann sind die erzielten Verbesserungen

$$(16)\quad \begin{cases} \text{für die 1. Decke } V_1 = h_2 - h_1 = \ldots \text{ mm} \\ \text{" " 2. " } V_2 = h_2' - h_1' = \ldots \text{ "} \\ \text{" " 3. " } V = h_2'' - h_1'' = \ldots \text{ "} \end{cases}$$

Das sind einfache Maßstäbe für den Wert der Isolierungen. Sie können unter Beachtung des unter Nr. 2 Gesagten relativ ausgewertet werden.

Sind die n_0 verschieden, dann sind sie im Sinne der Nr. 5 bei der relativen Auswertung mit zu beachten. Sie ersetzen dann bei dieser Auswertung die Reizschwellenstärke für Körperschall, die nicht zu bestimmen ist.

Sind die Rohdeckenkonstruktionen praktisch gleich, d. h. sind die Beträge h_1, h_1', h_1'' usw. gleich, dann genügt es, die Werte h_2 miteinander zu vergleichen.

Beispiel 3. Das Gesagte soll an einem Beispiel erläutert werden. Bei gleichem n_0 seien für zwei Decken (bei gleichem Kugeldurchmesser) gefunden:

Nr. der Decke	h_1 mm	h_2 mm	V_2 mm	Kosten/m² RM
1	5	30	25	8
2	6	25	19	7

Demnach sind die relativen Kosten:
$P_1 = 8{,}00 : 25 = 0{,}32$ RM/mm Isolierhöhe
$P_2 = 7{,}00 : 19 = 0{,}368$ RM/mm Isolierhöhe,
d. h. die erste Isolierung ist die relativ bessere.

Sind die n_0 verschieden, dann sind die Fallhöhen zunächst auf eine Basis n_0 zu bringen, darauf kann wie vor verglichen werden.

Beispiel 4. Das Gesagte soll ebenfalls an einem Beispiel erläutert werden.

Für zwei Decken seien gefunden:

Nr. der Decke	α_0	$100 \cdot n_0$	Durchmesser	h_1	h_2	Kosten/m²
1	6,00°	0,55	$^5/_{16}$	6	58	10
2	6,30°	0,64	$^5/_{16}$	7	68	11

Reduziert man auf $n_0 = 0{,}55$, dann folgt mit $0{,}55 : 0{,}64 = 0{,}86$.

Nr. der Decke	h_1	h_2	V	Relative Kosten/mm
1	6	58	52	$10 : 52 = 0{,}192$
2	6	58	52	$11 : 52 = 0{,}211$

d. h. die erste Isolierung ist die relativ bessere.

Die verhältnismäßige Verbesserung durch die Isolierung ist

$$(17)\quad \begin{cases} \text{beim Luftschall: } v_L = \dfrac{n_2}{n_1} \\ \text{beim Körperschall: } v_K = \dfrac{h_2}{h_1}. \end{cases}$$

Das gemeinsame Steigerungsverhältnis ist demnach:

$$(18)\quad v = \frac{v_L}{v_K} = \frac{n_2\, h_1}{n_1\, h_2}.$$

Ist $v = 1$, dann war die Steigerung der Isolierung gleichmäßig,
" $v > 1$, dann blieb die Körperschallisolierung zurück,
" $v < 1$, dann blieb die Luftschallisolierung zurück.

Leichte Decken sind stärker gegen Luftschallübergang, schwere, massive Decken dagegen meist stärker gegen Körperschallübergang zu isolieren. Es empfiehlt sich, dieses bereits beim Entwurf zu beachten. Die Kenntnis von diesen Steigerungsverhältnissen ist wesentlich bei der Beurteilung der Konstruktionen in schalltechnischer Beziehung.

Nr. 7. Energieverhältnisse beim Stufenhammer.

Für die schnelle Durchführung einfacher Versuche genügt der Stufenhammer ohne Feder. Einer besonderen Umrechnung bedarf es hierbei nicht. Es braucht nur die Fallstufe, bei der nichts mehr gehört wurde, festgestellt werden. Die Resultate sind jedoch bei weitem nicht so scharf als beim Fallkugelapparat bzw. beim Stimmgabelfallhammer.

Nr. 8. Versuchsergebnisse.

In der Folge werden eine Reihe von Versuchen mit ihren Ergebnissen aufgeführt. Sie zeigen deutlich, wo die schalltechnischen Schwächen unserer Konstruktionen liegen und wo zweckmäßig verbessert werden kann. Alle Versuche sind auf eine gleiche Beurteilungsform gebracht. Dadurch ist die Vergleichsmöglichkeit eine bessere. Nur der zur Beurteilung wesentliche Teil wird aufgeführt.

Nr. 9. Glasgewände an den Korridoren der 10. Volksschule in Leipzig.

In den drei Schulneubauten der 4. Höheren Mädchenschule, der 31. und der 55. Volksschule liegen die Klassenzimmer usw. an beiden Seiten der Korridore. Die Abschlußgewände zwischen den Klassen und den Korridoren bestehen bis rd. 1,60 m Höhe aus Kleider- usw. Schränken und darüber aus Glasgewänden. Der obere Teil der Glaswände ist mit Schwingflügeln ausgestattet. Durch die Anwendung der Glaswände wurden die Korridore hell und luftig gestaltet und eine gründliche Querlüftung ermöglicht.

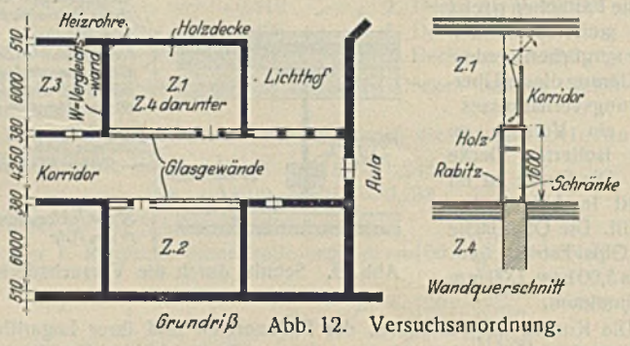

Abb. 12. Versuchsanordnung.

Zur Erprobung der schalltechnischen Eigenschaften dieser Gewände wurde eine Probeausführung in der 10. Volksschule hergestellt. Die bisher in der älteren und solide hergestellten Schule vorhandenen schalltechnischen Eigenschaften sollten auch durch die Neukonstruktion erreicht werden (vgl. Abb. 12).

Das erste Prüfungsergebnis war:

a) Der Schallübergang von Klasse zu Klasse über den Korridor hinweg war bei geschlossenen Gewändefenstern kleiner als durch die Vergleichswand hindurch. Die Vergleichswand lag zwischen Zimmer 1 und Zimmer 3. Sie bestand aus einer 51 cm starken Ziegelmauer, in welcher Lüftungsschächte, die nicht miteinander in Verbindung standen und ins Dach führten, enthalten waren.

b) Während der Singestunde in der Aula wurde die Lautstärke gleicher Singeübungsstellen bei geschlossenen Fenstern der Glaswand etwas schwächer in Zimmer 2 als in Zimmer 3 wahrgenommen.

c) Die Schalldurchlässigkeit der weitgespannten Holzdecke (mit Einschub und Auffüllung von Koksasche, vermischt mit gesiebtem Bauschutt) von Zimmer 1 nach Zimmer 4 darunter ist größer als der Schallübergang von Zimmer 1 nach Zimmer 2, vgl. a).

d) Als stärkster Störungsfaktor, alles andere überragend, macht sich das Knarren der Holzfußbodendielen bemerkbar. Diese Störung ist durch Änderung der Deckenkonstruktion und des Belags zu unterbinden.

e) Die Fußböden sind mit einem schallweichen widerstandsfähigen Beleg zu versehen. Dadurch ist die Entstehung und Fortleitung von Luft- und Körperschall wirksam zu bekämpfen.

f) Die Zwischenwände zwischen den Klassen sind ohne Schächte herzustellen, weil Schächte wie Sprachrohre wirken.
g) Die Glasgewände sind in ihren Tragkonstruktionen möglichst steif und starr und in ihren Anschluß- und Fensterfugen möglichst dicht auszubilden. Auch sind die Türen dicht schließend zu gestalten und schalltechnisch möglichst zu verbessern.
h) Dem dichten Schluß der Außenfenster ist erhöhte Bedeutung zuzumessen.
i) Die Probeausführung hat sich der bisher gewohnten Konstruktion gegenüber als schalltechnisch gleichwertig, eher etwas überlegen, erwiesen. Bei der Ausführung der genannten Schulen sind die gewonnenen Erfahrungen zu verwerten.

Die Untersuchungen wurden mit Hilfe besserer und neuer Instrumente am 7. August 1929 nachgeprüft. Das Resultat dieser Nachprüfung ist in der nachstehenden Tabelle enthalten. Glasgewändefenster geschlossen.

Klassen mit Mobiliar, Balken 20/28 cm, Auffüllung 8 cm, Holzfußboden. Die Heizrohrdurchgänge waren im Rohrschacht nicht genügend verschlossen.

Bezeichnung	Kugeldurchmesser	Z. 1 zum Korridor	Z. 1/Z 2	Z. 1/Z. 3	Z. 1/Z. 4	Z. 3, Tür, Korridor
Sprechen	—	5—6	2—3	3	4—5	5—6
Gehen	—	—	—	—	3—4	—
Rollen	50 mm	—	—	—	3—4	—
Fallen	70 mm	—	—	—	3—4	—
Stufenhammer . .	—	—	—	—	14	—
Fallkugel	1/4 Zoll	—	—	—	8 mm	—
St.G.F.Ha. 512 Hertz α_0	—	7,30°	8,30°	8,00°	6,00°	7,00°
St.G.F.Ha. 512 Hertz $100 \cdot n_0$	—	0,86	1,10	0,97	0,55	0,75
St.G.F.Ha. 512 Hertz α_1	—	27,0°	50,0°	37,0°	27,0°	20,0°
St.G.F.Ha. 512 Hertz n_1	—	0,109	0,357	0,201	0,109	0,0603
St.G.F.Ha. 512 Hertz p_1 %	—	7,8%	3,1%	4,8%	5,0%	12,3%

Das Körperschallvergleichsmaß ist 8 mm. Die Luftschallvergleichsmaße sind die angegebenen Prozente.

Nr. 10. Die Vorversuche in der Quarantänestation zur Feststellung der Ausführungserfordernisse.

Die Vorversuche sollten aufzeigen:
a) welche Verbesserungen können an bekannten Isoliermethoden getroffen werden?
b) welche Einflüsse können dem Bestand und der Isolierwirkung schädlich werden und wodurch sind sie zu verhindern bzw. wodurch können sie unterbunden werden?

Zur Probe standen sechs Zimmer mit gleichen räumlichen, statischen und konstruktiven Verhältnissen zur Verfügung (Abb. 13). Aus diesem Vorversuch werden im folgenden nur die wesentlichen Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Die angegebenen Schichtfolgen zählen von oben.

Raum Nr.	1	2	3	4	5	6
Zement-Estrich	2 cm	4 cm	4,5 cm	3,5 cm	3 cm	4,5 cm
3 cm Tonplatten	3 cm	—	—	—	—	—
Dachpappe Nr. 125	—	—	ja	ja	ja	—
Filzpappe	—	ja	—	—	—	—
Schallisolierung	0,5 cm Sand 1,5 cm Torfmull	2,5 cm Korkgries zwischen Korkielsten	1,5 cm Spezialplatte	2 cm Reinkork H. 4	2 cm Torfplatten	1,1 cm Celotextpl. in Zementmörtel
Sandbettung	—	—	—	1 cm	1,5 cm	—
Pappe Nr. 125 (Roh-)	—	—	1 Lage	—	—	—
Zementmörtelbett	—	—	—	—	—	1,4 cm
Wandstreifen	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Statische Eindrükkung der 10/10 cm Stempelfläche auf dem Estrich unter 146,2 kg Last	1,35 mm	0,85 mm	0,55 mm	0,80 mm	0,90 mm	0,40 mm
Estrichbefund nach 43 Tagen:						
a) Oberflächenveränderung	fast nicht verkrümmt	stark verkrümmt	fast nicht verkrümmt	wenig verkrümmt	stark verkrümmt	wenig verkrümmt
b) Rißbildungen	wenig	stark	wenig	wenig	stark	stark

Bemerkungen zu Raum 2.

Am 20. 3. ergab die Feuchtigkeitsprüfung an einem aufgenommenen Stück des Raumes 2 in der Raummitte:

für die Filzpappe = 11% Feuchtigkeit } nach
für das Korkmehl = 8% Feuchtigkeit } 48 Tagen.

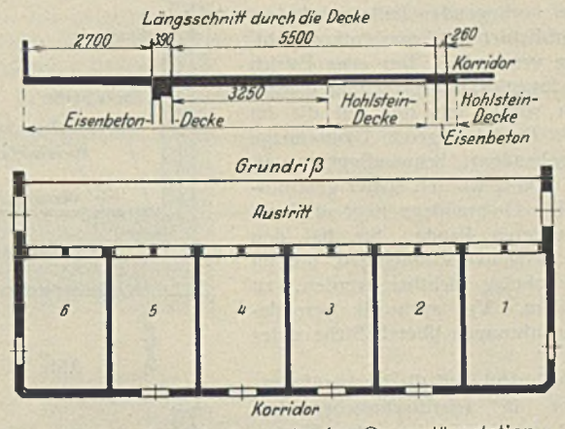

Abb. 13. Versuchsräume in der Quarantänestation.

Als Ursache muß angenommen werden, daß beim Begießen des Zement-Estriches (welches zur Verhütung des Schwindens vorgenommen wurde) Wasser an den nicht dicht an die Wände angeklebten Filzpappenrändern und außerdem durch die Aufsaugefähigkeit der imprägnierten Filzpappe (bei der Herstellung und beim Begießen des Zement-Estriches) in die Isolierung gelangt ist. Das beim Verdampfen dieses Wassers an der Unterseite des Zement-Estriches auftretende Kondensat erklärt den Feuchtigkeitsunterschied. Die Feuchtigkeitsdifferenz zwischen Unter- und Oberseite des Estriches förderte den Verkrümmungsvorgang (Quellen bzw. Schwinden) des Zement-Estriches und führte damit gleichzeitig zu stärkeren Rißbildungen.

Am 22. 5. wurde die Isolierung herausgenommen, um sie nach den neu gewonnenen Erfahrungen neu herzustellen. Die Feuchtigkeitsprobe ergab beim Aufnehmen:

	Raummitte	Am Rand	Alter
für die Filzpappe . . .	1%	nicht gem.	nach 110 Tagen
für das Korkmehl . . .	4,7%	8,6%	

Das Überwiegen der Randfeuchtigkeit ist hieraus zu erkennen. Es ist auf das „Mehreindringen" des Wassers vom offenen Rande her zurückzuführen. Das Durchströmen trockener Außenluft bei geöffneten Fenstern hat ein starkes Austrocknen der Oberschicht (Zementestrich) und im Anschluß daran eine starke Feuchtigkeitsaufsaugung aus der Filzpappe und im Anschluß hieran (nacheilend) eine Feuchtigkeitsverminderung im Korkmehl zur Folge gehabt.

Die neue Isolierung erhielt eine dicht an die Wände angeklebte „Pappenwanne" aus teerfreier Pappe Nr. 125. Der Zement-Estrich wurde mit später geschlossenen Schwindfugen hergestellt. Irgendwelche Nachteile haben sich in dieser Ausführung nicht mehr herausgestellt.

Bemerkungen zu Raum 5.

Am 22. 5. wurde die Isolierung herausgenommen, um den Ursachen der Oberflächenverkrümmung nachzugehen. Die Prüfung auf Feuchtigkeit ergab:

für die obere Dachpappe 2,5% } nach
für die Randtorfplatte 7,5% } 106 Tagen.
für die Sandunterlage vom Rande 0,6%

Die Plattenstärke hatte sich (an den Raumrändern) teilweise von 20 mm auf 25 mm vergrößert. Die Ursachen sind ähnliche wie in Raum 2. Diese Nachprüfung ergab demnach folgenden, bei Preßplatten zu beachtenden Satz:

„Die Abtrocknung und Pressung der Platten erfolgt bei einem gewissen Feuchtigkeitsgehalt. Wird dieser durch Zutritt von Wasser in Dampfform verändert, so verändert sich die innere Preßspannung und damit die Plattenhöhe, vgl. die Punkte f_1 und f_2 in Abb. 14."

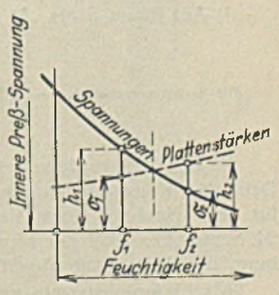

Abb. 14.

Die neu verlegte Isolierung wurde nach gleichen Richtlinien wie in Raum 2 aufgebracht. Irgendwelche Nachteile wurden nicht mehr bemerkt.

Bemerkungen zum Estrich.

Die Stärke des Estriches, seine Tragfähigkeit und damit seine Art hängen von der Zusammendrückbarkeit der Isolierschicht, der auftretenden Punktbelastung des Fußbodens und der Festigkeit des Estriches ab.

Im vorliegenden Falle wurde ein Zement-Estrich mit 1 mm starker Drahteinlage verwendet. Der erste Estrich wurde fugenlos, der später aufgebrachte Estrich wurde mit (bis auf die im unteren Drittel liegende Drahteinlage durchgehenden) Schwindfugen versehen. Diese wurden später geschlossen. Die Drahteinlage liegt rd. 1 cm vom unteren Rande. Sie hat den Zweck, Fugenverschiebungen, die im Linoleumbelag sichtbar werden, zu verhindern. Vgl. auch die besonderen Ausführungen über Estriche unter Nr. 17.

Nachstehend sind die Nachprüfungsergebnisse in schalltechnischer Beziehung und hinsichtlich der Kosten aufgeführt. Für die beiden Räume 2 und 5 sind die Kosten der verbesserten Ausführung eingesetzt, weil die neuen Ausführungen der Nachprüfung zugrundegelegen haben. Hiernach ergibt sich für die Räume ohne Mobiliar und ohne Linoleum nachstehende Zusammenstellung.

Die für die technische Ausführung dieser Schallisolierungen gewonnenen Hauptergebnisse sind folgende:

a) Die Schallisolierung muß auf der Decke „schwimmend" angeordnet werden.

b) Werden „Naß-Estriche" verwendet, so ist eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen, daß die Schallisolierung an der Oberfläche eine in den Nähten wasserdicht geklebte teerfreie Pappenlage erhält. Diese ist an den Rändern wasserdicht anzukleben, so daß eine kleine Wanne entsteht und kein Wasser in die Schallisolierung einzudringen vermag. Die Isolierung selbst ist „trocken" zu verlegen. Der Untergrund muß trocken sein.

c) Auf dieser Pappe ist der Estrich zweckmäßig in einer Stärke von etwa 30 mm herzustellen. Der Estrich darf nicht bis an die umgebenden Wände herangehen. Er ist von diesen durch einen rund 15 mm breiten Zwischenraum zu trennen. Der Zwischenraum ist bei der Herstellung des Estriches durch Holzleisten zu bilden und später durch Kork-Estrichmasse (von etwa 90% Korkgriesgehalt) zu schließen. Korkleisten sind wegen der Erschwernisse bei der Herstellung der Linoleumanschlüsse unzweckmäßig.

d) Wird an Stelle eines „Naß-Estriches" ein Asphalt-Estrich verwendet, so braucht nur eine dichte Randeinfassung aus teerfreier Pappe vorhanden sein. Über der Schallisolierung und der etwa 100 bis 150 mm breiten Randpappe ist dann als Unterlage für den Asphalt-Estrich eine Rohpappe Nr. 125 zu verlegen.

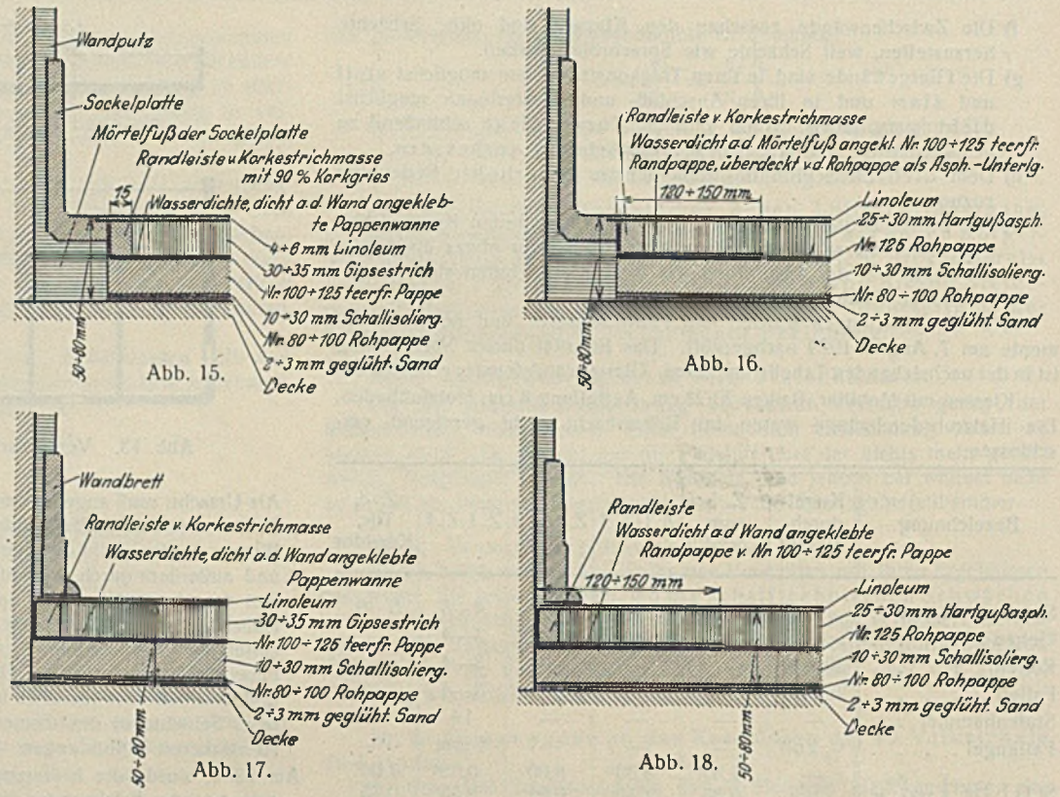

Abb. 15 bis 18. Verschiedene Ausführungsarten für Schallisolierungen.

Bezeichnung		Raum Nr. 1	2	3	4	5	6
Sprechen		2—3	2—3	2	2	2	3
Gehen		3	3—2	2—3	3—2	2—3	3
Rollen, ⌀ 50 mm		3—4	3	3	3	3	4—3
Fallen, ⌀ 70 mm		3	3—2	2—3	3—2	2—3	3
Stufenhammer		14	13	12—13	13	12—13	14
Fallkugel 1/4"	h_1	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
	h_2	25 „	32 „	35 „	32 „	35 „	22 „
	V	18 „	25 „	28 „	25 „	28 „	15 „
Absol. Kosten RM/m²		6,60	9,65	7,35	10,95	8,20	8,10
Relative Kosten[1])		1,25	1,31	0,93	1,49	1,00	1,84
St. G. F. H. 512 Hertz	α_0	7,00°	7,00°	7,00°	7,00°	7,00°	7,00°
	$100\,n_0$	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	α_2	45°	47°	55°	53°	55°	42°
	n_2	0,293	0,318	0,426	0,398	0,426	0,260
	p_2%	2,55%	2,36%	1,76%	1,88%	1,76%	2,89%
Relative Kosten[1])		1,17	1,56	0,92	1,41	1,00	1,62

[1]) Auf Raum 5 als „1" bezogen.

Die Abb. 15 bis 18 stellen verschiedene Ausführungsformen dar. Die Dicke der Schallisolierung richtet sich nach dem zur Ausführung in Aussicht genommenen Material. Sie schwankt zwischen 10 und 30 mm. Als gesamte Bauhöhe sind etwa 50 bis 80 mm erforderlich. Um genügend Spielraum zu haben, ist die Bauhöhe nicht zu knapp zn nehmen. Sonderausführungen lassen sich ebenfalls nach dieser Form grundsätzlicher Gestaltung herstellen. (Fortsetzung folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

Das Stahlskelett zum Verwaltungsgebäude der VDK., Hamburg.

Von Oberingenieur Ferdinand Hülsen, Hamburg.

Im Juli 1929 wurde vom technischen Büro der Großeinkaufs-Gesellschaft Deutscher Konsumvereine m. b. H., Hamburg, die Stahlskelettkonstruktion für den Neubau eines Verwaltungsgebäudes ausgeschrieben und am 24. September 1929 der Firma H. C. E. Eggers & Co., G. m. b. H., Hamburg, der Auftrag zur Ausführung erteilt.

Als Lieferungstermin wurde festgelegt:

Montagebeginn: 1. Februar 1930, Montageschluß: 31. März 1930.

Das Gebäude wurde als vollkommener Stahlskelettbau ausgeführt. Das Stahlskelett beginnt mit den Stützen unter Fußboden des Kellergeschosses und führt durch die darüberliegenden Geschosse bis einschließlich Decke über das 5. Obergeschoß. Die Lasten der in diesem Bereich liegenden Decken und Wände werden in den einzelnen Geschossen vom Stahlskelett aufgenommen, desgleichen die über dem 5. Obergeschoß ruhende Dachlast. Die Dachkonstruktion selbst ist in Holz ausgeführt.

Abb. 1 zeigt einen Lageplan mit Kellergrundriß und Anordnung der Montagegeräte. Die mit *K* bezeichneten Stützen führen nur durch das Kellergeschoß. — Das Bauwerk besteht aus einem 38,25 m langen und 15,95 m breiten Vorderbau und einem 38,55 m langen und 15,70 m breiten Tiefenflügel. Die Geschoßhöhen gehen aus dem Längenschnitt Abb. 2 und der Querschnittzeichnung Abb. 3 hervor.

Die von der GEG. vorgeschriebene Raumeinteilung bedingte an mehreren Stellen Unterbrechungen der Stützenzüge, so mußte in der Mittelreihe des Vorderbaues eine Stütze im Erdgeschoß ganz fortfallen (s. Abb. 2, Längsschnitt des Vorderbaues). Diese Stütze wurde oberhalb des Erdgeschosses als Hängesäule ausgebildet und die Last der sechs über Erdgeschoß liegenden Decken durch einen wegen seiner Höhe im 3. Obergeschoß angeordneten Kastenträger auf die Nachbarstützen übertragen. Auch im 3. Obergeschoß mußte in einer Stützenreihe (Abb. 2, *B* 7) eine Stütze wegfallen. Hier wurde die Last der drei darüberliegenden Decken durch einen Fachwerkträger, in welchem zwei Türöffnungen frei bleiben mußten, mit Hängesäule aufgenommen.

Im vorderen Teil des Tiefenflügels durften mit Rücksicht auf die Raumeinteilung im Erdgeschoß, im 1., 2., 3. und 4. Obergeschoß keine Stützen angeordnet werden. Für diesen Bauteil wurden daher Geschoßrahmen von 15,1 m Spannweite gewählt (vgl. Abb. 3, Querschnitt Tiefenflügel). Im Vorderbau sind zwei komplette Treppenläufe, sowie ferner eine breite Freitreppe von 1. zum 3. Obergeschoß angeordnet. Ein Personenaufzug für 400 kg Nutzlast im Vorderbau und ein Lastenaufzug für 1000 kg Nutzlast im Tiefenflügel sind außerdem vorgesehen.

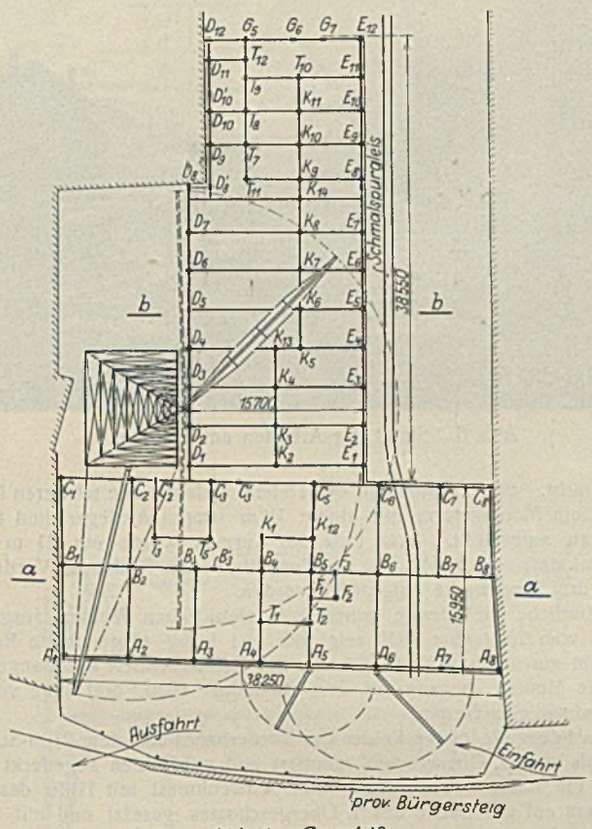

Abb. 1. Grundriß.

Die Dacheindeckung besteht aus 24 mm starker Holzschalung mit einer Lage Pappe und darüberliegendem, 0,8 mm starkem Kupferblech. Die Innenwände sind aus 12 cm starken Bimssteinen hergestellt. Die Umfassungswände bestehen im äußeren Teil aus Mauerwerk mit Klinkerverblendung von 34 cm Gesamtstärke mit innerem, 1,5 cm starkem wasserdichten Putz. Durch einen Luftraum davon getrennt sind innen 12 cm starke Bimssteinwände mit 1,5 cm starkem Wandputz hochgeführt. Die Stärke des Luftraumes ist den Stützenquerschnitten derart angepaßt, daß die Außen- und Innenwände jeweils mit den äußeren und inneren Stützenkanten übereinstimmen. Die beiden fensterlosen Giebelwände des Vorderbaues wurden in 34 cm starkem Mauerwerk ausgeführt. Die Stützen erhielten eine feuersichere Ummantelung von 6 cm Stärke. Sämtliche Decken sind als Pohlmanndecken ausgeführt, auf denen Ausgleich und Fußboden von zusammen 7 cm Stärke aufgebracht wurden. Sämtliche Deckenträger und Unterzüge mußten daher mindestens 7 cm unter Oberkante Fußboden liegen.

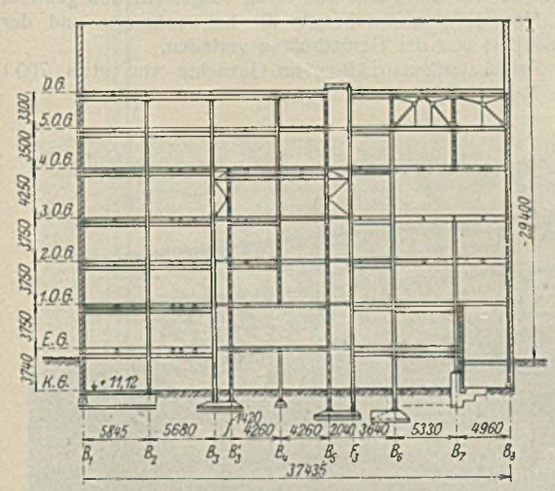

Abb. 2. Längsschnitt *a—a* des Vorderbaues.

Der statischen Berechnung wurden folgende Belastungen zugrunde gelegt:

	Eigenlast kg/m²	Nutzlast kg/m²	Totallast kg/m²
Dacheindeckung	150	—	150
Decke des 5. Obergeschosses	430	200	630
„ „ 4. „	430	250	680
„ „ 3. „	430	250	680
„ „ 2. „	430	500	930
„ „ 1. „	430	500	930
„ „ Erdgeschosses	430	500	930
„ „ Kellergeschosses	430	500	930
„ über hinteren Tiefenflügel (Dachgarten)	450	1200	1650
Treppen und Podeste	500	600	1100

Der Winddruck wurde mit 100 kg/m² eingesetzt.

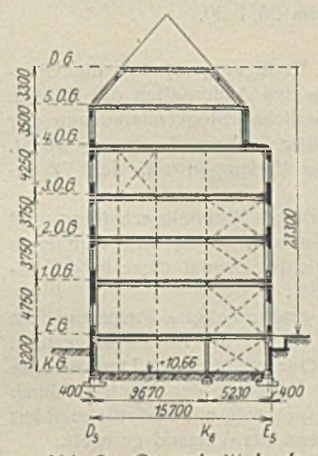

Abb. 3. Querschnitt *b—b* des Tiefenflügels.

Der Vorderbau erschien durch die Decken und die massiven Giebelwände genügend gegen Wind ausgesteift. Dagegen wurde im Tiefenflügel eine Queraussteifung gegen seitlich wirkenden Winddruck angeordnet (in Abb. 3 gestrichelt eingezeichnet). Mit Rücksicht auf vorzusehende Türdurchlässe wurde der Verband im 3. Obergeschoß um zwei Felder verlegt. Der Verband mußte ferner mit Rücksicht auf den im Erdgeschoß vorgesehenen Versammlungsraum in seiner senkrechten Ebene um 63 cm verschoben werden, wodurch die Anordnung eines waagerechten Trägers über Erdgeschoß erforderlich wurde. Die senkrechten Kräfte wurden durch Kragträger auf die untere Verbandsebene übertragen (s. a. Abb. 4).

Mit Rücksicht auf eine möglichst geringe Deckenstärke wurden für die Deckenträger durchweg Breitflanschträger verwendet, während die in den Wänden liegenden Unterzüge in Normalprofilen ausgeführt werden konnten.

Die Stützen wurden mit Ausnahme der Rahmenstiele und einiger Stützen des Tiefenflügels ebenfalls aus Breitflanschträgern hergestellt.

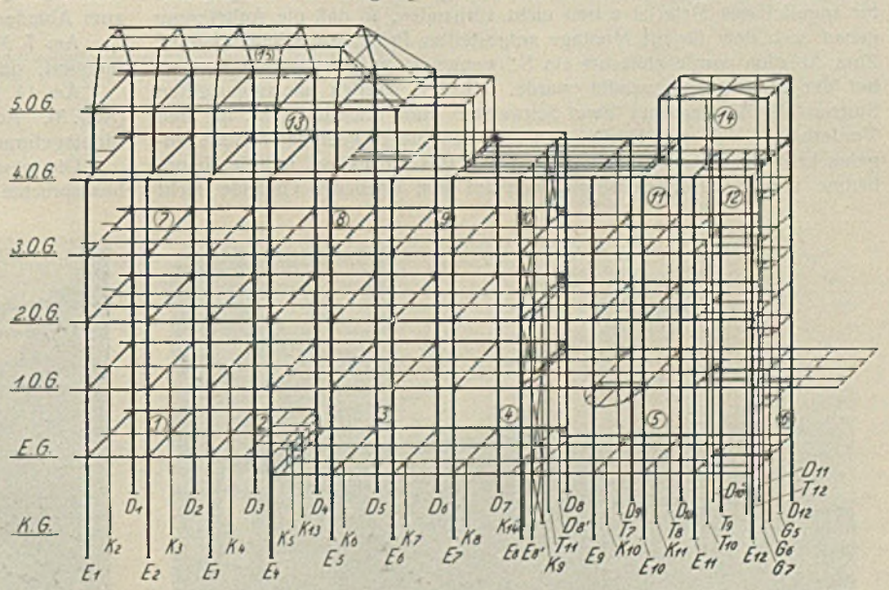

Abb. 4. Montageplan.

Sämtliche Stützen wurden durch Unterlegen von 1 cm starken Antivibritplatten unter die Fußplatten gegen Schall, Erschütterungen und Feuchtigkeit isoliert.

Um eine einfache Einspannung der Rahmenriegel in die Rahmenpfosten zu erzielen, wurden für die Riegel je ein Breitflanschträger und für die Pfosten je zwei Normalprofile gewählt. Für den Anschluß der Eck-

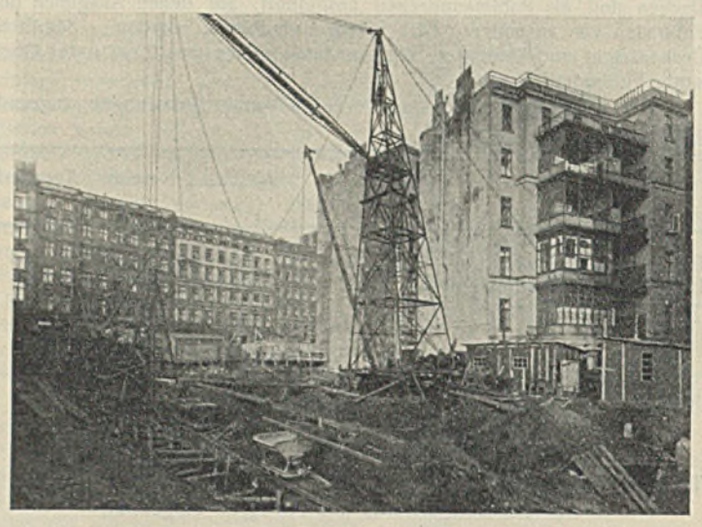

Abb. 5. Baustelle am 25. I. 30.

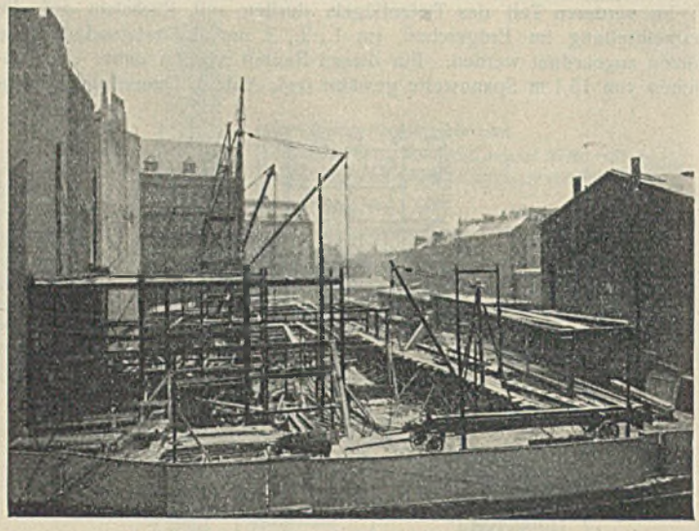

Abb. 6. Stand der Arbeiten am 7. II. 30.

momente standen somit vier Ebenen zur Verfügung, nämlich die Ober- und Unterseiten der Riegel und die Innen- und Außenseiten der Pfosten.

Für die in den Rahmenecken erforderlichen Stegverstärkungen der Riegel wurde die elektrische Lichtbogenschweißung angewandt. Durch Kehlschweißung wurden die Stegverstärkungen mit den Trägerflanschen verbunden.

Da für die Arbeiten im technischen Büro, Materialbeschaffung und Werkstattarbeiten genügend Zeit vorhanden war, wurde von vornherein das Hauptaugenmerk auf die Montage gerichtet, zumal diese in die ungünstigste Jahreszeit (Februar und März) fiel.

Für die Montage wurde ein genau ausgearbeitetes Programm mit perspektivischen Systemskizzen nach dem Muster der Abb. 4 aufgestellt. Aus diesen waren sämtliche Grundrisse, Querschnitte und Längsschnitte klar zu erkennen. Im Büro wurde der Fortgang der Montage durch Nachziehen der montierten Teile in den Perspektiven mit Farbstift markiert und dem Vorellen der Montage entsprechend der Versand geregelt.

Die Platzverhältnisse an der Baustelle waren sehr ungünstig, zumal auf dem hinteren Gelände umfangreiche Stützmauern errichtet wurden. Der bei Herstellung der Fundamente frei gewordene Boden mußte im Keller verbleiben, um später zum Anfüllen außerhalb der Mauern Verwendung zu finden.

Die Beschaffenheit der Baustelle machte den Bau einer Rampe aus Schwellen auf Trägern für die Anfahrt und einer Rampenbrücke für den Transport der Bauteile nach dem Tiefenflügel erforderlich. Lagerplätze für angeliefertes Material waren nicht vorhanden, so daß die Anlieferung genau nach dem für die Montage aufgestellten Programm erfolgen mußte. Zum Abladen wurde zunächst ein Schwenkmast aufgestellt, der nachher bei der Montage verwendet wurde. Später wurden an aufgestellten Stützen des Vorderbaues zwei Schwenker zum Entladen bzw. für den Vorderbau gleich zum Hochziehen der Bauteile in geeigneter Höhe angebracht (Abb. 1). Das Montieren der Stahlkonstruktion mittels Standbäume von der Kellersohle aus kam auf dem unebenen Gelände nicht in Betracht. Für die Montage des Tiefenflügels mit den schweren Rahmen wurde ein Montageturm mit einem 19 m langen Ausleger und 8000 kg Tragkraft aufgestellt. Am Fuß des Turmes wurde ein 21 m langer Schwenkmast angebracht, mit welchem die ersten Felder des Vorderbaues durch drei Stockwerke aufgestellt wurden.

Sämtliche Hebezeuge waren mit elektrischen Winden ausgerüstet. Abb. 5 vom 25. Januar 1930 zeigt die fast fertig eingerichtete Baustelle und gibt ein anschauliches Bild von der Beschaffenheit des Baugeländes.

Die Montage begann mit dem 29. Januar 1930, drei Tage vor dem programmäßigen Termin.

Nachdem die ersten Felder des Vorderbaues mit dem 21-m-Schwenkmast bis zum 1. Obergeschoß montiert und mit Bohlen abgedeckt waren, wurde ein unten zusammengebauter Schwenkmast mit Hilfe des Turmauslegers auf die Decke des 1. Obergeschosses gesetzt und mit diesem der Vorderbau frei vormontiert.

Abb. 6 zeigt den Stand der Arbeiten am 7. Februar 1930. Die beiden oben erwähnten Zufahrtsrampen sind deutlich zu erkennen.

Mit Abb. 7 ist der Stand der Montage am 14. Februar 1930 wiedergegeben. Man sieht, daß der Ausleger des Montageturmes die Teile jenseits des 15,70 m breiten Tiefenflügels hochnehmen und gleich einbauen kann. Die Rahmen wurden während des Aufreibens und Nietens durch behelfsmäßige Streben in richtiger Lage gehalten.

Am 21. Februar 1930 waren im Tiefenflügel bereits zwei Rahmen im 2. und 3. Stock aufgestellt, während der hintere Teil mit dem früher zum Abladen benötigten Schwenkmast frei vormontiert wird.

Am 7. März 1930 war der hintere Teil des Tiefenflügels bereits fertig montiert, und es wurde mit dem Betonieren der Kellerdecke begonnen.

Am 11. März 1930 war der ganze Bau fertig aufgestellt und genietet (Abb. 8). Am 13. März 1930 waren bereits die Schwenkmaste und der Montageturm abmontiert und die Gerüstbohlen verladen.

Die gesamte Stahlskelettkonstruktion im Gewichte von etwa 700 t beanspruchte eine Montagezeit von 36 Tagen.

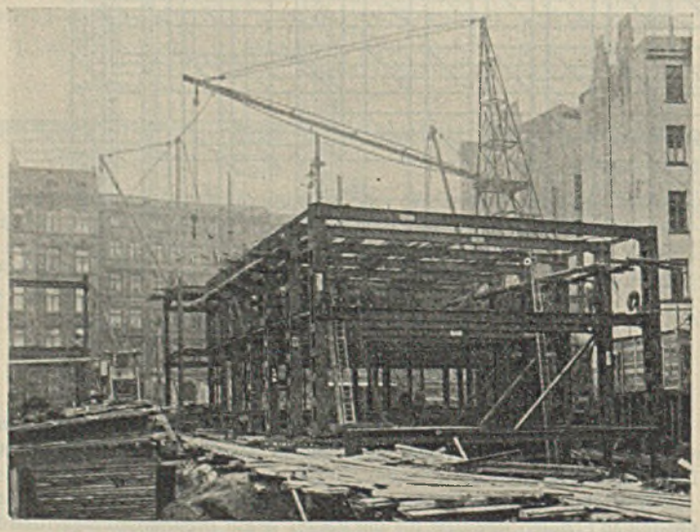

Abb. 7. Montage des Tiefenflügels am 14. II. 30.

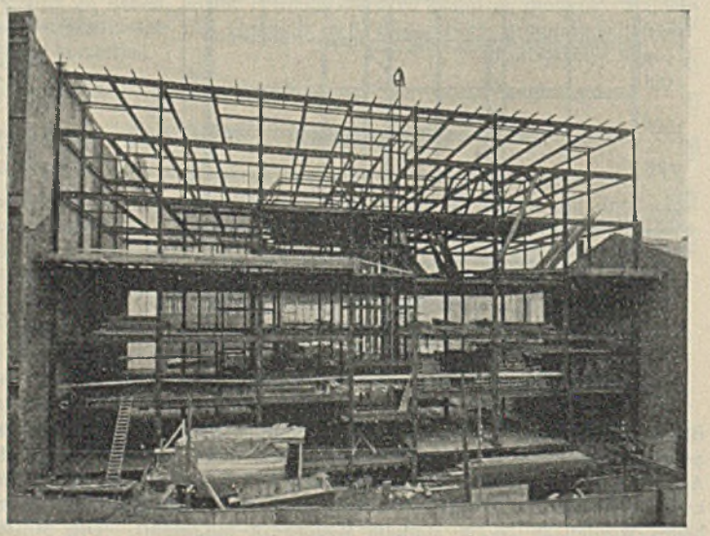

Abb. 8. Das fertiggestellte Stahlskelett am 11. III. 30.

Alle Rechte vorbehalten.

Webereigebäude in Oppach, Sachsen.

Von Oberingenieur W. Driesen, Leipzig.

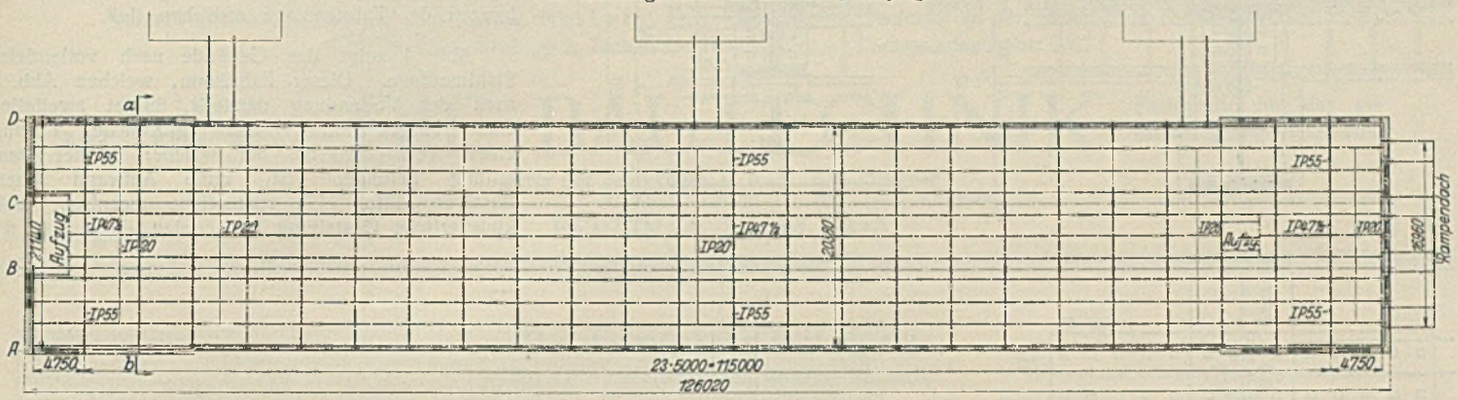

Abb. 1. Grundriß des Gebäudes.

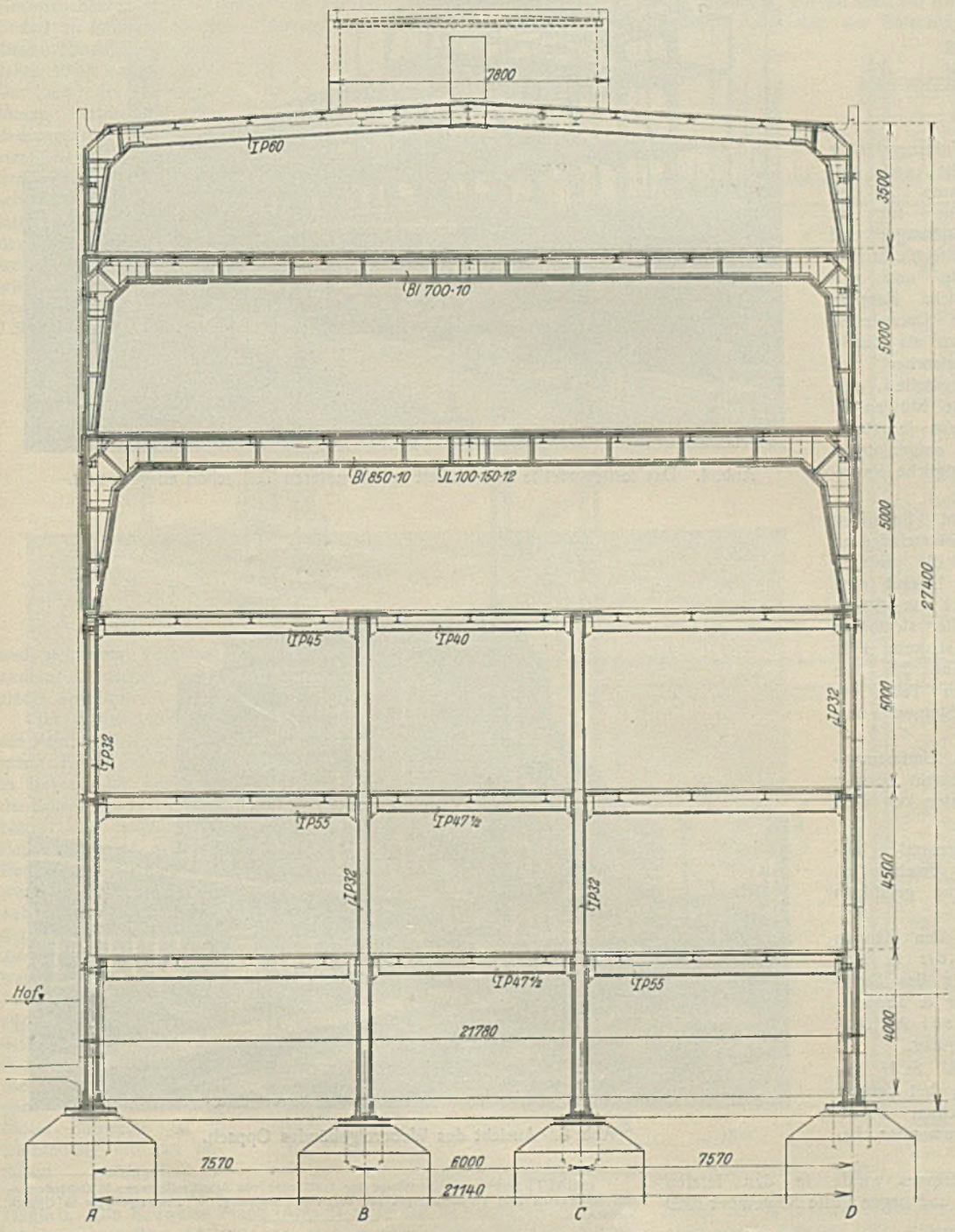

Abb. 2. Querschnitt des Gebäudes.

Im Sommer 1929 hat die Großeinkaufs-Gesellschaft deutscher Konsumvereine Hamburg bei einer neuen Fabrikanlage in Oppach, Sachsen, auch ein Webereigebäude im Stahlskelett errichten lassen, dessen Grundriß aus Abb. 1 hervorgeht.

Bei einer Grundfläche von 126,00 × 21,78 m ist das Gebäude im Mittelbau fünf Stockwerke und in den Kopfbauten sechs Stockwerke hoch. Auf allen Geschoßdecken sollen zum Teil schwere, zum Teil leichtere Webereimaschinen zur Aufstellung kommen, und dementsprechend wurden auch die Nutzlasten der beiden unteren Decken mit 1500 kg/m² und die der darüberliegenden Decken mit 1000 kg/m² festgelegt.

Im Keller-, Erd- und ersten Obergeschoß ist das Gebäude in vier Stützenreihen, die zu Stockwerkrahmen vereinigt sind, aufgeteilt worden, wohingegen das zweite bzw. dritte Obergeschoß sowie das vierte Obergeschoß der Kopfbauten mit frei gespannten Tragwerken von 20 m Stützweite als Zweigelenkrahmen aufgesetzt wurden (Abb. 2). Diese Anordnung ermöglichte es, große, freie und übersichtliche Arbeitsräume zu schaffen, die ihre Belichtung und Lüftung aus den großen Fensterflächen in den Längsfronten erhalten. Da außerdem die Treppenaufgänge in drei abseits von dem Webereigebäude liegenden massiv gemauerten Treppenhäusern untergebracht sind, von wo aus Verbindungsbrücken den Verkehr mit dem Webereigebäude vermitteln, so bleiben fast die ganzen Deckenflächen als Arbeitsräume zur Verfügung. An beiden Enden des Webereigebäudes vermitteln Aufzüge den Warentransport in die verschiedenen Stockwerke (vgl. Abb. 1).

Vom Bauherrn wurde die Bedingung gestellt, mit mög-

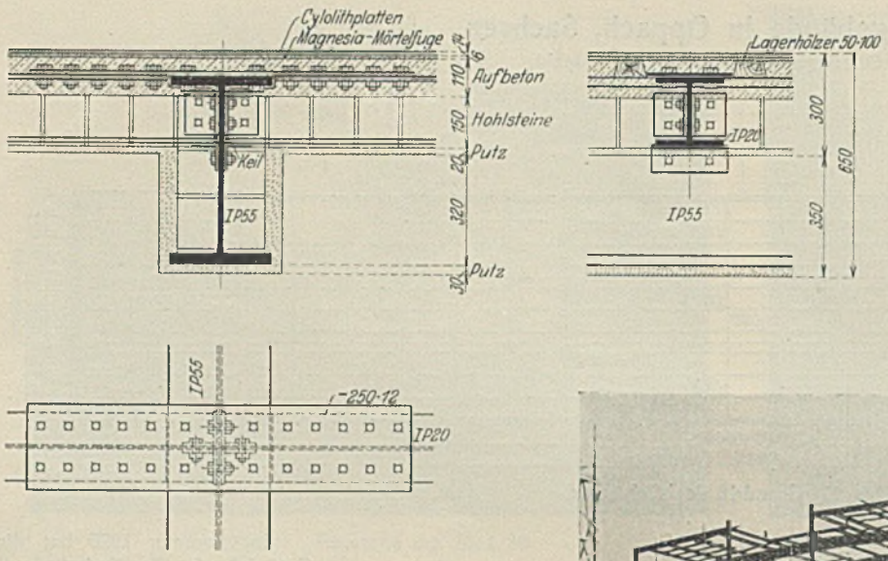

Abb. 3. Konstruktive Ausbildung des Anschlusses der Deckenträger an den Unterzug.

lichst geringen Decken- und Unterzugstärken auszukommen, um an Gebäudehöhe und entsprechend an Gebäudekosten zu sparen. In den drei unteren Decken wurden daher für die Unterzüge parallelflanschige Breitflanschträger und in den Obergeschossen einfache Stegblechträger mit ungleichschenkligen Gurtwinkeln und aufgenieteten Platten verwandt. Sämtliche Kappenträger der Decken und auch die Dachpfetten sind ebenfalls aus Breitflanschprofilen als durchlaufende Träger, mit oberen Zuglaschen und unteren Druckkeilen an den Unterzugstellen, ausgeführt worden (Abb. 3). Auch die Stützen in den unteren Geschossen bestehen aus je einem Breitflanschträger, zum Teil mit aufgenieteten Platten, so daß auch hierbei größtmögliche Raumersparnis erzielt wurde.

Zwischen den 2,05 m entfernt liegenden Kappenträgern sind eisenarmierte Hohlsteindecken von 12 bis 15 cm Stärke auf die unteren Flanschen der Kappenträger verlegt, hierauf eine Leichtbetonauffüllung von 8 bis 11 cm Stärke und sodann der Fußbodenbelag. Alle sichtbaren Stahlteile sind mit 2 bis 3 cm starkem Putz als Feuerschutz ummantelt (vgl. Abb. 3). Die unter den Deckplatten vorstehenden Teile der Unterzüge sind außerdem mit Steinen ausgekleidet.

Die in Ziegelstein ausgeführten Umfassungsmauern des Gebäudes konnten allgemein geringe Stärken erhalten, weil alle Gebäudelasten von dem Stahlgerippe aufgenommen werden.

Die schlichte Ausführung des gesamten Gebäudes macht, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist, als Industriebau einen wuchtigen und gefälligen Eindruck.

Entwurf und Bauleitung lag in den Händen der maschinentechnischen Abteilung der G. E. G. und die Berechnung und Ausführung des Stahlskeletts bei der Firma Wolf Netter & Jacobi-Werke, Kommanditgesellschaft auf Aktien, Abteilung Eisenbau Schiege, Leipzig.

Ingesammt sind rd. 1600 t Stahl St 37 für das Skelett eingebaut worden, was bei einem umbauten Raum von 66 000 m³ einen Durchschnittswert von 24 kg für das Raummeter bedeutet.

Mit dem Aufstellen des Stahlgerippes wurde in den letzten Tagen des Monats Mai 1929 begonnen, und gegen Mitte September 1929 waren diese Arbeiten beendet.

Bereits 4 Wochen nach Beginn der Stahlmontage konnte mit dem Aufführen des Mauerwerks und dem Einbringen der Deckenfüllungen begonnen werden, wodurch sich eine verhältnismäßig kurze Gesamtbauzeit der Fabrikanlage erreichen ließ.

Abb. 4 zeigt das Gebäude nach vollendeter Stahlmontage. Dieser Fabrikbau, welchen Abb. 5 nach der Vollendung darstellt, bildet zweifellos eine ausgezeichnete und glückliche Lösung eines Werkgedankens, bei welcher es der Bauleitung gelungen ist, ohne Aufwand überflüssiger Mittel eine vorzügliche technische und künstlerische Gestaltung zu erzielen.

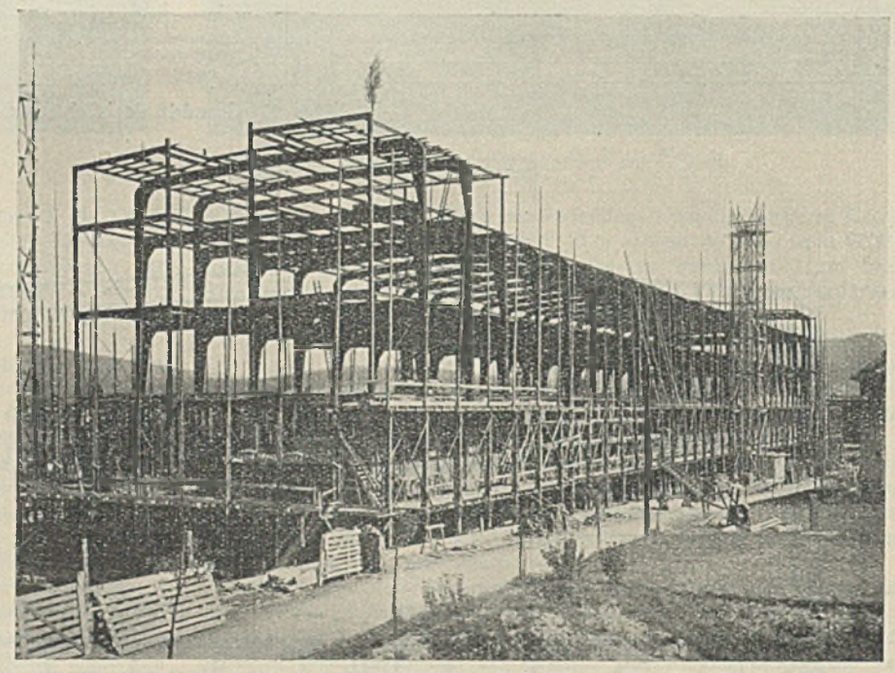

Abb. 4. Das fertiggestellte Stahlskelett ist im unteren Teil schon ausgemauert.

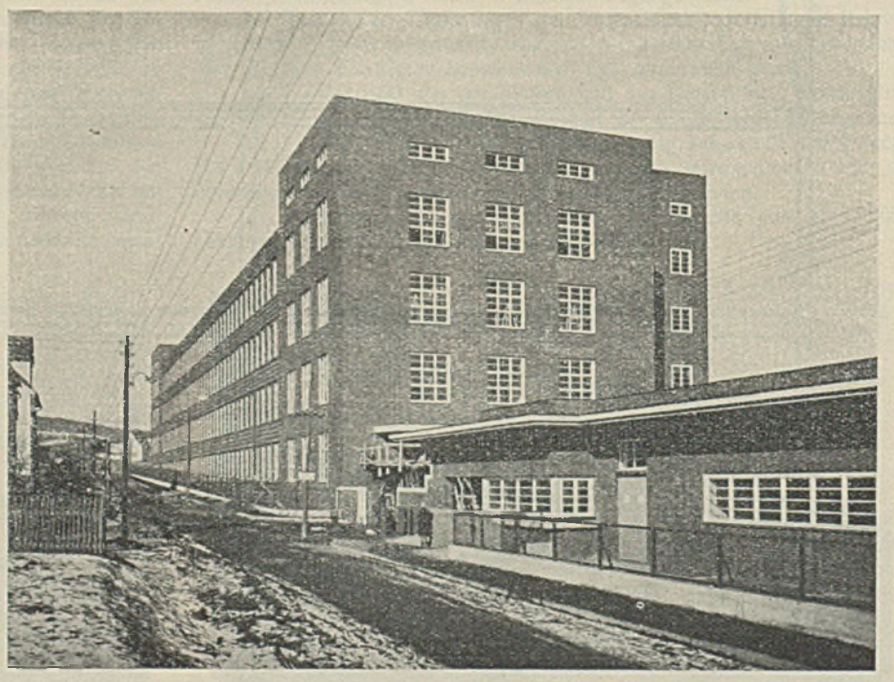

Abb. 5. Ansicht des Webereigebäudes Oppach.

INHALT: Beitrag zur Beurteilung der Ausführung von Schallisolierungen in Gebäuden. — Das Stahlskelett zum Verwaltungsgebäude der VDK., Hamburg. — Webereigebäude in Oppach, Sachsen.

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 8.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.