

# KONSTRUKTION UND AUSFÜHRUNG

BAUWEISEN • BAUSTOFFE • BAUBETRIEB

# DBZ

65. JAHR 1931

25. MÄRZ

K NR. 5

BEILAGE ZUR DEUTSCHEN BAUZEITUNG NR. 25 • 26

HERAUSGEBER • REGIERUNGSBAUMEISTER FRITZ EISELEN

ALLE RECHTE VORBEHALTEN • FÜR NICHT VERLANGTE BEITRÄGE KEINE GEWÄHR

BERLIN SW 48

## DIE AUFLÖSUNG DER UNGEGLIEDERTEN GEBÄUDEKONSTRUKTION DURCH DEN SKELETTBAU

VON REG.-BAUMEISTER A. D. DR.-ING. HANS SPIEGEL, ARCH. BDA • 20 ABBILDUNGEN

**Einleitung.** Seit Jahrhunderten werden Mauersteine aus gebranntem Lehm oder Natursteine zu raumumschließenden Wänden aufgeschichtet. Von Außenwand über tragende Innenwände zu Außenwand spannen sich Decke und Dach. Die Decken- und Dachlasten werden von den massiven, standfesten, tragfähigen Wänden aufgenommen, dem Fundament zugeleitet. Die massiven, umschließenden Außenwände bilden die Gebädetragkonstruktion, schützen gleichzeitig Raum und Bewohner vor unwillkommenen Einflüssen von außen, vor Wind, Wetter, Kälte, Wärme und Lärm.

Entwurf, Bauausführung, Bauerfahrungen, Baugepflogenheiten des Unternehmers, Handwerkers, Bauarbeiters und des Architekten bauen sich auf diesem Konstruktionssystem auf. Die übliche Stärke der Ziegelaußenmauer, in Mitteleuropa  $1\frac{1}{2}$  m, in den nordischen Staaten 2 m, bildet den Maßstab für die wohntechnische Güte der den Wohnraum umschließenden Wand, ebenso die Holzbalkendecke die Qualitätsnorm für die Ausführung von Deckenkonstruktionen. Zeitdauer des Widerstandes gegen Feuer, Dauerhaftigkeit, Grad des Wärmeschutzes und der Schalldämpfung werden als ausreichend anerkannt, auftretende Schwingungen und Rißbildungen als normal hingenommen.

Der höchste ungegliederte Ziegelmauerbau unserer Tage ist wohl das 16stöckige Monadnock-Gebäude in Chicago, 1881 von den Arch. Burnham und Root errichtet, Mauerdicke über dem Fundament nahezu 4,50 m. Im Jahre 1878 wird durch einen französischen Ingenieur erstmalig der entscheidende Schritt zur Zergliederung der Umfassungsmauer getan. Im Jahre 1883 wird in Chicago von dem Arch. William Le — Baron Jenney die Gebäudekonstruktion des Home Insurance Building entworfen, zergliedert in ein System tragender Stützen und Unterzüge und ein System von raumumschließenden, nicht mehr lastentragenden, in das Tragsystem eingespannten Wandflächen.

Der ungegliederte Steinbau wird in seine funktionellen Teile zergliedert. Die gleichzeitig raumumschließende, raumschützende und tragende Mauerwand löst sich auf in lastenaufnehmende, tragende Bauglieder aus Stahl (Stahlskelettbau) oder Stahlbeton



**Chanin-Bürogebäude in New York**

Trag. Konstruktion von 3 Turmkranen montiert. Feuerschutz durch Einbetonieren. Ausmauerung des Stahlskeletts von Hängerüsten, gleichzeitig in verschiedenen Stockwerken



**Desgl. kurz vor der Fertigstellung**

Baubild am 8. 8. 1928. Baubeginn 31. 1. 1928. Beginn der Montage 23. 1. 1928. Bauzeit für das 56 stockige Bürogebäude (90 000 t Stahl) nur 205 Tage

(Stahlbetonskelettbau) und in die zwischen oder über die Tragglieder gespannte, raumumschließende und raumschützende, nichttragende Füllwand. Die frei und unmittelbar auf der Steinwand aufliegende Decke wird zerlegt in Tragbalken, in Unterzüge — die die Lasten der Balkenkonstruktionen aufnehmen und in die Stützenkonstruktion einleiten —, und in füllende Deckenfelder.

Im Skelettbau werden die verschiedenen Funktionen der einzelnen Baukonstruktionen (der Außenwand, der Decke, des Daches, der tragenden oder nichttragenden Innenwände) einzeln untersucht und die Erfüllung der Funktionen einzelnen und denjenigen Baukonstruktionen zugewiesen, die die gestellten Aufgaben am sichersten und am wirtschaftlichsten zu erfüllen gewährleisten.

Die systematische Durchbildung des Skelettbauens ist Glied einer Entwicklung, die im Begriff ist, die Arbeit des Architekten von der Entwurfsgestaltung bis zur letzten Ausführungs-Detailzeichnung, die Tätigkeit des Bauunternehmers und den Ablauf der Bauherstellung auf der Baustelle umwälzend neu zu gestalten. Der Skelettbau\* gibt die Möglichkeit, die wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte, die techn. Erfahrungen, neuen Baustoffe und Bauweisen dem Bauorganismus systematisch nutzbar zu machen.

### 1. Die tragende Konstruktion (Abb. 1—4).

Die Auswahl der zweckmäßigsten Gebäudekonstruktionen und Baustoffe wird bestimmt durch die Bauaufgabe, den Baugrund, durch die Gegenüberstellung der erzielten Nutzflächen, der Bauerrichtungsdauer und der Herstellungskosten. Wesentliche Anforderungen an Bauweise und Baustoff sind:

Wirtschaftlichkeit, dauernde Tragfähigkeit, Beständigkeit, Feuerbeständigkeit entspr. Verwendungszweck des Gebäudes. Die behördlichen Vorschriften hinsichtlich Standsicherheit, Feuerwiderstandsfähigkeit, Beständigkeit sind zu erfüllen. Der Baustoff soll von genormter Güte und genormten, vom Lieferwerk verbürgten Eigenschaften sein. Während oder nach Fertigstellung der Gebäudekonstruktion sollen innere, statisch nicht sicher erfassbare Kräfte nicht in Erscheinung treten. Verbindung hoher Druckfestigkeit mit hoher Zugfestigkeit auch in Konstruktionen, die z. B. nur auf Druck beansprucht werden.

Wünschenswerte Anforderungen sind:

Bildung und Verwendung fabrikmäßig hergestellter, genormter Einzelteile. Zufälligkeiten des Handbetriebes durch mechanische Herstellungsverfahren in der Werkstatt und Baumaschinen auf der Baustelle weitmöglichst ausschalten. Die Gebäudekonstruktion soll kurzfristig, unabhängig von der Witterung und weitgehend unabhängig von der Jahreszeit errichtet werden können. Geringes Gewicht. Geringere Massen ergeben bessere Raumaussnutzung, weitgehende Grundstücksbebauung, geringere Gründungskosten. Die Verarbeitung der Baustoffe soll möglichst wenig Bauwasser in den Bau bringen. Abkürzung der Austrocknungsfrist. Umänderungen an der Gebäudekonstruktion, Verstärkungsarbeiten oder Erweiterungen sollen durch Struktur und Eigenschaften des Baustoffes erleichtert werden. Leichter Abbruch und Wiederverwendbarkeit der abgebrochenen Bauteile.

Für den Skelettbau stehen vorzüglich zwei Bauweisen zur Verfügung: Stahl- und Stahlbeton-Skelettbau.

### 2. Die nichttragende Außenwand.

Die Außenwand überspannt oder umschließt die tragende Konstruktion der Außenwandstützen und -unterzüge, sie ist nichttragende Füllkonstruktion mit der Aufgabe, dem Wohnraum und Arbeitsraum eine schützende Umschließung zu bilden. Anforderungen:

Wirtschaftlichkeit, Verwendung billiger Rohstoffe mit günstig gelegener Lieferbasis. Dauerhaftigkeit, Formänderungen, Strukturänderungen, Zerstörungen durch chemische oder physikalische Einflüsse, die die innere Festigkeit der Wand gefährden, dürfen nicht eintreten. Baustoffe genormter, testierter Güte. Tragfähigkeit und Standsicherheit. Druckbeanspruchung von Betonteilen ein Viertel, von gewöhnlichen Mauerziegeln ein Fünftel der aus der Bruchlast ermittelten Druckspannung. Geringes Wandgewicht. Ausreichender Wärmeschutz. Werkstoff durchlaufend über Stützen und Unterzüge. Fugen, insbes. Vertikalfugen, auf ein Minimum herabsetzen. Dichte der Wand gegen Schlagregen und gegen Wind. Möglichst hohe Abdichtung gegen Luftdurchgang, keine undichten Fugen, keine Risse, undichte Fenster und Fensteranschlüsse. Keine sichtbare Bildung von Schwitzwasser. Schalldämpfung. Vermeidung von Resonanzwirkung der Wandkonstruktion und ihren Teilen. Feuerbeständigkeit entspr. Verwendungszweck des Gebäudes. Herstellung der Wand aus genormten großformatigen Baueinheiten, die weitgehend vorseitfertig in Werkstattribetrieben gefertigt. Herabsetzung des Montagelohnaufwandes. Vermeidung unwirtschaftlicher Montagemaschinen und schwerer Arbeitsgerüste. Rasche Montage, möglichst geringer Aufwand an Bauwasser.

Diese Anforderungen sind Richtlinien, zunächst für eine Eignungsprüfung der Baustoffe. Aus den für die Außenwand geeigneten und praktisch erprobten Baustoffen entsteht dann die Wand, meist aus mehreren, sich ergänzenden Baustoffen gruppiert. Wandkonstruktion und -verband, bedürfen weiter praktischer objektiver Erprobung im Baustellenversuch.

### 3. Baustoffbewertung und Versuchsbauteile.

Allgemein gültige Richtlinien für die Bewertung der Baustoffe und für die Durchbildung und die Bewertung von Baukonstruktionen sind bisher nicht vor-

\* Siehe das soeben im „Bauwelt“-Verlag erschienene Werk: Dr.-Ing. H. Spiegel: „Grundlagen zum Bauen mit Stahl“.

handen. Notwendig ist daher, daß durch einheitlich durchgeführte, von einer Zentralstelle von Sachverständigen überwachte Versuche im Laboratorium und im Freien einheitliche Gütenormen für die Bewertung der Baustoffe gewonnen werden. Die Untersuchung und Bewertung wird erfolgen müssen hinsichtlich:

Wärmeleitung des Baustoffes trockenem und normalfeuchtem Zustand. Schneedecke. Wärmeübergang durch Luftschichten in den Bauerbindungen in trockenem, feuchtem und normalfeuchtem Zustand. Hohlräume, durch Luftumwälzung und Strahlung. Einfluß der Verarbeitung auf die Wärmeleitung. Wärmeleitung durch natürlichen Luftdurchfluß und bei Windanfall. Einfluß von Undichtigkeiten. Wärmespeicherung durch Sonnenbestrahlung. Einfluß des klaren Nachthimmels. Porosität, Volumenbeständigkeit. Wasseraufnahmefähigkeit, Wasserspeicherung, Austrocknung. Schwingwasserbildung. Schalleitung, Schalldämpfung, Resonanz. Verhalten bei Feuerangriff und in stark erhitztem Zustand bei Einwirkung des Wassers, besonders unter Druck (Loschstrahl). Dauerhaftigkeit, Beständigkeit gegen mechanische, physikalische und chemische Einflüsse. Festigkeiten, Gewichte.

Nach der Testierung setzt die zweite Prüftätigkeit ein, nach dem Laboratoriumsversuch der praktische Versuch auf dem Prüfungsgelände in einheitlich festgelegten Einraumbauten. Beobachtung der Einflüsse von Jahreszeit, Wetter, Windanfall im Dauerversuch, durch Jahre hindurch.

Das Versuchsgelände gibt Bauschulen und der Baupraxis Einblick in das Wesen von Werkstoff und Bauverband. Außerdem werden Einzelerfahrungen der Baustellenpraxis von objektiver, zuverlässiger, zentraler Stelle uninteressiert gesichtet, ausgewertet und der Baufachwelt zugänglich gemacht.

Diese objektive Auswertung der praktischen Dauerversuche wird dem praktischen Bauen die techn.-wissenschaftl. Grundlagen liefern. Versuchs-siedlungen sind dann entbehrlich. Sie sind nur dann gegeben, wenn für neue Bauweisen und Baumethoden die Kalkulationsunterlagen durch Zeitstudien und ein Studium der Arbeitsvorgänge im prakt. Baustellenversuch gefordert werden. Die Einbeziehung der im Ausland gewonnenen wertvollen Ergebnisse ist im Interesse einer Auswertung der gegenseitigen Erfahrungen anzustreben.

### 4. Der Vorgang des Wärmeaustausches (Abb. 5—12).

Durch jede Wand-, Decken- und Dachkonstruktion hindurch vollzieht sich stetig ein Wärmeaustausch, ein Wärmedurchgang. Die Wärme fließt vom wärmeren zum kälteren Raum, in der Wand fließt von der wärmeren zu der kälteren Werkstoffschicht. Die Geschwindigkeit des Wärmeablaufes, der Grad des Wärmeverlustes ist größer bei größerem Temperaturunterschied der Oberflächen und kleiner bei schlecht wärmeleitenden Baustoffen. Der Wärmeabfluß verläuft allgemein auf fünf Wegen durch:

1. Wärmeleitung von Werkstoff- zu Werkstoffteilchen:

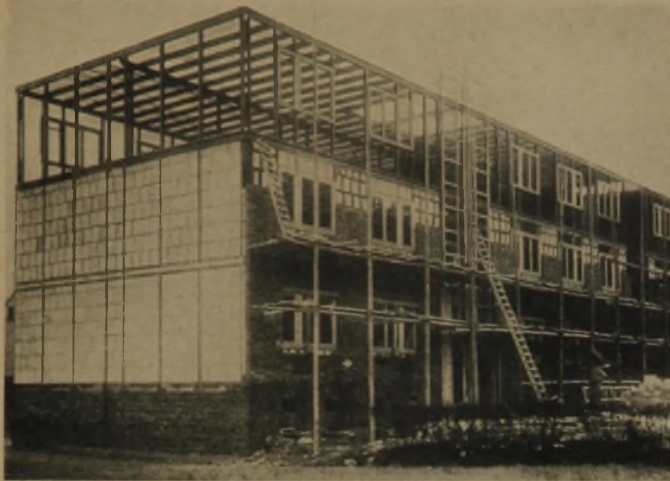
Ihre Stärke ist konstant; Maßzahl die Wärmeleitfähigkeit.

2. Wärmeabgabe. Wärme geht von einem Körper zum anderen an Berührungsoberflächen über. Stärke des Überganges abhängig von Oberflächenbeschaffenheit des Körpers. Maßzahl die Wärmeübergangszahl  $\alpha$ .

3. Umwälzung. An den Grenzflächen an wärmere oder kältere Körper geraten gasförmige oder flüssige Körper in gerichtete Bewegung. Umwälzung, Umlauf, Konvektion. Wärmere Teilchen werden zu kälteren Teilchen und kälteren Grenzflächen geführt, geben an diese Wärme ab. Die Umwälzung nimmt zu mit Dicke und Höhe der Schicht (Luftschicht, Wasserschicht).

4. Strahlung. Durch den gasförmigen Körper hindurch wird Wärme von der Oberfläche fester Körper zu Oberflächen fester Körper durch Strahlung übertragen. Ihre Stärke ist abhängig vom Baustoffmaterial der Oberfläche. Maßzahl die Strahlungskonstante.

5. Luftdurchgang und Luftströmung. Durch Poren, Undichtigkeiten und Öffnungen von Baustoff und Baukonstruktion dringt kältere Luft ein, tritt wärmere aus. Windanfall, Saugwirkung und Zug steigern diese Wirkung durch Wärmedurchgang (natürliche Durchlüftung) zu Luftdurchgang. Der



### Deutscher Stahlskelett-Wohnhausbau

Stahlrahmenbau der Stahlbau Düsseldorf G. m. b. H. in Hamborn 1930. Arch. Dr.-Ing. H. Spiegel, Düsseldorf. Stahlskelett aus Bandstahlprofilen, Ausfachung mit Zellenbetonplatten, Fugendichtung durch Rhenabit. Verblend. vor der Zellenbetonausfachung

Zu 4: 1 mit 5: Stahlskelettkonstruktion aus Normalprofilen. 6: Äußere Bekleidung mit Gipsbrettern ähnlich deutsch. Leifa-Diele, 2,5 cm stark. Vor diese mit imprägn. Pappe beiderseits bezog. Gipsbrettern Ziegelsteinverblend. vorgemauert. 7: Innere Bekleidung des Stahlskeletts, desgl. mit 2,5 cm st. Gipsbrettern. 8: Innenwände nicht trag. Leichtwände, meist Putzwände auf Rippenstreckmetall

Wärmeaustausch durch Luftdurchgang ist ein ausschlaggebender Anteil des Gesamtwärmeaustausches. Der Wärmeaustausch im festen Baustoff erfolgt nach 1, 2 und 5, im gasförmigen Stoff (z. B. Luft in Baustoffporen oder in Luftschichten) oder im flüssigen Stoff (z. B. Wasser als Feuchtigkeit in Hohlräumen) nach 1–5.

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  eines Baustoffes wird gemessen in  $\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$  und gibt an, wie viele Wärmeinheiten (Kalorien) durch einen Körper eines Werkstoffes von  $1 \text{ m}^2$  Ansichtsfläche und  $1 \text{ m}$  Dicke in 1 Stunde (h) hindurchfließen bei einem Temperaturunterschied von  $1^\circ \text{C}$  zwischen den sich gegenüberliegenden Baustoffoberflächen.

Eine Baukonstruktion aus einem Baustoff mit der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  und der Dicke  $\delta$  setzt der durchfließenden Wärme einen Wärmedurchlässigkeitswiderstand  $\frac{1}{\lambda}$  entgegen, errechnet durch Division der Dicke  $\delta$  in Meter durch die Wärmeleitfähigkeit, also  $\frac{1}{\lambda} = \frac{\delta}{\lambda}$ . Die Wärmedurchlässigkeitszahl einer Konstruktion ist der reziproke Wert des Wärmedurchlässigkeitswiderstandes. Für eine Wand aus mehreren Werkstoffschichten (auch Luftschichten) von der Dicke  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  usw. und den Wärmeleitfähigkeiten  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  usw. wird der Gesamt-Wärmedurchlässigkeitswiderstand  $\frac{1}{A}$  errechnet als Summe aller Einzelwiderstände; also rechnet zu  $\frac{1}{A} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}$  usw.

Für eine Außenwand aus  $1\frac{1}{2}$  Stein starke, beiderseits verputztem Ziegelmauerwerk errechnen sich z. B. nachfolgende Werte bei Wärmeleitfähigkeiten:

$$\text{Außenputz} = \lambda_1 = 0,75 \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ Dicke } \delta_1 = 0,015 \text{ m.}$$

$$\text{Ziegelmauerwerk} = \lambda_2 = 0,75 \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ Dicke } \delta_2 = 0,38 \text{ m.}$$

$$\text{Innenputz} = \lambda_3 = 0,60 \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ Dicke } \delta_3 = 0,015 \text{ m.}$$

$$\text{Hieraus Wärmedurchlässigkeitswiderstand } \frac{1}{A} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \text{ (Außenputz)}$$

$$+ \frac{\delta_3}{\lambda_3} \text{ (Mauerwerk)} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \text{ (Innenputz)} = \frac{0,015}{0,75} + \frac{0,38}{0,75} + \frac{0,015}{0,60} = 0,553 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{Die Wärmedurchlässigkeitszahl der beiderseits verputzten Ziegelmauer von } 1\frac{1}{2} \text{ Stein Stärke beträgt dann } A = \frac{1}{0,553} = 1,8 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Bei Überlegungen über die Durchbildung von Baukonstruktionen kann im allgemeinen die Wärme-



Amerikan. Stahlskelett Wohnhausbau, McKay Steel Homes and Buildings Inc. Cleveland O

übergangszahl  $\alpha$  und der Wärmeübergangswiderstand  $1 : \alpha$  vernachlässigt werden.

Die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes mit geringem Raumgewicht ist im allgemeinen geringer und günstiger als die eines Baustoffes mit höherem Gewicht. Der Wärmeabfluß durch einen Formstein oder durch Beton ist geringer, wenn der Grundstoff ein schlechter Wärmeleiter ist, nach seiner Verarbeitung eine möglichst große Anzahl möglichst kleiner, unter sich abgeschlossener Luftzellen mit dünnen Materialwänden umschließt. Beim Verarbeiten von losen Baustoffen zu Beton oder Mörtel werden die Luft Hohlräume zwischen den Körnern mit Wasser und dichtem Zement oder Kalk ausgefüllt; Beton ebenso wie Mauerwerk, besitzen daher eine wesentlich höhere Wärmeleitung als der unverarbeitete Baustoff.

Die Wärmeleitfähigkeiten und -durchgangszahlen sind Laboratoriumswerte, gewonnen an Probestücken. Es muß daher ergänzend untersucht werden, wie der Laboratoriumswert beeinflusst wird durch das Verarbeiten am Bau, durch Jahreszeit, Witterung, Windanfall und Feuchtigkeit, sowie durch die Bewohnung.

### 5. Luftdurchgang und Luftdurchzug bei Windanfall.

In einem Raum mit gleichartiger Raumumschließung bildet sich in halber Raumhöhe eine wagerechte Ebene des Druckausgleiches bzw. der Druckumkehr aus, die neutrale Zone. Über ihr herrscht ein Überdruck nach außen, unter ihr dringt Luft von außen durch Poren und Undichtigkeiten der Wand in den Raum ein. Folgen sind selbst bei Windstille unangenehme Zugserscheinungen an den unteren Teilen der Fenster. Die Stärke dieses Luftdurchgangs (Durchlüftung) durch die Raumumschließung ist abhängig:

1. vom Baustoff (Porendichtigkeit) und von Dicke der Wände und Decken, von der Oberflächenbehandlung außen und innen (Rohbau, Verblendbau, Putzbau, Anstrich, Tapetenbelag);
2. vom Temperaturunterschied zwischen außen und innen;
3. von den Fugen und Undichtigkeiten in der Raumumschließung an Fenstern, Türen, und Fachwerkkonstruktionen;
4. von der Lage der herrschenden Windrichtung, vom Winddruck (Druck- und Saugwirkung).

Der Wärmeverlust durch Luftdurchgang steigt mit der Porosität:

Hochwertig isolierende Baustoffe mit großen Poren und hoher Luftdurchlässigkeit, z. B. Heraklith und Tekton, können daher einen erheblichen Teil ihrer Schutzwirkung verlieren durch Luftdurchgang, wenn sie ohne luftzugdichtende Schutzschicht, z. B. Asphaltpappe, verlegt werden.

Feuchtigkeit in der Wand vermindert die Luftdurchlässigkeit, dgl. Erhöhung der Stärke. Praktisch luftundurchlässig sind Metalle und Asphaltpräparate.

Außenwände oder Wandteile oder Wandbekleidungen aus Stahlblech, Wandinlagen aus Metallfolien, luftdicht, montierte Asphaltpappen- oder Asphaltfilzschichten in oder auf der Wand angeordnet, unterbinden den Wärmeverlust durch Luftdurchgang. Außenputz erhält bereits durch einfachen Farbanstrich wesentlichen Schutz gegen Luftdurchgang; Innenanstriche, besonders Tapezierungen, vermindern den Luftdurchgang wesentlich.

Der Luftdurchlässigkeitswiderstand in einer 1½ Stein starken Mauer verteilt sich nach Hencky in v. H. auf die einzelnen Konstruktionen:

15 mm Außenputz 0,7 v. H., 25 cm Mauerwerk 28,5 v. H., 1 cm Fuge 0,5 v. H., 12 cm Mauerwerk 13,5 v. H., 15 mm Innenputz 0,7 v. H., Kalkfarbanstrich 56,3 v. H., zusammen 100 v. H.

Der Luftdurchgang durch eine Gipsplattenwand ohne Anstrich betrug 100 v. H., mit Kalkfarbanstrich 75 v. H., mit schwach geleimtem Farbanstrich 47,6 v. H., mit Ölfarbanstrich 0 v. H., Tapezierungen ergibt etwa 10 v. H., Wasserglasanstrich 0 v. H.

Durch natürliche Durchlässigkeit des Wandbaustoffes, zufällige Undichtigkeiten in der Wand, durch Setzrisse, mangelhaft gedichtete Fugen, Schwind- und Temperaturrisse, durch Fensterstockanschlüsse, Fensterfalze, Türanschläge, Schlüssellöcher usw. findet weiterhin steter Luftdurchgang statt und damit Wärmeverluste durch Zustrom kalter, Abstrom warmer Luft.

Nach amerikanischen Berechnungen betragen selbst bei qualitativ hochwertigem Skelettbau die Wärmeverluste durch Wärmeleitung durch die Wände nur 25 v. H. des Gesamtwärmeaustausches: 75 v. H. „waste“ durch Verglasung, Fenster, Undichtigkeiten, Luftdurchgang, Dach- und Deckenflächen.

Windanfall bewirkt eine Erhöhung des natürlichen Luftdurchflusses, einen Luftdurchzug, und damit eine außerordentl. Erhöhung des Wärmeverlustes.

Versuche von Dr.-Ing. E. Raich, München, haben ergeben, daß an Stelle der rechnerischen Wärmedurchgangszahlen bei Fenstern sich die folgenden tatsächlichen Wärmedurchgangszahlen ergeben:

Bei + 20° C Innentemperatur, - 20° C Außentemperatur, ohne Windanfall	Bei einem Windanfall von mm Wassersäule (Überdruck)			
	0,1	0,5	1,0	1,5
Einfaches Fenster $k = 4,1 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}}$	7,5	10,0	11,9	13,4
Kastenfenster (Doppelfenster) $k = 1,5 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}}$	2,6	3,9	5,0	6,1
Doppelt verglastes Fenster $k = 2,0 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}}$	2,5	3,0	3,7	4,3
Stumpfsches Schiebefenster, $k = 2,4 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}}$ doppelt verglast				

Der stärkste Windanfall des Versuchs entspricht etwa einer Windgeschwindigkeit von 4 m/sek., während die normale Windgeschwindigkeit in Wintermonaten etwa 5 m/sek. beträgt. Stärkerer Wind steigert den Wärmeverlust sehr erheblich.

Die Aufgabe des Architekten ist damit klar umrissen: Zunächst Herabminderung der Undichtigkeit, dann wärmeisolierender Baustoffverband.

## 6. Feuchtigkeit und Frost.

Isolierbaustoffe verdanken die wärmeisolierenden Eigenschaften hauptsächlich den im Werkstoff befindlichen Luftporen. Durch Wasseraufnahme wird ein Teil der in diesen enthaltenen Luft verdrängt. Wasser besitzt eine Wärmeleitfähigkeit von rund 0,50 kcal/m · h · °C (etwa 25 mal höher als Luft), Feuchtigkeit der Baustoffe steigert deren Wärmeleitfähigkeit; bereits eine Feuchtigkeitszunahme um 1 Volumenprozent bringt etwa folgende Erhöhungen in v. H.:

Kiesbeton	6 bis 10	Schlackenbeton	3 bis 6
Ziegelmassivmauer	4 bis 7	Isolierstoffe	6 bis 10

Im Bauverband besitzen die Baustoffe einen durchschnittlichen ständigen Feuchtigkeitsgehalt (Kernfeuchtigkeit) von 1 bis 5 Volumenprozent, besitzen also eine um 12 bis 50 v. H. höhere Wärmeleitfähigkeit als der trockene Baustoff.

Feuchtigkeit in der Konstruktion beruht auf:

1. Neubaufeuchtigkeit (Anmachwasser, Regen usw.) und dauernde im Mauerwerkskörper verbleibende sogen. Kernfeuchtigkeit;
2. aufsteigendes Grundwasser, Dach- u. Gesimsundichtigkeiten;
3. Schlagregen und Mauerwerksundichtigkeiten;
4. Benutzung des Raumes (Waschen, Kochen usw.);
5. Taubildung in oder auf der Wand.

Auf 1 m<sup>3</sup> Ziegelmassivmauerwerk sind etwa 200 l Anmachwasser anzusetzen, auf 1 m<sup>2</sup> Putz 5 bis 6 l Wasser, ungerechnet die Feuchtigkeitsmengen durch atmosphärische Niederschläge während der Bauzeit und durch stark durchnäßtes Baumaterial. Zu den Anmachwasser ist hinzuzurechnen das bei der chemischen Umwandlung des Kalkhydrates im Abbinde- und Erhärteprozess freiwerdende Hydratwasser, etwa 45 l Wasser für 1 m<sup>3</sup> Mörtel. Eine Kalkmörtelmischung 1:5 enthält etwa 53 v. H. trockenen Mörtel und 47 v. H. Wasser, eine Mischung 1:2 etwa 74,3 v. H. bzw. 25,7 v. H. Wandputzmörtel von 1,5 cm Stärke enthält 5 l/m<sup>2</sup> Anmachwasser, Deckenputzmörtel von 2,0 cm Stärke 6,3 l/m<sup>2</sup>, dazu Gehalt an Hydratwasser. Allein aus dem Verputz eines 5 · 5 m großen, 4 m hohen Raumes muß ½ m<sup>3</sup> Wasser verdunsten.

Der Dauergehalt an Feuchtigkeit (Kernfeuchtigkeit) ist größer, wenn bei Verarbeitung des Baustoffes größere Anmachwassermengen verwendet werden (gegessene Wände). Die Verwendung ausgetrockneter Baueinheiten, geringer Mörtelverbrauch durch große Baueinheiten, ein Mindestaufwand an Verarbeitungswasser und Schutz des Mauerwerkes vor Durchfeuchtung durch Regen bei Herstellung ist anzustreben. Dazu dienen drei Konstruktionsmöglichkeiten:

1. Schutz der wärmeisolierenden Schichten durch wasserundurchlässige Bekleidung der Außenhaut; Metallhaut, Metallbekleidung, Schiefer- oder Ziegelbekleidung der Wände, Holzversindelung.

2. Einlage einer wasserundurchlässigen Schicht in den Mauerwerkskörper: Putzträger aus Blech, Putzträger aus imprägniertem Papier (Steelex), Putzfalzpappe, Metallfolien oder wasserundurchlässige Baustoffe (Isolierpappe, Asbestschiefer, Goudronanstrich zwischen zwei Baustoffschalen).

3. Richtige Ausbildung und Dichtung der Steinfugen bei unverputzten und verputzten oder verblendeten Außenflächen. Dichtung der Putzschicht durch VerkieSELung oder Anstrich.

Luftundurchlässige Wandbekleidungen bringen ebenso wie wandumschlossene, wasserundurchlässige Schichten gleichzeitig den bereits geforderten Schutz gegen Luftdurchgang und Luftdurchzug.

In England erhält z. B. bei Hohlmauerwerk die in der Luftschicht liegende äußere Wandschale einen Zementrauputz. In Holland wird die Innenfläche der Luftschicht geteert. In Amerika wird die zuerst aufgeführte innere Hohlziegelwand geteert, dann erst die Außenverkleidung aufgeführt, verankert.

Fugen jeder Art dürfen bei einschichtigem Mauerwerk von Wand zu Wandfläche oder Wandaußenfläche zu Wandhohlraum nicht ohne Unterbrechung oder Verfalzung hindurchlaufen. Besondere Fehlerquellen bilden senkrechte Fugen, die sich bei Setzungen des Mauerwerks und Spannungen zuerst öffnen.

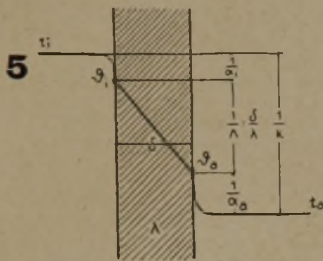
Dichtung der Mauerwerksfugen durch volle und glatte Fugung, bündig mit der Verblendung, Fugungstiefe mindestens 2 cm; durch halbhaften, dichten Außenputz auf das hohlfügig gemauerte Mauerwerk, oder durch Dichten der Putzflächen mit Anstrichen von Lösungen kolloidaler Kieselsäure mit geeigneten reaktionsfähigen Zuschlägen, oder mit Schutzanstrichen auf Fettbasis, die den Zementmörtel nicht angreifen, die eine elastisch bleibende filmartige Haut bilden.

Wasser hat als Regen oder Schnee Gelegenheit an der Luft sich mit Kohlen- und schweflicher Säure stark anzureichern (bei stark verrußtem Verputz). Dieses Wasser wandert in das Innere, wirkt dort auf den freien Kalk oder das Kalziumkarbonat und die Aluminiumverbindungen des Kalk- und Zementmörtels ein und bildet basisches Aluminiumkalziumsulfat, das mit großen Mengen Wasser kristallisiert und bereits bei Abkühlung auf etwa 15° C eine 52fache Raumvergrößerung der Kalkaluminatmasse verursacht (Zementbazillus). Durch stark treibende Wirkung wird fast stets das Putzgefüge zerstört.

## 7. Schwitzwasserbildung.

1 Volumen Luft vermag bei bestimmter Temperatur eine bestimmte größte Menge Wasser in Dampf- form bis zur Sättigung aufzunehmen. Wird dieser Luftraum abgekühlt, so wird ein Teil des Wasserdampfes in flüssige Form übergeführt; es fällt Wasser als Tau- oder Schwitzwasser aus. Als relative Feuchtigkeit eines Luftvolumens wird der Prozentsatz des vorhandenen Wassergehaltes vom Wassergehalt bei Sättigung (= 100 v. H.) bezeichnet. Wird ein Luftvolumen abgekühlt, so erhöht sich die rel. Feuchtigkeit; bei Sättigung tritt Taubildung ein.

Taubildung wird als Schwitzwasser an der Baustoffoberfläche sichtbar, wenn diese unporös, dicht ist (Glasscheiben, Ölfarbanstriche, Metallleitungen). Diese Schwitzwasserbildung ist, solange sie nur vorübergehend auftritt, ungefährlich, kann jedoch zur Ab-

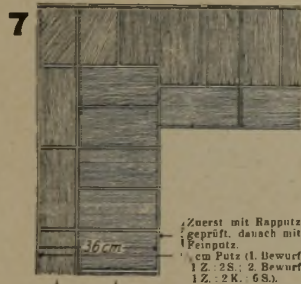


**Schematische Darstellung des Wärmedurchganges durch eine Wand**

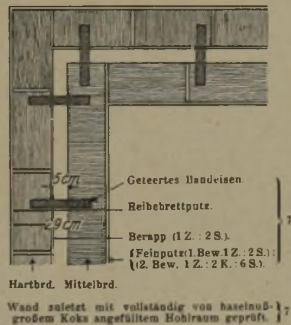
Aus: Schachner, „Gesundheitstechnik im Hausbau“



**Herstellung einer wind- und wasserundurchlässigen Schicht in der Außenwand durch Aufmontieren von Steeltex**  
 Steeltex besteht aus mehrschichtigem, wasserundurchlässigem Asphaltpapier, auf das ein geschweißtes, verzinktes Drahtgeflecht aufgebunden ist. Vor dem Steeltex wird die Verblendung vorgemauert, die dem Drahtgeflecht eine zuverlässige Verankerung gibt. (Steel Frame House Company, Pittsburgh, Pe.).

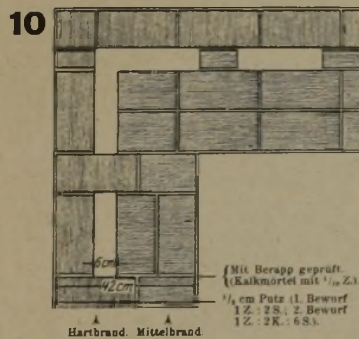


**zu 8: 8**  
**2 1/2 Stein starke Ziegelwand mit Luftschicht. Äußere Wandschale innen berappt**  
 $(A_K = 0,714)$

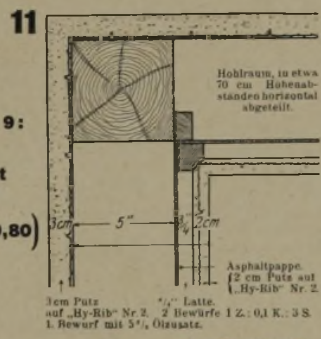


**zu 9: 9**  
**1 1/2 Stein starke Ziegelmauer mit innerer Luftschicht**  
 $(A_K = 0,77)$

**7**  
**1 1/2 Stein starke Ziegelwand**  
 $(A_K = 0,66)$



**10 wie 9:**  
**Luftschicht außen**  
 $(A_K = 0,80)$



**zu 12: 12**  
**Holzdielenwand**  
 $(A_K = 1,17)$

**zu 11: Holzwand mit Putz auf Rippenstreckmetall. Luftschicht unterteilt mit Asphaltpappwand**  
 $(A_K = 1,03)$

**7—12: Wandkonstruktion mit Luftschichten**  
 Aus Andr. Bugge: „Ergebnisse von Versuchen für den Bau warmer und billiger Wohnungen“

lösung der Tapezierung, zu Sporenflecken und Farberzösterung führen.

In Steinwänden auftretendes Tauwasser wird bei porösen Baustoffen aufgenommen. Fließt Luft mit hoher relativer Feuchtigkeit ständig längere Zeit nach (durch Luftdurchzug, besonders bei Windanfall), so kann dies sich bildende Tauwasser allmählich zu sichtbarer, partieller Durchfeuchtung der Konstruktion führen; insbesondere in Fensterleibungen oder am Übergang von Wand zur Decke.

Ist die Luftdurchströmung in der Wandkonstruktion unterbunden — durch Stahlwände bei Stahlhauthäusern, Dachpappeinlagen in Luftschichten — so ist ein Auftreten von Taubildung in der Wand nicht möglich, solange die vor die Innenseite der luftundurchlässigen Schicht angeordnete Wandschicht ausreichen-

den Wärmeschutz bietet. Die Durchlüftung des Raumes muß durch Öffnen der Fenster oder Türen geschehen. Die Luftdurchströmung der Wand, das „Atmen“ der Wandkonstruktion, ist derart gering, daß die Lüfterneuerung durch dieses Atmen außer acht gelassen werden kann. Dagegen bewirkt sie nach Herabsetzung der Feuchtigkeit der Raumluft wieder die Austrocknung der Wand.

Auf der Innenfläche einer 1 1/2 Stein starken, trockenen Wand aus Ziegelsteinen tritt bei +15° C Raumtemperatur und 70 v. H. relativer Feuchtigkeit und Windstille Schwitzwasser erst auf bei einer Außentemperatur von -20° C. Der Wärmeschutz der 1 1/2 Stein starken, trockenen, dicht verputzten Ziegelmauer kann als Mindestforderung zur Vermeidung von Schwitzwasser angesetzt werden. Die zum Raum gekehrte Wandschicht soll porös sein.

Baustoffe sind auszuschalten, die wasseraufspeichernd oder wasseranreichernd sind, die sich

bildendes Tauwasser nicht rasch wieder abgeben, fäulnisfähige Bestandteile einschließen.

Sorgfältige Bauaustrocknung vor Bezug von Bauten im Herbst und Winter.

### 8. Luftschichten und Lufthohlräume.

Der Wärmeaustausch in einer Luftschicht vollzieht sich durch Wärmeleitung, Umwälzung und Strahlung. Luftschichten können unterschieden werden:

1. Auf die gesamte Höhe von Wand oder Gebäude senkrecht durchlaufende Luftschichten von 6 cm und mehr Stärke;
2. in Stockwerkshöhe durchlaufende Hohlräume, 2 cm bis 6 cm und darüber breit;
3. in geschlossene Hohlräume in Hohlsteinen für Wand- und Deckenverbände;
4. in lose Fugen; ein Isoliermaterial wird auf einen Mauerwerkskörper trocken aufgelegt (Pappe, Isolierfilz, Isoliermatte, Celotex und dergleichen);
5. in geklemmte Fugen; Baustoffschichten eingepreßt (Pappe zwischen dicht zusammenge nagelte Bretterschichten oder eingepreßte, durch den Putz angedrückte Pappe).

Durchlaufende Luftschichten und Hohlräume (1 und 2) werden in Holland in Verblendmauerwerk angeordnet zur Trockenhaltung der inneren Wandschale. Anfallender Wind wird unschädlich gemacht. Durchfeuchtung durch Schlagregen bleibt auf die äußere Mauerenschale beschränkt. Wärmeschutzwirkung wird von dieser Luftschichtkonstruktion nicht gegeben, es sei denn, die Außenwandschale luftundurchlässig durch Verputz oder Anstrich.

Der Wärmeschutz der Luftschichten wird durch Ausfüllen der Luftschichten mit einem Isolierbaustoff — Schlacke, Schlacke und Koks gemenge, Hochschlackschlacke, Bims (5 bis 15 cm Korn), Kieselsgur, Sägespäne, Torfstreu — gesteigert. Die Füllmasse muß fäulnis- und ungezieferfrei imprägniert sein und frühestens ein Jahr nach Fertigstellung des Hauses vom Dachboden aus eingefüllt, Setzen des Füllmaterials muß unterbunden werden.

Vertikale Unterteilungen von senkrechten (stehenden) Luftschichten bringen eine wirksame Herabsetzung des Wärmeaustausches:

Wärmedurchlässigkeit einer 6 cm starken, nicht geteilten Luftschicht =  $2,02 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$ ; einer 6 cm starken, in drei Abschnitten zu je 2 cm Stärke unterteilten Luftschicht (ohne Berücksichtigung der Wärmeschutzwirkung des Materials der Trennwände) =  $0,96 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$

Luftschichten haben bei niedriger Temperatur einen höheren Wärmeschutz als bei höherer, sind daher möglichst gegen die Außenfläche anzuordnen.

Mit der Ausbildung von Hohlräumen in Formsteinen wird Verringerung des Transport- und Arbeitsgewichtes beim Versetzen, Ersparnis an Baustoff und Steigerung des Wärmeschutzes erreicht. Fugen dürfen von Wandfläche zu Wandfläche und von außen zum Hohlraum nicht hindurchlaufen. Unterbrechen der Fugen durch Fälze, federartige Vorsprünge und Einbuchtungen.

Der beste Hohlstein ist der vielporige, durch und durch massive Stein aus Isoliermaterial (Gasbeton, Binsbeton u. dgl.), daher geringe Dimensionierung der Hohlräume. Hohlräume in Bausteinen aus hochwertigen Isolierbaustoffen bringen keine Erhöhung des Wärmeschutzes, sondern eine Herabminderung. Hohlsteine aus Kiesbeton (bei  $\lambda$  für den Zuschlagstoff über 0,30) ergeben keine brauchbare Wandkonstruktion. Die äußere Wandung der Hohlsteine muß durch Stärke und Dichte Wärmeaustausch durch Luftströmung verhindern.

Lose Fugen und besonders geklemmte Fugen bilden hinter der luft- und feuchtigkeitabschließenden Isoliermatte oder Isolierplatte dünne Luftschichten. Das Anliegen des Isoliermaterials an den Baustoff trennt die Luftschicht in zahlreiche Einzelräume, Luftumwälzung findet Widerstand. Die Anordnung loser Fugen ist besonders im Holzhausbau üblich, in Amerika auch im Stahlskelett-Wohnungsbau.

**Zusammenfassung.** Der Wärmeschutz von Luftschichten und Lufthohlräumen darf nicht überschätzt werden. Luftschichten, nicht sachgemäß angelegt, bringen häufiger Gefahren für die Gebäudekonstruktion und den Wärmeschutz als Steigerung des Wärmeschutzes. Lufthohlräume in Isolierbaustoffen vermindern den Wärmeschutz, sind nur durch die erreichte Gewichtsherabminderung begründet. Nützlich sind vielfach unterteilte, dünnwandige, senkrecht gelagerte, lose und geklemmte Fugen.

### 9. Wärmespeicherung.

Während der Beheizung wird Wärme von den raumumschließenden Bauverbänden (Wand, Decken, Fußböden) und der Inneneinrichtung aufgenommen und weitergeleitet oder aufgespeichert. Wärmespeichernd sind auch die Öfen und Radiatoren nebst Warmwasserinhalt. Bei Aufhören der Beheizung

wird die aufgespeicherte Wärme abfließen teils durch die Raumumschließung in die Außenluft, teils in das Luftvolumen des Wohnraumes, das durch einströmende Luft auskühlt. Der Rückfluß von Wärme aus der Wand in den Raum ist praktisch bei dauernd beheizten Räumen ohne erhebliche Bedeutung, sehr wesentlich bei Räumen stark wechselnder Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit.

Wärmeschützende Durchbildung der raumumschließenden Bauteile ist die vorgeordnete Forderung. Wärmespeicherung ist zunächst der Wärmequelle zuzuweisen; die Entscheidung „Wärmespeichernde oder nicht wärmespeichernde Oberflächen-Konstruktion“ wird durch die Art der Benutzung des Innenraumes bestimmt und durch folgende Überlegung:

Verhalten einer Wand mit wärmespeichernden Wandoberflächen-Baustoff.	Verhalten einer Wand mit nicht wärmespeichernden Wandoberflächen-Baustoff.
--	--

1. Anheizen leitet Wärmeaufspeicherung ein. Erhöhter Wärmeaufwand, längere Anheizdauer.

2. Abstellen der Beheizung. Die wärmespeichernde Konstruktion gibt, wenn auch nur geringe Wärme dem Raum ab, verzögert die Raumabkühlung.

3. In der heißen Jahreszeit.

a) Innere Wandfläche. Die Wand gibt aufgespeicherte Wärme in der Nacht an die Raumluft ab, hemmt die gewünschten Abkühlung der Raumluft.

b) Äußere Wandfläche. Sonnenbestrahlung erzeugt hohe Temperatur der Außenwandbaustoffe, die Wand kühlt nachts nur gering aus. Nachteilig bes. bei nach Süd oder West geleg. Schlafräumen.

4. In der kalten Jahreszeit.

Außenwand. Die wärmespeichernde Außenkonstruktion bringt eine Erhöhung des Wärmeschutzes bei Sonnenbestrahlung an hellen Wintertagen.

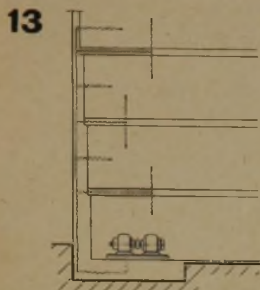
Wärmespeichernd sind porendichte Körper: Trockener Mauerstein, Beton, Putz, Stahl. Nicht wärmespeichernd sind großporige Körper mit zusammenhängenden Poren, mit geringer Masse und Dichte und mit zumeist niedriger Wärmeleitfähigkeit, die Mehrzahl der hochwertigen wärmeschützenden Isolierbaustoffe, wie z. B. Torfplatten, Tekton- und Heraklithplatten, Celotexplatten.

Für nur zeitweilig benutzte Räume wird im allg. nicht wärmespeichernde, hochwertig isolierende Baustoff für die innere Wandschale zu wählen sein. Für dauernd benutzte Räume mit nachts unterbrochener Heizung und kurzer Aufheizzeit ist die innere Wandschale wärmespeichernd auszubilden. Bei Räumen mit ununterbrochener Beheizung oder längerer Anheizzeit kann eine wärmespeichernde Innenwandschale gewählt werden. Bei stark besonnten Wohnräumen soll die äußere Wandschale nicht wärmespeichernd, aber stark wärmeisolierend sein.

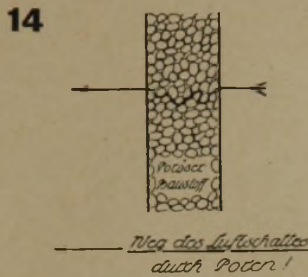
### 10. Schall und Schalleitung (Abb. 13 u. 14).

Schall ist eine gerichtet fortschreitende, periodische Schwingung der Elementarteilchen der Materie. Die Schallquelle ist Ursprungsort des Schalles. Von ihr hängen ab Höhe und Stärke des Schalles. Maschinen, Aufzüge, Pumpen, Dynamos, Autos auf der Straße, Zuschlagen von Türen, Bewegung und Stöße in Wasser- oder Dampfleitungen, das Gehen auf Fußbodenkonstruktionen und Treppen erzeugen Geräusche, die sich im Luftraum als Luftschall und in der Auflagerkonstruktion zunächst als Schwingungen (Körperschall) weiterpflanzen und in angrenzenden Lufträumen wieder Luftschall erzeugen. Sprechen, Musik, Lärm wirken als Luftschall.

Schwingungen, vom menschlichen Ohr wahrgenommen und kurz als Schall bezeichnet, liegen zwischen den Schwingungszahlen 16 bis 20 000 Schwingungen in 1 Sekunde; 250 Schwing./Sek.

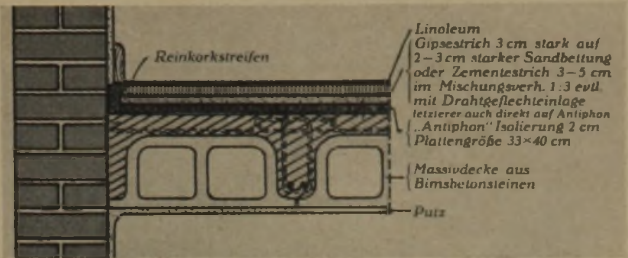


**Fortpflanzung der Erschütterung durch einen Elektromotor**



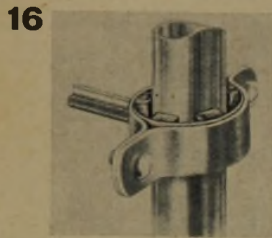
**Durchgang des Luftschalles durch die Poren einer Wand**

Zu 13 und 14: Aus Dr. Lindenau, Zeitschrift „Der Schallschutz“, III 1928



**Schall-, Erschütterungs- und Resonanz dämpfende Bimsbetonhohlkörperdecke**

Estrich durch Korkstreifen gegen Wand getrennt



**Korkgefüllte Rohrschellen**



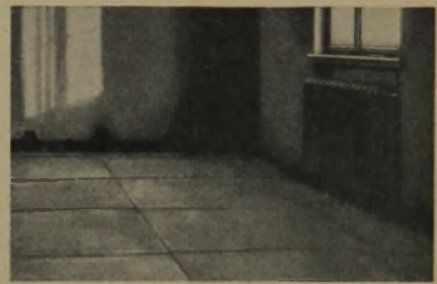
**17 u. 18. Schalldämpfende Bekleidung einer Innenwand**

Mit Absorbit der Zorn A.-G., Berlin

Zu 16: Diese hemmen die Überleitung der Erschütterungen aus Leitungen



**18**



**Schalldämpfende Platten auf Massivdecke**

Aphononplatten der Firma C. F. Weber Berlin. Die Platten sind an der Wand hochgeführt

entspricht der Mehrzahl der menschlichen Stimmen, 1000 Schwing./Sek. etwa der höchsten Sopranstimme. In Luft von üblicher Raumtemperatur beträgt die Geschwindigkeit der Schallfortleitung 332 m/Sek., in Wasser von 80 C bereits 1435 m, und in festen Körpern je nach Art erheblich mehr: in Stahl z. B. 4880—5120 m, in Tannenholz 5256 m, in Eisenbeton 4000, in Backsteinmauerwerk 2200—3650, in imprägn. Filz 1304, Blei 1300, Reinkork 430 m.

Man unterscheidet Luftschall, Wasserschall und Körperschall; sie treten meist gemeinsam auf, können sich gegenseitig anregen und wandern mit Schallgeschwindigkeit in den jeweiligen Medien fort. Beim Auftreffen auf ein zweites Material werden die auftreffenden Schallwellen (Luftschall und Körperschall) z. T. reflektiert, z. T. zerstreut, z. T. in dies zweite Medium übergeleitet, dort teilweise unter Umwandlung in Wärme absorbiert, teilweise fortgeleitet.

Treffen Luftschallwellungen auf eine gespannte Wand (oder Decke), oder treffen Erschütterungen und Stöße eine gespannte Wand (oder Decke), so werden diese Konstruktionen im ganzen in Schwingung, in Biegungsschwingungen, geraten. Diese treten als selbständige, Schall verbreitende Störungsstellen auf, bilden eine der Hauptaufgaben der Schalldämpfung und der Raumakustik.

Die Schalldämpfung umfaßt folgende Maßnahmen:

1. zur Vermeidung oder Herabsetzung der Geräusche und Erschütterungen am Entstehungsort; 2. zur Absorption von Erschütterungen und Geräuschen an der Störungsstelle; 3. zur Verhütung von Biegungsschwingungen gespannter Baukonstruktionen; zur Verhütung oder Unterbrechung der Weiterleitung von Erschütterungen, von Bodenschall, von Wasserschall, von Luftschall; zur Einregelung der Nachhalldauer in einem Raum, der Raumakustik.

### 11. Schalldämpfung (Abb. 15—19).

a) **Luftschall.** Dieser pflanzt sich fort durch den Luftraum, Undichtigkeiten der Bauverbände und Luftporen der Baustoffe. Das Verhältnis der auftretenden Schallstärke  $L$  zur durchgehenden Schallstärke  $L'$  gibt ein Maß für die Güte der Schalldichte des Werkstoffes; je größer der Zahlenwert, desto weniger Luftschall fließt hindurch. Der reziproke Wert  $L':L$  wird als Schalldurchlässigkeit  $S$  des Werkstoffes bezeichnet. Die Durchlässigkeit von Luftschall ändert

sich mit der Höhe des auftretenden Tones. Zum Vergleich von Baukonstruktionen setzt man den Wert der Luftschalldurchlässigkeit durch die freie Öffnung = 100 und ermittelt die relative Schalldurchlässigkeit der Werkstoffe oder Bauverbände. Versuche von Berger ergeben folg. Vergleichszahlen:

Werkstoff	Wanddicke in mm	Wandgewicht in kg	Relat. Schalldurchlässigkeit
Luft (freie Öffnung)	—	—	100
Preßkork . . . . .	15	1,29	77,5
Filz . . . . .	15	1,80	70
Holz . . . . .	15	2,83	57
Beton . . . . .	15	14,60	15
Eisenblech . . . . .	5	16,75	13,2
Bleiblech . . . . .	2	25,20	9,4

Wände aus Werkstoffen mit hohen spezif. Gewicht und großer Dichte bilden demnach guten Schutz gegen Ausbreitung des Luftschalles; als ausreichend schalldämpfende Wandkonstruktion erwies sich eine Wand von 135 bis 175 kg/m<sup>2</sup> Wandgewicht. Feuchtigkeit des Werkstoffes setzt die Luftschalldurchlässigkeit herab. Wie beim Wärmeschutz ist durch Fugendichtung, Vermeidung von Ribbildung, dichten Verputz, dichten, luftundurchlässigen Anstrich oder Tapezierung, dichten Einbau der Installationsarbeiten der unmittelbare Luftschalldurchfluß zu vermeiden.

b) **Körperschall.** Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung in der Sekunde, multipliziert mit der Werkstoffdichte (spezif. Gewicht), ergibt den Schallwiderstand. Je größer das spezif. Gewicht, desto größer ist das Körperschall-Leitungsvermögen des Baustoffes. Feste Baustoffe (Stahl, Beton und Ziegelmauerwerk), alle Arten von Baugrund und Wasser pflanzen den Körper- und Bodenschall rasch auf sehr große Entfernungen fort.

Stoßen zwei Materialien aneinander, deren Körperschall-Leitungsvermögen nicht wesentlich voneinander verschieden ist (z. B. Stahl und Beton, oder Wasser und Ziegelmauerwerk), so geht die Körperschallenergie nur wenig gemindert vom einen Körper in den anderen über. Ist dagegen eines der beiden Medien schallweich, so geht in diesem Fall nur ein ganz geringer Teil der auftreffenden Körperschallenergie durch die Trennfläche; der größte Teil wird

zurückgeworfen oder in Wärme umgewandelt. Stoffe mit geringer Schallhärte sind beispielsweise, in der Reihenfolge der Wirksamkeit: Luft, Kautschuk, Gummi, Kork, Filz und Pappe.

Der schalldämpfende Stoff muß nach jeder Schwingungsbeanspruchung seine ursprüngliche Form wieder einnehmen, auch periodische Belastung darf Elastizität und Federungsvermögen nicht zerstören oder herabmindern.

Belastete Isolierungen gegen Übertragung von Erschütterungen und Körperschall müssen die erforderliche Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit aufweisen. Ein Überfließen von Körperschall von Fußboden in Wandkonstruktionen, von Stahlskelettkonstruktionen in Wände, aus Rohrleitungen in Wand-, Decken- und besonders in tragende Stützenkonstruktionen muß verhindert werden.

c) Biegun g s s c h w i n g u n g e n. Luftschall und Erschütterungen rufen in Wand- und Deckenkonstruktionen Eigenschwingungen (Biegun g s s c h w i n g u n g e n) hervor. Jede gespannte Wand entspricht einer schwingungsfähigen Membrane. Bei dünnen, aus dichten Baustoffen hergestellten Wänden ist die indirekte Schallübertragung durch Biegun g s s c h w i n g u n g e n häufig stärker als die direkte Luftschalleitung durch die Poren und Undichtigkeiten der Wand hindurch. Schallsicherheit wird erzielt durch Wände aus mehreren Baustoffschalen; eine isolierende, nicht gespannte Einlage zwischen den Schalen (Teerfilz, Pappe, Spezialpappe, Torf- und Korkplatten) verhindert Resonanzbildung. Die Einschaltung einer Luftschicht allein zwischen Plattenwänden erzielt noch keine Resonanzdämpfung.

Decken stellen eine membranartig gespannte Platte dar, die durch Luftschall und Erschütterungen bei Begehen der Decke in Biegun g s s c h w i n g u n g e n versetzt wird. Deckenuntersichten und insbes. Deckenbelag sind resonanzfrei auszubilden (Anordnung von Isolierplatten mit hoher Federungswirkung und Schallabsorption, wie Korklinoleum, Gummi usw.). Wagerichte schall- und resonanzdämpfende Isolierungen werden in die Deckenkonstruktionen eingelegt. (Teerasphaltilz oder Teerasphaltilzpappe mit Sandfüllung in dünnen Schichten (bis 3 cm) magerem Zellenbeton oder Gasbeton.)

Erhebliche Bauschäden können durch Mitschwingung oder Resonanz von Gebäuden oder größeren Gebäudeteilen mit Schwingungen des Untergrundes entstehen.

## 12. Feuerwiderstand und Löschstrahlwiderstand.

Als feuerbeständig gelten nach dem Erlaß des preuß. Ministers für Volkswohlfahrt vom 12. März 1925 Nr. II. 9. 161: Wände, Decken, Unterzüge, Träger, Stützen, Treppen, wenn sie unverbrennlich sind, unter dem Einfluß des Brandes und des Löschwassers ihre Tragfähigkeit oder ihr Gefüge nicht wesentlich ändern und den Durchgang des Feuers geraume Zeit verhindern. Als feuerhemmend gelten Bauteile, wenn sie, ohne sofort selbst in Brand zu geraten, wenigstens eine Viertelstunde dem Feuer erfolgreich Widerstand leisten.

Stärke, Umfang und Zeitdauer des Feuers, Menge der im Gelände gelagerten, verbrennbaren Stoffe, Einwirkung des Löschstrahls und Zeitdauer des erforderlichen Feuerschutzes einer Konstruktion sind in den deutschen Vorschriften nicht berücksichtigt. Es fehlt daher für die vergleichende Bewertung der Baustoffe und Bauverbände eine eindeutige Basis.

Die Brandgefahr richtet sich nach den auf 1 m<sup>2</sup> Raumfläche vorhandenen verbrennbaren Stoffen und ihrer Entzündbarkeit. Die Gefährdung durch Feuer der im Gebäude sich aufhaltenden Menschen, des beweglichen und unbeweglichen Mobiliars, der Gebäudekonstruktionen und der Umgebung ist abhängig von der Höhe des Gebäudes (rasche Entleerung) und der Durchbildung der Konstruktionen (feuerhemmende Trennwände, feuerbeständige Treppen, Ausdehnungsfugen).

Der Feuerschutz der Bauverbände hängt davon ab, wie lange der vom Feuer angegriffene Werkstoff und Bauverband einem Feuer steigender Temperatur widersteht, ohne wesentliche Änderung der Festigkeit und der chemischen Zusammensetzung; wie lange und mit welchem Druck der Löschwasserstrahl auf den stark erhitzten Werkstoff einwirken kann, ohne Zerstörung oder festigkeitsstörende chemische oder physi-

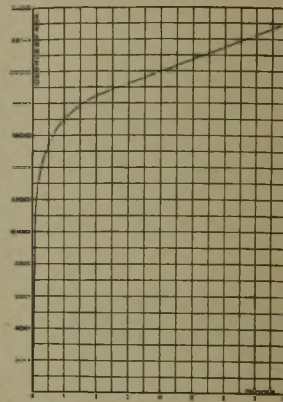
kalische Veränderungen hervorzurufen. Grundlage für die Durchbildung der feuerschützenden Konstruktionen daher:

1. Feststellung eines Durchschnittsbildes der Temperatursteigerung bei Bränden, 2. dgl. der notwendigen Dauer des Feuerwiderstandes bei den einzelnen Gebäudegruppen und entsprechend der Benutzung, 3. dgl. der notwendigen Dauer des Widerstandes gegen den Löschstrahl, 4. wissenschaftliche Bewertung und Vergleichung der Werkstoffe und Bauverbände hinsichtlich ihres Widerstandes gegen Feuer und Löschstrahl.

Systematische Untersuchungen sind zunächst in Deutschland gemacht worden. Erst eingehende, auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Versuche, die 1917 bis 1919 von den Associated Factory Mutual Fire Insurance Companies, dem National Board of Fire Underwriters und dem Bureau of Standards, Bureau of Commerce, gemeinsam großzügig zur Durchführung gelangten, gaben vergleichende Unterlagen für die Bewährung und Bewertung von Baukonstruktionen, besonders für Skelettbauten.

Bei den Versuchen wird die in Abb. 20 wiedergegebene „Zeittemperaturkurve“ verwendet, die angibt, wie mit der Zeit die Temperatur wächst. Die bei dem Normalfeuer die Höhe der Temperatur wächst. Die Feuerbeständigkeit, der spez. Feuerwiderstand, von Baustoffen und rechnerisch vollbelasteten Bauverbänden wird eindeutig festgelegt durch Angabe der Zeit, während welcher sie einem Versuch nach der Zeittemperaturkurve ohne Zerstörung oder wesentliche Beschädigung unterworfen werden konnten. Sie werden in Klassen eingeteilt, entsprechend einem Feuerwiderstand von ¼, ½, 1 Stunde, 2, 3 oder 4 Stunden. Beim Bewertungsversuch muß eine Bewertungszeit erreicht werden, die 25 v. H. über der Klassenzeit liegt.

Wohngebäude, Verwaltungsgebäude, Schulen usw. müssen feuerbeständig für mindestens einstündiges Feuer konstruiert werden, d. h. mit Konstruktionen stets derjenigen Klasse, die einem Feuerangriff nach der Zeittemperaturkurve von der 1½fachen Dauer widerstehen. Außerdem ist im Versuchswege das Verhalten des stark erhitzten Baustoffes oder der belasteten Baukonstruktion unter Einwirkung des Druckwasserleitungs der Feuerlöschleitung festzustellen, etwa nach drei Viertel der Zeit, für welche die Feuerbeständigkeit nachgewiesen ist, längstens aber nach Ablauf eines einstündigen Brandversuches.



20

## 13. über Arbeitsvorbereitung.

Der Skelettbau verlangt sorgfältige Arbeitsvorbereitung, sachliche Auswahl und Ausbildung von Baustoff, Baustoffverband und Gebäudekonstruktion, eingehende Detaildurchbildung der Konstruktionen aus Bauaufgabe und Baustoff heraus, Anwendung von Normung und Typung. Die Bauvorbereitung erfaßt im Architektenbüro und im Unternehmerbüro die organisierte Führung des Ablaufes der Bauherstellung, rationelle Arbeitsvorbereitung und Arbeitsführung.

Bei größeren Bauten wird sich eine Zusammenarbeit des Architekten mit dem beratenden Spezialingenieur ergeben. Diese Zusammenarbeit gibt die Grundlagen zu einer den Interessen des Bauherrn und der Bauaufgabe wie der allgemeinen Wirtschaft dienenden besseren Arbeitsvorbereitung.

Neben der technischen verläuft die gleichwertig notwendige kaufmännische Arbeitsvorbereitung und Arbeitsführung im Unternehmerbüro: Auswahl der Materialbezugsquellen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Anfuhr und günstiger Lieferzeit; Schaffung von Lagerungsmöglichkeiten bei Großbestellung; Selbsterstellung von Halbfabrikaten und Baukonstruktionen, Vorbereitung der Nachkalkulation.

Voraussetzung für sachliche Gestaltung der Skelettbauten ist Erfassung der Funktionen der Gebäudekonstruktionen. Grundlage für die sachliche Gestaltung der Skelettbauten ist die Kenntnis der Eigenschaften und Fähigkeiten der Werkstoffe und Bauverbände, richtige Auswahl der Werkstoffe, intensive Arbeitsvorbereitung im Architektenbüro und Unternehmerbetrieb und organisierte Führung des Bauherstellungsprozesses. —