

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej

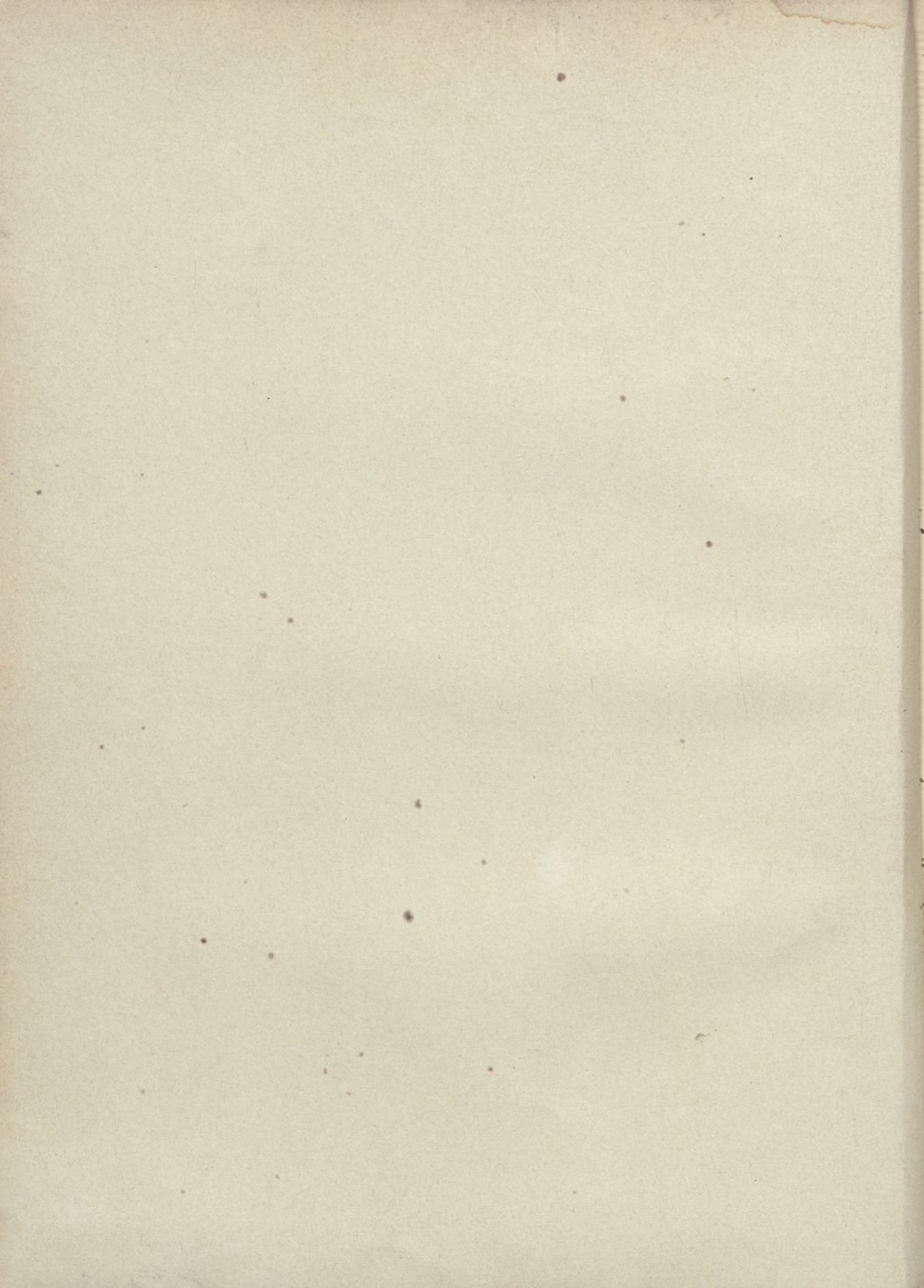


100100247562

MAX MOHR
ARCHITEKTUR-BUCHHANDLUNG
BERLIN W.







Gesamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« (zugleich Verzeichnis der bereits erschienenen Bände, bezw. Hefte) sind am Schlusse des vorliegenden Heftes zu finden.

Jeder Band, bezw. jeder Halb-Band und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet auch ein für sich abgeschlossenes Buch und ist einzeln käuflich.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von

Oberbaudirektor
Professör Dr. **Jofef Durm**
in Karlsruhe

und

Geh. Regierungs- u. Baurat
Professör **Hermann Ende**
in Berlin

herausgegeben von

Geheimer Baurat
Professör Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmstadt.

Dritter Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

2. Band:

Raubegrenzende Konftruktionen.

Heft 3, a:

Balkendecken.

ZWEITE AUFLAGE.



ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG (A. KRÖNER).
STUTT GART 1901.

DIE
HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

DES
HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR
DRITTER TEIL.

2. Band:

Raumbegrenzende Konstruktionen.

Heft 3, a:

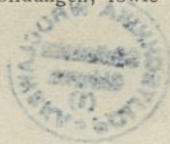
Balkendecken.

Von Georg Barkhausen,

Geh. Regierungsrat und Professor an der technischen Hochschule zu Hannover.

ZWEITE AUFLAGE.

Mit 499 in den Text eingedruckten Abbildungen, sowie 1 in den Text eingehafteten Tafel.



STUTTGART 1901.

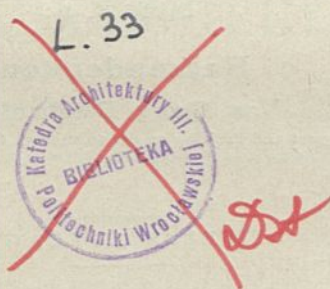
ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG
A. KRÖNER.

166 003

BIBLIOTEKA INSTYTUTU
HISTORII ARCHITEKTURY SZTUKI
I TECHNIKI

1082/3

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.



353797/1

Druck der UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT in Stuttgart.

6085

201/0448/P

Handbuch der Architektur.

III. Teil.

Hochbaukonstruktionen.

2. Band, Heft 3, a.

(Zweite Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Raumbegrenzende Konftruktionen.

2. Abschnitt.

Nach oben begrenzende Konftruktionen.

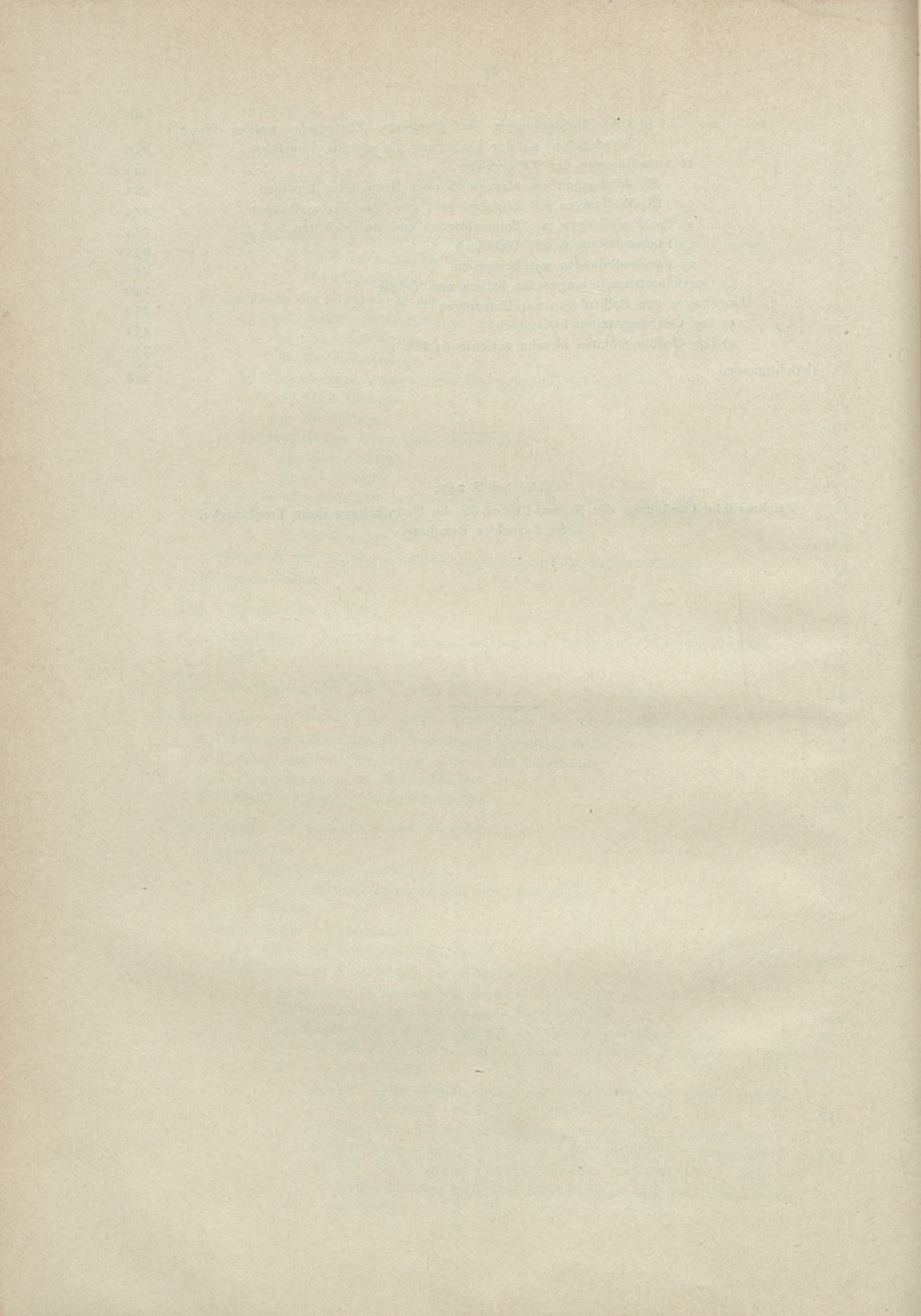
	Seite
Vorbemerkungen	I
A. Balkendecken	2
1. Kap. Unterstützung der Balkendecken	3
a) Unterstützung durch Gebäudewände	3
b) Unterstützung durch Freistützen	8
c) Auflagerung der Balken auf Unterzüge, bezw. der Unterzüge auf einen Mittelträger	28
2. Kap. Balkendecken in Holz	32
a) Balkenlage	33
b) Ausfüllung der Balkenfache (Fehlböden oder Zwifchendecken)	42
1) Balkenlagen ohne Ausfüllung	42
2) Dübelböden	43
3) Windelböden und Wickelböden, Wellerungen und Stakungen	44
4) Einschubböden	48
5) Neuere Fachausfüllungen	50
α) Fachausfüllungen der Gruppe A	50
β) Fachausfüllungen der Gruppe B, a	51
γ) Fachausfüllungen der Gruppe B, b	52
δ) Fachausfüllungen der Gruppe B, c	57
ε) Fachausfüllungen der Gruppe B, b	60
6) Wandanchluss der Fachausfüllung	65
c) Decke im engeren Sinne	65
3. Kap. Balkendecken in Holz und Eifen	74
4. Kap. Balkendecken in Stein, Mörtel oder Beton und Eifen	83
a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung	85

	Seite
1) Wölbung aus gewöhnlichen oder besonders geformten, Voll-, Loch-, Leicht- und Porensteinen	85
2) Wölbung aus dünnwandigen Hohlkaften	97
3) Wölbung aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton	105
α) Ohne Eifeneinlagen	105
β) Mit Eifeneinlagen	110
4) Wölbung aus Kappenkörpern, welche fertig in den Bau gebracht werden	130
α) Ohne Eifeneinlagen	130
β) Mit Eifeneinlagen	131
b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten	132
1) Plattenartige Fachausfüllungen aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton	132
α) Ohne Eifeneinlagen	132
β) Mit Eifeneinlagen	135
2) Plattenförmige, fertig in den Bau gebrachte Körper	149
α) Ohne Einlagen	149
β) Mit Einlagen	151
3) Dünnwandige Thon- oder Mörtelkaften	154
α) Ohne Einlagen	154
β) Mit Einlagen	157
4) Gewöhnliche oder besonders geformte Voll-, Loch-, Leicht- oder Porensteine	157
α) Ohne Einlagen	157
β) Mit Einlagen	164
c) Vergleich der Wirkung gewölbter und plattenartiger Fachausfüllungen	174
d) Verbundbalken	175
5. Kap. Balkendecken in Eisen	176
6. Kap. Herstellung selbständiger Decken im engeren Sinne unter eisernen Trägern und Balken	184
7. Kap. Beeinflussung der Decken durch Feuer	189
8. Kap. Schutz der Balkendecken gegen Feuchtigkeit und Schalldurchlässigkeit	192
a) Feuchtigkeitschutz für die Ausfüllungen der Balkenfache	192
b) Feuchtigkeitschutz für Träger, Balken und Lagerhölzer	195
c) Feuchtigkeitschutz für die Freistützen	198
d) Schutzmittel gegen Schalldurchlässigkeit	198
9. Kap. Stärke der Deckenteile und -Unterstützungen	201
a) Belastungen	201
1) Eigengewicht der Decken	201
Tabelle über Eigengewichte von Balkendecken	201
2) Nutzlast	203
b) Abmessungen der Deckenteile	203
1) Stärke der Fußbodenbeläge	203
2) Stärke der Ausfüllungen der Balkenfache	204
α) Stakung, Wellerung und Einschub	204
β) Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen	204
γ) Mauerwerks- und Mörtelplatten mit Einlagen; Verbundkörper	209
a) Die Platte nimmt nur Biegemomente auf; Entstehen von Rissen ist unzulässig	210
b) Die Platte nimmt außer dem Biegemoment auch Längsdruck auf; Entstehen von Rissen ist unzulässig	213
c) Die Platte nimmt nur Biegemomente auf; die Möglichkeit des Entstehens feiner Risse braucht nicht ausgeschlossen zu werden	213
d) Die Platte nimmt Biegemomente und Längsdruck auf; die Möglichkeit des Entstehens feiner Risse braucht nicht ausgeschlossen zu werden	215

	Seite
e) Die Zugspannungen im gezogenen Plattenteile werden bis zur Streckgrenze s_{st} der Umhüllung als wirksam eingeführt	216
δ) Auswölbungen der Trägerfache	221
A) Wölbungen aus Mauerwerk oder Beton ohne Einlagen	221
B) Wölbungen mit Eifeneinlagen; gewölbte Verbundkörper	225
ε) Fachausfüllungen mit Tonnenblechen und Buckelplatten	233
ζ) Fachausfüllungen mit Wellblech	235
η) Fachausfüllungen mit Belageisen	240
3) Querschnittsermittlungen für Balken und Träger	240
c) Abmessungen von Balkenlagen mit Unterzügen	252
1) Die Oeffnungsweiten sind gleich	253
2) Die Oeffnungsweiten können verschieden sein	258
Berichtigungen	268

Tafel bei S. 247:

Zeichnerische Darstellung der Normal-I-Eisen für die Unterfuchung ihrer Tragfähigkeit unter lotrechter Belastung.



III. Teil, 3. Abteilung:
RAUMBEGRENZENDE KONSTRUKTIONEN.

2. Abschnitt.

Nach oben begrenzende Konstruktionen.

Die durch die Gebäude geschaffenen, bzw. in denselben vorhandenen Räume werden nach oben in der Regel durch eine Decke, feltener durch das Dach begrenzt; letzteres bildet in den allermeisten Fällen den obersten Abschluss des Gebäudes. Im vorliegenden Hefte dieses »Handbuches« sollen die Decken, im nächstfolgenden die Dächer behandelt werden.

r.
Vor-
bemerkungen.

Wie bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (S. 3) dieses »Handbuches« gesagt worden ist, kann die Decke raumabschließend oder raumtrennend sein, je nachdem sie den betreffenden Raum nach außen hin abschließt oder ihn von einem darüber gelegenen Raume trennt. Im Verfolg dessen kann man unterscheiden:

- 1) Decken, über denen sich kein benutzter Raum befindet, welche also keinen Fußboden¹⁾ zu tragen und nur den Zweck der Raumabschließung zu erfüllen haben.
- 2) Decken, über denen ein oder mehrere benutzte Räume vorhanden sind, also Decken, welche letztere Räume nach unten begrenzen und deshalb einem Fußboden¹⁾ als Unterlage zu dienen haben.
- 3) Decken, welche den Unterbau für einen Altan, eine Terrasse etc. bilden.

Die Konstruktion der Decken ist eine sehr mannigfaltige. Sie lassen sich in dieser Hinsicht in drei Gruppen trennen:

- 1) Balkendecken oder Decken, deren hauptsächlich tragende Konstruktionsteile von fog. Balkenträgern²⁾ gebildet werden;
- 2) Gewölbte Decken, welche von steinernen Gewölben gebildet werden, und
- 3) Decken, die aus anderen Baustoffen, bzw. in anderer Weise konstruiert sind.

¹⁾ Die Fußböden werden, obigen Ausführungen entsprechend, im vorliegenden Abschnitt nicht zu besprechen sein. Es giebt Fußböden, die nicht auf einer Deckenkonstruktion aufrufen, und andererseits Decken, auf denen keinerlei Fußboden lagert. Ueber Konstruktion und formale Ausbildung der Fußböden ist in Teil III, Band 3, Heft 3 dieses »Handbuches« das Erforderliche zu finden; hier wird der Fußbodenkonstruktion nur insofern zu gedenken sein, als Decken häufig die Unterlage für Fußböden bilden.

²⁾ Siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«.

A. Balkendecken.

VON GEORG BARKHAUSEN.

Unter vorstehender Ueberschrift wird mit der Betrachtung der Balkendecken begonnen, weil sich unter diesen die geschichtlich ältesten finden. Den selben folgt die Besprechung der gewölbten Decken, und den Schluss bilden die verglasten Deckenkonstruktionen und Deckenlichter.

Das Gebiet der Balkendecken hat in den letzten Jahren, insbesondere seit dem Erscheinen der 1. Auflage des vorliegenden Heftes, einen staunenswerten Ausbau erfahren, der durch die Gesichtspunkte bedingt wurde:

- 1) die Tragfähigkeit der Decken den Forderungen der Neuzeit anzupassen;
- 2) die Undurchlässigkeit der Decken gegen Wasser, Wärme, Luft, Gase und Schall zu verbessern;
- 3) alle dem Vergange oder gar der Fäulnis ausgesetzten Stoffe aus den Decken zu verbannen;
- 4) das Uebertragen von Feuersbrünsten von einem Raume zum anderen, sowie die ungünstige Beeinflussung der Außenwände durch die Decken bei Feuersbrünsten zu verhüten und die Bekämpfung ausgebrochener Feuersbrünste zu erleichtern;
- 5) die Einwirkung der Decken auf die gesundheitlichen Verhältnisse der Räume möglichst günstig zu gestalten;
- 6) die Reinigung der Räume zu erleichtern;
- 7) die Höhe der Gebäude thunlichst weitgehend für die Lichthöhe der Räume nutzbar zu machen;
- 8) die Anlage weiter Räume zu ermöglichen, welche nicht durch Mauern und Stützenreihen, ja wenn möglich nicht einmal durch vereinzelt Freistützen beeinträchtigt sind, und
- 9) alle diese Anforderungen mit möglichst geringen Geldmitteln zu erfüllen.

Auch die neueren Konstruktionen der Fußböden haben erheblichen Einfluss auf die Bildung der Decken ausgeübt.

Diese vielseitigen Anforderungen der neuesten Zeit an die Balkendecken haben eine außerordentlich große Zahl verschiedener Deckenkonstruktionen, ja selbst neuartiger Baustoffe für Decken entstehen lassen, und da es sich um lohnenden Massenverbrauch handelt, eine sehr große Zahl von Patenten und Gebrauchsmustern gezeitigt, deren Inhaber jedesmal das eigene Erzeugnis als das beste anpreisen. Hierdurch ist eine große Schwierigkeit für die gerechte Würdigung der einzelnen Konstruktion entstanden, da erst für wenige derselben genügende Erfahrungen vorliegen. Für die vorliegende 2. Auflage blieb daher nichts anderes

übrig, als eine möglichst vollständige Darstellung des heutigen Gewirres von Deckenkonstruktionen zu geben, ohne bei der einzelnen stets eine Beurteilung eintreten zu lassen. Immerhin lassen sich aber auch jetzt schon gewisse Gesichtspunkte für eine Sichtung der reichen Auswahl gewinnen, und diese sollen von allgemeinem Standpunkte aus der ausgiebigen Einzeldarstellung nachgefügt werden. Es erschiene vermessend, wollte man über so viele ganz junge Konstruktionen in einem Werke von der Bedeutung dieses »Handbuches« schon jetzt abschließende Einzelurteile fällen; es muß dem Leser überlassen werden, sich nach den allgemeinen Gesichtspunkten, unterstützt von der eigenen Erfahrung, ein Urteil über die einzelnen Bauweisen zu bilden.

1. Kapitel.

Unterstützung der Balkendecken.

Die wichtigste allgemeine Grundregel für die Unterstützung der Balkendecken befiehlt, daß jeder tragende Teil eine genügende Auflagergrundfläche erhalten muß, um in ihr eine der Tragfähigkeit der unterstützenden Teile entsprechende Belastung der Flächeneinheit zu ermöglichen.

Die Unterstützung erfolgt durch die Gebäudewände oder durch Freitützen.

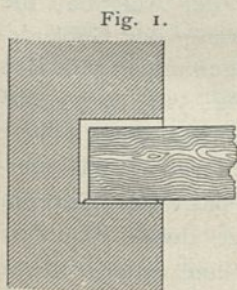
a) Unterstützung durch Gebäudewände.

Die Gebäudewände können ganz in Stein, in Fachwerk, in Holz u. f. w. ausgeführt sein.

Bei ganz steinernen Wänden sind bezüglich der Bestimmung der Größe der Auflagerflächen für die die Decken tragenden Teile diejenigen Einheitsbelastungen maßgebend, welche als zulässige in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 281, S. 247³⁾, Teil III, Band 1 (Fußnote 104, S. 196⁴⁾ und Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 11, a: Wandstärken) dieses »Handbuches« angegeben sind.

Gewöhnlich wird angenommen, daß sich der Druck der die Decke tragenden Teile gleichförmig über die Lagerfläche verteilt. In der That wird aber diese Verteilung durch die Durchbiegung der Träger unmöglich gemacht, welche stets eine

Mehrbelastung der Auflagervorderkante bewirkt. Eine derartige Kantenbelastung des Mauerwerkes ist aber schädlich, und deshalb ist es bei schwer belasteten Decken, wo die Auflagerflächen nicht — wie in den gewöhnlichen Fällen — aus praktischen Rücksichten größer gemacht sind, als sie streng genommen zu fein brauchten, ratsam, die tragenden Teile, etwa Balken, auf ein Bohlenstück oder eine Platte von Zementmörtel zu lagern, deren Vorderkante um einige Centimeter von der Mauerkante, diese entlastend, entfernt bleibt (Fig. 1). Besonders häufig tritt bei eisernen Tragkonstruktionen infolge der hohen



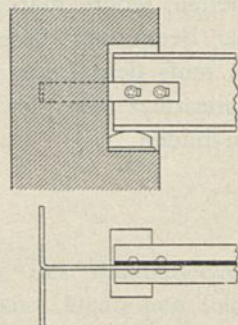
Festigkeit des Eisens, gegenüber der des Mauerwerkes, der Fall ein, daß zur Erzielung einer genügenden Lagerfläche am Träger selbst, bei der meist geringen

³⁾ 2. Aufl.: Art. 77, S. 53.

⁴⁾ 2. Aufl.: Fußnote 113, S. 220.

Breite des letzteren, ein übermächtig langes Stück in die Wand gesteckt werden müßte, wodurch die Wand geschwächt, der Träger unnötig lang und die Druckverteilung erheblich ungleichmäßiger wird, als bei kurzer Lagerung. In solchen Fällen wird es nötig, eine besondere Lagerplatte zwischen Träger und Mauerwerk einzulegen, welche aus Gufseifen nach Fig. 2 oder nach Fig. 588 (S. 216⁵⁾ in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches« auszubilden ist. Zweck der Platte ist, die zu große Auflagerlänge durch Verbreiterung des Lagers zu verkürzen und gleichförmige Druckverteilung zu sichern. Auch diese Platte soll um einige Centimeter von der Mauerkante entfernt bleiben. Alle solche Platten sind zunächst auf Keilen 1,5 bis 2,0 cm hohl zu verlegen und dann mit Zement zu vergießen. Beim Verlegen in ein Zementmörtelbett ist die genaue Herstellung einer vorgeschriebenen Höhenlage nicht leicht; die volle Unterbettung der Platte wird dabei aber meist besser erreicht, als durch Vergießen.

Fig. 2.



Die Verbesserung der Druckverteilung kann auch durch eine unter allen Trägerköpfen der Decke in der Mauer entlang laufende Mauerlatte, auch Mauerbank, Raftlade, Roftlade oder Roftschließe genannt, erzielt werden, auf welcher hölzerne Balken verkämmt werden (siehe Fig. 515, S. 179 in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches«⁶⁾). Dieselbe kommt nahezu ausschließlich bei hölzernen Tragwerken vor und hat hier den Vorteil, daß das Verzimmern der hölzernen Träger (Balkenlagen) durch Anordnung dieser einrahmenden Hölzer an Genauigkeit, weil an Bequemlichkeit gewinnt. Andererseits werden aber die Wände durch die durchlaufende Nut, welche für die Einlagerung der durchgehenden Latte ausgepart werden muß, in beträchtlichem Maße geschwächt. Es empfiehlt sich daher, die Verwendung der Mauerlatte — abgesehen von der Benutzung als Entlastungsträger über Öffnungen oder sonstigen schwachen Stellen der Mauern — auf solche Fälle zu beschränken, in denen sie ohne Herstellung einer Nut entweder auf einen Mauerabsturz — bei Verstärkung der Wände — oder auf eine Maueroberfläche — bei Dachbalkenlagen — verlegt werden kann; namentlich für den letzteren Fall ist ihre Verwendung behufs Verteilung der Dachlasten zu empfehlen. Auch die Mauerlatte muß mit der Außenkante etwas von der Mauerkante entfernt bleiben.

In den meisten Fällen haben die Deckentragwerke neben der Aufgabe, die Deckenlasten aufzunehmen, noch die der gegenseitigen Verankerung der Gebäudewände zu erfüllen, zu welchem Zwecke dann zwischen den Trägerenden und den Wänden eine Verbindung nach Art von Fig. 3, 4, 5, 6 u. Fig. 514, 515, 516 (S. 179⁷⁾ in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches« hergestellt werden muß. Diese Verbindungen können mit geringen Abänderungen auch für eiserne Träger verwendet werden; eine einfache derartige Anordnung stellt Fig. 2 dar. Bei schweren Trägeranordnungen erfolgt diese Verbindung gewöhnlich in der durch Fig. 602 (S. 224⁸⁾ im gleichen Bande dargestellten Weise, indem man eine untere Rippe der Lagerplatte, in welcher der Träger unbeweglich befestigt ist, nach unten in das

⁵⁾ 2. Aufl.: Fig. 605 u. 606, S. 245 u. 246.

⁶⁾ 2. Aufl.: Fig. 528, S. 194.

⁷⁾ 2. Aufl.: Fig. 527, 528 u. 529, S. 194.

⁸⁾ 2. Aufl.: Fig. 618, S. 256 u. Fig. 620, S. 257.

Mauerwerk greifen läßt und hier vergießt. Voraussetzung ist hierbei, daß das Mauerwerk zum Einstemmen der erforderlichen Nut fest genug ist. Diese Art der Befestigung wird aber nach dem an der bezeichneten Stelle Gefagten dann für die Wände gefährlich, wenn die Träger lang und erheblichen Wärmeschwankungen ausgesetzt sind, weil die Mauern dann durch die Längenänderungen der mit ihnen fest verbundenen Träger hin und her bewegt werden. In solchen Fällen muß man die Verankerung der Wände durch die Deckenträger aufgeben und die Wandstärken nötigenfalls unter Anfügen von Strebepfeilern so bemessen, daß die Wände für sich hinreichend standfest sind. (Siehe Teil III, Bd. I [Abt. III, Abfchn. I, A, Kap. II, b: Wandverfärkungen] dieses »Handbuches«.) Eine gewisse wagrechte Beeinflussung erfahren die Wände dann immer noch durch die Reibung der Träger auf ihren Lagern; diese ist bei der Untersuchung der Wände zu berücksichtigen.

Bei Feuersbrünsten wurde mehrfach der Einsturz der Gebäude dadurch hervorgerufen, daß die Längenausdehnung der an den Enden fest eingemauerten eisernen Träger infolge des hohen Wärmegrades die Mauern nach außen umwarf. Es ist daher notwendig, den Enden eiserner Träger genügend freies Spiel zu lassen, d. h. das Mauerwerk vom Trägerende zurückzusetzen und die Bolzenlöcher etwaiger Ankeranschlüsse länglich zu gestalten (Fig. 2). Das Maß der Ausdehnung berechne man für Eisen und Stahl nach dem Ausdehnungsverhältnisse $0,0000123$ für 1 Grad C. Wärmezunahme und mache ferner noch die Annahme, daß die ganze Längenänderung an einem Trägerende zum Austrage kommt.

Bei den hohen amerikanischen Häusern hat sich diese Maßregel nicht als genügend erwiesen, weil man bei ihrer Höhe die Unterstüzung der Wände durch die Innenteile in wagrechtem Sinne nicht entbehren konnte. Hier sind deshalb in neuerer Zeit die Aufgaben umgekehrt⁹⁾; man läßt nicht die Decken durch die Wände tragen, sondern errichtet zunächst ein selbständig tragfähiges Eifengerüst, welches die ganze Last des Gebäudes trägt und setzt dann eine schwache Außenverkleidung, in der Regel aus großen gebrannten Thonkaften (Terrakotten) mit geringem Gewichte gebildet, in die äußeren Maschen dieses Eifengerüstes ein, welches somit nun auch die Außenwände trägt. Da letztere bei dieser Anordnung alle Bewegungen des Eifengerüppes mitmachen, so ist die Gefahr ihrer Verletzung durch Längenänderungen der Träger gehoben, wenn sie nur sicher in die Felder des Eisenbaues eingebunden sind. Selbstverständlich sind dabei starke eiserne Stützen auch im Umfange des Gebäudes nötig.

Da die Deckenträger sich gleichmäßig über die ganze Länge der Mauern verteilen müssen, so ist die Lagerung einer gewissen Anzahl derselben über den Maueröffnungen des unteren Geschosses im allgemeinen nicht zu umgehen. Sind diese schmal, z. B. gewöhnliche Fenster eines Wohnhauses, so kann man die Deckenträger unbedenklich, wie es gerade bequem erscheint, über dem Schlussbogen der Oeffnung lagern. Werden die Oeffnungen aber weit, z. B. bei Einfahrten, Schaufenstern u. dergl., so ist für den Abschluß mittels Wölbogen meist keine genügende Höhe vorhanden; auch würden die bedeutenden Lasten Bogenstübe bewirken, für welche die Widerlager nicht vorhanden sind. Man lege dann zunächst Träger über diese Oeffnungen, welche die Last der Deckenträger und dazu häufig noch diejenige der Mauern der darüberliegenden Geschosse zu tragen haben.

⁹⁾ Siehe: EMPERGER'S Mitteilungen in: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. 34, S. 521 (1895, Juli-Dezember), — ferner: *Oestr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst* 1896, S. 1, 38.

In dem Falle, daß die gewölbten Bogen über den Öffnungen wohl zur Aufnahme der aufruhenden Mauerlast, nicht aber zu derjenigen der Deckenlast stark genug erscheinen, lege man in die Mauer über den Bogen noch einen mauerlattenartigen Längsträger, welcher die Deckenträger aufnimmt. Dieser Träger soll nun aber nicht wie eine Mauerlatte bloß druckverteilend wirken, sondern er soll die gefamte, über der Öffnung ruhende Deckenlast aus ihrem Bereiche auf die Seitenbegrenzungen übertragen; daraus folgt, daß er nicht voll auf dem Bogen untermauert werden darf, sondern beiderseits neben der Öffnung regelrechte Auflager erhalten, innerhalb der Öffnung aber vom Mauerwerke so weit frei bleiben muß, daß er die seiner Belastung entsprechende Durchbiegung annehmen kann, ohne das Mauerwerk zu berühren.

Bei schwachen und bei stark belasteten Mauern erscheint das Einlagern von Mauerlatten regelmäßig, oft aber auch das Einstecken der Balkenköpfe unzulässig, weil die entstehenden Löcher zu bedeutende Schwächung der Mauer hervorrufen.

In solchen Fällen kann man:

- 1) die Balken auf ausgekragte Lager aus Backstein, Haufstein oder Eisen lagern, indem man entweder unter jeden Balkenkopf ein Kragstück, bzw. eine Konsole setzt, oder
- 2) die Balken mittels eines auf in weiterer Teilung angebrachten Konsolen oder anderen Vorkragungen gelagerten Trägers unterstützt (Fig. 3, 5 u. 6), oder
- 3) einige Kragfichten auf die ganze Länge der Mauer vorstreckt (Fig. 4).

Bei dieser Art der Lagerung wird allerdings die Wand insofern ungünstig beansprucht, als das Kräftepaar A (Fig. 3) sie mit der Momentengröße Ad nach innen zu kanten fucht; die Mauer muß dann also stark genug sein, um außer den auf sie wirkenden lotrechten Lasten auch dieses Moment aufzunehmen. Ist aber die Wand — z. B. durch einen vom Dachstuhl ausgeübten Schub — schon vorwiegend an der Außenseite belastet, so kann diese die Pressungen an der Innenseite vergrößernde Art der Balkenlagerung sogar günstig für die Wand wirken.

Die Haufsteinkonsolen greifen thunlichst durch die ganze Wandstärke; bei ihnen wie bei den in Backsteinen vorgekragten Schichten soll die Ausladung bis Auflagermitte (A in Fig. 3) die Hälfte der Höhe nicht überschreiten.

Eine Verankerung der Wand, wenigstens an einzelnen Balken, wird auch hier regelmäßig ausgeführt (Fig. 3 bis 6).

Die Lagerung hölzerner Balken vor der Wand erfolgt bei geringer Stärke der letzteren auch zu dem Zwecke, die Balkenköpfe, welche bei Einlagerung die ganze

Fig. 3.

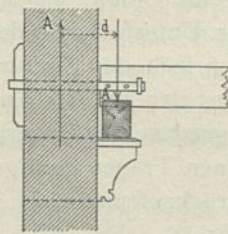


Fig. 5.

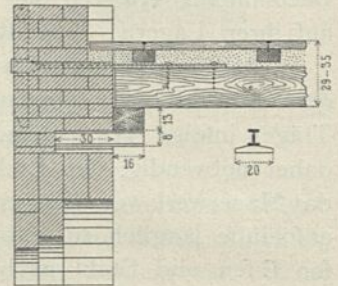


Fig. 4.

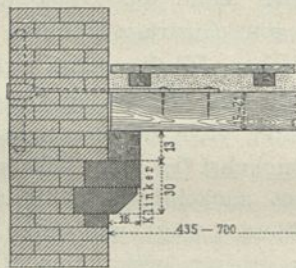
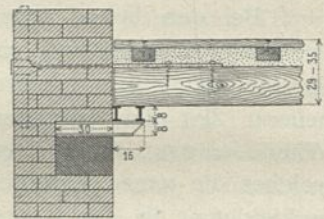


Fig. 6.



Mauerstärke durchdringen würden, nicht mit dem Hirnende der Witterung auszufetzen.

Ausgeführte Beispiele derartiger Lagerung auf Kragfichten und Konfolen zeigen Fig. 4, 5 u. 6, welche dem Gymnasial-Konviktsgebäude in Horn¹⁰⁾ entnommen sind.

Da die Säle bedeutende Längen (bis zu 23 m) haben, so fürchtete man die bei Einlagerung der Balken der verwendeten Dübeldecke unvermeidliche Schwächung der Mauern und führte daher bei 6,00 bis 7,15 m Saaltiefe die in Fig. 4 dargestellte Kraglagerung in harten Klinkern aus; die Mehrkosten hierfür betragen, einschl. der Lagerchwelle und des Putzens des die Kragleiste verdeckenden Gesimfes, für 1 lauf. Meter 3,75 Mark (= 2,2 Gulden). Bei Saaltiefen von weniger als 6,00 m wurde die Vorkragung in den gewöhnlichen Mauersteinen ausgeführt und kostete dann nur 0,53 Mark (1,9 Gulden) für 1 lauf. Meter.

Ueber den Fenstern liefs sich die Steinvorkragung wegen mangelnder Höhe nicht mehr durchführen; hier wurden daher in 75 cm Abstand kurze Abschnitte von I-Trägern Nr. 8 unter Auflagerung auf kleine gusseiserne Druckverteilungsplatten eingemauert, welche dann die Auflagerchwelle tragen (Fig. 5). Die in Fig. 6 dargestellte Anordnung von eisernen Kragträgern auf Auflagerquadern, welche als Lagerchwelle ein Paar I-Träger Nr. 8 tragen, wurde wegen der geringeren Höhe in Betracht gezogen, jedoch gegenüber der gewählten Anordnung nach Fig. 4 als zu teuer erkannt.

Die Verankerung solcher Wände, welche parallel zu den Balken laufen, also der fog. Giebelwände, kann durch die Balkenlage nur in viel mangelhafterer Weise erfolgen, als die derjenigen Wände, welche die Balkenköpfe aufnehmen, da der Widerstand der Balkenlage in diesem Sinne lediglich vom geringen seitlichen Biegungswiderstande der Balken abhängt. Man soll daher solche Wände in der Regel so ausbilden, das sie ohne Verankerung sicher stehen, daher namentlich den letzten Träger der Balkenlage nicht in, sondern vor die Wand legen.

Wird gleichwohl in einzelnen Fällen eine solche Verankerung nötig, so soll man dazu nicht blofs den letzten, sondern wenigstens zwei, wenn möglich drei Balken nutzbar machen, indem man nach Fig. 7 zwei schwache Wechsel in kurzem Abstände voneinander einzieht und in ihrer Mitte den Anker — hier Rundeisen — durch die Balken und die Wand führt. Dabei mus der letzte Balken fest gegen die Wand abgekeilt sein, was übrigens auch wegen des später zu besprechenden dichten Anschlusses der Balkenlage an die Wand nötig ist.

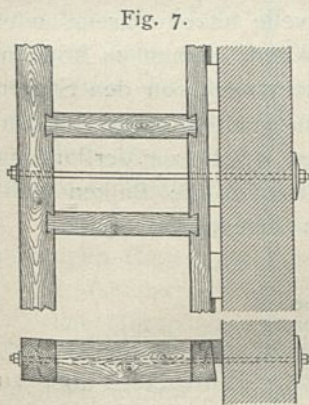


Fig. 7.

Wesentlich wird diese Art der Verankerung im fertigen Gebäude durch solche Fußböden und Deckenausbildungen unterstützt, welche eine auf Zug widerstandsfähige Verbindung zwischen den Balken herstellen, also namentlich bei Bretterfußböden und bei Deckenschalung, da durch solche der seitliche Biegungswiderstand aller Balken für die Verankerung nutzbar gemacht wird.

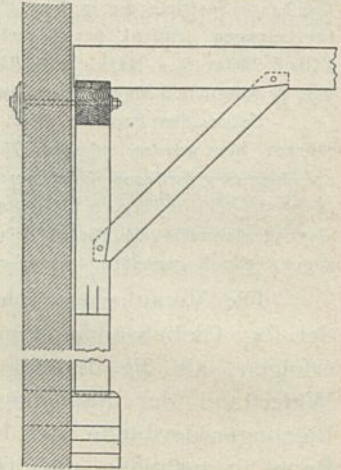
Bei eisernen Balken ändert sich die Anordnung gegen Fig. 7 in keinem wesentlichen Punkte.

Ist nun die Tragfähigkeit der Mauern so gering, das sie auch die Lagerung auf Vorkragungen nicht ertragen, so mus man vor ihnen ein Traggerüst aus hölzernen Stielen mit hölzernen Balken oder eisernen Stützen mit Eisenträgern aufstellen, wenn man die Wände nicht in der auf S. 5 für die hohen amerikanischen Häuser besprochenen Weise überhaupt in ein selbständiges eisernes Traggerüst blofs

¹⁰⁾ Nach: Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 361.

einhängt. Die Eifenstützen werden ganz nach dem in Teil III, Band 1 (S. 184 u. ff.¹¹⁾ dieses »Handbuches« über Freiftützen in Eifen Gefagten behandelt, indem man sie bis auf die unmittelbar auf dem Baugrunde vorzunehmende Gründung hinabführt; hölzerne Stiele stellt man dagegen gern auf einen feineren Sockel mit Deckquader, um das untere Ende über dem Erdboden trocken und unter guter Aufsicht zu halten (Fig. 8). Dabei werden die Stiele gegen den darüberliegenden Längsträger und — wenn ein Balken über dem Stiele liegt — auch gegen diesen durch Kopfbänder verspreizt. Das untere Stielende wird in den Quader etwas eingelassen oder stumpf aufgesetzt und mittels Dollen unverschieblich gemacht; diese Vorkehrungen sind jedoch bedenklich, wenn Nässe den Stiel erreichen kann. Es ist zweckmäfsig, zwischen die Hirnfläche des Stieles und den Quader eine 1,5 mm dicke, an Gröfse dem Stielquerchnitte entsprechende Blei- oder wenigstens Schwarzblechplatte einzulegen, welche den Druck auch bei geringen Unebenheiten der Aufständerflächen gleichförmig verteilt und zugleich einigen Schutz gegen Feuchtigkeit gewährt.

Fig. 8.



3.
Fachwerk-
wände.

Bei Wänden aus Holzfachwerk erfolgt, wie dies schon in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 6: Wände aus Holz und Stein [Holzfachwerkbau], insbesondere unter a [Holzgerippe]) ausgeführt worden ist, die Lagerung der Balken zwischen dem Rahmen des unteren und der Schwelle des oberen Geschosses, so dass also die Balkenlage die Wände zweier aufeinander folgender Geschosse trennt. Die Balken werden dabei mit Rahmen und Schwelle haken-, kreuz- oder schwalbenschwanzförmig verkämmt, um als Anker für die Wände dienen zu können. Zu beachten ist übrigens nur die Regel, dass die Balken nicht weit von den Stielen des Fachwerkes entfernt liegen sollen, woraus folgt, dass die Stielteilung der Balkenteilung thunlichst entsprechen sollte. Ueber die Anordnungen, welche zur Verstärkung der Rahmen zu treffen sind, wenn aus irgendwelchen Gründen die Balken nicht über die Stiele gelegt werden können, vergleiche die oben angezogene Stelle.

b) Unterstützung durch Freiftützen.

4.
Freie
Mittelfützen.

In der Regel wird man die Balken einer Decke so legen, dass sie die kleinere Abmessung des deckenden Innenraumes frei überspannen. Wird diese aber zu groß, um noch mit den zweckmäfsig zu verwendenden Balkenmassen überdeckt werden zu können, so muss man für die Balken noch Mittelunterstützungen anordnen.

Solche Mittelunterstützungen der Balken werden letztere in der Regel rechtwinkelig kreuzen. Da die Balken aber nach der kleineren Raumabmessung gelegt waren, so werden diese Unterstützungen nunmehr die grössere Weite zu überspannen und die großen von den Balken gesammelten Lasten zu tragen haben. Für diese unterstützenden Träger, welche, je nachdem sie die Balken durch Anhängen oder Auflagern aufnehmen, bezw. Ueberzüge oder Unterzüge heissen, wird man sonach ganz besonders großer Tragfähigkeit bedürfen; man wird daher häufig in die

¹¹⁾ 2. Aufl.: S. 199 u. ff.

Lage kommen, die Ueberzüge und Unterzüge in gewissen Abständen ihrerseits wieder durch andere Konstruktionsteile unterstützen zu müssen.

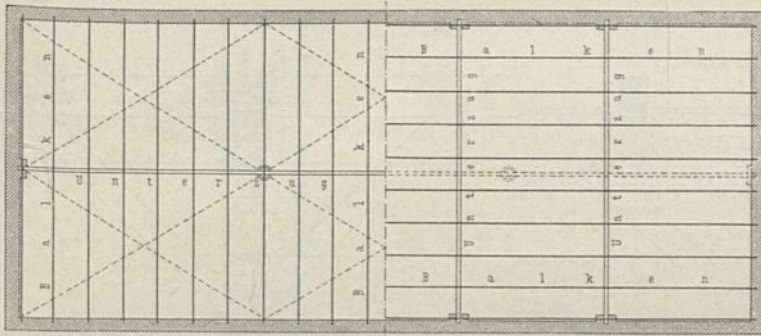
Diese Unterstützung der Ueber- und Unterzüge erfolgt auf zweierlei Weise, entweder:

1) Von oben, durch Anhängen an den Dachstuhl; diese Unterstützungsart kann in der Regel nur in der Dachbalkenlage erfolgen und wird im nächsten Hefte (Abt. III, Abschn. 2, unter E: Dachstuhlkonstruktionen) dieses »Handbuches« behandelt werden; sie läßt den darunter befindlichen Innenraum vollkommen frei.

2) Von unten durch Auflagerung auf gesondert gegründete Freistützen, deren eiserne Säulen oder hölzerne Stiele die völlig ungeförte Benutzung der Räume bis zu gewissem Grade beeinträchtigen. Ein einfaches Tragwerk dieser Art zeigt Fig. 9.

Fig. 9.

Fig. 10.



Der ganze Raum ist dabei nur durch zwei Freistützen und den unter der Decke sichtbaren Längsunterzug gefört, enthält außerdem vielleicht an den kurzen Seiten zwei Wandvorlagen zur Aufnahme der Endauflager des Unterzuges.

Ist das Aufstellen von Freistützen in den Räumen nicht zulässig, auch das Anhängen an das Dach unmöglich, so bleibt als letzte Anordnung der Unterstützung die Spannung einer größeren Zahl von Unterzügen nach der kurzen Raumabmessung in solcher Teilung übrig, daß die Balken nunmehr der Länge des Raumes nach von Unterzug zu Unterzug gestreckt werden können, wie in Fig. 10. Diese Anordnung zeigt auch das durch Fig. 598 bis 602 (S. 221 bis 226) in Teil III, Bd. 1 (Art. 319¹²) veranschaulichte Beispiel 2.

Die Unterzüge werden als Balken oder gegliedert aus Holz oder Eisen nach denjenigen Regeln ausgebildet, welche bezüglich der »Träger« in Teil III, Bd. 1 (Abt. I, Abschn. 2, Kap. 3 u. Abschn. 3, Kap. 7) dieses »Handbuches« gegeben sind.

Die Unterzüge können auf die Freistützen in gewöhnlicher Weise im Schwerpunkte des Stützenquerschnittes aufgelagert werden, wenn die Stützen nur durch ein Geschosse reichen. Müssen sie durch mehrere Geschosse durchgeführt werden, so ist es für Eisenkonstruktionen in der Regel, für Holzbauten stets unzulässig, Unterzug und Balken oder einen von beiden auf die untere Stütze zu lagern und dann die obere Stütze auf die Träger zu setzen, da hierdurch die Lastübertragung in den Stützen verschlechtert und die Steifigkeit der oft sehr hohen Konstruktion gegen seitliche Verdrückungen wesentlich beeinträchtigt wird. Bei Holz ist diese Unterbrechung der Stützen besonders gefährlich, weil hier durch das Einlegen von Querholz in das Langholz der Freistützen erhebliche Sackmaße entstehen. Hätte z. B. ein Lagerhaus 5 Obergeschosse und in jedem derselben Unterzüge von 32 cm und Balken von

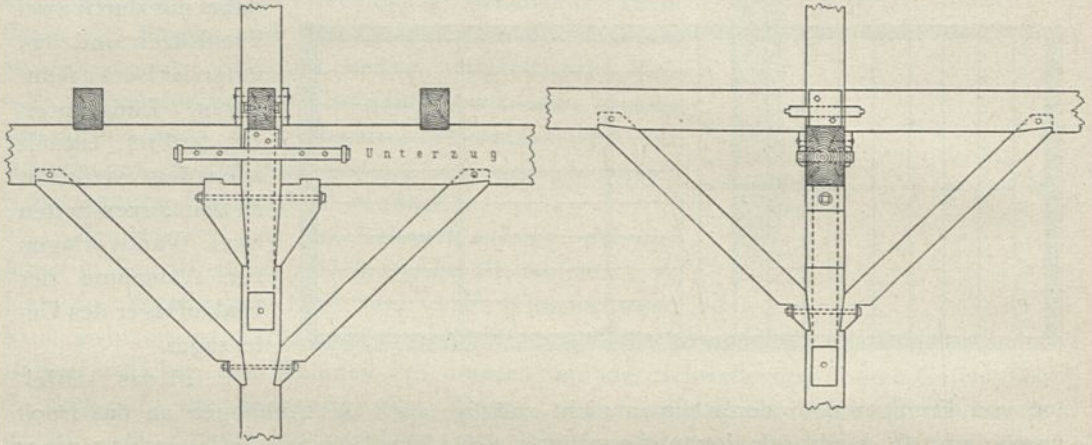
¹²) 2. Aufl.: Art. 329 u. Fig. 616 bis 620 (S. 253 bis 259).

25 cm Höhe, welche die Freistützen unterbrechen, so befänden sich in der Stützung des Fußbodens des obersten Gefchoffes $5 (32 + 25) = 285$ cm Querholz; nimmt man nun an, daß das Querholz seine Höhe durch Eintrocknen und Zusammendrücken durch die Freistützenbelastung auch nur um 3 Hundertstel verringert, so entstände im obersten Gefchoffe schon ein Sackmaß von $3 \frac{285}{100} = 8,55$ cm, welches den Boden dieses Gefchoffes ernstlich gefährden würde.

5.
Hölzerne
Freistützen.

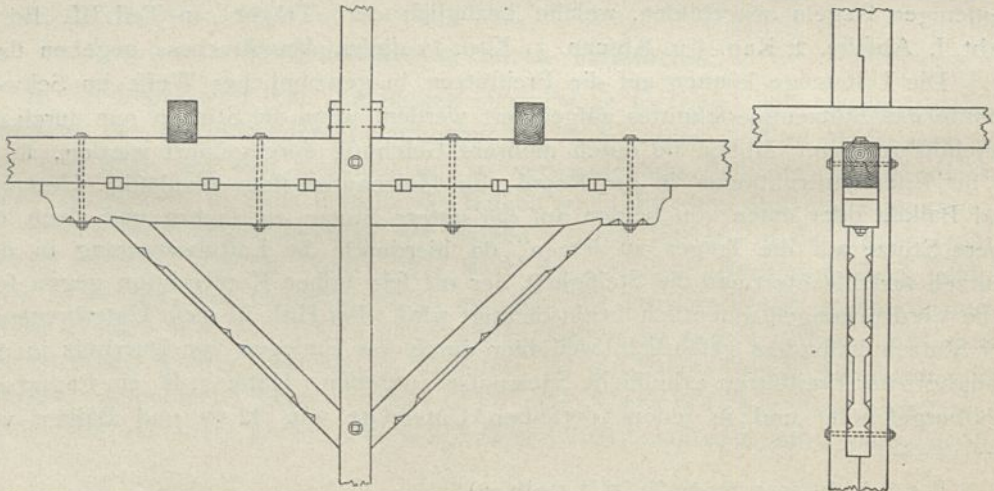
Beispiele der Unterstützung von Unterzügen und Balken mittels hölzerner Freistützen zeigen Fig. 11 bis 15. In Fig. 11 ist der Unterzug aus einem starken Balken, nötigenfalls verzahnt oder verdübelt, gebildet, welcher mitten vor die durchgehende hölzerne Freistütze trifft, die man wohl auch Stiel, Pfoften oder

Fig. 11.



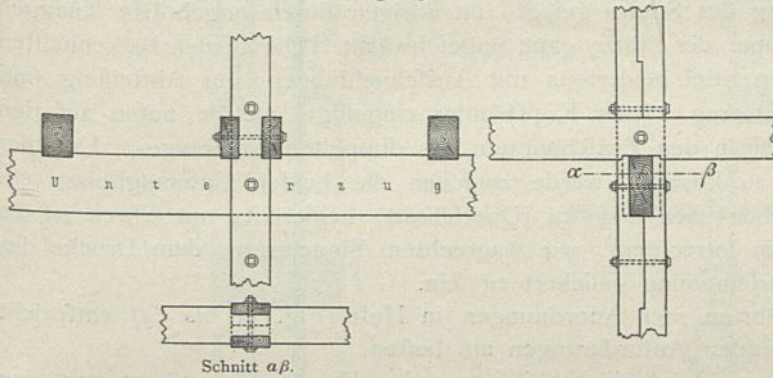
Ständer nennt. Der Unterzug mußte daher, um den Stiel nicht durch Zapfen zu schwächen, mittels angebolzter, verzähter Knaggen unterstützt werden. Um jedoch nicht die Sicherheit der Lager dem einen Knaggenbolzen allein anzuvertrauen, sind die Enden der Unterzugstücke noch durch zwei mit Krampen befestigte Flachschienen

Fig. 12.



verbunden. Außerdem sind zwei Kopfbänder zur Versteifung des Stieles eingesetzt, welche im Stiele aber bloß Verfatzung, keine Zapfen erhalten. Wie der Unterzug von der einen, so flößt von der anderen Seite ein Balken mitten auf den Stiel, welcher gegen diesen mittels zweier Kopfbänder und angenagelter Bohlenstücke abgestützt ist; die beiden Balkenenden sind durch zwei Eisenklammern verbunden. In Balkenhöhe sind noch zwei Bohlenstücke an den Stiel genagelt, um die Fußbodenbretter lagern zu können. Obwohl der Stiel hier ungeschwächt durchgeht, ist die Anordnung doch eine mangelhafte, weil das Durchschneiden sowohl des Unterzuges, wie des Balkens die wirkfame Verankerung der Stiele und Wände wesentlich beeinträchtigt. Das Durchschneiden des Unterzuges hat außerdem die

Fig. 13.



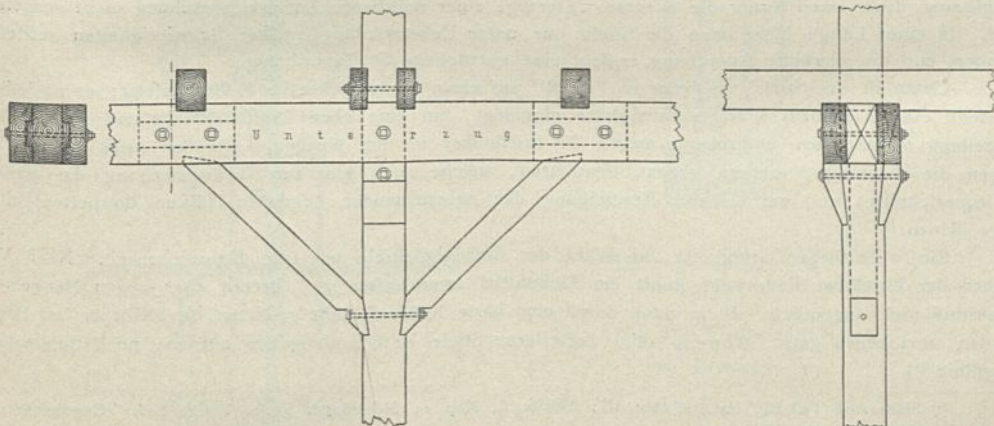
Folge, daß die Ausnutzung der Vorteile unmöglich wird, welche durch Anordnung überkragender Gelenkträger erreicht werden können.

Auch in Fig. 12 ist der Unterzug einfach; um ihn nicht durchschneiden zu müssen, ist der Stiel doppelt (verschränkt)

angeordnet. Unterzug und Sattelholz liegen in einer Durchbrechung des Doppelstieles, dessen Seitenteile gleichwohl unmittelbare Lastübertragung von oben nach unten ermöglichen. Das Zusammentreffen von Balken und Stiel ist dadurch vermieden, daß der Stiel in die Mitte einer Balkenteilung gestellt wurde. Die Enden der auf den Stiel stossenden Fußbodenbretter werden durch angenagelte Bohlenstücke unterfützt.

Ebenso ist in Fig. 13 der Stiel doppelt mit Verschränkung angeordnet; er nimmt den Unterzug, welcher in der Ueberkreuzung von beiden Seiten ausgeschnitten ist, in einer Durchbrechung auf, so daß dieser, wenn auch geschwächt, durchläuft.

Fig. 14.



Auch der den Stiel treffende Balken ist in diesem Falle nicht durchschnitten; er ist vielmehr doppelt angeordnet, umfaßt mittels Ausschneidungen den Stiel von beiden Seiten und gestattet zugleich die Lagerung der Bretterenden am Stiele; der Stiel ist nun offenbar nach allen Seiten wirksam verankert. Wegen der günstigeren Lagerung aller Teile ist vom Anbringen von Kopfbändern abgesehen. Mängel dieser Anordnung sind die rechteckige Stielform, welche mit Rücksicht auf Zerknicken dem Quadrat gegenüber einen Mehraufwand erfordert, und die Schwächung des Unterzuges in der Stütze, der Stelle eines seiner größten Biegemomente, wenn er durchlaufend oder überkragend angeordnet ist.

Wesentlich kräftiger kann man den Unterzug für schwere Decken ausbilden, wenn man sowohl ihn, als auch den Balken doppelt anordnet (Fig. 14). Er ist in eine flache Ausklinkung des Stieles gelegt, im übrigen durch angebolzte Knaggen unterstützt und somit über der Stütze ganz ungechwächt. Die beiden Balkenhälften umfassen auch hier den Stiel beiderseits mit Ausschneidungen; zur Absteifung sind zwischen Stiel und Unterzug wieder Kopfbänder eingefügt, welche unten auf den Stiel treffen, oben aber in den Zwischenraum des doppelten Unterzuges. Um hier Verfälschung anordnen zu können, wurde zwischen die beiden Unterzughölzer ein Klotz eingefügt, welcher nach Fig. 14 (Querschnitt) beiderseits mit Ohren in die Hölzer eingreift, um in lotrechtem, wie wagrechtem Sinne unter dem Drucke des Kopfbandes gegen Verschiebung gesichert zu sein.

Von den vorggeführten vier Anordnungen in Holz (Fig. 11 bis 14) entspricht die letzte den zu stellenden Anforderungen am besten.

Fig. 15 zeigt eine Holzstieldurchbildung mit eisernen Unterzügen aus den Lagerhäusern des Freihafengebietes in Bremen, welche in äußerst geschickter Weise dem fünfgeschossigen Stiele ein sicheres Gefüge giebt, im Querschnitte den nach unten zunehmenden Lasten genau angepaßt ist und die Kraftübertragung aus den Unterzügen in den Stiel in der Schwerlinie des letzteren fast vollkommen sichert. Letztere wichtige Eigenschaft geht namentlich der Anordnung in Fig. 11 völlig ab; denn eine Lastabgabe aus dem Unterzuge an den Stiel in seiner Schwerlinie ist nur in dem einen Falle denkbar, daß die Auflagerdrücke der beiden an den Stiel stoßenden Unterzügen zufällig genau gleich sind.

Bei der Bremer Anordnung in Fig. 15 werden zwar die Stielhölzer durchschnitten und die Unterzüge zwischen dieselben eingefügt; hier ist dies aber unbedenklich, weil in jedem Boden mindestens einer der fest miteinander verbolzten Stielteile ungechwächt durchgeht und zur Versteifung der durchgeschnittenen dient, weil ferner die eisernen Unterzüge einer meßbaren Zusammendrückung nicht ausgesetzt sind. In einer Länge hätte man die Stiele nur unter Ueberwindung großer Schwierigkeiten aufstellen können, und die gewählte Anordnung ergibt eine vorzügliche Stofsanordnung.

Unten ist der Stiel, wie jener in Fig. 8, auf einen Mauerpfeiler im Keller gesetzt; es ist jedoch zunächst eine in Zement verlegte Eisenplatte eingelegt, um eine ebene Aufstandsfläche und gute Druckverteilung zu erreichen, und ebenso treten die Stielhölzer in den übrigen Geschossen nicht unmittelbar gegen die Unterzüge, sondern gegen Eisenplatten, welche auch hier zur Nutzbarmachung des ganzen Holzquerschnittes und zur sicheren Vereinigung der nebeneinander liegenden Hälften doppelter Unterzüge dienen.

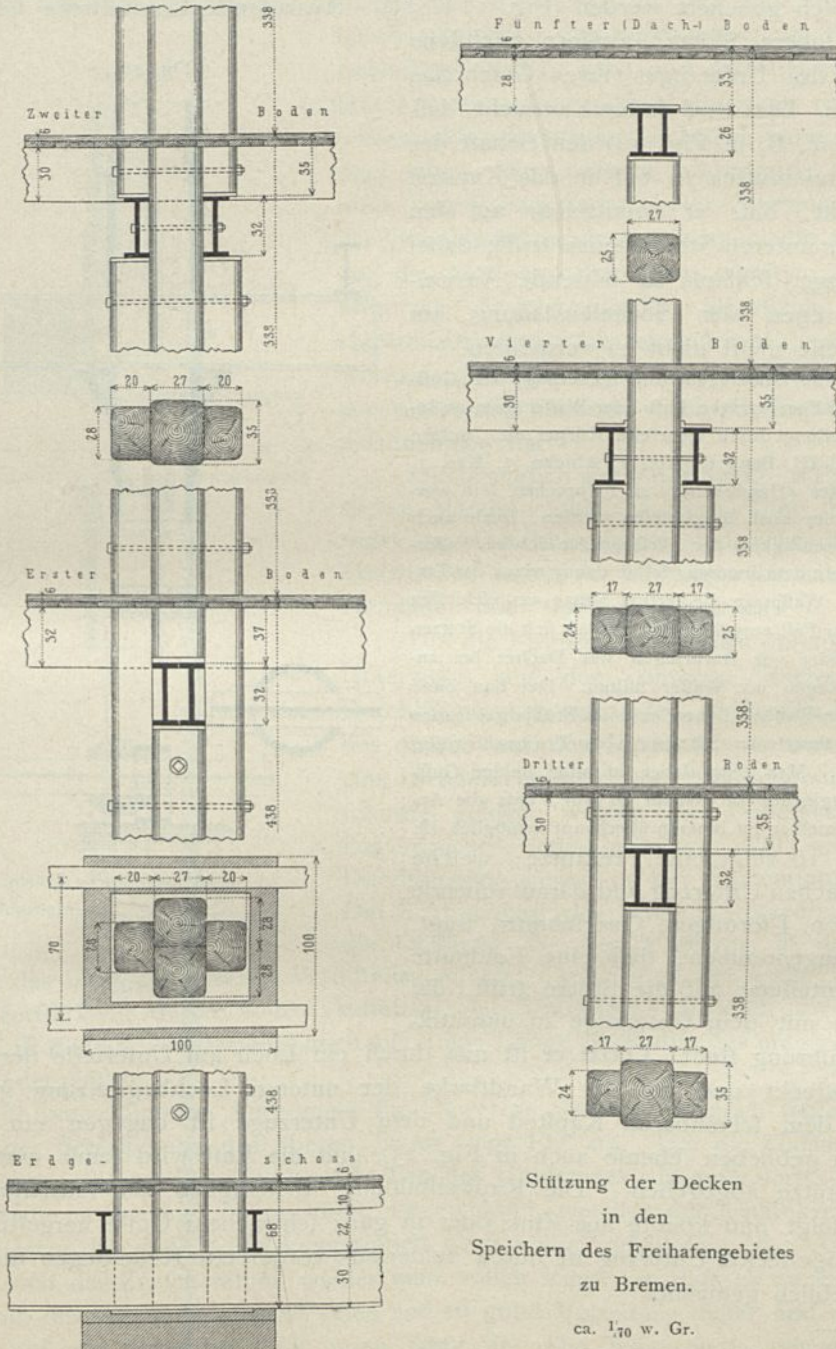
Ein wesentlicher Grund für die Wahl der Eichenholzstiele war die Feuericherheit. Nach Versuchen der Londoner Feuerwehr kohlte ein Eichenstiel zwar außen an, brennt aber wegen Mangels an Sauerstoff nicht eigentlich. Ist er dann durch eine harte Kohlenschicht geschützt, so bleibt er bei Hitze-graden, bei denen guß-, schweiß- oder flusseiserne Stiele zu Grunde gehen würden, noch stundenlang tragfähig¹³⁾.

¹³⁾ Siehe auch Teil III, Band 6 (Abt. III, Abchn. 6, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer) dieses »Handbuches« — ferner: Deutsche Bauz. 1895, S. 60, 137.

Auch gusseiserne Freistützen können zur Unterstützung sowohl hölzerner, wie eiserner Unterzüge oder Balken verwendet werden. Die allgemeinen Grundsätze sind hier dieselben, wie bei Holzbauten; vor allem soll auch hier der ungeschwächte Stützenquerschnitt thunlichst ohne Abweichung von der Lotrechten durchgeführt werden. Ganz besonders ist vor starker Ausladung belasteter Kapitelle und Fuße

6.
Gusseiserne
Freistützen.

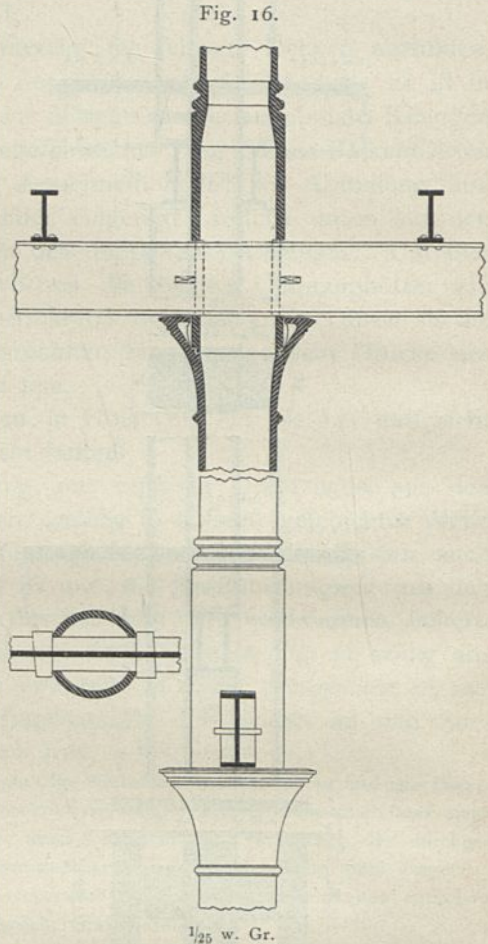
Fig. 15.



profile zu warnen, da solche unter der Last bereits thatfächlich abgesehert und so Anlaß zum Einsturze wurden, wobei sich die Stützteile, wie die Auszüge eines Fernrohres, ineinander schoben. Sockelprofile sollen daher in schlanker Ausweitung nur wenig ausladen (Fig. 16). Sind aus ästhetischen Rücksichten starke Ausladungen verwendet worden, so müssen sie entweder durch Ummantelung hergestellt oder im Inneren durch nach dem Mittelpunkte gerichtete Versteifungsrippen gegen Bruch gesichert werden (Fig. 17 u. 23). Ausladende Kapitellteile sollen niemals die obere Stütze, sondern höchstens die Last des Unterzuges ihres Geschosses aufnehmen. Dies wird dadurch erreicht, daß man, wie z. B. in Fig. 16, den Schaft des oberen Säulenfußes so tief in das Kapitell hineinsteckt, daß er unmittelbar auf den Schaft des unteren Stützteiles trifft; dabei sind geringe, schlank zu bildende Ausweitungen wegen der Sockelausladung am oberen Teile meist nicht zu vermeiden.

Auf die Maßregeln zur Sicherung der Gußstützen gegen Feuergefahr, Luft- oder Wasserstrom im Inneren, Umhüllung durch feuerfeste Körper etc., welche noch in Teil III, Band 6 (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 1, unter a) dieses »Handbuches« zu besprechen sein werden, möge hier noch hingewiesen werden, sowie auch auf die Notwendigkeit der Fürsorge für sichere Wasserabführung aus dem Inneren, selbst dann, wenn das Eindringen von Wasser in die fertige Stütze ausgeschlossen ist. Es ist der Fall vorgekommen¹⁴⁾, daß sich die Stützen eines Gebäudes vor Aufbringen des Daches bei anhaltendem Regen mit Wasser füllten. Der Bau blieb im Winter im Rohbau stehen, und im Frühjahr fanden sich dann mehrere der Stützen in der Formnaht völlig aufgeprengt. Man sehe daher in allen hohlen Gußstützen Abzuglöcher für Wasser so vor, daß die Ansammlung desselben im Inneren überhaupt unmöglich ist.

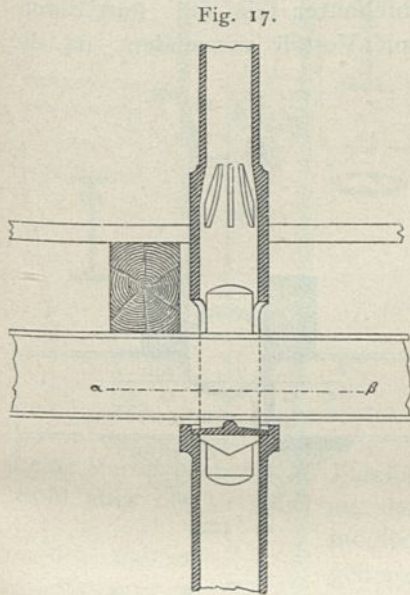
Fig. 16 zeigt eine Freistütze, welche einen einfachen Unterzug und darauf ruhende Balken von I-förmigem Querschnitte trägt. Hier ist angenommen, daß eine Feldmitte der Balkenteilung auf die Stütze trifft, die somit nur mit dem Unterzuge in unmittelbarer Berührung steht. Letzterer ist nun durch ein Loch am Unterteile der oberen Stütze gesteckt und auf der Wandstärke der unteren Lochbegrenzung gelagert; zwischen dem scheinbaren Kapitell und dem Unterzuge ist dagegen ein offener Spielraum geblieben (ebenso auch in Fig. 23), und die Last wird somit unmittelbar an die Stütze abgegeben. Die Kapitellbildung ist lediglich der Ausschmückung halber erfolgt und könnte aus Zink oder in ganz schwachem Guße hergestellt sein. Der durchgesteckte Unterzug ist durch beiderseits vorgeetzte Keile gegen die Stütze unverschieblich gemacht.



¹⁴⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1890, S. 608.

Von besonderer Wichtigkeit ist vollkommener Schluß der Fuge zwischen beiden Stützteilen, welche zur Verhinderung selbst kleiner Verschiebungen falzförmig gestaltet ist; die Fugenflächen müssen bei guter Ausführung in beiden Teilen abgedreht fein, und dichten Schluß erreicht man, indem man bei leichten Stützen Blei-, bei schwereren Kupferringe einlegt.

Diese Konstruktion gestattet die durchlaufende Anordnung des einfachen Unterzuges, hat aber den für schwere Stützen sehr erheblichen Mangel, daß der Stützen-



Schnitt a β.

Vom Gafthof »Englischer Hof« zu
Hildesheim. — $\frac{1}{25}$ w. Gr.

querchnitt durch den durchgesteckten Träger erheblich geschwächt wird und daß bei unvermeidlichen Durchbiegungen des Unterzuges eine schiefe (exzentrische) Belastung der Stütze vorwiegend auf dem einen oder anderen Lagerrande entstehen muß. Die Balken sind auf den Unterzug genietet; der Querschnitt der letzteren muß also unter Abzug der Nietlöcher berechnet werden. Die Gußform aller Stützteile ist, abgesehen von der Kapitellausladung, sehr einfach; in letzterer sind Versteifungsrippen angedeutet, welche jedoch nur zur Ausführung kommen, wenn das Kapitell Lasten aufzunehmen hat.

Die bezüglich der Anordnung in Fig. 16 gerügten Mängel: schiefe Lagerwirkung des Unterzuges bei Durchbiegungen und Schwächung der Stütze, sind in der Ausführungsweise nach Fig. 17 vermieden oder doch abgeschwächt.

Um die Kantenlagerung des durchgesteckten Unterzuges auf dem unteren Stützteile bei Durchbiegung zu vermeiden, ist in den Hohlraum des oberen auf den Rand des unteren zunächst eine Schneidenplatte von tragfähigem T-Querschnitte gelegt, welche die Uebertragung des Lagerdruckes vom Unterzuge selbst nach dessen Durchbiegung genau in der Stützenmitte sichert. Die Schwächung des oberen Stützteiles durch die Oeffnung für den Unterzug ist durch Verdickung des übrig gebliebenen Wandteiles ersetzt. Damit aber der volle Querschnitt dieser Verstärkung durch volles Auftreten der Unterfläche wirklich zur Wirkung gelangt, ist dieselbe Verstärkung auch auf einige Länge im Kopfe des unteren Stützteiles niedergeführt.

Eine ganz ähnliche Anordnung für schwerere Stützen mit noch besserem Ausgleich der Schwächung des oberen Teiles zeigt Fig. 23. Um die Gußmodelle zu vereinfachen, ist hier für das Durchstecken des Unterzuges ein gefondertes Gußstück zwischen die untere und obere Stütze eingeschaltet, welches durch halbkreisförmiges Herumführen der drei Verstärkungsrippen oben völlig geschlossen ist. Auch unten schließt sich das Zwischenstück wieder zum vollen Ringe, so daß es zu einer guten Aufnahme der oberen Stützenlast oben und zu guter Verteilung dieser und der Unterzugslast auf den Ringquerschnitt unten fähig ist. Die Trägerplatte mit gewölbtem

Schneidenaufleger mußte daher hier auf den Unterrand der zum Durchstecken des Unterzuges bestimmten Durchbrechung des Zwischenstückes gelagert werden.

Die Anordnung in Fig. 23 dürfte selbst für die schwersten Stützen allen Anforderungen genügen, solange das Verhältnis der Unterzugsbreite zum Stützendurchmesser das Durchstecken des Unterzuges gestattet; doch ist in dieser Beziehung zu betonen, daß man durch geeignete Formung des Zwischenstückes auch das Durchstecken von Unterzügen ermöglichen kann, deren Breite verhältnismäßig größer ist als in Fig. 23.

Auch wenn der Unterzug auf der Stütze durchschnitten sein soll, statt durchzulaufen, kann man die Anordnung in Fig. 23 mit Vorteil verwenden, da die Lagerung der beiden, schwach in der Höhenmitte zu verlaschenden Enden eines durchschnittenen Unterzuges auf die flach gewölbten Schneidenplatten ebensowohl möglich ist, wie diejenige eines ununterbrochen durchlaufenden Trägers.

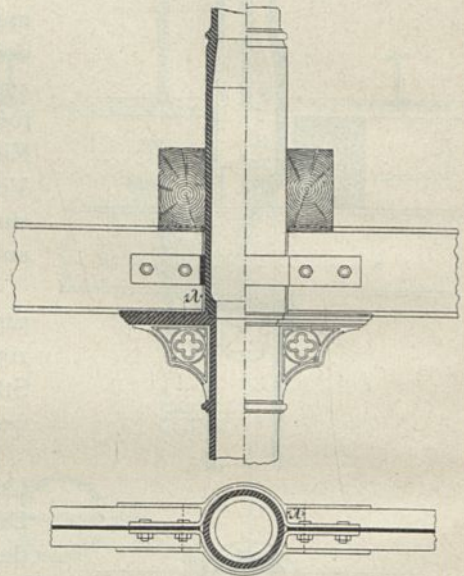
Die Schwächung der Stütze ist in Fig. 18 vermieden, wo infolgedessen aber der Unterzug nicht durchlaufen kann, sondern von beiden Seiten auf angegoffene Konfolen gelagert werden muß; in solcher Weise geht die Möglichkeit verloren, den Unterzug durchlaufen zu lassen, und außerdem wird die Stütze infolge der Lagerung der beiden Unterzügen schief belastet (exzentrisch beansprucht), wenn der eine Unterzug schwerer belastet ist, als der andere (wie in Fig. 11). Die Längsverbinding ist mittels um die Säule gelegter Flachlaschen hergestellt.

Die Konfolen sind in dem durch Fig. 18 dargestellten Falle angegoffen, werden aber zur Vermeidung der schwierigen Gußform häufig gefondert hergestellt und ange-schraubt. Damit die Lastübertragung nicht weit von der Stützenmitte erfolgen kann, sollen die Konfolen so kurz sein (Länge λ in Fig. 18), wie die erforderliche Lagerfläche des Trägers gestattet. Sollen die Konfolen aus ästhetischen Rücksichten länger sein, so empfiehlt es sich, die eigentliche Lagerfläche dicht an der Säule erhöht herzustellen, damit die äußeren Konfoluteile der Last sicher entzogen werden (in Fig. 18 nur bei genauer Betrachtung zu erkennen). Um seitliche Verschiebungen zu verhüten, ist auf der Konfolenplatte eine der Unterzugsbreite entsprechende flache Nut hergestellt.

Das Auffetzen der Säulen ist auch hier nach den obigen Regeln ausgeführt. Der Unterzug trägt hölzerne Balken, welche die Stütze in der zweiten Richtung umfassen.

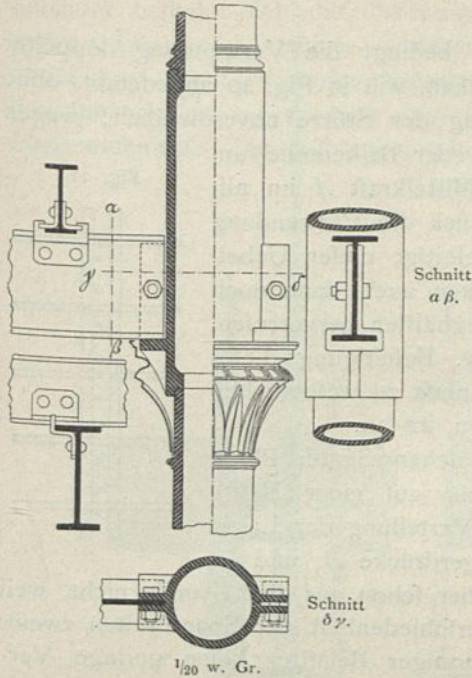
Im wesentlichen übereinstimmend mit der in Fig. 18 dargestellten Anordnung ist die in Fig. 19 veranschaulichte; doch sind dabei einige Verbesserungen eingetreten. Die weit ausladenden Konfolen sind durch kurze, angegoffene, dem Querschnitte des durchschnittenen Unterzuges entsprechende Hülsen ersetzt, welche mittels durch-

Fig. 18.



1/20 w. Gr.

Fig. 19.



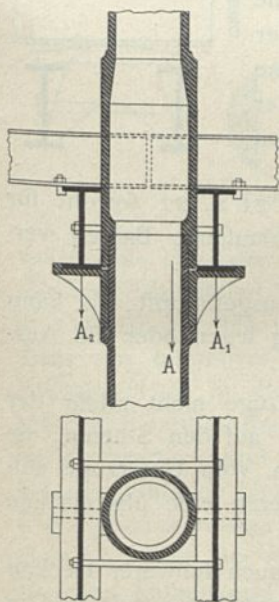
gesteckter Bolzen zugleich die Verbindung der beiden Unterzügen untereinander vermitteln. Nach unten sind diese Hülfsen noch durch Rippen abgestützt, und dem Auge sind sie durch einen Kapitellmantel aus Zinkguss verdeckt, welcher oberhalb eines angegoßenen Halsringes umgesetzt, angestiftet und gelötet wird. Die Ausladung für das Sockelprofil der oberen Stütze ist auch hier durch eine geringe Ausweitung der Säule gewonnen. Um aber den Guß trotz dieser Ausweitung und der angegoßenen Trägerhülfsen möglichst einfach zu gestalten, ist zwischen den Kopf der unteren und den Fuß der oberen Säule eine abgefonderte Trommel mit abgedrehter oberer und unterer Lagerfläche eingesetzt, bei welcher die Ausweitung gar keine das Ansetzen der Hülfsen unerhebliche Schwierigkeiten verursacht; die Säulen sind, abgesehen vom Sockelprofil und Halsband, ganz glatt.

Die eisernen Balken sind in Fig. 19 auf den eisernen Unterzug f_0 aufgelagert, daß

keine Verchwächung der Flansche durch Niet- oder Bolzenlöcher entsteht, daß gleichwohl aber die Verschiebung der Balken gegen den Unterzug nach keiner Richtung möglich ist. Dies ist durch Annieten von entsprechend gebogenen und ineinander geklinkten Blechen an die Trägerstege erreicht.

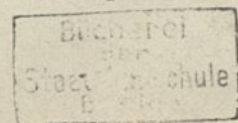
Die Mängel der Anordnungen nach Fig. 18 u. 19, nämlich die Unterbrechung des Unterzuges und die Auflagerung auf Konfölen, die wegen der schwierigen Kopfform beim Angießen nicht immer zuverlässig ausfallen und auch mittels Verschraubung nicht sehr sicher zu befestigen sind, werden nach Fig. 20¹⁵⁾ vermieden. Abgesehen von der geringen Sockelausweitung besteht die Säule hier aus einem vollkommen glatten Cylinder, welchem nur nahe dem Kopfe ein ziemlich breiter Wulst angegoßen ist. Dieser nimmt einen die Säule umhüllenden, von oben aufzuschiebenden kurzen Cylinder mit Konfölenansätzen auf; der obere Rand der unteren Säule trägt den Fuß der oberen mittels eines innen angegoßenen Wulstes. Auf den Konfölen des umgelegten Cylinders ruht der doppelte Unterzug in entsprechender Nut, und in dieser sind die Lagerflächen nach Art der Lagerplatte in Fig. 2 (S. 4) etwas gewölbt, damit die Lastübertragung auch bei Durchbiegungen möglichst zentrisch bleibt. Da die Konfölen hier, statt am langen Säulenkörper, an einem kurzen Cylinderstücke angebracht

Fig. 20.



Vom Alhambra-Theater zu London¹⁵⁾. — 1/20 w. Gr.

¹⁵⁾ Nach: *Engng.*, Bd. 37 (1884), S. 539.



find, ist ihre Herstellung, wie diejenige der Säulen, wesentlich vereinfacht und der Gufs zuverlässiger.

Die in Fig. 20 dargestellte Anordnung bedingt die Verwendung doppelter Unterzüge. Lagert man die zu tragenden Balken, wie in Fig. 20 angedeutet, ohne weiteres auf diese auf, so ist schiefe Belastung der Stütze unvermeidlich, wegen der bei ungleicher Belastung oder Spannweite der Balkenteile ungleichen Auflagerdrücke A_1 und A_2 , deren Mittelkraft A im allgemeinen nicht in der Mitte wirken kann. Auch die Verwendung durchlaufender oder überkragender Balken beseitigt diesen Uebelstand nicht, da die Durchbiegungen der Balken auch dann noch verschiedenartige Belastung der beiden Unterzughälften hervorrufen.

Zwei Verfahren zur Abmilderung, bezw. Beseitigung dieses Uebelstandes doppelter Unterzüge, welcher Anlafs zu wesentlichen Verstärkungen der Stützen ist, geben Fig. 21 u. 22 an.

In Fig. 21 ist jeder Balken mittels zwischengelegter Platte nach Maßgabe der eingetragenen Kreuze nur auf einer Hälfte des Unterzuges gelagert. Bei entsprechender Verteilung der Lager kann hierdurch die Ausgleichung der Auflagerdrücke A_1 und A_2 bis zu gewissem Grade erzielt werden, völlig aber schon aus dem Grunde nicht, weil die durch die Art der Lagerung bedingte Verschiedenheit der Spannweiten zweier benachbarter Balken selbst bei ganz gleichförmiger Belastung eine geringe Verschiedenheit der Belastung beider Unterzughälften hervorrufen muß.

Wirksamer ist das Einfügen von gewölbten Unterlegplatten zwischen Unterzug und Balken nach Fig. 22, welche die fast vollkommen gleichmäßige Lastverteilung auf beide Unterzughälften für alle Verhältnisse sichert. Die Platte ist dabei so geformt, daß die Lastübertragung gerade über dem Stege der Unterzugträger erfolgt und die unten angeetzte Mittelrippe, zugleich eine Verstärkung der Lagerplatte, die sichere Abspreizung beider Unterzughälften und die unmittelbare Belastung auch der unteren Gurtungen der Unterzugträger bewirkt.

Es leuchtet ein, daß die beiden Anordnungen in Fig. 21 u. 22 sowohl für über den Unterzügen durchgeschnittene, wie auch für durchlaufende Balken verwendbar sind.

Wird der Zwischenraum ausgemauert oder mit Beton ausgestampft, so kann man eine gewöhnliche Lagerplatte mitten auf diese Ausfüllung legen oder die Ausfüllung selbst wölben und mit Zement abputzen.

Uebrigens entspringt die Verwendung doppelter Unterzüge nicht allein der Rücksicht auf möglichst günstige Gestaltung der Auflagerung auf den Stützen; sie ist in sehr vielen Fällen eine Notwendigkeit, weil die schweren, vom Unterzuge aufzunehmenden Einzellasten bei einfacher Anordnung des letzteren eine übermäßige Trägerhöhe bedingen würden.

Eine besonders gute Anordnung für einfache Unterzüge auch schwerer Decken zeigt Fig. 23, die oben bereits (zusammen mit Fig. 17) kurz erwähnt wurde und in welcher nebenher noch einige später zu erläuternde Teile dargestellt sind. Die Anordnung greift im wesentlichen auf die in Fig. 16 u. 17 veranschaulichte zurück. Auch hier ist der einfache Unterzug durch eine Oeffnung in der Stütze gesteckt;

Fig. 21.

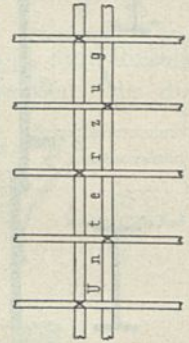
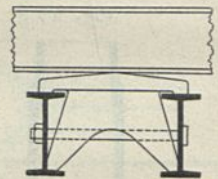
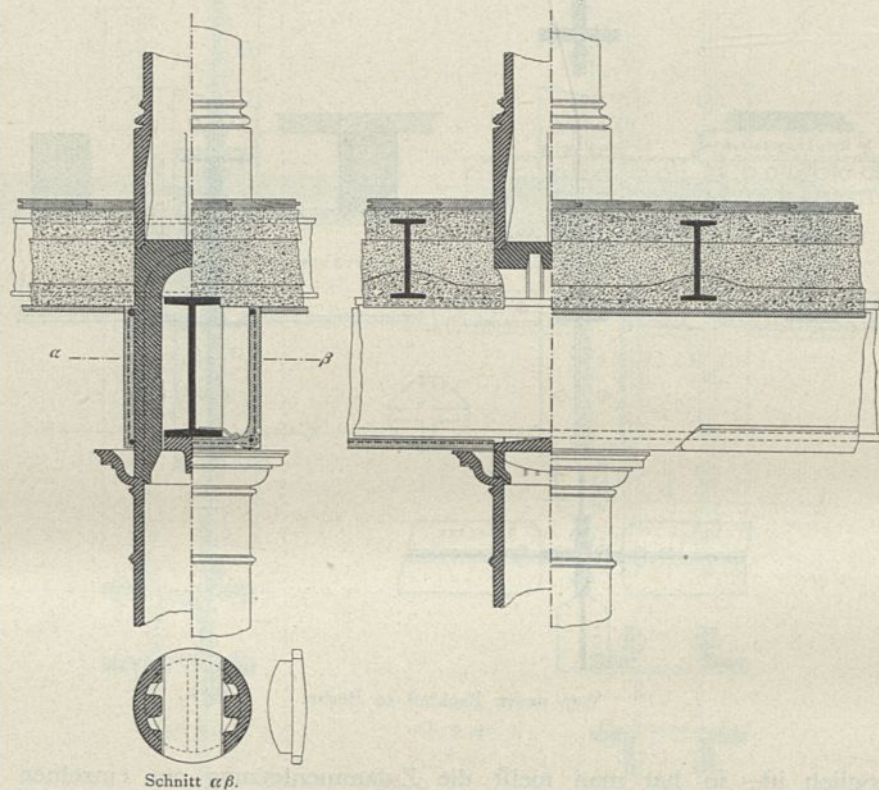


Fig. 22.



die Mängel, die hierdurch in Fig. 16 entstanden, sind aber in Fig. 23 vermieden. Zunächst befindet sich die Oeffnung in einem besonderen Zwischenstücke, dessen geringe Länge schwierigere Gufsform und damit einen Querschnittserfatz für die durch die Oeffnung fortgenommenen Wandteile gestattet. Im Schnitte $\alpha\beta$ sind die drei Innenrippen zu erkennen, welche diesen Erfatz bieten und, nach den beiden Längenschnitten oben halbkreisförmig geschlossen, zugleich eine Brücke bilden, durch

Fig. 23.

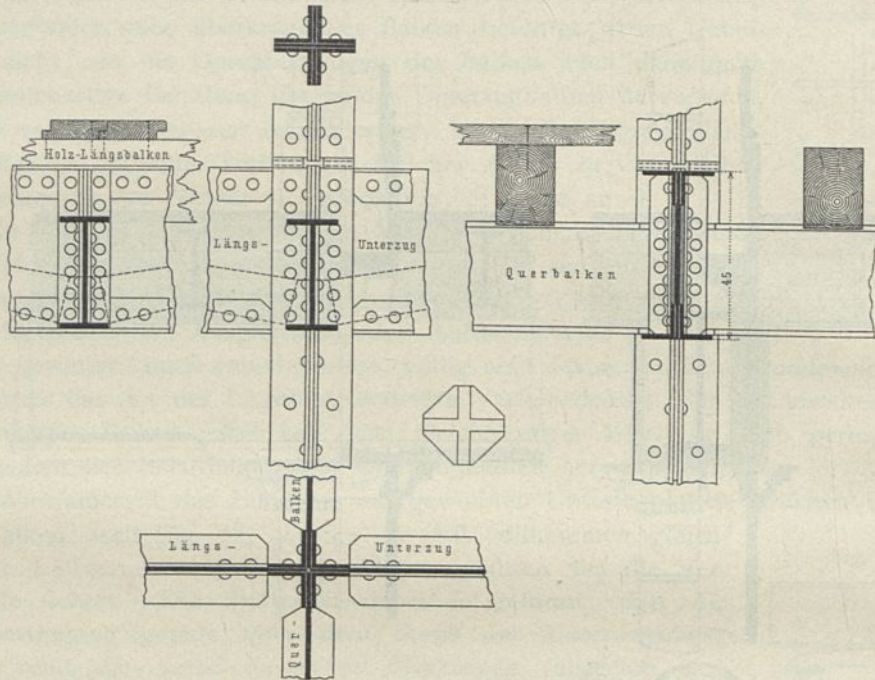


welche die über der Oeffnung wirkenden Lastteile der oberen Stütze nach den verstärkten Seitenteilen hin übertragen werden. Der Unterzug lagert nun nicht, wie in Fig. 16, auf den unteren Rändern der Oeffnung; zu seiner Auflagerung ist vielmehr eine besonders dargestellte, oben gewölbte, unten durch eine Rippe verstärkte Auflagerplatte in die Oeffnung eingelegt, welche selbst bei ganz schiefer (exzentrischer) Belastung des Unterzuges den Auflagerdruck praktisch genau in der Stützenmitte aufnimmt und gleichmäßig auf den unteren Rand der Oeffnung überträgt. Da der einfache Unterzug von den Balken in seiner Querrichtung nicht merklich schief belastet werden kann, so ist hier jede schiefe Belastung der Stütze ausgeschlossen, ohne daß man der unbequemen und teuren Auflagervorkehrungen in Fig. 21 u. 22 zwischen Balken und Unterzug bedürfte.

Die Sockelausladung der oberen Stütze ist hier durch Einziehen des Stützendurchmessers gewonnen, was mit Rücksicht auf die nach oben hin abnehmende Belastung meist möglich sein wird.

In neuerer Zeit kommen, wie bereits in Teil III, Band I (Art. 277, S. 184¹⁶⁾ dieses »Handbuches« gefagt worden ist, flusseiserne Freistützen¹⁷⁾ häufiger zur Verwendung, namentlich wenn die Unterzüge genietete Träger sind. Bei der großen Länge, in welcher die schwächeren Eisenprofile ausgewalzt werden, kann man diese Stützen durch viele Gefchoße ohne Stofs hinaufreichen lassen; da jedoch hierbei eine der von oben nach unten zunehmenden Last Rechnung tragende Querschnittsänderung

Fig. 24.



Vom neuen Packhof zu Berlin.

$\frac{1}{20}$ w. Gr.

nicht möglich ist, so hat man meist die Zusammenfassung aus einzelnen Teilen mittels starker Verlaschungen in den Schlitten der Querschnitte vorgezogen¹⁸⁾. (Vergl. z. B. Fig. 456 bis 459, S. 166¹⁹⁾ in Teil III, Band I dieses »Handbuches«.) Diese hohen Stützen sind aber bei der Aufstellung sehr unbequem, ein Umstand, der dazu geführt hat, die Stützen für jedes Gefchoß für sich herzustellen, die Endflächen abzuhobeln und zwischen diese gleichfalls durch Hobeln dem Stützenquerschnitte entsprechend ausgenutete Druckplatten einzulegen (Fig. 24).

Die flusseisernen Stützenquerschnitte haben größtenteils (mit Ausnahme der z. B. durch Fig. 543, 545 u. 546, S. 191²⁰⁾ die im eben genannten Bande dieses »Handbuches« dargestellten Schlitte, mittels deren Anschlüsse erfolgen können. In der Stütze selbst füllen in der Regel Blechstreifen diese Schlitte, die aber in den

16) 2. Aufl.: Art. 285, S. 208.

17) Ueber das Verhalten beider Eisenarten im Feuer und die Feuerficherheit eiserner Freistützen siehe Teil III, Band 6 (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 1, a: Feuerficherheit der wichtigeren Baustoffe und Baukonstruktionen), ebenso Teil I, Band 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (S. 123, Art. 145: Tragfähigkeit der Stützen bei erhöhter Temperatur) dieses »Handbuches«.

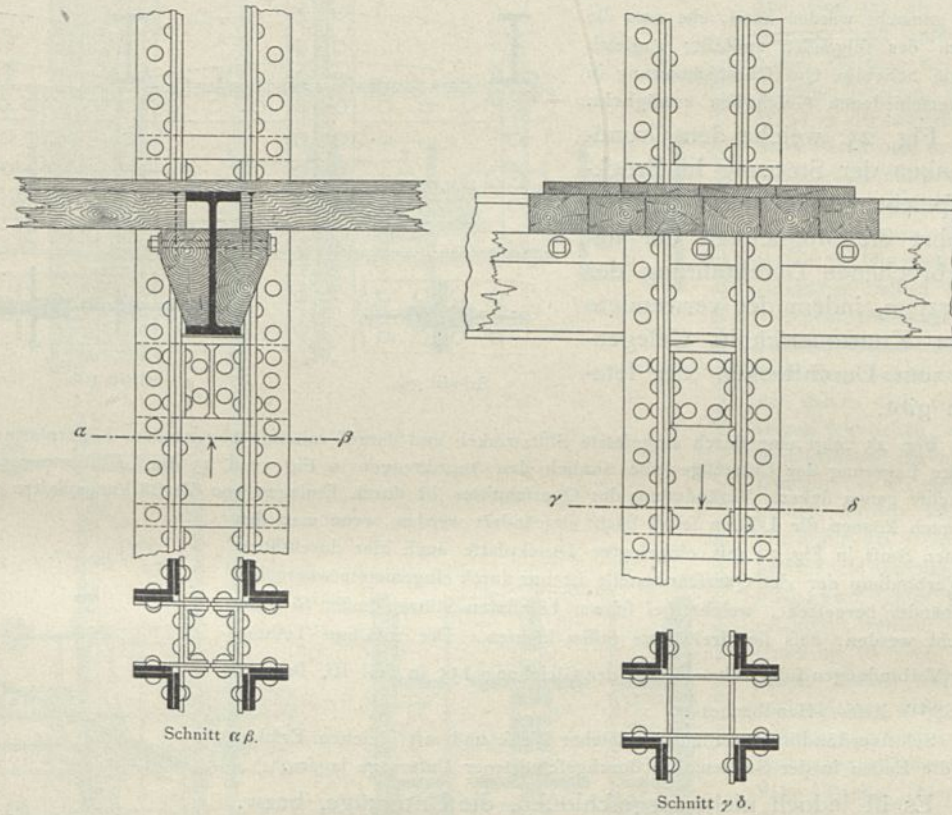
18) Ueber Gebäude mit solchen Stützen von mehr als 20 Gefchoßen siehe: *Engng. news*, Bd. 27 (1892), S. 2, 3, 41, 42.

19) 2. Aufl.: Fig. 467 bis 470, S. 180.

20) 2. Aufl.: Fig. 556, 558 u. 559, S. 213.

Anschlüssen, wenn sie nur wegen des Widerstandes gegen Zerknicken zugegeben sind, wegfallen können. Die Möglichkeit des Anschlusses von vier Seiten läßt nun alle die Schwierigkeiten verschwinden, welche bei der Auflagerung einfacher Unterzüge und Balken auf gußeiserne und hölzerne Freistützen entstanden; nur stößt auch hier die Anordnung durchlaufender oder überkragender Träger bei manchen Querschnitten auf Schwierigkeiten, so z. B. bei den im letztgenannten Bande auf

Fig. 25.



S. 191 in Fig. 542, 545 bis 550 u. 552 bis 554²¹⁾ dargestellten Querschnittsformen. Auch wird durch zwei mit den Enden in einen Stützenschlitz gesteckte Unterzugteile, z. B. a. a. O. bei Fig. 544 (S. 191²²⁾), eine schiefe (exzentrische) Belastung der Stütze erzeugt werden können, wenn der eine anschließende Unterzugteil andere Belastung oder Spannweite hat als der andere. Unausgefüllte, offene und enge Schlitz machen die Unterhaltung der an ihnen liegenden Eisensflächen durch Reinigen und Neustreichen so gut wie unmöglich und sollten nach den mit ihnen gemachten schlimmen Erfahrungen grundsätzlich vermieden werden.

Fig. 24 zeigt eine derartige Deckenträgerausbildung²³⁾, deren Gesamtanlage aus Fig. 10 (S. 9) hervorgeht, wenn man dort den gefrichelten Mittelträger als vorhanden ansieht.

An die \perp förmigen Stützen schließt sich entlang der Mitte des Gebäudes ein genieteter Längsunterzug von 45 cm Höhe; an diesem, bzw. an der dritten und vierten Seite der Stützen sind dann die

²¹⁾ 2. Aufl.: S. 213 u. 214, Fig. 555, 558 bis 563 u. 565 bis 568.

²²⁾ 2. Aufl.: Fig. 557, S. 213.

²³⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

mit den anderen Enden auf die Mauern gelagerten Querbalken in Form von I-Trägern befestigt; diese tragen schliesslich die hölzernen Längsbalken und auf dem unteren Flanisch noch steinerne Kappen nach Mafsgabe des in den folgenden Kapiteln zu Erläuternden. Auf den Holzbalken liegt gespundeter Bretterfußboden. Die Längen der Stützen für die verschiedenen Geschosse sind völlig voneinander getrennt; die abgehobelten Kopfenden nehmen ihrem Querschnitte entsprechend ausgehobelte Blechplatten (Fig. 24) zwischen sich auf, in deren Nuten volle Berührung durch Einlegen von Kupferstreifen gesichert wird. Das Aufstellen ist durch die Teilung in Stücke von Geschofshöhe wesentlich erleichtert, da jedes Geschofs für sich erst vollständig fertig gemacht werden kann, ehe man die Stützen des folgenden aufstellt; zugleich ist jede beliebige Querschnittsänderung in den verschiedenen Geschossen ermöglicht.

Fig. 25, welche den Grundgedanken der Stützung im Brockthorfspeicher zu Hamburg darstellt, bewahrt die Möglichkeit der ununterbrochenen Durchführung der Unterzüge, indem der verwendete offene Kreuzquerschnitt Gelegenheit zum Durchstecken der letzteren gibt.

Fig. 25 zeigt eine durch eingefetzte Stützwinkel und darauf ruhende abgerundete Lagerplatte hergestellte Lagerung der Unterzüge, die ähnlich den Anordnungen in Fig. 17 u. 23 die Lastübertragung in der Achse genau sichert. Veränderung des Querschnittes ist durch Einlegen von Verstärkungsplatten möglich; auch können die L-Eisen selbst leicht abgeändert werden, wenn man den stumpfen Stofs in Fig. 24 mit eingelegter Druckplatte auch hier durchführt. Die Verbindung der vier Querschnittsteile ist nur durch eingienietete wagrechte Flachbänder hergestellt, welche bei schwer belasteten Stützen besser so breit gemacht werden, dafs sie drei Nieten fassen können. Die zulässige Teilung dieser Verbindungen folgt mit $\frac{\lambda}{2}$ aus der Gleichung 155 in Teil III, Band I (S. 188²⁴) dieses »Handbuches«.

Selbstverständlich kann man in gleicher Weise und mit gleichem Erfolge auch die Enden in der Stützenmitte durchgeschnittener Unterzüge lagern.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, die Unterzüge, bezw. Balken auch dann in den Lagern auf den Stützen ununterbrochen durchlaufen zu lassen, wenn der Stützenquerschnitt die für den Träger erforderliche Lücke nicht besitzt.

Das erste Mittel hierzu bildet die in allen Fällen mögliche Anordnung von Doppelträgern, wie in Fig. 20, welche auf in die Schlitze des Stützenquerschnittes eingienietete, um die Trägerbreite vorkragende Knotenbleche mit Randwinkel-eisen gelagert werden. In dieser Weise sind die Stützenanordnungen des neuen Hafenspeichers zu Frankfurt a. M.²⁵) angeordnet. Hierbei sind die oben zu Fig. 20, 21 u. 22 erläuterten Mafsregeln gegen schiefen Lastangriff zu treffen.

Ein zweites, in Fig. 26 dargestelltes Mittel besteht darin,

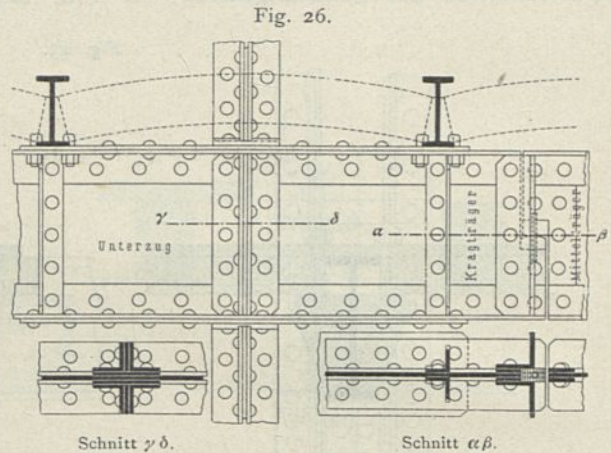
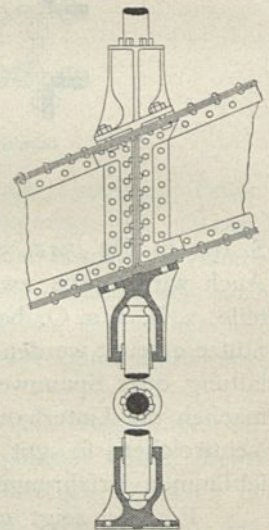


Fig. 27.

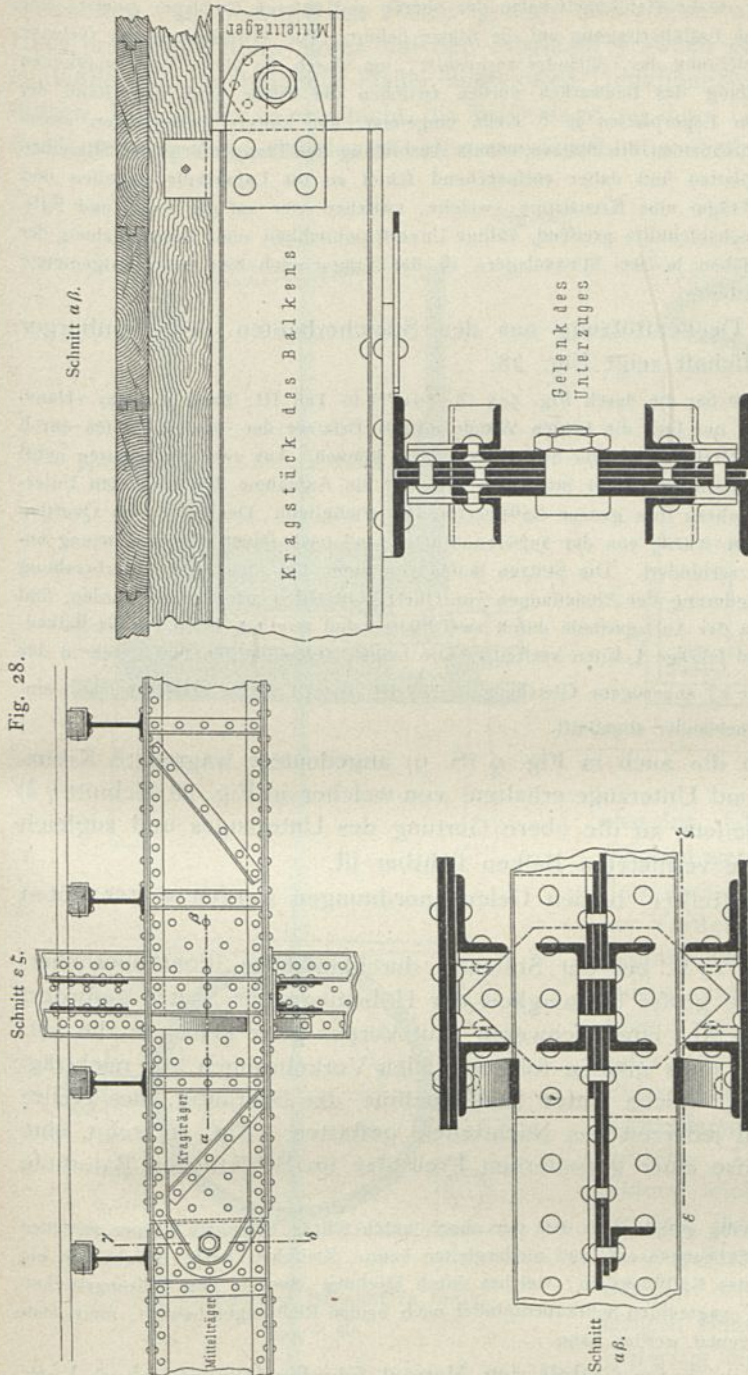


Von Terry's Theater am Strand zu London.

$\frac{1}{30}$ w. Gr.

²⁴) 2. Aufl.: Gleichung 183, S. 201.

²⁵) Siehe hierüber: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 112. — Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 108. — Prakt. Mafsch.-Konfr.



Von den Speicherbauten der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft.

dafs man den entsprechend versteiften Unterzugträger als Teil der Stütze selbst in diese einschaltet.

Die ausgehobelten Druckplatten in Fig. 26 sind hier auf die obere Gurtung und unter die untere Gurtung des Unterzuges genietet, dessen Wand an der betreffenden Stelle durch dem Stützenquerschnitte entsprechende L-Eifen und Platten (Fig. 26, Schnitt $\gamma \delta$) ausgesteift ist. Die aus I-Eisen gebildeten Balken liegen auf dem Unterzuge und sind mit Hakenschauben befestigt, welche weder den Balken noch den Unterzug schwächen, da sie in Nietlöcher der oberen Gurtung des letzteren eingefügt werden können. Die in Fig. 26, Schnitt $\alpha \beta$ gezeichnete Gelenkanordnung wird später näher erläutert werden. Der Unterzug ist auch unter jedem Balken für die Lastaufnahme durch zwei L-Eifen ausgesteift. Die Balken tragen die eigentliche Decke (hier gestrichelt angedeutet) in Form einer Auswölbung.

In ähnlicher Weise sind die Kragträger der Ränge in *Terry's Theater am Strand* zu London durch die Stützen durchgeführt ²⁶⁾.

Diese eigentümliche,

in mehreren Beziehungen beachtenswerte Anordnung ist in Fig. 27 dargestellt.

Zunächst sind die Stützen selbst, behufs thunlichster Ersparung an Raum, mit vollem Kreisquerschnitte aus Schweisseisen gebildet; die Wahl des unvorteilhaften ganz vollen Querschnittes ist wohl aus der Schwierigkeit der Herstellung enger Schweisseisenrohre zu erklären ²⁷⁾. Jeder Stützentheil endigt in einer

²⁶⁾ Siehe: *Engineer*, Bd. 44 (1887), S. 283.

²⁷⁾ Jetzt würden sich hier *Mannesmann-Rohre* empfehlen.

abgedrehten Halbkugel, welche, in die Halbkugelschalen der oberen und unteren Gußlager gesetzt, eine gelenkartige Wirkung und genaue Lastübertragung auf die Stütze sichert. Die Wirksamkeit der Gelenke ist jedoch nur während der Errichtung des Gebäudes ausgenutzt, um durch sie kleine Ungenauigkeiten auszugleichen. Nach Fertigstellung des Bauwerkes wurden zwischen die Stütze und den Rand der die Stütze topfartig umfassenden Lagerplatten je 6 Keile eingesetzt, um weitere Bewegungen auszu-schließen. Die Rangträger durchschneiden die Stützen behufs Ausbildung der Treppenform der Sitzreihen in geneigter Lage. Die Grundplatten sind daher entsprechend schief an die Lagertöpfe gegossen und tragen auf der Lagerfläche am Träger eine Kreuzrippe, welche, zwischen vier auf die Kopf- und Fußplatten des Trägers genietete Blechabschnitte greifend, völlige Unverschieblichkeit ohne Beanspruchung der Befestigungsbolzen sichert. Zwischen je zwei Stützenlagern ist der Träger auch hier durch aufgenietete Platten und L-Eisen wirksam versteift.

Eine sehr kräftige Deckenstützung aus den Speicherbauten der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft zeigt Fig. 28.

Der Querschnitt der Stütze hat die durch Fig. 545 (S. 191²⁸) in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches« angegebene Grundform; nur sind die beiden Wände mittels Ersatzes der beiden L-Eisen durch vier L-Eisen geöffnet, um den Unterzug durch die Stütze stecken zu können. Aus zwei Blechplatten nebst einem \square -Eisen und einer Deckplatte ist in der Stütze ein Steg für die Aufnahme des genieteten Unterzuges ausgebildet, welcher eine nahezu stets genaue Lastübertragung ermöglicht. Der auf diesen Quersteg gelagerte Unterzug ist durch zwei schräg von der äußeren Stützenwand nach seiner oberen Gurtung ansteigende Flacheisen am Kippen verhindert. Die Stützen laufen von unten bis oben ohne Unterbrechung durch; wo Stöße durch die Abänderung der Abmessungen von Querschnittsteilen erforderlich wurden, sind sie verlascht. Der Unterzug ist an der Auflagerstelle durch zwei Platten und zwei \square -Eisen, für die Balkenauflagerung durch lotrechte und schräge L-Eisen versteift. Die beiden Stützhälften sind durch in der Teilung $\frac{\lambda}{2}$ (siehe die in Fußnote 23 angezogene Gleichung in Teil III, Band 1 dieses »Handbuches«) eingesezte Blechverbindungen gegeneinander abgesteift.

Diese Decken haben die auch in Fig. 9 (S. 9) angedeutete wagrechte Kreuzverspannung der Stützen und Unterzüge erhalten, von welcher in Fig. 28 (Schnitt $\gamma \delta$) der Anschluß eines Flacheisens an die obere Gurtung des Unterzuges und zugleich an den mit dem Unterzuge vernieteten Balken sichtbar ist.

Die in Fig. 28 dargestellten beiden Gelenkanordnungen werden weiter unten besprochen werden.

In einzelnen Fällen, z. B. bei der Stützung durchlaufender (kontinuierlicher) Träger, kann die besonders große Genauigkeit der Höhenlage der Stütze gefordert sein. Da es nun schwierig ist, einen schweren Stützkörper ganz genau in die verlangte Höhe zu bringen, so muß man in solchen Fällen Vorkehrungen zur nachträglichen Berichtigung treffen, welche unter Zuhilfenahme der Schraube, des Keiles oder auch beider zugleich jederzeit das Nachstellen gestatten. Fig. 29 zeigt eine solche Einrichtung am Fusse einer gußeisernen Freistütze im Schlesi-schen Bahnhofe in Berlin.

Die Grundplatte ist zweiteilig gestaltet, so daß der obere, unten schräg begrenzte Körper zwischen am unteren Körper befestigten Führungen auf- und niedergleiten kann. Zwischen beide schiebt sich ein mit Schraubengewinde durchlochtetes Keilstück ein, welches durch Drehung einer in den Führungsbacken an der Unterplatte festgelagerten, wagrechten Schraubenspinde nach beiden Richtungen bewegt, somit zum Heben und Senken der Stütze benutzt werden kann.

Die Anordnung hat in dieser Gestalt den Mangel schiefer (exzentrischer) Lastübertragung der Grundplatte, welche biegend auf die Stütze wirkt.

Die Versteifung der Freistützen erfolgt bis zu gewissem Grade durch die Unterzüge und Balken, welche erst der Länge nach verschoben werden müssen, ehe die Stütze weichen kann, welche also die Stützen gegen einzelne Punkte der Wände

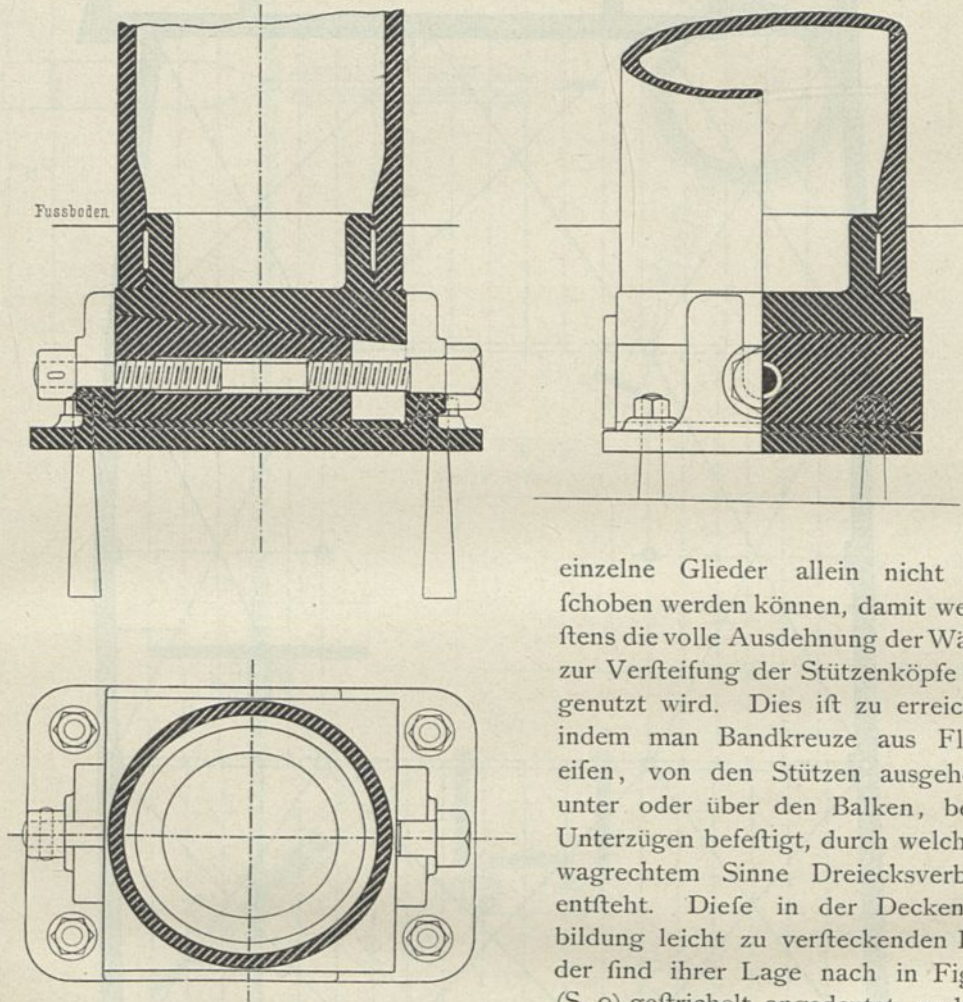
²⁸) 2. Aufl.: Fig. 558 (S. 213).

8.
Einstellbare
Lagerung.

9.
Versteifung
der
Freistützen.

verstreuen. In den meisten Fällen genügt dies. Ruht aber z. B. ein städtisches Haus im Erdgeschosse auf den möglichst schwach gehaltenen und zum Teile in dünne, schwer belastete Pfeiler aufgelösten Umfassungswänden lediglich auf Freistützen, so erscheint es erwünscht, die Balkenlage mit ihren Unterzügen schon während der Errichtung des Gebäudes zu einer unverrücklichen Tafel zu gestalten, in welcher

Fig. 29.



Vom Schleifischen Bahnhof zu Berlin.

$\frac{1}{125}$ w. Gr.

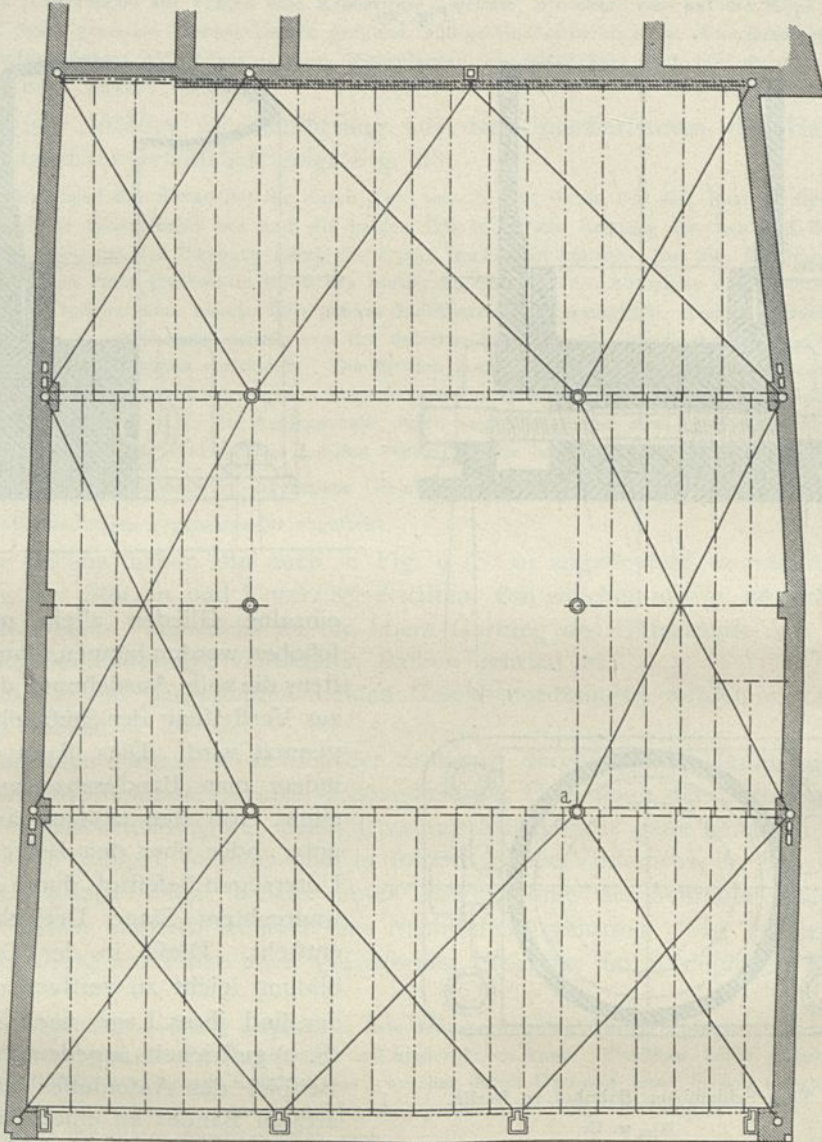
einzelne Glieder allein nicht verschoben werden können, damit wenigstens die volle Ausdehnung der Wände zur Versteifung der Stützenköpfe ausgenutzt wird. Dies ist zu erreichen, indem man Bandkreuze aus Flach-eisen, von den Stützen ausgehend, unter oder über den Balken, bzw. Unterzügen befestigt, durch welche in wagrechtem Sinne Dreiecksverband entsteht. Diese in der Deckenausbildung leicht zu versteckenden Bänder sind ihrer Lage nach in Fig. 9 (S. 9) gestrichelt angedeutet, und ein Beispiel des Anschlusses eines derartigen Bandes an einen Balken und Unterzug zugleich zeigt Fig. 28.

Ein derartiger wagrechter Verband erweist sich namentlich in allen Geschossen der großen Verkaufs-Geschäftshäuser der Neuzeit als dringend empfehlenswert, welche gar keine Innenwände mehr besitzen, vielmehr vom Fußboden des Erdgeschosses bis unter das Dach einen einzigen Raum bilden, der in der Mitte völlig offen bleibt und nur an den vier Seiten durch Umgänge bildende Decken wagrecht geteilt ist. In solchen Bauten ist das wagrechte Abfangen der Freistützen gegen die Umfassungs-

wände schon beim Aufstellen kaum entbehrlich, weil die Stützen sonst bei der bedeutenden Höhe schwer genau in das Lot zu bringen sind.

Ein ausgeführtes Beispiel dieser Art vom Geschäftshause *Löbenstein & Freudenthal* in Hildesheim (Arch.: *Braul*) zeigen Fig. 30 bis 33.

Fig. 30.



$\frac{1}{200}$ w. Gr.

Vom Geschäftshause *Löbenstein*

Der Grundriß (Fig. 30) zeigt in diesem Falle nur drei Wände; die Vorderwand enthält nur zwei gusseiserne Kastenstützen, welche Unterzüge für die Balkenlagen aufnehmen, sonst aber bis zum Dachgiebel, den sie tragen, ganz frei aufragen. Hier kam es also darauf an, auch diese Stützen noch festzulegen. Jedes Geschoss ist in der dargestellten Weise mit einem rings um den mittleren, offenen Raum laufenden Netzwerkring ausgestattet, in welchem die Unterzüge und Balken die Steifen bilden, indem sie durch vor die

Fig. 31.

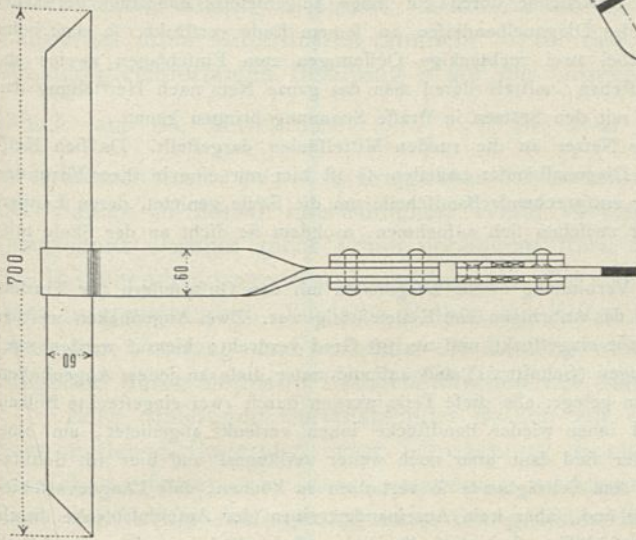


Fig. 32.

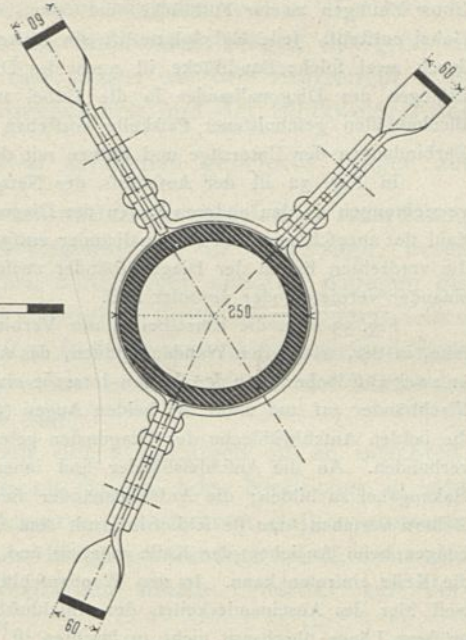
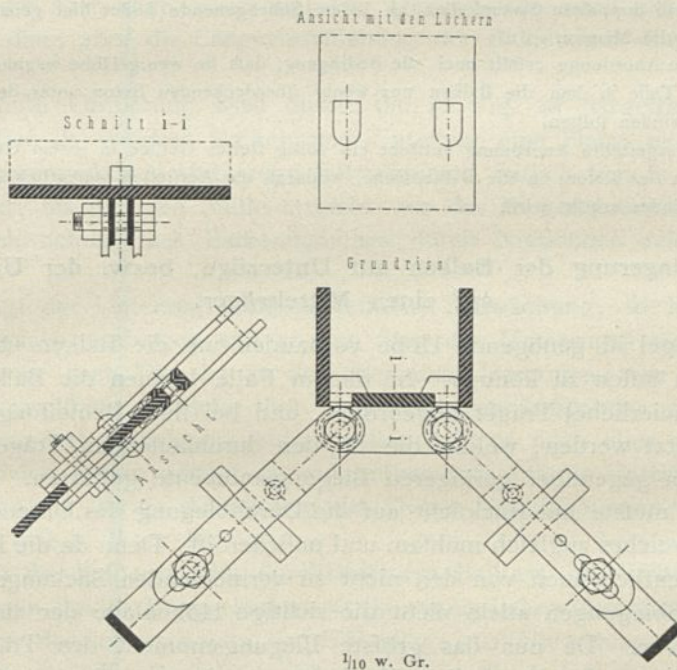


Fig. 33.



1/10 w. Gr.

Freudenthal zu Hildesheim.

Säulen gefchlagene Splinte und gegenseitige Verbolzung unverschieblich gegeneinander und gegen die Säulen gemacht sind. Vor endgiltigem Feflegen sind die Stützen durch Anziehen der aus Bandeisen von 1×6 cm Querschnitt gebildeten, unmittelbar auf den Balken liegenden Diagonalbänder ausgerichtet; dazu sind diese Bänder mit Keilvorrichtungen ausgestattet.

Fig. 31 zeigt die Verbindung der Diagonalbänder mit den gemauerten Außenwänden. Ein lot-

rechter Mauerplint wird von einer Oef gefaßt, deren Eifen vor der Wand um 90 Grad verdreht ist. Unter Einfügen zweier Füllstücke sind dann zwei Bandeifen auf das Oefeneifen genietet, so daß eine Gabel entsteht. Jede Gabelplatte ist am Aufsenende durch ein innen aufgenietetes Bandstück verstärkt; durch zwei solche Bandstücke ist auch das Diagonalbandeifen an seinem Ende verstärkt, so daß beim Einlegen des Diagonalbandes in die Gabel zwei rechteckige Oeffnungen zum Einschlagen zweier aus Blechabfällen geschnittener Pafskeile entstehen, mittels deren man das ganze Netz nach Herstellung der Verbindungen der Unterzüge und Balken mit den Stützen in straffe Spannung bringen kann.

In Fig. 32 ist der Anschluß des Netzes an die runden Mittelfäulen dargestellt. Da sich Keilvorrichtungen an den anderen Enden der Diagonalbänder befinden, so ist hier nur eine in ihrer Form der Zahl der anzuschließenden Diagonalbänder entsprechende Bandschelle um die Säule genietet, deren Lappen die verdrehten Enden der Diagonalbänder zwischen sich aufnehmen, nachdem sie dicht an der Säule miteinander vernietet oder verbolzt sind.

Fig. 33 zeigt die Einzelheiten der Verbindung zweier Diagonalen mit den Gufspfeilern der Vorderseite, in der, wie in den Wandanschlüssen, das Anbringen von Keilen nötig war. Zwei Augenhaken werden in zwei Gußlöcher mit den Haken lotrecht eingesteckt und um 90 Grad verdreht; hierauf werden zwei Flachbänder auf und unter die beiden Augen (Schnitt *ii*) und auf und unter diese an jedem Augenhaken die beiden Anschlußbleche der Diagonalen gelegt; alle diese Teile werden durch zwei eingesteckte Bolzen verbunden. An die Anschlußbänder sind innen wieder Bandstücke innen verfenkt angenietet, um eine Hakengabel zu bilden; die Anschlußbänder sind dann aber noch weiter verlängert und hier mit Schlitzlöchern versehen, um sie schliesslich mit dem Schrägbande so verbolzen zu können, daß Längenverschiebungen beim Anziehen der Keile möglich sind, aber kein Auseinandertreiben der Anschlußbleche durch die Keile eintreten kann. In den Wandanschlüssen sind diese länglichen Bolzenlöcher nicht vorgesehen, weil hier das Auseinanderkeilen der Anschlußbleche wegen ihrer Vernietung mit den Oefenblechen auf größere Länge überhaupt nicht zu fürchten ist.

Die Verdickung der Enden der Diagonalbänder durch verfenkt aufgenietete Bandstücke und das Einsetzen von je zwei doppelten Spannkeilen an jedem Schrägenende findet hier genau so statt, wie in den Anschlüssen an die Mauern.

Die gewählte Anordnung erfüllt noch die Bedingung, daß sie wenig Höhe wegnimmt, was erforderlich war, weil alle Teile in dem die Balken nur wenig überdeckenden Beton unter dem Linoleumbelag der Decken verschwinden sollten.

Durch die dargestellte Anordnung entsteht ein völlig steifes Gefüge in jedem Geschofs auch schon vor dem Einbringen des Betons in die Balkenfache, wodurch das Aufstellen wesentlich erleichtert und die Steifigkeit des Gebäudes erhöht wird.

c) Auflagerung der Balken auf Unterzüge, bzw. der Unterzüge auf einen Mittelträger.

In der Regel ist genügende Höhe vorhanden, um die Balken über den Unterzug hinstreichen lassen zu können. In diesem Falle können die Balken als durchlaufende (kontinuierliche) Träger angeordnet, und bei ihrer Bemessung kann die Ersparnis ausgenutzt werden, welche die für den durchlaufenden Träger dem Träger auf zwei Stützen gegenüber geringeren Biegemomente gestatten. Das Festlegen dieser Momente müßte mit Rücksicht auf die Durchbiegung des Unterzuges erfolgen, ein Verfahren, welches zugleich mühsam und unsicher ist. Denn da die Höhenlage des Unterzuges wesentlich auch von den nicht zu vermeidenden Sackungen abhängt, so geben die Durchbiegungen allein nicht die richtige Höhenlage der einzelnen Punkte des Unterzuges an. Da nun das größte Biegemoment des Trägers auf zwei Stützen, wenn nicht aufsergewöhnliche Verfackungen eintreten, stets größer ist, als dasjenige des durchlaufenden Trägers von gleicher Oeffnungsweite, so wird man für alle gewöhnlichen Fälle etwas zu sicher verfahren, wenn man die Balken mit gleich bleibendem Querschnitte als Träger auf zwei Stützen für ihre größte freie Weite berechnet.

Dann empfiehlt es sich aber, diese Eigenschaft nicht bloß der Berechnung zu Grunde zu legen, sondern sie den Balken auch wirklich zu geben, indem man letztere

über dem Unterzuge so weit durchschneidet, wie dies mit Rücksicht auf die Verankerung der Wände oder auf die Uebertragung von Längskräften, z. B. in Dachbinderbalken, zulässig erscheint. Denn da die durchlaufenden Träger die größten Lasten auf ihren Mittelfstützen sammeln — für den Träger auf drei Stützen ist z. B. bei der gleichförmigen Belastung q auf die Längeneinheit und der Stützweite l der Druck auf die Mittelfstütze $= \frac{5}{4} ql$, für zwei zusammen gelagerte Träger auf zwei Stützen nur $= ql$ —, so bringt man die Lasten mittels durchlaufender Anordnung der Balken in höchst unerwünschter Weise vorwiegend auf die Unterzüge, deren Querschnitt ohnehin meist schon unbequem stark wird; man entlastet dagegen die die Balkenenden tragenden Außenmauern, die bezüglich ihrer Tragfähigkeit selten ganz ausgenutzt sind. Sind die Balken aus Eisen, so lege man in jeden einen Stofs über den Unterzug und verbinde die Enden, wenn es nötig ist, in der Mitte der Steghöhe durch doppelte Flacheisenstreifen auf Zug.

Beim Befestigen durchlaufender Balken auf den Unterzügen ist zu beachten, daß in der Auflagerung keine Schwächung durch Bolzen oder Nietlöcher in den Flanschen eiserner oder durch erhebliche Auschnitte in hölzernen Balken eintreten darf, weil in der Auflagerung eines der größten Biegemomente wirkt, man also den Trägerquerschnitt um die Schwächung verstärken müßte. Mittel zur Vermeidung dieser Schwächung sind die folgenden.

1) Ist der Unterzug mit Nieten in der oberen Gurtung zusammengesetzt, so kann man in die Nietreihen zwei oder vier Hakenbolzen nach Fig. 20 u. 26 einsetzen, welche dann aber die Längsverchiebung der Balken nur durch Einklemmen verhindern.

2) Eine feste Vernietung wird durch die in Fig. 28 dargestellte Anordnung ermöglicht. Hier ist zwischen Balken und Unterzug eine Platte eingelegt, welche mit dem zusammengesetzten Unterzuge fest vernietet, seitlich sich so weit unter den Balken erstreckt, bis sie eine Stelle erreicht, wo das Biegemoment klein genug ist, um die Schwächung des Balkenflansches durch Nietlöcher zulässig erscheinen zu lassen.

3) Verträgt der Unterzug selbst auch keine Schwächung, so kann man diese Balkenanflußplatte umbiegen und an den Steg des Unterzuges nieten, oder

4) man niete nach Fig. 19 an den Steg des Unterzuges, wie des Balkens je eine umgebogene Platte, welche mit Ausklinkungen ineinander greifen; letztere Anordnung verhindert jedoch ein Abheben des Balkens nach oben nicht.

In sehr vielen Fällen genügt es, die Balken lose auf die Unterzüge zu lagern, namentlich wenn die übrige Ausbildung der Decke Verschiebungen der Balken unmöglich macht, wie z. B. in Fig. 23.

Man kann die Ersparnis des durchlaufenden Balkens mit Sicherheit voll ausnutzen, wenn man ihn als Kraggelenkträger (kontinuierlichen Gelenkträger) ausbildet, da die Momente des letzteren von der Höhenlage der Unterstützungen unabhängig sind. Aber auch diese Konstruktionsweise vergrößert die Belastung der Mittelfstützen, d. h. der Unterzüge, beträchtlich, und es bleibt daher in jedem Falle zu untersuchen, ob nicht die Ersparnis an den Kraggelenkbalken durch die notwendige Verstärkung der Unterzüge mehr als ausgeglichen wird.

Bei den Unterzügen fallen diese Bedenken weg, da eine ziemlich bedeutende Mehrbelastung, namentlich an sich schon schwerer eiserner Stützen, keine wesentlichen

11.
Befestigen
durchlaufender
Balken auf
Unterzügen.

12.
Krag-
gelenkträger.

Mehrkosten verursacht. Für Unterzüge und diese unterstützende Mittelträger ist daher diese neuerdings mehr und mehr verwendete Konstruktion wegen der damit verbundenen bedeutenden Erleichterung sehr zu empfehlen. Deshalb ist schon bei Besprechung der Beispiele für Stützungen von Unterzügen auf diesen Punkt stets besonders hingewiesen, und auch in Kap. 8 wird bei Ermittlung der Stärke der Deckenteile und Unterstützungen noch näher hierauf eingegangen werden.

13.
Konstruktion
der
Gelenke.

Anordnungen der Gelenke solcher Kraggelenkträger, welche nur die Uebertragung von lotrechten Querkräften, nicht von Biegemomenten gestatten, sind in Fig. 26, 28, 34 u. 35 dargestellt.

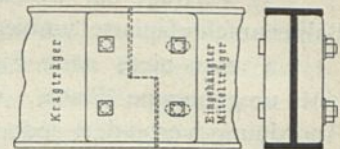
In Fig. 26 (S. 22) ist die Blechwand des durchlaufenden Unterzuges falzartig ausgeklinkt und zugleich durch zwei ebenso geformte Bleche verstärkt. Im Falze ist auf diese Weise eine Lagerfläche von drei Blechdicken gebildet, welche unten einen gewölbten, oben einen ebenen Lagerkörper trägt, so daß ein vollständiges Berührungskipplager entsteht. Die beiden Lagerkörper sind durch einen eingesetzten Stahldollen, sowie durch zwei auf die Verstärkungsbleche genietete L-Eisen nach allen Richtungen unverschieblich gemacht. Sollte der eingehängte Mittelträger sehr lang und starken Wärmeänderungen ausgesetzt sein, so muß man die Dollenlöcher an einem Ende etwas länglich machen, damit die erforderliche Beweglichkeit für Wärmeausdehnungen gesichert bleibt. Die Dollen sind jedoch weniger wesentlich als die seitlichen L-Eisen, und können wegleiben.

In Fig. 28 (S. 23) ist ein Gelenk für einen I-Balken gezeichnet. An das überkragende Ende des Balkens sind zwei Laschen genietet, zwischen deren vorkragende Spitzen sich die durch ein aufgenietetes Blech entsprechend verstärkte Wand des Mittelträgers schiebt. Durch die Laschen und den verstärkten Mittelträger ist dann der Gelenkbolzen gezogen, welcher nach den in Teil III, Band 1 (Art. 226 bis 229, S. 155 u. ff.²⁹⁾ dieses »Handbuches« für Bolzenanschlüsse gegebenen Regeln zu bemessen ist.

Für unverstärkte Blechwände wird der Bolzendurchmesser bei Bolzengelenken übermäßig stark. Beim Unterzuggelenke in Fig. 28 ist daher die Wand des Kragträgers, wie des Mittelträgers, zunächst durch je zwei — soweit nötig mit verfenkten Nieten — aufgenietete Bleche verstärkt; dann sind wieder zwei starke Laschen an den Kragträger genietet, welche den Mittelträger umfassen und den Gelenkbolzen aufnehmen. Außerdem sind die Gelenklaschen mit L-Eisen gefäumt, und auch im übrigen ist die Gelenkstelle mit L-Eisen thunlichst versteift.

Häufig wird die Nietarbeit an Walzträgern gescheut, da sie die Träger verteuert. Ein Falzgelenk für Walzträger ohne Nietarbeit mit wesentlich verstärkten Gelenklagerflächen zeigt Fig. 34, wo zur Unterstützung der unverstärkten Falzfläche im Trägerflansch zwei genau eingepaßte Gufsklötze zwischen die Flansche gesetzt und nötigenfalls beweglich — mit länglichen Löchern — eingebolzt sind. Denjenigen Teil des Auflagerdruckes des Mittelträgers, welchen die kleine Falzfläche nicht übertragen kann, übertragen die beiden Gufsklötze von der oberen Gurtung des Mittelträgers nach der unteren Gurtung des Kragträgers, zugleich seitliche Verschiebungen der Träger gegeneinander verhindernd. Scheut man das etwas mühsame falzartige Abschneiden der Trägerenden, so kann man die Träger auch glatt

Fig. 34.



²⁹⁾ 2. Aufl.: Art. 228 bis 231, S. 163 u. ff.

und stumpf voreinander stoßen und sich bezüglich der Auflagerung des Mittelträgers allein auf die eingebolzten Gufsklötze verlassen, welche dann ähnlich wirken wie Schienenlafchen. Sie müssen deshalb genau in den Zwischenraum zwischen die Flansche des Kragträgers passen und mittels Bolzen fest in diesen eingeklemmt werden, so daß sie sich unter der Last des eingehängten Trägers nicht verdrehen können. Diese Einspannung der Lagerklötze in das Ende des Krag-

Fig. 35.

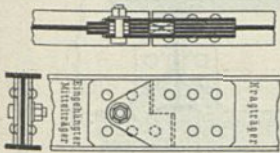
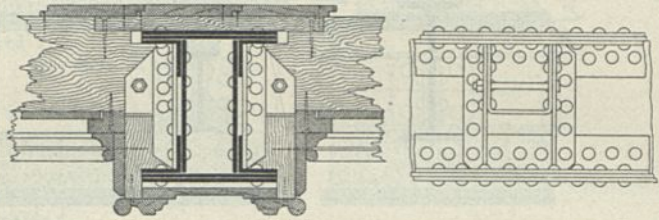


Fig. 36.



trägers muß um so kräftiger, d. h. länger sein, je länger der Angriffshebel des eingehängten Trägers wird; die Klötze sollen letzteren daher nur mit der zur Aufnahme des Auflagerdruckes wirklich nötigen Länge unter den Oberflanschen tragen, so daß der eingehängte Träger sich auf den Klötzen frei verbiegen kann. Letztere werden daher am besten von ihrem oberen Ende im eingehängten Träger her nach den Enden der Unterflansche des Kragträgers weg gefchrägt. Das Einspannen auch in

den eingehängten Träger ist nicht zu empfehlen, da dies der beabsichtigten Aufhebung jeder Momentenübertragung im Gelenkpunkte widerspricht.

Fig. 37.

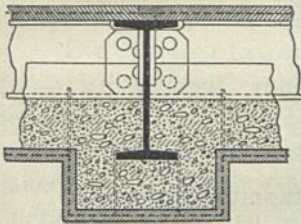
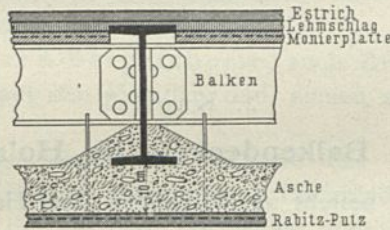


Fig. 38.



Bei einem solchen Gelenke, bei dem alle Nietarbeit wegfällt und

beide Trägerenden glatt abgeschnitten werden, liegt der theoretische Gelenkpunkt in der Mitte der Länge, mit der die Lafchenklötze unter die Oberflansche des Mittelträgers greifen.

Die hierbei in den Lafchenklötzen entstehenden Biegemomente dürfen höchstens 250 kg für 1 qcm Zugspannung im Gufseisen erzeugen; auch deshalb ist die Lagerlänge des eingehängten Trägers auf das äußerste zu beschränken.

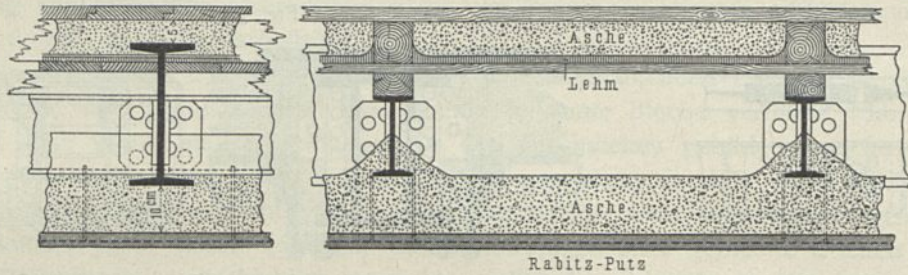
Fig. 35 zeigt schliesslich ein durch aufgenietete Bleche verstärktes Falzlager für Walzträger ohne die stählernen Einfätze in Fig. 26. Die äußeren Lafchen mit dem Bolzen haben hier nur den Zweck, Seitenverschiebungen zu verhindern; der Bolzen kann also schwach sein. Er ist in ein längliches Loch des Mittelträgers gesetzt, damit dieser für Wärmeänderungen beweglich bleibt. Die Befestigungsniete der Verstärkungsplatten an der Wand müssen wegen der beiden äußeren Lafchen zum Teile verfenkt werden.

Wird verlangt, daß die Unterzüge ganz oder teilweise in der Decke selbst verschwinden sollen, so kann man die Balken nicht mehr über jene strecken, sondern

mufs sie an jeder Seite des Unterzugträgers abschneiden und befestigen. Eine Anordnung, bei welcher ein starker kastenförmiger Unterzug faft ganz in der Balkenhöhe verschwindet, so dafs unten nur ein niedriges Band vorspringt, zeigt Fig. 36.

Mittels Winkelleifen sind hier dem Querschnitte der Balken entsprechende Blechlager am Unterzuge befestigt; die Balken sind von oben her so ausgefnitten, dafs, wenn ihre Enden unter die obere Gurtung

Fig. 39.



des Unterzuges gesteckt werden, die Oberkante über letzteren hervorrägt; ein die beiden Balkenenden verbindendes Bohlenstück gestattet dann die Befestigung der Holzteile des Fußbodens auch über dem Unterzuge³⁰⁾. Unten ist der Unterzug durch Leisten und Bretter verkleidet, welche zugleich die Deckenbretter tragen, ein Beispiel der später zu besprechenden Holzdecke.

Auch Fig. 24, 37, 38 u. 39 zeigen Beispiele von ganz oder teilweise innerhalb der Deckendicke untergebrachten Unterzügen für eiserne Balkenlagen.

2. Kapitel.

Balkendecken in Holz.

Die Decke in Holz besteht aus folgenden zwei Hauptkonstruktionsteilen:

- 1) aus den tragenden Balken oder Tramen (Trämen), welche man unter der Bezeichnung Balkenlage zusammenzufassen pflegt, und
- 2) aus der Ausfüllung der Balkenfache, welche die Decke gegen das Durchdringen des Schalles und der Wärme dicht zu machen hat, auch Fehlboden oder Zwischendecke genannt.

Hierzu kommt noch in der Regel:

- 3) die Decke des unterliegenden Raumes im engeren Sinne, welche den unteren Abschluß der ganzen Deckenkonstruktion bildet.

Ebenso ist meistens

- 4) ein Fußboden vorhanden, welcher auf den Balken ruht, dem Verkehre im oberen Raume dient und den Abschluß des letzteren nach unten bildet.

Im nachfolgenden wird hauptsächlich von den beiden zuerst genannten Konstruktionsteilen die Rede sein. Die Decke im engeren Sinne wird insoweit vorgeführt werden, als sie des unmittelbaren Zusammenhanges wegen hierher gehört; doch wird in Teil III, Band 3, Heft 3 dieses »Handbuches« von diesem Gegenstande

³⁰⁾ Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9, S. 2099.

noch eingehend behandelt werden. Der Fußboden, welcher häufig die Balkenlage nach oben hin abschließt und in der Regel die Aufgabe hat, die Verkehrslast auf die Balkenlage, bezw. die Lagerhölzer zu übertragen, gehört nicht in den Rahmen dieser Betrachtung, wie schon in Fußnote 1 (S. 1) bemerkt wurde; über denselben ist das Erforderliche im eben genannten Hefte dieses »Handbuches« zu finden; jedoch muß er auch hier in die Besprechung einbezogen werden, soweit er Einfluss auf die Durchbildung der übrigen Teile hat.

a) Balkenlage.

Die Balkenlagen werden unterschieden nach ihrer Höhenlage in:

- 1) Balkenlage des Erdgeschosses;
- 2) Balkenlagen der Obergeschosse, wobei die das Geschoss unten begrenzende Balkenlage diesem zugezählt wird;
- 3) Dachbalkenlage, und
- 4) Kehlgebälke im Dachstuhl.

Balkenlagen des Erdgeschosses finden sich nur über fog. Balkenkellern als Ersatz der Kellerwölbung in billig hergestellten Gebäuden, sind jedoch wegen geringerer Dichtigkeit und Haltbarkeit mit der Ueberwölbung nicht gleichwertig. Balkenlagen werden an dieser Stelle namentlich dann verwendet, wenn eine eigentliche Unterkellerung fehlt. Es ist dann der Lüftung und Trockenhaltung des Erdgeschosses wegen nötig, letzterem eine Balkenlage zu geben, unter welcher der natürliche Erdboden auf eine Tiefe von mindestens 80 cm beseitigt werden muß, so daß sie einer Kellerbalkenlage ganz gleich wird.

Die Balkenlagen der Obergeschosse, auch Zwischen- oder Etagen- gebälke genannt, ruhen auf den Wänden und dienen zugleich zur Verankerung derselben gegeneinander.

Die Dachbalkenlage nimmt die Gespärre des Dachstuhles auf, enthält daher in der Regel einen Balken unter jedem Dachbinder, welcher dann durch Zugbeanspruchung zugleich die aus dem Dachstuhl etwa entstehenden Schübe aufzunehmen hat.

Kehlgebälke werden von den Kehlbalken hoher Kehlbalkendächer gebildet und teilen den Dachraum in mehrere Höhenabteilungen. Diese Gebälke haben jedoch meist nur für das Abbinden der Dachbinder Bedeutung; zur Aufnahme von Verkehr wurden sie häufig in den hohen mittelalterlichen Dächern benutzt, in denen der Dachraum zur Anlage von Speicherräumen diente; heute werden sie seltener zu vollen Balkenlagen ausgebildet, meist nur dann, wenn im Dachgeschoss Wohnräume geschaffen werden sollen.

Eine regelmäsig angelegte Balkenlage soll das Gebäude in feiner kürzeren Abmessung mittels durchgehender Balken vollständig durchsetzen; bei Gebäuden mit langer Front, daher geringer Tiefe, werden die Balken hiernach in der Regel winkerecht, bei schmalen, tiefen Gebäuden parallel zur Front liegen.

Läfst man die Balken in verschiedenen Teilen eines Gebäudes nach verschiedenen Richtungen streichen, so entstehen verschoffene Gebälke, welche mangelhaft sind, insofern sie die durchgehende Verankerung aufgeben und im Zusammenschnitt der verschiedenen Gebälketeile, infolge der Einzapfung einer Mehrzahl

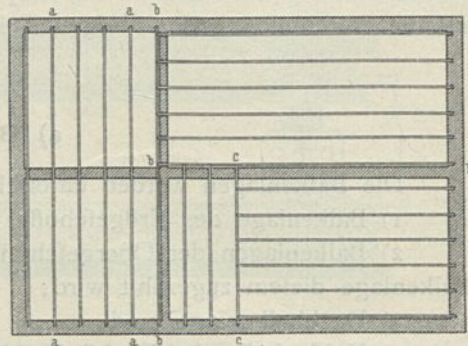
16.
Verschieden-
heit.

17.
Regelmäßige
und
verschoffene
Gebälke.

von Balken der einen Gruppe in den äußersten Balken der benachbarten, schwache Stellen haben.

Fig. 40 gibt ein in einfachen Linien angedeutetes Beispiel eines solchen verschoffenen Gebälkes, in welchem nur die Balken *aa* richtig angeordnet wurden. Die verschoffenen Balken laufen gegen einen der durchgehenden Balken, in welchen sie mittels Brustzapfen eingelagert werden. Diese Brustzapfen schwächen nun aber den Balken erheblich. Wenn daher eine verschoffene Anlage nicht zu vermeiden ist, so soll man wenigstens dafür sorgen, daß die verschoffenen Balken dicht vor ihrer Einlagerung in den durchgehenden, wie bei *bb*, durch eine Mittelwand gestützt werden. Balken, wie *cc*, würden, ganz abgesehen von der Schwächung durch die Zapfen, unter Verwendung gewöhnlicher Holzstärken der vom verschoffenen Gebälke auf *cc* übertragenen Last entsprechend nicht zu bemessen sein.

Fig. 40.



Derartige verschoffene Gebälke werden jedoch dann zur Notwendigkeit, wenn das Gebäude aus mehreren unter einem Winkel zusammenstoßenden Flügeln besteht. In diesem Falle ist die ganze Balkenlage als aus mehreren einzelnen zusammengesetzt anzusehen, deren jede über einem der Gebäudeflügel regelrecht entwickelt ist. Alsdann ist nur darauf zu achten, daß in den Zusammenschnitten der einzelnen Gruppen keine zu großen Schwächungen oder Belastungen einzelner Balken entstehen.

In der in Fig. 41 dargestellten Balkenlage eines beliebigen schiefwinkligen Grundrisses sind 5 Gruppen zu unterscheiden.

Von diesen ist zunächst *A* vollständig unabhängig von den übrigen; es werden nur zur besseren Verbindung der Gebäudeteile die der Tiefe von *A* entsprechenden Balken in den letzten der Gruppe *B* eingezapft und geklammert, was unbedenklich ist, da alle Balken vor der Einzapfung auf einer Mauer ruhen. Die Regelmäßigkeit von *B* wird nur dadurch unterbrochen, daß die letzten Balken durch das Treppenhaus und durch den schrägen Anchnitt an die Balken von *C* verkürzt werden. Die Balken von *C* stoßen an beiden Seiten auf die letzten Balken von *B* und *D* und werden dicht hinter ihrem Wandauflager verzapft; die mittleren Balken von *C* greifen gleichfalls nicht durch, sondern werden durch das Treppenloch verkürzt. Die Vereinigung von *C* mit *D* ist dieselbe, wie die von *C* mit *B*. Schließlich entwickelt sich am anderen Ende des Flügels *D* noch eine Gruppe *E* aus dem Wunsche, den Abchluß aus Balken herzustellen, welche entlang der schrägen Giebelwand liegen. Wollte man aber alle in Frage kommenden Balken von *D* in einen an die Giebelwand gelegten Balken einzapfen, so würde dieser zu schwer belastet werden. Daher sind mehrere Balken parallel zum Giebel angeordnet, und die Balken der beiden Gruppen *D* und *E* sind nun wechselweise ineinander gelagert, so daß jeder Balken nur einen anderen aufzunehmen hat.

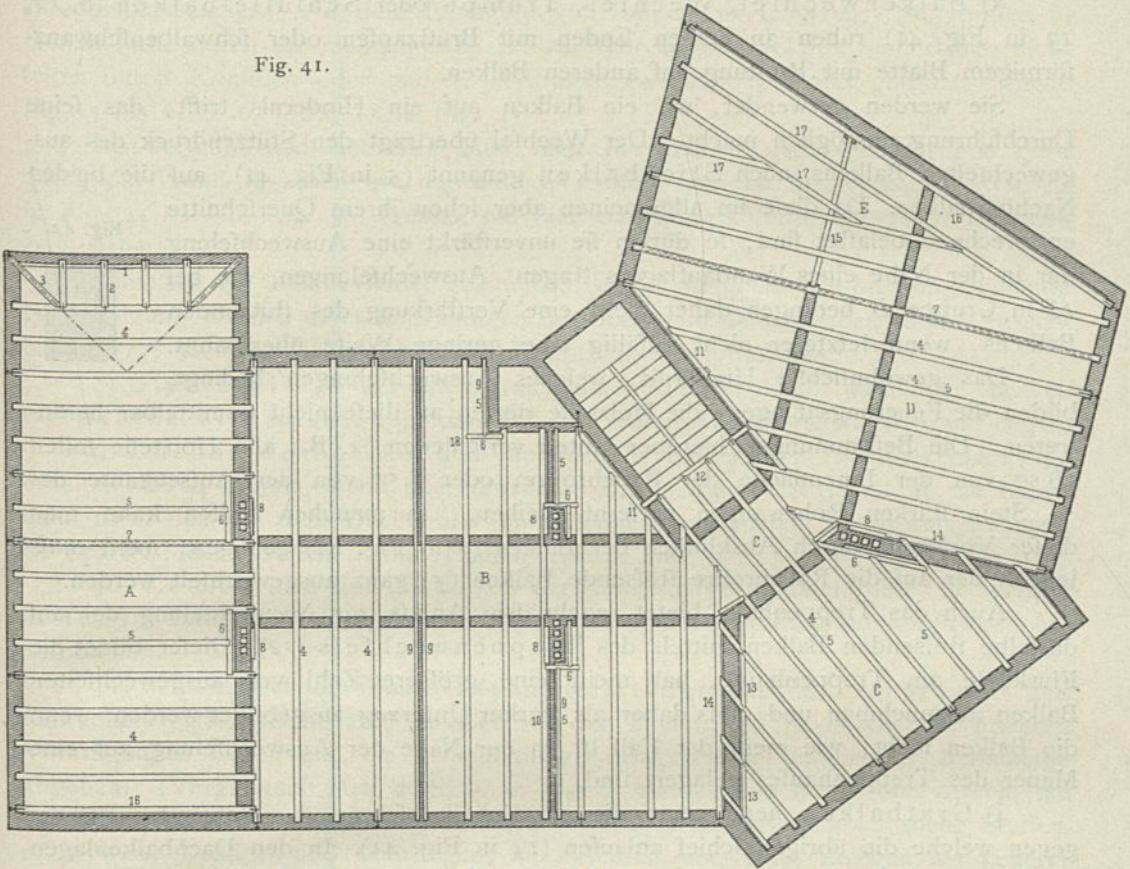
Die einzelnen Balken einer Balkenlage (Fig. 41) haben sehr verschiedene Aufgaben zu erfüllen; danach werden die folgenden Arten derselben unterschieden.

1) Ganze Balken (*a* in Fig. 41) gehen durch die ganze Tiefe des Gebäudes durch, haben daher mindestens an jedem Ende ein massives Auflager. Werden sie sehr lang, länger als etwa 15 m, so werden sie auf einer Mittelwand mittels gewöhnlichen oder französischen Hakenblattes gestützt.

Diese Balken sind die stärksten bemessenen und werden vorwiegend zur Verankerung der Außenwände benutzt. Da diese Balken aus langen Stämmen gewonnen werden müssen, man von diesen jedoch nicht mehr wegschneidet, als zur

Erlangung vollkantigen Holzes erforderlich ist, so werden die Balken am einen Ende häufig einen größeren Querschnitt haben als am anderen. Sie werden dann so gelagert, daß die Unterkante genau wagrecht liegt, erhalten also eine geneigte Lage der Oberkante. Soll auch ein Fußboden hergestellt werden, so ist für seine Lagerung gleichfalls eine wagrechte Oberkante erforderlich; in diesem Falle gibt man

Fig. 41.



folchen Balken einen keilförmigen Aufschiebling in Gestalt einer etwa 5 cm breiten Latte, welche überall die durch die größte Balkenstärke festgelegte Höhe herstellt. (Fig. 42.)

2) Stichbalken und Gratfichbalken (2 u. 3 in Fig. 41) kommen zur Verwendung, wenn man Balkenköpfe an denjenigen Begrenzungsmauern erforderlich hält, mit denen die Balken parallel liegen. Jeder Stichbalken (2) ruht mit einem Ende auf der Mauer, mit dem anderen mittels Brustzapfens oder, wenn ein wagrechter Zug auf die Verbindung wirkt, mittels schwalbenschwanzförmigen Blattes mit Brüstung auf dem ersten ganzen Balken; der Gratfichbalken (3) wird gewöhnlich auf eine Mauerecke und den ersten Balken gelagert.

Diese Art von Balken, welche selten über den ersten Balken hinausreichen, werden vorwiegend in zwei Fällen verwendet, nämlich:

α) bei Fachwerken auf den Giebelseiten aller Balkenlagen, wenn hier Rahmholz des unteren Geschosses und Schwelle des oberen getrennt ausgebildet werden sollen; alsdann kommt der Gratfichbalken in die Achse des Ecktieles zu liegen;

β) in Dachbalkenlagen bei Anordnung von Walmdächern, um die Gratparren und die Schiftsparren des Walmes in die Balkenköpfe verfatzen zu können; alsdann liegt der Gratfichbalken in der Richtung des Walmgrates.

Die Stichbalken erhalten auf einer massiven Mauer in der Regel eine Wand- oder Mauerlatte (τ in Fig. 41³¹⁾.

3) Balkenwechsel, Wechsel, Trumpf- oder Schlüffelbalken (δ , ι_2 , ι_3 in Fig. 41) ruhen an beiden Enden mit Brustzapfen oder schwalbenschwanzförmigem Blatte mit Brüstung auf anderen Balken.

Sie werden verwendet, wo ein Balken auf ein Hindernis trifft, das seine Durchführung unmöglich macht. Der Wechsel überträgt den Stützendruck des ausgewechselten Balkens, auch Stichbalken genannt (ζ in Fig. 41), auf die beiden Nachbarbalken. Da diese im allgemeinen aber schon ihrem Querschnitte entsprechend belastet sind, so dürfen sie unverstärkt eine Auswechslung nur in der Nähe eines Wandauflegers tragen. Auswechslungen, wie bei ι_8 in Gruppe B bedingen daher meist eine Verstärkung des stützenden Balkens, wenn letzterer nicht zufällig eine geringe Weite überspannt.

Fig. 42.



Das gewöhnlichste Hindernis, welches Auswechslungen bedingt, bilden die Feuerungsanlagen; die Holztheile dürfen an diese nicht unmittelbar herantreten. Die Bestimmungen hierüber lauten verschieden, z. B.: alle Holztheile sollen 20 cm von der Innenfläche der Rauchrohre, oder 7 cm von der Aufsenkante der $\frac{1}{2}$ Stein starken Rohrwangen entfernt bleiben. In manchen Fällen kann man dieser Vorschrift durch Ausklinken der Balken (δ in Fig. 41) genügen; meist muß jedoch der auf die Rauchrohre stoßende Balken (ζ) ganz ausgewechselt werden.

Auch das Treppenhaus bietet regelmäÙig Anlaß zur Auswechslung der auf dasselbe stoßenden Balken mittels des Treppenwechsels (ι_2). Dieser bildet die Flurkante am Treppenhause, hat meist eine gröÙere Zahl von ausgewechselten Balken aufzunehmen und muß daher als starker Unterzug ausgebildet werden, wenn die Balken nicht, wie meist der Fall ist, in der Nähe der Auswechslung auf eine Mauer des Treppenhauses gelagert sind.

4) Gratbalken nennt man die ein Gebälke schräg durchsetzenden Balken, gegen welche die übrigen schief anlaufen (ι_4 in Fig. 41). In den Dachbalkenlagen entsprechen solche Gratbalken gewöhnlich den Grat- und Kehlparren.

5) Wandbalken bilden den oberen Abschluß schwacher Scheidewände, welche in der Höhe der Balkenlage endigen. Sie liegen vollkommen auf der Wand auf. Sie sind in Fig. 41 bei D, 7 dargestellt, wenn man annimmt, daß die hier angeordnete Wand über der Balkenlage nicht weiter geht.

6) Bundbalken liegen ganz in der Richtung einer Holz- oder Fachwerkwand, in welcher sie zugleich das Rahmholz der unterliegenden und die Schwelle der überliegenden Geschoßwand bilden; sie nehmen also die Zapfen der Wand auf, sind aber meist breiter als diese (η in Fig. 41).

7) Streichbalken sind Balken, welche an einer Wand hinstreichen. Scheidewände, welche mit $\frac{1}{2}$ Stein oder geringerer Stärke durch mehrere GeschoÙe gehen, müssen in jeder Balkenlage durch zwei Streichbalken (ϑ) eingefast werden. Soll ein Fußboden hergestellt werden, so müssen auch entlang allen anderen Mauern Streichbalken gelegt sein, welche mit den Balken parallel laufen, da man hier sonst

31) Vergl. auch Art. 2, S. 3.

den Fußboden nicht auflagern könnte; zu letzterem Zwecke müßen sie an vielen Stellen eingelegt werden, obwohl dadurch sehr enge Balkenteilungen entstehen. Die Auswechfelung (18) in *B* ist nur durch das Erfordernis eines Streichbalkens an der benachbarten Scheidemauer nötig geworden.

Die Streichbalken können (bei 11) auch den Zweck haben, wichtige Wände (Treppenhausmauern) vor dem Einlagern von Balken zu schützen. Sie werden in diesem Falle durch die eingelagerten Balken sehr schwer belastet und daher nicht selten durch Konfolen oder andere Vorkragungen aus der Wand gestützt. (Siehe Fig. 3 bis 6, S. 6, sowie 11 in Fig. 41.)

Bei verschoffenen Gebälken läßt man die Balken der einen Gruppe gern durch die Wand in einen auf der anderen Seite liegenden Streichbalken (8 u. 14 in Fig. 41 u. *b* in Fig. 36) greifen, um hier eine innige Verankerung der Gruppen zu erzielen.

Schießen die Balken schief gegen eine Wand, so geben sie hier ungenügende Unterstüßung für den etwa notwendigen Fußboden; alsdann werden kleine Streichbalken (13) als Wechsel zwischen den Hauptbalken erforderlich.

8) Giebelbalken sind die Streichbalken an der Giebelwand; sie heißen Ort balken, wenn sie ganz oder zum Teile auf einem Abfätze der Giebelwand liegen.

9) Dachbinderbalken sind die meisten Balken der Dachbalkenlage; sie erhalten diesen Namen, wenn über ihnen ein Dachgebände entwickelt ist; sie haben dann meist den aus dem Dachbinder entstehenden wagrechten Schub aufzunehmen, da Sparren oder Streben in ihre Enden verfaßt sind.

10) Kehl balken sind die Balken der Kehlgebälke im Dachstuhl; sie werden in Teil III, Band 2, Heft 4 dieses »Handbuches« (bei den Dachstuhlkonstruktionen) besprochen.

11) Mauerlatten, Wandlatten, Raftladen oder Mauerbänke (1) sind schwache Hölzer, welche auf, in oder vor den Mauern auf Konfolen oder anderen Vorkragungen liegen und ein gemeinsames Auflager aller Balken der Balkenlage abgeben. (Vergl. auch Art. 2, S. 3, u. Fig. 3 bis 7.) Sie haben den Zweck, die Last der Balken auf eine größere Länge der Mauer zu verteilen, schwache Stellen, z. B. weite Fenster- und Thürbogen, zu entlasten und beim Zulegen als sicherer Anhaltspunkt für den Zimmermann zu dienen; sie schwächen aber, ganz in die Wand gelagert, letztere erheblich und werden infolge ihrer wenig luftigen Lage leicht Anlaß zur Fäulnis der Hölzer.

12) Unter- und Ueberzüge (15) treten bei zu großer Spannweite der Balken bezüglich der Unterstüßung der letzteren an die Stelle der Wände. Sie haben die von den Balken angefallenen Lasten zu tragen und werden daher in der Regel als kräftige Träger auszubilden sein. Unterzüge nehmen die Balken mittels Auflagerung, Ueberzüge mittels Anhängung auf. Infolge der erforderlichen Stärke ragen sie selbst dann noch gegen die Balkenlage vor, wenn sie auch, wie in Fig. 36 bis 39, die Höhe der Balken selbst mit ausnutzen. Da nun ein Vorsprung in der Deckenfläche gewöhnlich weniger hinderlich ist als ein solcher im Fußboden, auch Auflagerung der Balken billiger und sicherer ist als Anhängung, so kommen Unterzüge häufiger vor, als Ueberzüge. Nur für die Dachbalkenlage wird meist die Anordnung von Ueberzügen vorgezogen, weil im Dachraume der Vorsprung im Fußboden meist nicht störend ist. (Vergl. auch das im vorhergehenden Kapitel unter c [S. 28] Gefagte.)

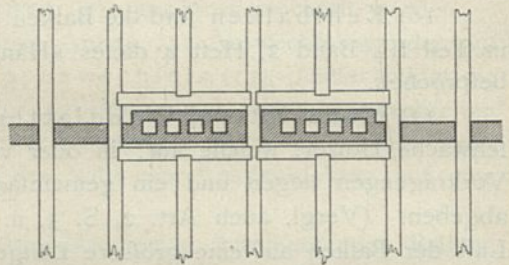
Bei älteren Bauten findet man Unter- und Ueberzüge dadurch ersetzt, daß jeder der weit freiliegenden Balken zu einem verdübelten, verzahnten, offenen, Hängewerks- oder Gitterträger gemacht ist; bei neueren Konstruktionen greift man in solchen Fällen lieber zur Verwendung eiserner Balken, da die oben genannten Anordnungen viel Konstruktionshöhe in Anspruch nehmen. Derartige Lagen von verstärkten Holzträgern werden daher hier nicht weiter berührt³²⁾.

Die aus den angeführten Hölzern bestehenden Balkenlagen durchsetzen das Gebäude nicht immer seiner ganzen Ausdehnung nach in der gleichen Höhenlage; vielmehr erhalten häufig einzelne an der Treppe liegende Räume den Fußboden in Höhe der Treppenruheplätze, oder es werden noch besondere Teilungen einzelner Räume in die Mitte der Geschosshöhe gelegt — Hängeböden. Die Anordnung der Decken in solchen Lagen bedingt die Ausbildung kleiner gefonderter Balkenlagen, welche ganz den obigen Regeln folgen.

19
Entwerfen
der
Balkenlage.

Beim Entwerfen einer Balkenlage trägt man in den festgestellten Gebäudegrundriss zuerst alle notwendigen Balken, d. h. die Giebel-, Ort-, Wand-, Bund- und Streichbalken, ein und teilt dann zwischen diesen die übrigen mit 80 bis 100 cm Teilmaß für volle, mit 30 bis 60 cm Teilmaß für Bohlenbalken ein. Da nun nicht für alle durch die notwendigen Balken gebildeten Abschnitte gleiche Teilmaße zu finden sein werden, so fällt die Balkenteilung in verschiedenen Teilen des Grundrisses oft sehr verschieden aus, wobei die am weitesten gespannten Balken zweckmäßig am engsten gelegt werden (siehe die Gruppe C in Fig. 41). Die so verteilten Balken werden nun zum Teile auf die oben erwähnten Hindernisse: Schornsteine, Treppenhäuser, schwache Stellen in den Tragmauern u. dergl., stoßen, welche dann durch Auswechselfungen zu umgehen sind.

Lange Stichbalken sollen vor der Auswechselfung thunlichst durch eine Wand gestützt sein; ausgedehnte Auswechselfungen wegen einer größeren Reihe von Rauchrohren, welche quer zu den Balken steht, verkürzt man, indem man die Rohre in zwei Gruppen teilt, zwischen welchen man einen Balken durchgehen läßt (Fig. 43). Liegen die Rauchrohre in einer dreieckigen Winkelausmauerung zwischen zwei Wänden, so ist vor diese ein schräger Wechsel zu legen, welcher dann häufig mit beiden Enden auf den Mauern ruht.



Bei allen größeren Auswechselfungen ist es zu empfehlen, Wechsel und Stichbalken durch eiserne Klammern zu verbinden (12 in Fig. 37).

Beim Entwerfen ist ferner darauf zu achten, daß man, abgesehen von den in die Umfassungswände zu lagernden Balken, keine Teile bloß durch die Wände unterstützt, sondern alle Teile ineinander lagert, wie z. B. die Wechsel δ in Fig. 41, welche je an einem Ende auf eine Wand gelagert werden können, durch diese aber hindurchgeführt sind, um sie mittels Brustzapfen in den ersten getroffenen Balken zu lagern. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Mauern auf dem Zimmerplatze nicht vorhanden sind, man also alle Teile der gedachten Art beim Zulegen nicht

³²⁾ Vergl. darüber: GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. Teil II: Die Arbeiten des Zimmermanns. Berlin 1882. Taf. XIII.

unmittelbar unterstützen könnte, daher zu mittelbarem Einpassen greifen müßte, was dann leicht zu mangelhafter Ausführung verleitet.

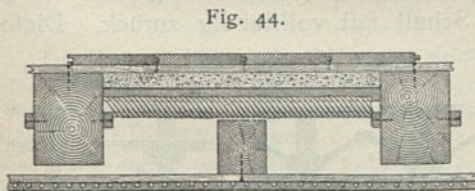
Sind die Balken in folcher Weise verteilt, so erfolgt die Stärkenbestimmung der einzelnen, wobei jedoch meist nur die Breite zu ermitteln ist, da die Höhe aller Balken einer Balkenlage aus Gründen der Anlage der Decken und Fußböden dieselbe sein muß. Es liegt auf der Hand, daß z. B. ein Streichbalken schmäler sein kann, als ein ganzer, weil er nur die halbe Last erhält. Soll der Streichbalken jedoch vor Rauchrohren (δ in Fig. 41) ausgeklinkt werden, so ist auf diese Schwächung Rücksicht zu nehmen. Ebenso erhalten diejenigen Streichbalken volle Stärke, welche bestimmt sind, schwache Scheidewand abzustützen.

Die Verzimderung der so entworfenen Balkenlagen erfolgt auf dem Zimmerplatze durch zeichnungsgemäßes Zusammenfügen aller Hölzer, wobei alle Verbindungen zugeschnitten werden. Man beginnt mit der untersten Balkenlage, legt auf diese die zweite und so fort, bis alle Balkenlagen fertig verzimdert übereinander liegen. Nur so ist es möglich, sowohl genaues Zusammenfügen der Hölzer jeder einzelnen Balkenlage, als auch genaues Uebereinstimmen der Balken der verschiedenen Geschosse zu erreichen; letzteres ist für genau lotrechte Aufführung der Mauern unbedingt erforderlich. Für den Zimmermann ist hierbei die Anordnung von Wandlatten äußerst bequem, weil sie ihm bequeme Lagerung der Balken beim Zulegen und einfaches Festlegen der Masse der Umfassungswände gestattet. Welche großen Nachteile aber übrigens die Mauerlatten unter Umständen für die Gebäude haben, wurde in Art. 18 (S. 37 unter 11) und in Art. 2 (S. 3) bereits erwähnt.

Das Aufbringen der verzimdereten Balkenlagen erfolgt, sobald die stützenden Mauern bis Balkenunterkante hinaufgeführt sind. Die Maurer müssen während des Verlegens zu arbeiten aufhören, und um diese Unterbrechung thunlichst zu verkürzen, muß man über die Gesamtheit der Arbeiten so verfügen, daß die Balkenlagen fertig zugelegt sind, bevor das Lager für die unterste hergerichtet ist. Nach dem Verlegen der Balkenlage erfolgt das in Kap. 9 (unter b) zu besprechende Einmauern der Balkenköpfe und das Weiteraufführen der Mauer des nächsten Geschosses.

Als besondere Arten von Balkenlagen sind zunächst die Blockbalkenlagen oder Döbelgebälke, auch Döbel-, Döbel-, Diebel- oder Dippelgebälke geheißen (Fig. 4 bis 6 u. 25), zu erwähnen. Sie bestehen aus miteinander verdollten, dicht nebeneinander gelegten Balken, sind daher warm, stark und lassen den Schall nur wenig durch. Sie machen im Massivbau aber Schwierigkeiten bei der Einmauerung, müssen, wie in Fig. 4 bis 6, meist auf Auskragungen gelagert werden und finden sich daher jetzt nur noch in Ländern, wo niedrige Holzpreise und die feuerpolizeilichen Bestimmungen reinen Holzbau gestatten, bisweilen auch in Lagerhäusern auf eiserner Stützung (siehe Fig. 25, S. 21).

Häufiger sind Blindbalkenlagen (Fig. 44³³). Selbst bei sorgfältigster Herstellung einer Decke sind Durchdringen von



Schall und Erschütterungen nicht ganz zu beseitigen, wenn dieselben Balken Decke und Fußboden tragen. Wird in reicheren Gebäuden völlige Undurchdringlichkeit verlangt, so legt man zunächst eine regelrechte Balkenlage zum Tragen des

20.
Verzimmern
und Auflegen
der
Balkenlagen.

21.
Besondere
Arten von
Balkenlagen.

³³) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

Verkehres im oberen Geschoffe an, befestigt dann aber die Decke des unteren nicht daran, sondern schiebt zu diesem Zwecke besondere Balken in die Zwischenräume der ersteren ein, welche man Blind-, Fehl-, Fäll- oder Fallbalken nennt. Da

Fig. 45.

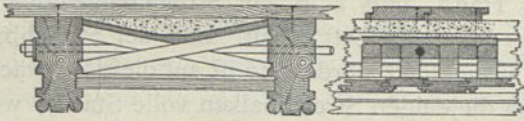
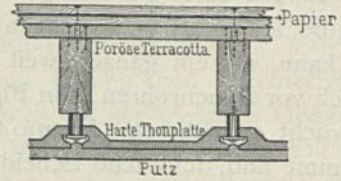


Fig. 46.



diese nur die Deckenausbildung zu tragen haben, können sie erheblich schwächer sein als die Hauptbalken, welche letztere hier und da zum Unterschiede Sturzbalken geheißen werden. So geht durch diese Doppelanordnung keine oder doch

Fig. 47.

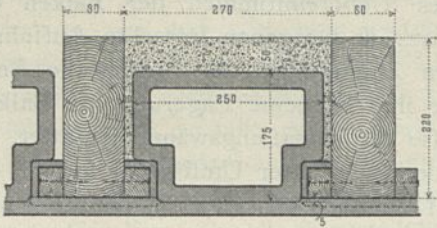


Fig. 48.

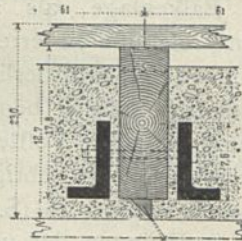
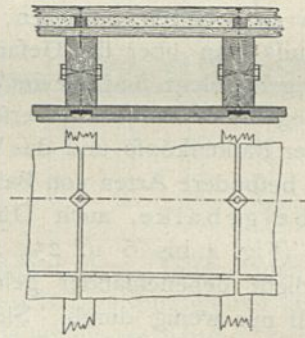
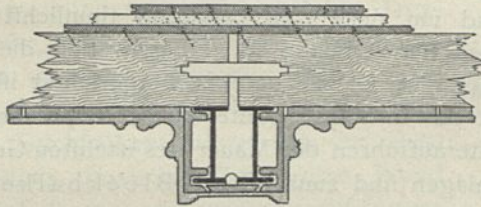


Fig. 49.



wenig Höhe verloren. Selbstverständlich müssen die Blindbalken so tief liegen, daß auch die stärkste Durchbiegung der Tragbalken keinen mit diesen verbundenen Teil auf die Blindbalken setzt. Der Luftraum zwischen den beiden Balkenlagen und die völlige Trennung der Auflagerung halten Erschütterungen und Schall fast vollständig zurück. Diese Anordnung schützt auch reiche Stuckaus schmückungen oder Deckenmalereien vor den von oben kommenden Erschütterungen.

In vielen Gegenden, z. B. in Nordamerika³⁴⁾, verwendet man der Holzsparris wegen vielfach Bohlenbalken (Fig. 45 bis 51), d. h. Balken aus hochkantig gestellten, vollkantig geschnittenen Bohlen; da diese aber leicht umkanten, so müssen sie mindestens dicht an jedem

Fig. 50.

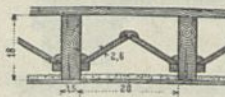
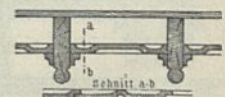


Fig. 51.



³⁴⁾ Siehe: *American engineer* 1887, S. 20. — *Engng. news*, Bd. 23 (1890), S. 368. — *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2099.

Auflager durch zwischen sie eingezapfte Wechselstücke gegeneinander abgepreizt werden. Andere Mittel zu ihrer Versteifung werden im folgenden (unter 2) angegeben werden.

Dafs Balkenlagen, welche durchweg aus verstärkten Holzträgern bestehen, jetzt meist durch eiserne Tragwerke ersetzt werden, ist bereits erwähnt worden³⁵⁾.

Beispiele dafür, wie stark die Balkenlagen durch die Ausbildung und Befestigung der Fußböden beeinflusst werden können, zeigen Fig. 52 bis 58, welche aus diesem Grunde hier erörtert werden.

Die wichtigsten Aufgaben bei dieser Befestigung bilden die Verhinderung des Worfens und das Unschädlichmachen des Schwindens der Fußbodendielen gegenüber

Fig. 52.

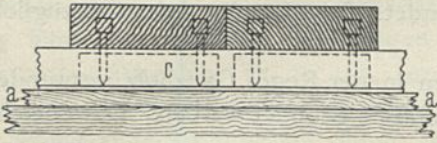


Fig. 53.

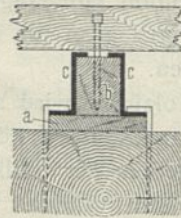


Fig. 54.

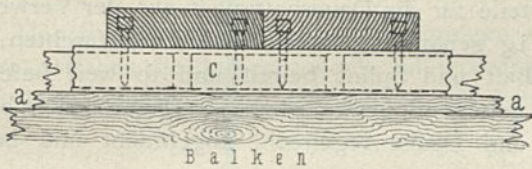


Fig. 55.

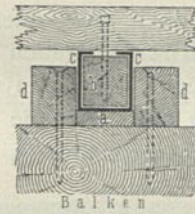


Fig. 56.

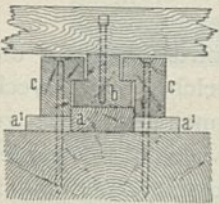
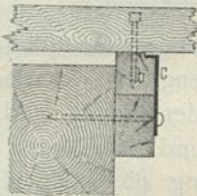


Fig. 57.



der unveränderlichen Länge der Balken. Erstere ist nur durch kräftige Verbindung der Dielen mit gerade haltenden Unterlagen zu erzielen, die aber zum Oeffnen der Fugen durch Schwinden führt, wenn sie einfach durch Nagelung auf den Balken erfolgt. Eine den gestellten Anforderungen

genügende Ausstattung der Holzbalken gibt *Kirchhoff* in Ludwigshafen an (Fig. 52 bis 57).

Fig. 52 u. 53 zeigen zwei Z-Bleche *c*, welche mit einem keiligen nötigenfalls Polsterbrette *a* durch Hakennägel genau wagrecht auf dem häufig keiligen Balken befestigt werden, nachdem vereinzelt Holzabschnitte *b* mit offenen Zwischenräumen *fo* in die entstehende Rinne gelegt sind, das man je einen Abschnitt unter jede Diele schieben kann. Wenn die Abschnitte in die Rinne passen, so kann man die Dielen sicher nageln und sie nach eingetretenem Schwinden immer wieder dicht aneinander treiben, ohne sie lösen zu müssen.

In Fig. 54 u. 55 ist daselbe mittels eines beinahe geschlossenen Blechkastens *c* erreicht, der lose auf der Polsterleiste *a* liegt und durch die Führungsleisten *d* an seitlichen Verschiebungen verhindert wird. Die Holzabschnitte *b* müssen vor dem Verlegen vom Ende her eingeschoben werden. Auch hier gleicht das Polster *a* die Keilgestalt des Balkens aus.

³⁵⁾ Vergl.: GOTTGETREU, a. a. O., Taf. XIII.

Bei der in Fig. 56 dargestellten Anordnung ist die Verwendung von Eisen vermieden. Die auf dem keiligen Polster *a* ruhenden Abschnitte *b* sind hier T-förmig, so dass sie von den unter Einlegen von Pafsklötzen *a*¹ auf die Balken zu nagelnden gekehlten Leisten *c* niedergehalten werden.

Alle bisher beschriebenen Anordnungen erfordern viel Höhe; ist diese nicht vorhanden, so kann die Befestigung nach Fig. 57 erfolgen. Hier ist eine Lagerleiste zugleich mit einem Blechhakenstreifen *c* genau wagrecht feitlich an den Balken genagelt; dabei sind zugleich die Holzabschnitte *b* eingelegt, die zwischen Balken und Blechstreifen geführt werden.

Für die gute Wirkung aller dieser Anordnungen ist genau schliessendes Passen der Holzabschnitte *b* Vorbedingung, die demnach ebenso, wie die Hakenleisten *c* in Fig. 56, aus altem, hartem, nicht schwindendem Holze bestehen müssen.

22.
Holzart und
Sorte.

Als Holzart wird jetzt an Stelle der früher häufig verwendeten Eiche wegen der bedeutenden Holzlängen, des billigeren Preises und der guten Tragfähigkeit die Tanne, weniger gern die Kiefer verwendet. Die Lärche liefert vorzügliche Balken, ist aber selten.

Als Holzforte wird zu den Balken in der Regel Ganzholz verwendet; nur die schmalen Streichbalken können aus Halbholz gebildet werden. Das Gleiche gilt von den Nebenteilen der Balkenlagen; nur ganz untergeordnete Hölzer, z. B. kurze Wechsel an den Wänden zur Aufnahme der Dielenenden (*13* in Fig. 41), können aus gewöhnlichem Verbandholz (Kreuzholz) hergestellt sein.

Tadellose Ausführungen sollen nur vollkantig geschnittene Hölzer enthalten; doch sind wesentliche Nachteile für die Dauerhaftigkeit aus der Verwendung waldkantiger (auch wahnkantig genannter) Hölzer nicht zu befürchten, wenn diese nur vollkommen von Borke, Bast und Splint befreit und so weit beschlagen (gebeilt) sind, dass die Balkenlager genügend große ebene Auflagerflächen besitzen und erforderlichenfalls Fußboden und Decke regelrecht angebracht und befestigt werden können.

b) Ausfüllung der Balkenfache.

(Fehlböden oder Zwischendecken.)

23.
Uebersicht.

Unter dieser Ueberschrift sollen alle diejenigen Ausfüllungskonstruktionen für die Balkenzwischenräume (Balkenfache) zusammengefasst werden, welche den Zweck haben, die Decke undurchdringlich gegen den Schall und Wärmeunterschiede zu machen. Daher sind hier schlechte Wärme- und Schalleiter in zweckentsprechender Weise zu verwenden. Mangelhafte Ausbildung dieser Zwischendecken bildet einen der hauptsächlichsten Gründe für die Ungemütlichkeit und der ungefunden Eigenschaften der Wohnungen in billig hergestellten Gebäuden.

Hier werden zu besprechen sein:

- 1) Balkenlagen ohne Ausfüllung;
- 2) Dübelböden;
- 3) Windelböden;
- 4) Einschubböden, und
- 5) neuere Fachausfüllungen.

1) Balkenlagen ohne Ausfüllung.

24.
Dübelgebälke.

Hierher gehören zunächst die Dübelgebälke, weil bei diesen die Balken, meist flach gelegte Halbhölzer, selbst die Ausfüllung bilden. Um die Fugen zu schliessen, verstreicht man sie von oben mit Lehm und deckt dann zur Schall-

dämpfung die Balken mit 7 bis 10 cm Füllung oder Bettung, meist trockenem, feinem Sande, ab (Fig. 4 bis 6, S. 66). Soll ein Fußboden aufgebracht werden, so werden in diese Füllung in Abständen von 0,8 bis 1,0 m Lager aus Bohlen von 5 cm Dicke und 12 cm Breite eingebettet, welche den Fußboden unmittelbar tragen und Polster- oder Lagerhölzer genannt werden. Durch letztere erzielt man eine schlichte Lagerung der Fußbodenbretter, welche auf den nicht genau geschnittenen Balken kein ebenes Auflager finden würden, und vermeidet das unmittelbare Uebertragen von Erschütterungen. Sorgfältiger Verfrisch der Balkenfugen ist erforderlich, weil sonst die Füllung durchrieselt.

In Fig. 25 (S. 21) fehlt die Bettung, und der Fußboden ruht unmittelbar auf dem Dübelgebälke, weil es hier auf leichteste Anordnung in erster Linie ankam³⁶⁾.

In gewöhnlichen Balkenlagen fehlt die Ausfüllung nur in Gebäuden, welche Lagerzwecken oder gewerblichen Betrieben dienen, nie in Wohngebäuden, aber besonders häufig da, wo die Balkenlagen sehr schwer belastet werden sollen (in Speicherräumen, siehe Fig. 15, S. 13), um die Decke an sich thunlichst leicht zu halten. Solche Decken schliessen die Heizbarkeit einzelner Geschosse aus und lassen auch die schwächsten Schallwellen durch. Ist eine Deckenschalung im engeren Sinne unter den Balken angeordnet, so entstehen in den ganz offenen Balkenfeldern für Ungeziefer günstige Schlupfwinkel.

25.
Gewöhnliche
Balken-
lagen ohne
Ausfüllung.

2) Dübelböden.

Dübelböden entstehen durch Einfügen dicht gelegter schwächerer Verbandhölzer zwischen die Balken, welche miteinander verdübelt, verdollt, werden. Liegen diese Hölzer parallel zu den Balken, so werden sie durch eingezogene hölzerne

26.
Konstruktion.

Fig. 58.

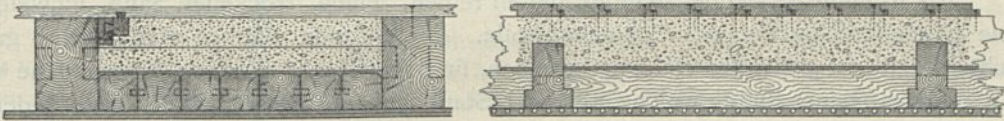


Fig. 59.

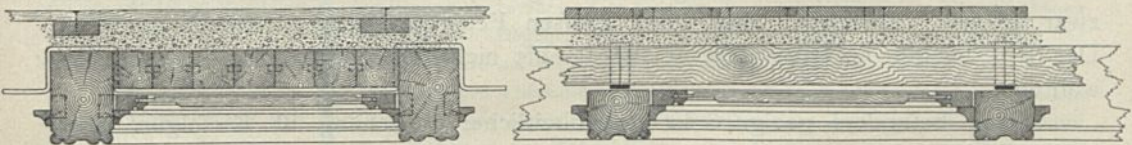
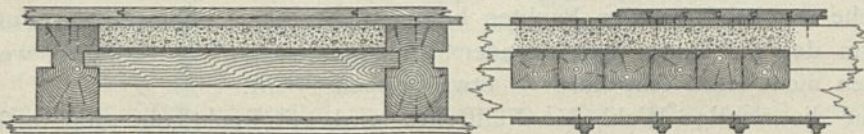


Fig. 60.



Wechsel (Fig. 58) oder Bügel aus Bandeisen (Fig. 59) getragen; liegen sie winkelrecht zu den Balken, so zapft man sie in diese ein (Fig. 60), wobei jedoch die

³⁶⁾ Fig. 25 entspricht etwa der Anordnung des Brookthor-Speichers in Hamburg, wo das Eigengewicht thunlichst gering zu halten war, weil die Stützen ohnedies schon sehr schwer wurden.

Balken durch Nuten erheblich geschwächt werden; diese Nuten sollen thunlichst in der Mitte der Balkenhöhe liegen. Die Füllhölzer werden unten bündig mit den Balken gelegt, wenn die Gefache ganz ausgefüllt werden sollen (Fig. 58); genügt teilweise Füllung, so legt man sie weder oben, noch unten bündig (Fig. 60). Will man den bei den beiden vorigen Anordnungen unmittelbar auf die Balken zu lagernden Fußboden von diesen ganz trennen, so legt man die Füllhölzer oben bündig und bettet besondere Fußbodenlager von etwa 5×12 cm Querschnitt in eine Sandüberschüttung ein (Fig. 59). Unter allen Umständen sind auch hier die Fugen der Füllhölzer gut zu verstreichen. Derartige Zwischendecken sind wegen des Holzaufwandes und der Feueregefährlichkeit selten.

3) Windelböden und Wickelböden, Wellerungen und Stakungen.

27.
Konstruktion.

Diese Namen bezeichnen sämtlich solche Ausfüllungen der Balkenfache, welche aus mit Strohlehm umwickelten Weller- oder Stakhölzern hergestellt sind. Man verwendet dazu gespaltenes Knüppelholz (eichen) oder gespaltene Schwarten von Eichen-, Tannen- und Kienenschnitthölzern. Die Umwicklung erfolgt mit Langstroh, welches zum Zwecke dichten Schlusses der Wellerhölzer gegen Wärme und Kälte mit dünnem Lehmbrei gefättigt ist. Bei billigerer Ausführung legt man die unumwickelten Stakhölzer auch wohl dicht zusammen und deckt sie mit einer Lage von Krummstroh mit Lehm ab; die Wickelung ist jedoch vorzuziehen. Ueber die Wellerung bringt man zur Verbesserung der Dichtigkeit einen an den schwächsten Stellen 2 cm dicken Lehmschlag, und die so geschlossene Ausstakung nimmt dann die eigentliche Füllung oder Bettung auf, nachdem die nass eingebrachte Lehm- masse vollkommen ausgetrocknet ist.

28.
Füllung.

Als Füllung verwendet man am besten reinen, feinen, trockenen Sand, schwefel- freie Hochofenschlacke oder Schlackenwolle. Diese Stoffe stauben wenig oder gar nicht. Nicht so gut, aber viel im Gebrauch, sind Bauschutt, trockene Kohlenasche³⁷⁾ und ungewaschener Sand, welche alle viel Staub geben. Die Füllstoffe sollen jedenfalls vollkommen frei von organischen Beimengungen sein, da sie sonst die Luft in den Räumen verderben. Füllungen mit Sägemehl, Moos, Häckfel u. dergl. sind zwar an sich vorzüglich, aber ihrer großen Feueregefährlichkeit wegen verboten. Der sehr leichte Torfgruß scheint sich — als nicht feueregefährlich — gut zu be- wahren.

Ganz besonders geeignet in gesundheitlicher Beziehung ist Kieselgur; doch ist ihr Preis verhältnismäßig hoch.

Wird ein Fußboden aufgebracht, so muß die Füllung oben die Fußboden- unterfläche thunlichst in allen Punkten berühren, da das Hohlliegen der Fußböden den Lärm des auf ihnen stattfindenden Verkehrs wesentlich verstärkt, wenn der Fußboden nicht selbst sehr stark — etwa doppelt — ist.

Auf die richtige Wahl des Füllstoffes wird mit Recht ein ganz besonderer Wert gelegt, und die Schwierigkeit, nach allen Richtungen einwandfreie Füllstoffe zu erhalten, bildet einen der hauptfächlichsten Gründe, welche gegen die bisher meist üblichen Ausfüllungen der Balkenfache mit losen Füllstoffen sprechen.

³⁷⁾ In manchen Gegenden verwendet man zur Füllung sog. Steinkohlenlösch; dies sind die Rückstände der Dampf- kesselfeuerungen: Schlacke und Ache; dieser Stoff wird trocken und thunlichst rufsfrei eingebracht.

Neben der Vermeidung von Staubbildung, welche, wie bereits erwähnt, namentlich bei Afche, unreinem Sande und Baufchutt auftritt, und von fäulniserregender Einwirkung auf die benachbarten Holzteile, welche eintritt, wenn der Füllstoff dauernd Feuchtigkeit aus der Luft auffaugt und organische Bestandteile, insbesondere Pilzsporen, enthält, kommt namentlich die Einwirkung des Füllstoffes auf die gesundheitlichen Verhältnisse der Innenräume in Frage.

Einen allen diesen Anforderungen entsprechenden Füllstoff erhält man durch Waschen und nachfolgendes Ausglühen von Sand, ein Verfahren, das z. B. beim Regierungsgebäude in Hildesheim streng durchgeführt wurde³⁸⁾.

Die dort verwendete Vorrichtung zum Ausglühen bestand in einem einer Wassertschnecke gleichenden, geneigt liegenden Trommelofen von 40 cm Durchmesser und 175 cm Länge, durch welchen der Sand beim Umdrehen der Trommel von einer Schraubenfläche aus Blech langsam unter stetem Aufrühren hindurchgeschoben wurde. Die etwa 250 kg schwere Vorkehrung kostete 150 Mark. Die Stellung des Gerätes und das Ausglühen waren dem Unternehmer vertragsmäßig aufgegeben.

Befonders beachtenswert sind die Versuche, welche Koch über den Einfluss der Füllstoffe, insbesondere der Kieselgur (Diatomeenerde von Unterlüfs), auf die Entwicklung von Bakterien angestellt hat³⁹⁾.

Koch fand in 1 ccm der Diatomeenerde nur etwa 3 bis 4 Bakterien und stellte 15,6 Vohundert Glühverlust fest, worin aber die Verwandlung unorganischer Stoffe beim Glühen einbegriffen ist. Bei dem Versuche der Vermengung mit Typhus-, Cholera und Eiterbacillen enthaltender Nährbouillon zeigte sich, daß die Mischung mit trockener Kieselgur schwierig war, weil die Bouillon in Tropfen zusammenlief und erst nach langer Zeit aufgefogen wurde; mit feuchter Kieselgur erfolgte die Mischung leicht.

In der trockenen Diatomeenerde hatten die Cholerakeime nach 14 Tagen, die Typhuskeime nach 21 Tagen ihre Keimfähigkeit verloren; die Eiterkeime blieben entwickelungsfähig. Bei guter Mischung mit feuchter Kieselgur starben dagegen die Cholera bacillen sofort, die Typhus- und Eiterkeime nach 8 Tagen ab. Dieses Verhältnis ist günstig, weil die Bacillen nicht anders, als mit viel Wasser in die Füllung gelangen können. Die Wirkung schreibt Koch der Beimengung von schwefelsauren Salzen zu, welche bei der Aufbereitung der Infusorienerde mittels Schwefelsäure entstehen.

Was die Aufnahmefähigkeit von Feuchtigkeit anlangt, so verhalten sich verschiedene Füllstoffe, wie folgt. Es enthält an Wasser

	Kieselgur	Baufchutt	Afche	getrockneter Sand
in lufttrockenem Zustande	7,6	1,7	1,13	0,13 Vohundert
bis zum Abtropfen mit Wasser gefättigt	223	27,6	86,5	17,5 „

Danach wird die Kieselgur unter Umständen noch trocken bleiben, unter welchen die übrigen Füllstoffe, namentlich Sand, bereits völlig durchnäßt sind. Allerdings erfolgt die Wasseraufnahme bei der Diatomeenerde wegen des 86 Vohundert betragenden Porenraumes sehr langsam, so daß bei plötzlichen Ueberflutungen das Durchsickern des freien Wassers eintritt. Dagegen wirkt die außerordentliche Aufnahmefähigkeit für Wasser in längerer Zeit dauernd austrocknend auf die umgebenden Bauteile und Räume ein.

Der Grad des durch die verschiedenen Füllstoffe erzielten Wärmeschutzes wurde festgestellt, indem man ein Eisenrohr mit 2 cm Zwischenraum mit einem Blechrohre umhüllte, den Zwischenraum mit Füllstoff füllte und dann 45 Grad C. warmes Wasser in das Rohr brachte. Das Wasser kühlt in 110 Minuten ab in einem Mantel aus Kieselgur Baufchutt Afche Sand Luft

auf	39	33,3	35,8	34,3	37,2 Grad C.;
-----	----	------	------	------	---------------

die Diatomeenerde ist also auch in dieser Beziehung allen anderen Stoffen überlegen.

Das Gewicht von 1 cbm trockener Kieselgur ist 302,7 kg, gegen 1750 kg von 1 cbm Sand und 840 kg von 1 cbm Afche; hiernach ist diese Deckenfüllung auch sehr leicht.

Leider sind die Kosten bedeutend; 1 cbm Kieselgur, rosa geblüht, kostet 15 Mark (beste), ungeblüht mit grauer Farbe 10 Mark⁴⁰⁾.

³⁸⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 199.

³⁹⁾ Siehe ebendaf., S. 332.

⁴⁰⁾ Ueber die gesundheitliche Bedeutung des Füllstoffes für die Balkenfache siehe auch noch:

EMMERICH, R. Die Verunreinigung der Zwischendecken unserer Wohnräume in ihrer Beziehung zu den ektogenen Infektionskrankheiten. Zeitschr. f. Biologie 1882, S. 253.

Die Zwischendecken in Wohnhäusern als Krankheits-Herde. Deutsche Bauz. 1883, S. 35.

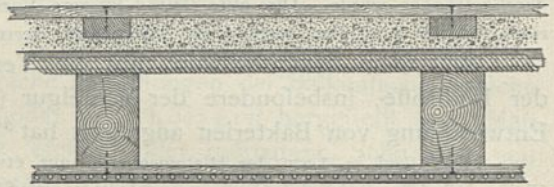
Von besonderen Mitteln zur Füllung der Hohlräume ist noch das von *Kortüm* verwendete und empfohlene Gemenge von Kalkmörtel und Heu⁴¹⁾ anzuführen, das jedoch nur da am Platze ist, wo es keine Last zu tragen hat, also namentlich unterhalb der Wellerungen und Einschübe, um die Decke durch Füllung der Hohlräume über den Schalbrettern dicht gegen Schall und Wärme zu machen, ohne das Gewicht erheblich zu erhöhen.

29.
Gestreckter
Windelboden.

Je nach der Höhenlage der Wellerung zu den Balken unterscheidet man den gestreckten, den halben und den ganzen Windelboden.

Der gestreckte Windelboden (Fig. 61) entsteht, wenn man lange Wellerungen über die Balken hinstreckt. Er wird vorwiegend verwendet, wo es auf billige Herstellung einer warmen Decke ankommt, welche nicht viel zu tragen hat, d. h. in landwirtschaftlichen Gebäuden; man deckt hier häufig nur einen etwas starken Lehmschlag auf die Wellerung, womit Decke und Fußboden hergestellt sind. Da hierbei die schwachen Stakstangen die aufgebrachte Last nach den Balken übertragen müssen, so ist die Tragfähigkeit einer solchen Decke sehr gering. Soll ein regelrechter Fußboden hergestellt werden, so bringt man Füllung in einer Stärke von 8 bis 10 cm (Fig. 61) auf den Lehmschlag und lagert in diesen die Fußbodenlager gerade über den Balken ein, um die Last thunlichst unmittelbar auf diese zu bringen. Da aber der Fußboden auf der Füllung liegt und die Lager in letztere eingedrückt werden, so ist eine Lastübertragung durch die Stakung auch so nicht ganz zu umgehen.

Fig. 61.



Vorteilhaft ist die Verwendung des gestreckten Windelbodens bei Anordnung von Blindbalkenlagen (Fig. 62), weil die Balkenfache für die Blindbalken ganz frei

Fig. 62.

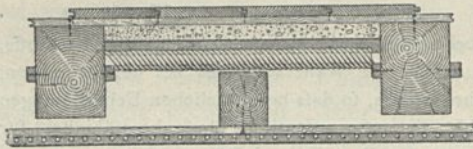
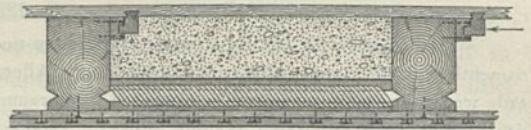


Fig. 63.



bleiben, diese also hoch, d. h. leicht ausgebildet werden können. Von allen Windelböden ist der gestreckte auch der leichteste, belastet also die Balken am wenigsten. Durch die vollständige Auflagerung auf die Balken geht aber den übrigen Deckenkonstruktionen gegenüber Höhe verloren, und die deshalb anzutrebende Dünne

RECKNAGEL, Vortheile und Nachtheile der Durchlässigkeit von Mauern und Zwischenböden der Wohnräume. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspf. 1885, S. 73.

NUSSBAUM, Ch. Hygienische Forderungen an die Zwischendecken der Wohnhäuser. Archiv f. Hygiene, Bd. 5, S. 264. Verunreinigung der Zwischendecken der Wohnräume und ihr Einfluss auf die Gesundheit der Bewohner. Mittel zur Verhütung und Bekämpfung der Verunreinigungen. Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 329.

Die hygienischen und technischen Anforderungen an Zwischendecken in Wohngebäuden. Deutsches Bauwksbl. 1887, S. 535.

HEINZELMANN, H. Die Fehlböden (Zwischendecken). Ihre hygienischen Nachtheile und deren Vermeidung. München 1891.

FALKENHORST, C. Das Buch von der gefunden und praktischen Wohnung, Heft 1: Unfere unsichtbaren Feinde. Leipzig 1891.

41) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

der Decke beeinträchtigt die Dichtigkeit gegen Wärme und Schall. Die Unzuträglichkeiten, welche aus den völlig hohlen Balkenfachen bezüglich des Ungeziefers entstehen, wurden oben bereits erwähnt.

Der halbe Windelboden (Fig. 62) entsteht, wenn man die Wellerung innerhalb der Balkenfache etwa in halber Höhe der Balken anbringt, so daß der Fußboden unmittelbar auf die Balken gelagert werden kann. Die Wellerhölzer werden auf Weller- oder Stakleisten gelagert (Fig. 62) oder in Weller- oder Staknuten eingeschoben, welche man in entsprechender Höhe an den Balken anbringt (Fig. 63).

An sich sind beide Anordnungen gleichwertig; jedoch werden die Leisten meist vorgezogen, weil das Annageln derselben einfacher ist als das Einfösen der Nuten in die meist wahnkantigen Balken. Auf die Wellerung bringt man, wie früher, Lehmschlag und Füllung. Da der Fußboden nun unmittelbar auf den Balken ruht, so ist die Stakung der Luft fast ganz entzogen. Diese Ausfüllung der Balkenfache ist die unter den Windelböden jetzt am meisten verwendete; sie wird um so dichter, aber auch um so schwerer, in je tieferer Lage man die Stakung einsetzt.

Die schwachen, meist aus Schwartenbrettern gespaltenen Wellerhölzer sind für Fäulnisvorgänge günstige Angriffspunkte; man hat sie daher, nebst den Wellerleisten, vereinzelt wohl durch aus Rechteckeifen geschnittene Leisten und Stäbe ersetzt⁴²⁾, wodurch man selbstverständlich zu nicht unbeträchtlich höheren Kosten gelangt.

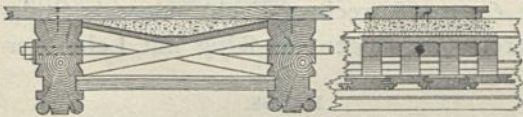
Eine gewöhnliche Balkendecke mit halbem Windelboden, Fußboden und Putzdecke, 35 cm dick, 6 m frei tragend, kostet für 1 qm Grundfläche etwa 15 bis 16 Mark⁴³⁾.

Der ganze Windelboden (Fig. 63) ist dem vorigen in allen Einzelheiten gleich, unterscheidet sich von letzterem nur dadurch, daß die Wellerung weit genug nach unten gelegt wird, um die Deckenschalung einen unter der Stakung angebrachten dünnen Lehmputz in allen Punkten berühren zu lassen. Diese Ausfüllung der Balkenfache ist die dichteste, aber auch schwerste von allen Windelböden; sie empfiehlt sich daher für gut ausgestattete Wohngebäude, nicht jedoch an solchen Stellen, wo es auf das Tragen schwerer Lasten ankommt; sie wird übrigens, der Kosten und des großen Gewichtes wegen, nur wenig verwendet.

Eine von den vorigen abweichende Art der Stakung ist die Kreuzstakung, bei welcher die meist unumwickelten Stakhölzer mit abwechselnder Neigung nach links und rechts zwischen die Leisten oder Nuten (Fig. 64) der Balken eingesetzt werden. Diese schrägen Stakhölzer bilden eine sehr wirksame Abspreizung der Bohlenbalken⁴⁴⁾ gegen Kanten und Werfen. Sie wirken wie Streben kleiner Hängewerke, welche die auf einen Balken kommende Last auf die beiden Nachbarn mit übertragen, somit die ganze Balkenlage tragfähiger machen.

Die wagrechte Seitenkraft dieser Strebendrucke kann von den schmalen Balken jedoch nicht aufgenommen werden, deren seitliche Durchbiegung die Strebenwirkung aufheben würde. Zur Aufhebung dieser wagrechten Seitenkraft werden daher in

Fig. 64.

30.
Halber
Windelboden.31.
Ganzer
Windelboden.32.
Kreuzstakung.

⁴²⁾ Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2099.

⁴³⁾ Siehe: *Centralbl. d. Bauverw.* 1866, S. 134, 143; 1890, S. 65.

⁴⁴⁾ Siehe: *American engineer* 1887, S. 230.

Abständen von etwa 2 m Rundeisenanker durch die Balkenlage gezogen, welche man durch in der Mitte angebrachte Mutter Schlösser mit Gegengewinde ⁴⁵⁾ in Spannung bringt. Um die unbequeme Bohrung aller Balken zu vermeiden, kann man diese Rundeisenanker zweckmäÙig durch auf und unter die Balken genagelte Bandeisen ersetzen, wie sie für eiserne Balken in Fig. 65 u. 66 angegeben sind. Bei Bretterfußböden wird die Aufhebung der wagrechten Kräfte jedoch auch schon durch die quer zu den Balken laufenden und an diese angenagelten Fußbodendielen, ebenso auch durch Deckenschalpbretter bewirkt; unbedingt notwendig sind die Anker also nur, wenn solche Bretterlagen ganz oder, wie in Fig. 64, zum Teile, hier nämlich unten, fehlen.

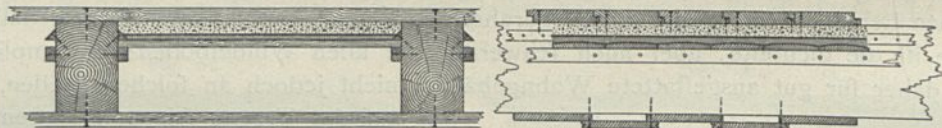
Ueber die Stakhölzer bringt man zunächst behufs Schließens der gebliebenen Oeffnungen eine Lage von Langstroh mit Lehm und Lehmschlag, darauf dann die Füllung.

4) Einschubböden.

Einschubböden sind den Windelböden gleichfalls sehr ähnlich; nur bringt man in die Nuten oder auf die Leisten der Balken statt der Stakhölzer Schwartenbretter.

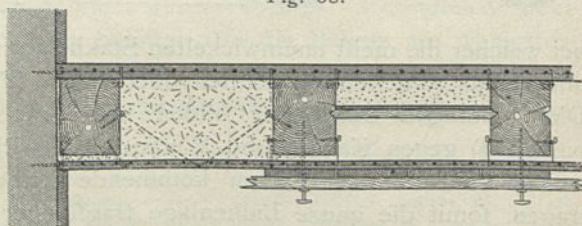
33.
Konstruktion.

Fig. 67.



Der Einschub wird entweder einfach (Fig. 67 u. 68, rechtes Fach) oder als Stülp-
lage (Fig. 69) ausgebildet; bei beiden werden die Fugen sorgfältig mit Lehm ver-
frischen und mit Lehmschlag über-
deckt. Die über diesem liegende
Füllung ist meist nur wenige Centi-
meter stark, und der größte Teil
der Balkenfache bleibt frei. Liegen
die Einschubbretter auf Leisten, so
wird wohl auch eine dreieckige
Leiste über sie genagelt (Fig. 67),
um das Ausheben der Bretter aus-
zuschließen. Die Stülpdecke (Fig. 69) hat vor den nebeneinander liegenden Brettern
des einfachen Einschubes den Vorteil größerer Dichtigkeit. Sind Nuten zum An-
bringen des Einschubes vorgesehen, so muß man an den Enden der Balken bis
auf die Nuten hinunter Auschnitte von Brettbreite anbringen, um die letzten Ein-

Fig. 68.



⁴⁵⁾ Siehe: Teil III, Band I dieses Handbuchs Fig. 448, S. 163 (2. Aufl.: Fig. 458, S. 176).

schubbretter in die Nuten einbringen zu können. Wegen ihrer Leichtigkeit ist diese Einschubdecke sehr beliebt und wird häufiger verwendet, als der halbe Windelboden, dem sie jedoch an Dichtigkeit nachsteht.

Ganz besonders leicht kann die in Fig. 70 dargestellte Abart dieser Decke hergestellt werden. Hier ruhen die Bretter oben auf den Balken zur Seite oder

Fig. 69.

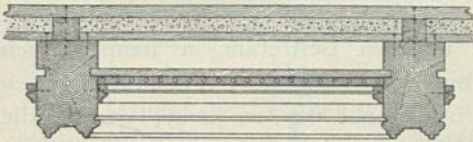


unterhalb (Fig. 71) kleiner, den Fußboden tragender Aufschieb-linge; nach Verfrich der Bretter wird der entstehende Zwischenraum zwischen den Aufschieb-lingen mit Füllung geschlossen.

Diese Decke ist weder gegen

Schall noch Wärmeübertragung dicht, belastet aber die Balken sehr wenig und wird daher in solchen Gegenden verwendet, wo der schlechte Untergrund thunlichst leichte Konstruktion aller Gebäudeteile verlangt.

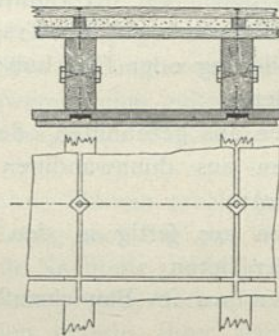
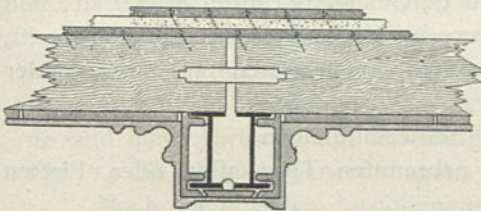
Fig. 70.



Befonders schwer wird die Deckenkonstruktion, wenn man, wie dies in Oesterreich üblich ist, die Stülpdecke — dort Sturzboden genannt — auf die Balken aufnagelt, alsdann die Füllung aufbringt und

in letztere die Fußbodenlager verlegt. Die Dichtigkeit einer solchen Decke ist eine große, aber auch die für dieselbe erforderliche Konstruktionshöhe eine bedeutende.

Fig. 71.



In leichten

Holzarchitekturen findet sich in einzelnen Gegenden, z. B. im Schwarzwalde, eine gefederte Daubenfüllung (Fig. 72), welche sich gewölbartig zwischen die Balken spannt und durch etwas keilig ge-

schnittene Scheitelschlussfedern fest eingeklemmt wird. Die Konstruktion liefert keine wesentlich besseren Ergebnisse als die Einschubdecke, mit der sie bezüglich der Füllung gleichartig behandelt werden kann; sie ist aber verwickelter und kostspieliger als diese, daher selten und nur nach Ortsgebrauch aus der Innenausstattung der Räume entstanden.

Fig. 72.



Diese Deckenkonstruktionen, welche durch Jahrhunderte die allein verwendeten gewesen sind, müssen der klareren technischen Erkenntnis der Neuzeit mehr und mehr weichen. Ihre Mängel: das Einbringen großer Mengen von Feuchtigkeit beim Neubaue gerade in die Teile der Gebäude, wo sie am gefährlichsten ist, die Mangelhaftigkeit, Vergänglichkeit, geringe Festigkeit

und Unreinheit der verwendeten Stoffe, das vergleichsweise große Gewicht, die bei leichter Ausbildung mangelhafte Dichtigkeit gegen Wärme und Schall bewirken, daß sich die gute Bautechnik mehr und mehr von diesen Anordnungen abwendet; sie werden voraussichtlich in nicht ferner Zeit zu den veralteten gehören.

35.
Neuere
Deckenkon-
struktionen.

Das Streben nach Bauweisen, welche frei von den angeführten Mängeln sind, bringt sogar in sehr vielen Fällen auch die Holzbalken, welche man an diese Zwischendecken geknüpft ansieht, mit zu Falle, und viele halten den eisernen Balken für ein wesentliches Merkmal neuerer Deckenkonstruktionen. Diese Anschauung trifft nicht zu. Der hölzerne Balken kann bei richtiger Verwendung und Behandlung nach wie vor als ein durchaus zweckmäßiger Konstruktionsteil betrachtet werden, namentlich nachdem man erkannt hat, daß sich auch bezüglich der Feuerficherheit eiserne und hölzerne Balken nicht wesentlich verschieden verhalten und daß sie beide gleich wirksamen Schutzes gegen Feuer bedürfen.

Der Holzbalken ist imstande und berechtigt, seine Stellung im Baugewerbe zu wahren, namentlich wo die Preise ihn zum billigeren Deckenträger machen und wo nicht besonders schwere Lasten zu tragen oder besonders große Weiten zu überspannen sind. Die Mängel der älteren Decken stecken in den Fachausfüllungen, auf deren Verbesserung sich denn auch die neueren Bestrebungen hauptsächlich richten. Daß die Herstellung in jeder Beziehung befriedigender Fachausfüllungen auch zwischen Holzbalken heute als gelungen bezeichnet werden kann, werden die nun im einzelnen zu besprechenden neueren Lösungen zeigen.

5) Neuere Fachausfüllungen.

Die neueren Fachausfüllungen sind einzuteilen:

36.
Einteilung.

1) in solche, bei denen nur der Füllstoff durch andere Mittel ersetzt ist, und
2) in solche, bei denen auch der Träger der Füllung anders ausgebildet ist, als durch Wellerung oder Einschub; unter den letzteren sind dann wieder zu unterscheiden:

- a) Ausfüllungen aus gebrannten oder Schwemmsteinen;
- b) Ausfüllungen aus dünnwandigen gebrannten Thonkaften oder -Platten (Terrakotten);
- c) Ausfüllungen aus fertig in den Bau zu bringenden Tafeln aus Gips, Zement oder Beton;
- b) Ausfüllungen aus im Bau einzustampfenden Mörtel- oder Betonkörpern.

a) Fachausfüllungen der Gruppe 1.

Eine Zwischendecke mit den gewöhnlichen, oben erörterten Teilen, aber verbesserter Füllung zeigt die in Fig. 73 dargestellte Decke mit Korkplatten⁴⁶⁾.

37.
Ausfüllungen
mit
Korkplatten.

⁴⁶⁾ Korksteine und Korkplatten liefern:

Die sächsische Korkstein-Fabrik Einfiel bei Chemnitz; *A. Haacke & Co.* in Celle, letztere die Korksteine in der Größe $25 \times 12 \times 6,5$ cm mit 0,6 kg Gewicht und die Platten 3 cm, 4 cm, 5 cm und 6 cm stark mit Gewichten von 8 kg, 11 kg, 14 kg und 17 kg für 1 qm.

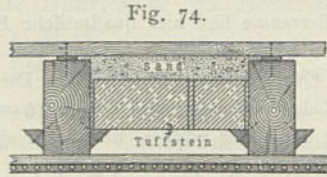
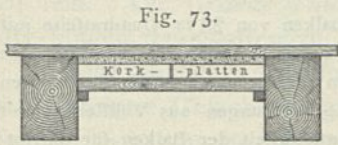
C. u. E. Mahla, Isoliermittel-Terralith-Papyrolith-Fabrik in Nürnberg, dabei besondere derartige Erzeugnisse unter den Bezeichnungen Terralith und Papyrolith.

R. Stumpf in Leipzig-Plagwitz.

Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen a. Rh. (D. R.-P. 68532).

Infusorit-Kork, *Rheinhardt & Co.* Hannover, Vereinigte Norddeutsche und Deffauer Kieselgur-Gesellschaft in Berlin und Wien.

Letztere liefern eine sehr warme und für Schall und Feuchtigkeit undurchlässige Decke, bedürfen jedoch wegen ihrer geringen Tragfähigkeit durchlaufender Unter-



stützung, die in Fig. 73 mittels des gewöhnlichen Einschubes erzielt ist. Die Fugen der Platten werden mit Gips oder Zement verstrichen, und die Lage

wird dann in der Regel zur Erzielung dichten Anschlusses an den Fußboden noch mit einer dünnen Schicht von Füllsand bedeckt.

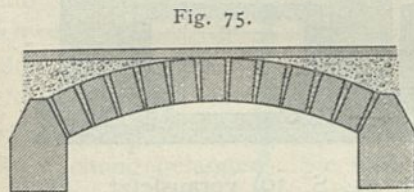
β) Fachausfüllungen der Gruppe B, a.

Decken mit tragender Füllung besserer Art entstehen zunächst nach Fig. 74, indem man Steinreihen in Mörtel auf die an die Balken genagelten Leisten setzt, und zwar bei engen Balkenteilungen und unter geringer Last mit flach gelegten, sonst mit hochkantig gestellten Steinen. Bei Verwendung guten Mörtels erlangt diese Füllung aus hochkantig stehenden Steinen noch eine erhebliche Tragfähigkeit, wenn man bis zu lichten Fachbreiten von drei Steinlängen geht, was dann etwa 95 cm Teilung der Balkenmitten entsprechen würde. Die Stosfugen sind dabei in den Reihen in Verband zu versetzen.

Verwendet man gewöhnliche Backsteine, so wird die Decke unverhältnismäßig schwer; deshalb werden zu solchen Zwecken überwiegend Langlochsteine verwendet. Bei gutem Mörtel kann man mit der Fachweite bis zu 1½ Steinlängen gehen, wenn man die Lochsteine auch flach legt.

Leichter, wärmer und dichter werden diese Ausfüllungen aber unter Verwendung von Tuffschwemmsteinen, die, hochkantig gestellt, für die gewöhnlichen Verhältnisse der Holzbalkenlagen bis 100 cm Teilung trotz ihrer wesentlich geringeren Festigkeit noch ausreichen. Die Schwemmsteine gehören zu den besten Füllungen, sie sind auch porig genug, um luftige Lage der Balken zu sichern. Uebrigens zeigt Fig. 74 die üblichen Anordnungen.

Noch tragfähigere Ausfüllungen aus Steinen erhält man durch Schließung der Balkenfache mittels regelrechter Wölbung nach Fig. 75; doch hat diese Konstruktion



die Nachteile, daß sie vergleichsweise viel Höhe beansprucht, daß die Balken durch Wegschneiden gerade ihrer wichtigsten Teile sehr geschwächt werden, daß die Balken oben stark eingeschlossen liegen, weil man gerade die Kämpferfuge sehr dicht schließen muß, daß die Balken also bei feuchten Räumen in solchen Decken nicht lange ausdauern, und daß man zur Aufnahme des Schubes entweder starke Wände oder Verankerungen nötig hat, die allerdings unter Umständen durch eine unter die Balken gelegte Decke gebildet werden können.

Stamme & Co. in Hannover.

O. Weßhoff in Chemnitz.

Nafzger & Rau in Hamburg-Billwärder a. B.

Ueber Korkplatten siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft I (Art. 167, S. 194; 2. Aufl.: Art. 165, S. 173) dieses »Handbuches«.

38.
Decken mit
tragender
Ausfüllung.

Ueber eine jetzt etwa 180 Jahre alte, gut erhaltene Ausführung dieser Art in dem 1723 errichteten Hause »Lippfche Rose« zu Lippstadt i. W. berichtet *Merkle*⁴⁷⁾:

Ueber einem großen Kellerraume sind hier quadratische Eichenbalken von 23 cm Quadratseite mit Tragweiten von 4,0 m bis 6,3 m in 87 cm bis 75 cm Mittenteilung über Ecke so gelagert, daß die eine Eckverbindung des quadratischen Querschnittes lotrecht steht. Die beiden oberen unter 45 Grad geneigten Balkenseiten dienen den Kappen als Widerlager und tragen 15 cm starke Wölbungen aus Vollsteinen mit 20 cm Pfeil. Die Konstruktion ist zwar sehr einfach, nutzt aber die Tragfähigkeit der Balken für die lotrechten Laften nicht voll aus, da das Widerstandsmoment für diese statt $\frac{23^3}{6} = 2028$ nur $\frac{23^4 \cdot 2}{12\sqrt{2} \cdot 12} = 1434$ (auf Centim. bezogen) beträgt, wodurch die erzielte Vermeidung des Balkenverfnittes zum Teil wieder aufgehoben wird.

Günstiger wird diese Decke nach Fig. 76 aus Lochsteinen⁴⁸⁾ innerhalb der Balkenhöhe gebildet, da das Gewicht wegen der wegfallenden Auffüllung und der großen Hohlräume erheblich abnimmt. Der Kämpfer ist durch geputzte Dreiecksleisten aus Zement auf unten angenagelten Latten gebildet. Der Schub der Bogen wird von der Deckenfchalung aufgenommen.

Für Feuersicherheit ist in den Konstruktionen nach Fig. 75 u. 76 nichts geschehen; es erscheint nicht folgerichtig, einen so starken und feuersicheren Körper, wie den Steinbogen, auf die unsicheren Balken zu setzen, wenn man diese nicht durch eines der im Laufe der weiteren Erörterungen zu beschreibenden Mittel ausgiebig gegen Feuer schützt.

Fig. 76.

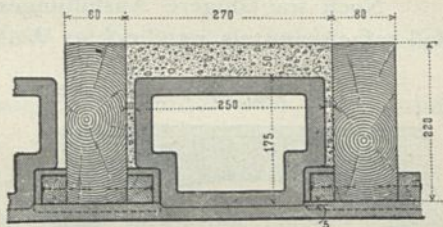


γ) Fachausfüllungen der Gruppe B, b.

In neuerer Zeit treten nach amerikanischem Vorgange dünnwandige, hartgebrannte, oft porige Thonkafen (Terrakotten) an die Stelle von Vollsteinen, Lochsteinen und Schwemmsteinen, und zwar mit vollem Rechte; denn derartige Körper bilden ganz vorzügliche Fachausfüllungen. Ihre Einführung ist wegen der anfänglich hohen Preise langsam vorgeschritten; nachdem sich aber in den letzten Jahren große Ziegeleien auf ihre Herstellung eingerichtet haben, sind die Preise nicht mehr so hoch, daß sie nicht durch die erzielte größere Güte begründet erschienen. Weitgehende Verwendung derartiger Füllungen kann unbedenklich empfohlen werden.

Eine ältere Ausführungsform mit Thonkafen (Terrakotten) dieser Art französischen Ursprunges von *Laporte* zeigt Fig. 77, welche jedoch wegen der nicht sehr großen Abmessungen der gebrannten Hohlsteine eine eng geteilte Balkenlage aus Bohlenbalken (siehe Art. 21, S. 39) voraussetzt. Diese Anordnung, bei welcher die Unterflächen der Steine zur Aufnahme des Putzes geriffelt, die Balken in gewöhnlicher Weise bohrt oder mit Pflasterplatten benagelt sein müssen, ist in Frankreich vielfach ausgeführt⁴⁹⁾.

Fig. 77.



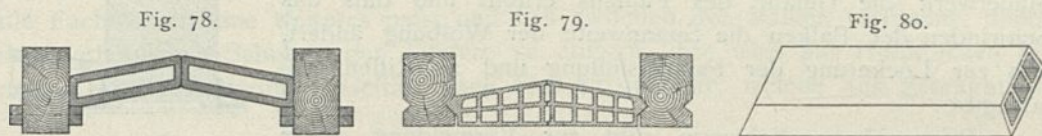
47) In: Deutsche Bauz. 1900, S. 7.

48) Angeboten als »Excelsior«-Leichtsteine aus Gips, Kalk oder Zement und Kohlenasche, Sägemehl oder Lohe in Ausfüllungen von 25 × 12 × 10 cm gegossen und ungebrannt als leichter Ersatz für Schwemmsteine von *Fr. Steffens* in Aachen.

49) Hohle Thonkafen (Terrakotten) nach Patent *Laporte* liefert die *Grande Tuilerie de Bourgogne* in Mouchanilles-Mines. — Ueber derartige Decken siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 202. — *Annales industrielles* 1885 — II, S. 39. — *Annales de travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2119. — *Le génie civil*, Bd. 16 (1890), S. 316.

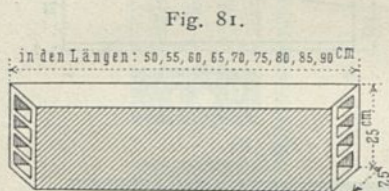
Solche Decken sind vergleichsweise leicht und haben den grossen Vorzug, trotz der hölzernen Balken wenigstens von unten fast vollständig vor Feuer geschützt zu sein. Die *Grande Tuilerie de Bourgogne* zu Montchanin-les-Mines liefert 1qm der hohlen Thonkasten zu etwa 3 Mark.

Eine ähnliche Anordnung mit Hohlsteinen zeigt auch Fig. 78, nach welcher auch breitere Gefache ausgefüllt werden können. Hier ist für den Deckenputz besondere Schalung anzubringen, und der Vorteil des Schutzes gegen Feuer entfällt.



Andere derartige Kastenformen deutschen Ursprunges zeigen Fig. 79, 80 u. 81. Die weitgespannte, durch Innenrippen versteifte Form in Fig. 79 wurde schon 1855 von *Scherrer*⁵⁰⁾ angegeben, ist aber ihrer Zeit der Schwierigkeit der Herstellung wegen nicht in erheblichem Masse verwendet.

Eine zweckmässige Form dieser Art für ziemlich weite Balkenfache ist nach Fig. 80 schon seit längerer Zeit nach *Perrière*⁵¹⁾ in Frankreich üblich, wo die Ziegelei von *Derain & Dinz* bei Chalon-sur-Saône solche Stücke bis zu 70 cm Länge und 20 cm Fufsbreite anfertigt; bei Versuchen im *Conservatoire des arts et métiers* zu Paris ergaben sie eine Tragfähigkeit von über 2000 kg für 1 qm. Die Stücke tragen unter dem Boden einen plattenartigen Ansatz, welcher mit den die Thonkasten aufnehmenden, an die Balken genagelten Leisten gleiche Höhe hat, so dass die Unterfläche für Herstellung eines überall gleich starken Putzes bündig mit der Balkenunterfläche liegt.



Ganz ähnliche, noch grössere Stücke deutschen Ursprunges⁵²⁾, welche dieselbe Tragfähigkeit besitzen, zeigt Fig. 81; diese sind der Quere nach nicht keilig gefaltet, wie die in Fig. 80 dargestellten; auch fehlt ihnen der untere Ansatz, der übrigens auch mehr zur Ausgleichung der Flanschdicken bei Lagerung auf die Unterflanke von Eisenträgern bestimmt ist. Gibt man ihm die volle Höhe von Holzleisten als Dicke, so wird der Kasten erheblich schwerer. Derartige Kästen werden in Mörtel verlegt; und ihre Fugen werden mit Mörtel verfrischen.

Uebrigens verweisen wir hier auf die zahlreichen Formen solcher Thonkasten, welche zur Füllung der Fache von Eisenbalken verwendet werden und später zur Besprechung gelangen. Sie sind fast alle auch für Holzbalkenfache verwendbar.

Die Vorteile solcher dünnwandiger Thonkasten bestehen neben den grossen, die Decke warm, schalldicht und leicht machenden Hohlräumen und der Unvergänglichkeit des Stoffes in der Gleichmässigkeit und geringen Abmessung der Wanddicken; diese bedingen bei der Herstellung das starke Durcharbeiten und Pressen des Thones und erlauben starkes Brennen, da nicht einzelne Teile früher anfangen zu

⁵⁰⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1882, S. 511; 1895, S. 531.

⁵¹⁾ Schweiz. Bauz., Bd. 5, S. 16. — *Le génie civil* 1885, S. 19.

⁵²⁾ Von: *Heinrich Breuning* in Stuttgart; Aktiengesellschaft Dampfziegelei Waiblingen; *T. Sponagel*, Industriequartier in Zürich.

verfintern als andere. Man wird in den dünnen Wänden also in der Regel ein fehr gleichmäßiges und dichtes Gefüge und hohe Festigkeit finden, woraus sich die hohe Tragfähigkeit solcher Kasten ergibt. Dafs sie aus gleichen Gründen einen hohen Grad von Feuerficherheit besitzen, braucht nicht besonders betont zu werden.

Die Ausfüllung der Balkenfache mit schiebenden oder nicht schiebenden Hohlsteinen oder Thonkaften leidet an den Schwierigkeiten, dafs die Einschließung der Balken durch das Mauerwerk die Gefahr des Faulens erhöht und dafs das Schwinden der Balken die Spannweite der Wölbung ändert, also zur Lockerung der Fachausfüllung und zu Rissen Anlaß gibt.

*Bilgner*⁵³⁾ in Schwerin gibt zur Vermeidung dieser Mängel die in Fig. 82 dargestellte Anordnung an. An die Balken werden unten unter Einlegen von Füllringen Winkeleisen nicht dicht schließend angenagelt, welche die Fachausfüllungen aufnehmen; zwischen diesen und den Balken bleibt eine dünne Luftschicht. Die beiden an einen Balken genagelten Winkel sind quer unter dem Balken hin durch eine

Anzahl von Querblechen versteift, die mit jedem der beiden Winkel vernietet oder verschraubt werden. Trocknet der Balken nun ein, so erweitern sich nur die Räume zwischen Winkeln und Balken; die Weite der Fachausfüllungen bleibt unverändert, weil die Querbleche das Mitgehen der Winkel mit den Balken verhindern; die Nägel ziehen sich dabei etwas aus dem Holze. Die Querbleche unter den Balken können zum Auflegen von Fliesen benutzt werden, die die Balken von unten decken.

Ein Nachteil dieser Konstruktion ist, dafs das Gewicht der Fachausfüllung allein durch die Biegefestigkeit der aus den Balken vorragenden Nägel getragen werden muß; man wird deshalb einer solchen Decke keine hohe Belastung zumuten dürfen. Dieser Mangel könnte aber vermieden werden, indem man zur Stützung der Fachausfüllungen statt der L-Eisen \perp -Eisen verwendete und die oberen Flansche der letzteren in einer entsprechenden Nut des Balkens gleiten ließe, womit dann zu-

Fig. 82.

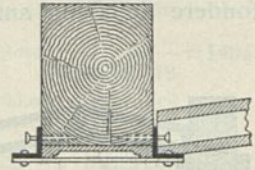


Fig. 83.

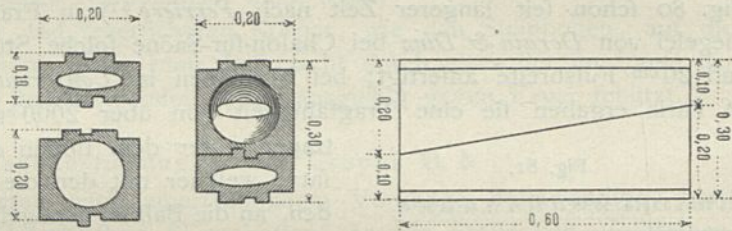
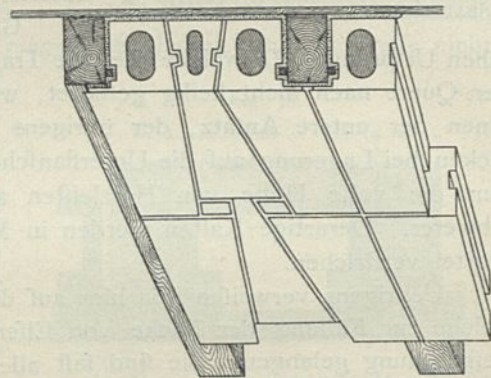


Fig. 84.



53) Siehe: Centralbl. f. Bauverw. 1897, S. 528.

gleich auch der Zwischenraum zwischen Eifen und Balken nach oben hin gegen Durchfallen von Sand und dergleichen abgeschlossen wäre.

Es liegt auf der Hand, daß sich diese Konstruktion nicht bloß für das Auswölben von Fachen zwischen Holzbalken und Ausfüllung mit Thonkaften eignet, daß man vielmehr auch alle weiter unten zu besprechenden, plattenartigen Fachausfüllungen in solcher Weise lagern kann.

Die Keilsteindecke von *Kapferer*⁵⁴⁾ in Biebrich a. Rh. zwischen Holzbalken geht darauf aus, eine Fachausfüllung aus Hohlstücken zu erzielen, die thunlichst für alle Fachweiten ohne weiteres paßt und sich zwischen den Balken verspannt, ohne einen erheblichen Schub gegen letztere zu äußern. Sie wird aus Hohlstücken in keiliger und dübel förmiger Gestalt nach Fig. 83 gebildet, welche aus gebranntem

Fig. 85.

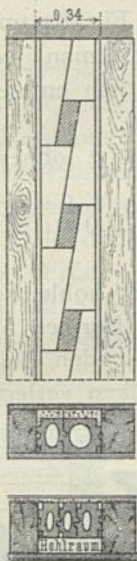


Fig. 86.

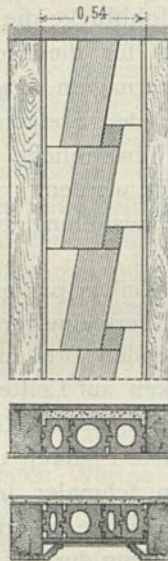
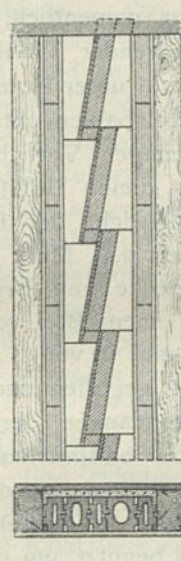


Fig. 87.



Thon, hart oder löcherig, aus Zementmörteln, aus Tuffsteinschwemmmasse oder sonstigem Kunststein hergestellt sind. In die obere und untere Decke der Stücke werden, wenn sie nicht aus gebrannter Masse bestehen, Kokosfasern eingelegt, um Fußboden- und Deckenteile unmittelbar nageln zu können, was bekanntlich auch bei löcherig gebranntem Thone möglich ist.

Fig. 83 zeigt die gewöhnlichen Grundmasse der Keil- und Dübelstücke, die übrigens auch, von 5 zu 5^{cm} steigend, in anderen Mafsen ausgeführt werden. Daß man übrigens schon mit den Regelfstücken sehr verschiedene Fachweiten füllen kann, zeigen Fig. 84, 85 u. 87, die alle nur regelmäßige Stücke enthalten. Fig. 86 enthält Regelfstücke doppelter Breite und deckt damit eine große Zahl von Zwischenstufen der Fachweite. Auch schiefe trapezförmige Felder lassen sich mit den beiden Arten der Stücke unter geringem Verschneiden der Dübelstücke leicht und dicht füllen, indem man am breiteren Ende beginnt. Die Hohlstücke sind mit 20^{cm} Höhe etwas niedriger als die Balken.

Daß der überbleibende Raum nach oben wie nach unten gebracht werden

⁵⁴⁾ Siehe: Zeitfchr. f. Bauhdwk. 1897, S. 187; 1898, S. 46 (D. R.-P. 91360).

kann, indem man die Lagerleisten in entsprechender Höhe an die Balken nagelt, zeigen Fig. 84, 85 u. 86. Fig. 87 läßt erkennen, daß man mittels Ergänzung des unteren Bodens der Keil- oder der Dübel-, kurz derjenigen Stücke, die unmittelbar neben die Balken zu liegen kommen, auch einen feuerficheren Schutz der Balken nach unten erzielen kann. Der Vergleich von Fig. 86 u. 87 lehrt, daß jede Fachweite, die in der Mitte zu breite Dübelstücke ergeben würde, mit schmalere Dübeln gedeckt werden kann, wenn man diese statt der Keilstücke unmittelbar neben die Balken legt.

Das Verlegen erfolgt zwischen Holzbalken am besten ganz trocken, ohne Mörtel, damit gar kein Wasser in die Decke kommt. Dichtigkeit wird dann durch entsprechende Füllung erzielt, die nicht durchrieseln kann, weil die breiten Verfalzungen den Schlufs überall, selbst beim Eintrocknen der Balken, noch aufrecht erhalten. Den Deckenputz kann man hier, wie bei allen Steinflächen, unmittelbar unterbringen, namentlich, wenn die Hohlstücke die Balken nach Fig. 84 untergreifen. Bei entsprechender Wahl des Stoffes für die Hohlstücke kann man jedoch auch Putzträger wie unter Holzschalung unternageln, was sich namentlich empfehlen wird, wenn die Holzbalken unten nicht von den Steinen gedeckt sind.

Bei einiger Vorsicht können gewöhnliche Holzbalkenfache ohne stützende Rüstung mit diesen Hohlstücken gefüllt werden.

Das Gewicht der fertigen Fachausfüllung beträgt etwa 100 kg für 1 qm, der Preis zur Zeit 2,50 Mark für 1 qm.

Die Decke von *Heister*⁵⁵⁾ mit Keilverspannung verwendet hohle Formstücke, welche aus einem Brei von Gips und zerkleinerter Schlacke in Formen 50 cm lang, 26 cm hoch und in von 3 zu 3 cm steigenden Breiten den zu deckenden Balkenfachen entsprechend gegossen und dann trocken auf Leisten an den Balken verlegt werden; in den Seitenflanken der Formstücke befinden sich diesen Leisten entsprechende Nuten. Die Flanken der Stücke sind so geneigt, daß sie oben schmaler sind als unten; die so entstehende keilige Fuge an den Balken wird benutzt, um die Fachausfüllung durch Eintreiben von Keilen zwischen den Balken zu verspannen.

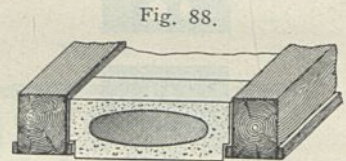


Fig. 88.

*Frohnecke*⁵⁶⁾ verwendet die in Fig. 88 dargestellten Hohlformen aus Zementbeton, Gips, gebranntem Thon mit anderweiten, erleichternden Zusatzstoffen in Breiten von 5 bis 25 cm und Längen, welche die gewöhnlichen Balkenfache decken, um sie ohne Fugen, dicht aneinander auf unten an die Balken genagelte Latten zu reihen.

Eine andere Form der Verwendung gebrannten Thones bilden Thonplatten, deren Gestalt der von Ziegeln nahe kommt und die unten mit Verzierungen und Glasur versehen fein können⁵⁷⁾. Auch gewölbte Fachausfüllungen können aus solchen Platten gebildet werden. Fig. 89 zeigt solche zwischen Eisenbalken; doch ist das Einsetzen zwischen Holzbalken ebenso möglich.

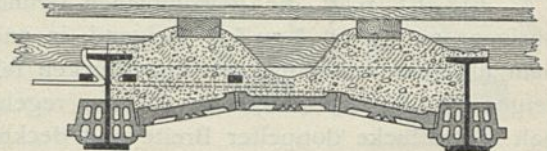


Fig. 89.

40.
Ausfüllungen
mit
Thonplatten.

55) D. R.-P. 66355. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1895, S. 432.

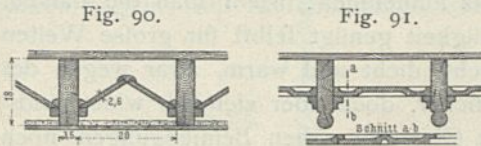
56) D. R.-G.-M. 82331. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

57) Siehe: *Annales de travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

Ein besonderer Schutz der Balken gegen Feuer erscheint hier nicht erforderlich, weil die in Gips veretzten und mit Gips überdeckten Platten doch keine feuer-
sichere Decke ergeben, da der Gips bei mäßiger Hitze schon zerfällt.

Hierher gehört auch die gleichfalls aus Frankreich und Belgien stammende Ausfüllung mit den Dachziegeln ähnlichen Thonfliefen, wie sie in zwei Ausbildungen in Fig. 90 u. 91 dargestellt sind.

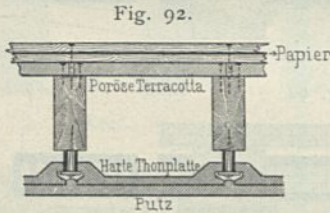
Fig. 90 zeigt eine Zwischendecke aus zwei Reihen mit Gips verstrichener, gegeneinander gelehnter Thonfliefen, unter der dann eine der Dichtigkeit wegen mit Gips überfüllte Deckenschalung zu besonderer



Ausbildung der Decke angebracht ist. In Fig. 91 bleiben die Balken unten sichtbar und sind daher verziert; die hier wagrecht aufgelegten, vertieften Thonfliefen sind unten glasiert, gegen die Balken mit Gips verstrichen und geeignet, zur Erhöhung der bei der dargestellten Konstruktion nur geringen Dichtigkeit eine Lage Füllstoff aufzunehmen. Diese Decken sind außerordentlich leicht, aber auch wenig dicht.

Solche Decken ermangeln der Feuerficherheit gänzlich, und in Fig. 91 wirkt auch die aus schmalen, vertieften Feldern gebildete Unteransicht nicht sehr günstig.

Aus Nordamerika ist unter den Fachausfüllungen aus gebranntem Thon ein dort in ausgedehntem Maße verwendeter, eine gängige Handelsware bildender, eigenartiger Baustoff von sehr hoher Feuerbeständigkeit anzuführen, welcher, auf die Balken genagelt, diese von oben vor dem Feuer völlig schützt und bei sehr geringem Gewichte als Ersatz der Fachausfüllungen sehr leichte Deckenkonstruktionen liefert. Dies ist ein mit Sägemehl gemengter, gebrannter, daher in fertigem Zustande stark poriger Thon, welcher, wenn aus sandigem Thone angefertigt, *porous terracotta*, aus sandfreiem Thon hergestellt, *terracotta lumber*⁵⁸⁾ genannt wird.



Diese porigen Thonplatten besitzen große Dichtigkeit gegen Wärme und Schall, sind erheblich sicherer gegen Feuer als dichter Backstein, haben ziemlich hohe Tragfähigkeit und schließlich die schätzbare Eigenschaft, sich wie Holzplatten nageln zu lassen. Diese Platten werden auf eng geteilten, schmalen Bohlenbalken verlegt (Fig. 92) und genagelt, in den stumpfen Fugen mit Zement gedichtet und vom Fußboden unmittelbar überdeckt, welcher durch die Thonplatten genagelt wird. Die Eigenschaften dieser billig herzustellenden Platten sind in jeder Beziehung höchst schätzbare, und der Versuch, sie auch bei uns einzuführen, würde voraussichtlich erfolgreich sein.

δ) Fachausfüllungen der Gruppe B, c.

Von Fachausfüllungen aus fertig in den Bau zu bringenden Tafeln aus Gips, Zement, Beton und anderen Mörtelarten mit verschiedenen Beimengungen ist im Laufe der letzten Jahre eine ganze Reihe entstanden, die sämtlich gute Konstruktionen liefern.

Der Hauptzweck derartig vorbereiteter Konstruktionsteile besteht im Einbringen nur ganz trockener Stoffe in den Bau, damit die Decken nicht so langer Zeit zum

41.
Ausfüllungen
mit künstlichen
Tafeln.

⁵⁸⁾ Siehe: *American engineer* 1887, S. 230. — *Zeitfchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1896, S. 264. (2 bis 3 Teile Thon werden mit 1 Raumteil Sägemehl gemengt.)

Trocknen bedürfen, wie die älteren, und die Balken bei mangelhafter Austrocknung nicht gefährdet werden.

42.
Mack's
Gipsdielen.

Eine ausgezeichnete Fachausfüllung dieser Art ergeben die *Mack'schen* Gipsdielen⁵⁹⁾. Die Decke nach Fig. 94 kostet, mit Gipsdielen (statt der in die Abbildung eingetragenen, weiter unten zu besprechenden Spreutafeln) ausgestattet, etwa 13,50 Mark für 1 qm⁶⁰⁾. Die Dielen werden auf Wellerleisten verlegt und in den Fugen mit Gips verfrichen. Liegen sie oben bündig, so kann man hölzerne Fußbodenteile unmittelbar auf sie aufschrauben; unten mit den Balken bündig liegende Gipsdielen können unmittelbar den Deckenputz aufnehmen, wenn man die Balkenunterflächen vorher berohrt hat. Die Tragfähigkeit genügt selbst für große Weiten der Balkenfache. Derlei Decken sind sehr leicht, dicht und warm, zwar wegen des Zerfallens des Gipses in der Hitze nicht feuer sicher, doch aber ziemlich widerstandsfähig gegen Feuer, weil auch der zerfallene Gips die zähen Beimengungen noch leidlich schützt und einigen Zusammenhalt wahr⁶¹⁾.

43.
Katz's
Spreutafeln.

Nahe verwandt den Gipsdielen sind die Spreutafeln von *Katz*⁶²⁾. Die Bearbeitung mit Säge und Messer ist wie bei Holz möglich; auch haften Holzschrauben vollkommen in der Masse. Eine Seite der Tafeln wird rauh geformt, damit sie Deckenputz unmittelbar aufnehmen können.

Wie Fig. 93 u. 94 zeigen, erfolgt die Deckenausbildung nach Art der halben Windelböden oder Einschubdecken durch Auflagern der Spreutafeln auf Wellerleisten mit oder ohne Füllung, je nachdem die Art des aufzuliegenden Fußbodens es erfordert.

Die Konstruktion nach Art des ganzen Windelbodens (Fig. 95), bei der kein Platz für Wellerleisten vorhanden ist, wird ermöglicht, indem man verzinkte Drähte, entweder winkelrecht zu den Balken d_1 oder im Zickzackmuster d_2 , in etwa 10 cm Abstand, straff unter die Balken nagelt. Die Zickzackführung hat den Zweck,

die Drähte nachträglich recht straff spannen zu können. Auf dieses Drahtnetz werden die Spreutafeln s lose aufgelegt. Die Fugen zwischen den Tafeln und an den Balken werden auch hier mit Gips verfrichen, so daß jedes Durchrieseln der Füllung ausgeschlossen ist. Auch diese Deckenkonstruktion ist leicht, dicht und warm, jedoch nur wenig feuerbeständig.

Bei Belastungsversuchen mit gleichförmig verteilter Last zeigten sich bei 80 cm Balkenentfernung auf den Konstruktionen in Fig. 95 u. 96 die ersten feinen Risse im unteren Deckenputze bei 670 kg für 1 qm; erst bei 1000 kg für 1 qm erreichten sie beträchtliche Größe⁶³⁾.

Fig. 93.

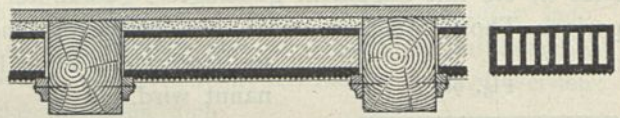
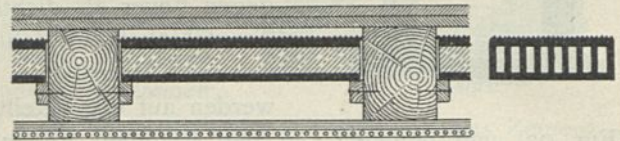


Fig. 94.



⁵⁹⁾ Siehe über dieselben Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 171, S. 196; 2. Aufl.: Art. 169, S. 175 dieses »Handbuches« — ferner: Oesterr. Monatschr. f. d. öft. Baudienst 1896, S. 456.

⁶⁰⁾ Siehe: Deutsche Bauz., 1890, S. 7.

⁶¹⁾ Gleiche Dielen werden auch von *A. Gebhardt* in Koblenz (Kanton Aargau) hergestellt; auch von der Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau in Berlin und von *W. Lüders* in Weisenthurm a. Rh.

⁶²⁾ Siehe über dieselben Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 172, S. 196; 2. Aufl.: Art. 170, S. 175) dieses »Handbuches«.

⁶³⁾ Die Druckfestigkeit der Spreutafeln beträgt 18,3 kg für 1 qcm des vollen Querschnittes.

Nach den jetzt abgelaufenen Patenten *Rabitz* und *Monier* werden massive Tafeln aus Zementmörtel, verlängertem Zementmörtel oder auch feinem Beton gestampft, in deren Zugspannungen ausgesetzte Seite Drahteinlagen nahe der Außenfläche eingestampft werden, so daß die Platten ein ganz erhebliches Maß von Tragfähigkeit erhalten. Art und Verwendung der Drahteinlagen werden später noch besonders erörtert. Die Stärke beträgt mindestens 4 cm und je nach der verlangten Tragfähigkeit mehr.

Derartige Platten kann man, z. B. als Unterlage für Linoleum, oben auf die Balken nageln, auf Einschubleisten zwischen die Balken legen und schließlich auch

Fig. 95.

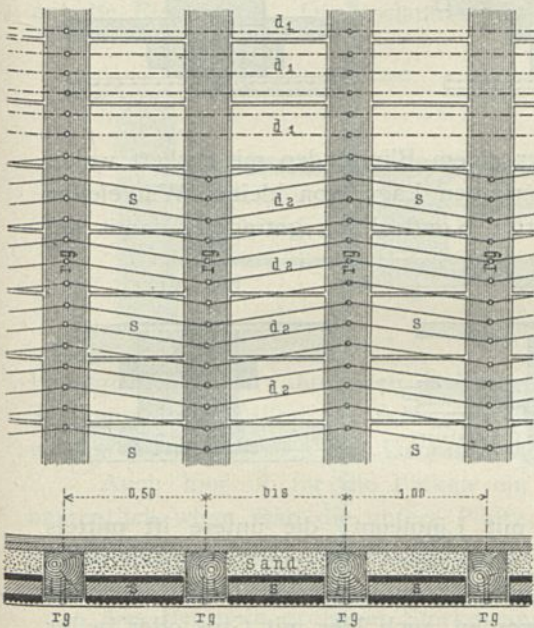
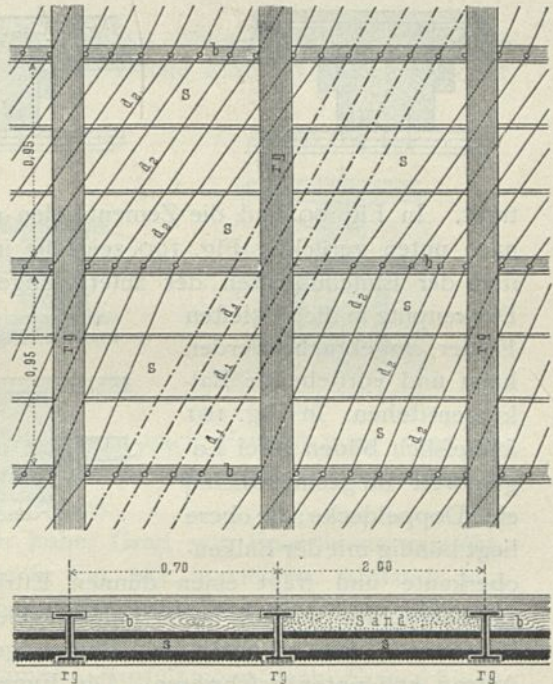


Fig. 96.



unter die Balken schrauben. Ihre Abmessungen können erheblich fein, so daß man nur wenige Fugen mit Zement zu dichten hat. Bei den vielen Möglichkeiten der Höhenlage ist Füllung nach Bedarf einzubringen. Da diese sehr dichten Platten den Schall gut übertragen, so ist es ratsam, zur Schalldämpfung in solchen Decken Hohlräume vorzusehen.

Laufen die Tafeln über mehrere Balkenfache hin, so ist die Zugseite über den Balken die obere, in den Fachmitten die untere. Die Drahteinlage wird dann in geschwängelter Form so eingelegt, daß sie über den Balken oben, in den Fachmitten unten liegt. Ausführlicher werden derartige Decken noch bei den eisernen Balkenlagen behandelt.

Verfügt man eine hölzerne Balkenlage oben und unten mit solchen Tafeln, so entsteht ein Grad von Feuerficherheit, der nur bei sehr lange anhaltenden heftigen Feuersbrünsten verfaßt.

Behufs Aufnahme von Deckenputz wird die Unterseite der Platten aufgeraut.

Um derartige Mörtelplatten dicker und tragfähiger zu machen, ohne ihr Gewicht zu vermehren, verfährt man, sie mit Hohlräumen.

45.
Stolte's
Stegzement-
dielen.

Hierher gehören die *Stolte'schen* Stegzementdielen⁶⁴⁾, welche zwischen Holzbalken nach Fig. 97 bis 101 verwendet werden; eingehender wird ihre Herstellung und Art bei den eisernen Balkenlagen beschrieben; hier sei nur betont, daß ihre Tragfähigkeit durch Bandeiseleinlagen wesentlich erhöht ist.

Fig. 97 zeigt das Einlegen der Stegzementdielen zwischen die oberen Balkenteile unter einem Holzfußboden; nach Fig. 98 sind die etwas tiefer liegenden Stegzementdielen erst mit einem Betonlager bedeckt, welches dann einen Linoleumbelag

Fig. 97.

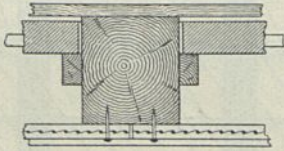


Fig. 98.

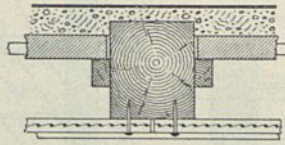
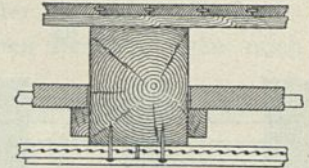


Fig. 99.



trägt. In Fig. 99 sind die Zementdielen unter einem Blindboden mit Parkett weiter nach unten gerückt. Fig. 100 zeigt sie in derselben Lage, von kleinen Winkleisen statt der Einschubleisten der zuletzt angeführten Konstruktion getragen, damit der Deckenputz in die vertieften Felder eingebracht werden kann und vorstehende Balken entstehen. In Fig. 101 schließlich bilden zwei Lagen von Stegzementdielen eine Doppeldecke; die obere liegt bündig mit der Balkenoberkante und trägt einen dünnen Estrich mit Linoleum; die untere ist mittels angeschraubter Winkel unten bündig gelegt, um ebenen Deckenputz aufzunehmen. Eine mit Luftraum unter den Balken genagelte Blechplatte soll dem Feuer den Angriff von unten erschweren. Die Fugen werden auch hier mit Gips oder besser mit Zementmörtel gedichtet.

Fig. 100.

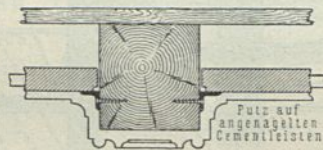
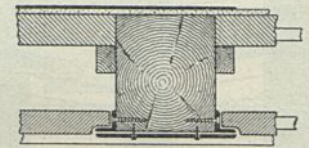


Fig. 101.



Alle Formen der Holzbalkendecke einschliesslich der doppelten mit Blindbalken sind mittels Ersatz des Einschubes oder der Wellerung durch Zementbretter⁶⁵⁾ in durchaus befriedigender Weise auszubilden. Irgend welche Aenderung der bekannten Konstruktion tritt dadurch nicht ein; die Decken gewinnen aber an Trockenheit, Dichtigkeit und Feuerficherheit in jeder Beziehung.

ε) Fachausfüllungen der Gruppe B, b.

46.
Ausfüllungen
mit im Bau
eingestampften
Platten.

Füllungen aus erst im Bau eingestampften Platten aus Mörtel mit und ohne Einlagen kommen in neuerer Zeit auch für Holzbalken zur Anwendung, wenn

⁶⁴⁾ Geliefert von der Zementbau-Aktiengesellschaft in Hannover; von der Deutschen Zementbau-Gesellschaft in Berlin D. R.-P. 71351, 87014, 91654; D. R.G.M. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz. Bd. 30 (1897), S. 144. — Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006. — Oesterr. Monatshr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 455.

⁶⁵⁾ Erzeugt von *J. Wyczech* in Beuthen. — Siehe auch: HAARMANN'S Zeitschr. für Bauhdwk. 1897, S. 164. — *O. Höffer* in Breslau. Verlag von J. MAX (M. TIETZEN).

auch ihr hauptsächliches Verwendungsgebiet die eisernen Balkenlagen bilden. Bei letzteren sollen denn auch ihre Anordnung und Herstellungsweise eingehender erörtert werden; hier führen wir nur die Formen und Verfahren an, welche in Verbindung mit Holzbalken vorkommen.

Zunächst zeigt Fig. 102 eine ältere Verwendung der um eine Drahtnetzeinlage eingestampften Mörtelplatten nach *Rabitz* und *Monier*⁶⁶⁾. Die obere dient als Fußboden, etwa für Linoleumbelag, die untere, nach Bedarf mit Drähten an den Balken nochmals aufgehängte, die Decke im engeren Sinne; letztere ist auf einer unter die Balken geschraubten Schalung zuerst hergestellt, indem zunächst das Drahtnetz gespannt wurde. Das linke Fach zeigt eine Torfgrufsfüllung unmittelbar auf der unteren Platte, rechts ist eine gewöhnliche Einschubdecke mit Füllung zwischen die Balken gebracht.

Die Befestigung der Drahteinlagen an den Balken erfolgt durch seitlich angelegte Blechhafter. Die vorläufige Einschalung der Decke ruht auf Latten, die mit

Fig. 102.

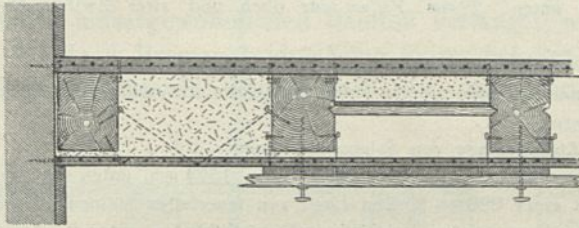
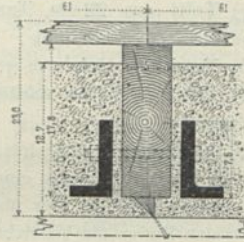


Fig. 103.



Handgriffschrauben unter den Balken befestigt sind; nach Fertigstellung wird die Schalung durch Lösen der Schrauben beseitigt; die kleinen Löcher der Schrauben werden beim Abreiben der Deckenfläche verstrichen.

Auch hier ist für die Balken ein sehr hoher Grad von Feuerchutz erreicht, namentlich wenn man die untere Platte, wie in Fig. 102, in einigem Abstände von den Balken anbringt. Selbst die an sich feuergefährliche Torfgrufsfüllung erscheint so genügend geschützt.

Aus Beton in größerer Stärke eingestampfte Ausfüllungen nach *Furness*⁶⁷⁾ in Philadelphia, ausgeführt in den Gebäuden der Pennsylvania-Universität, zeigt Fig. 103.

Gleichzeitig zur Verstärkung der 5,20 m weit freitragenden Balken und um ein Auflager für den Beton zu schaffen, wurden beiderseits ungleichschenkelige Winkelleisen mit 8 mm dicken Bolzen in 61 cm Teilung an die Balken gebolt und damit der Beton in ähnlicher Weise unabhängig vom Schwinden des Holzes gemacht, wie es für Thonkastenfüllungen zu Fig. 82 nach *Bilgner* bereits in Art. 39, S. 54 beschrieben ist. Die Winkelleisen sind in der Mitte um 7,6 cm nach oben durchgebogen und werden durch 10 mm dicke, auf die Bolzen gesteckte Ringe so weit von den Balken ferngehalten, daß noch eine Zementschicht behufs vollständiger Einhüllung der Bohlenbalken zwischen beide eingebracht werden kann. Unten sind Dreiecks-

⁶⁶⁾ Abgelaufene Patente (D. R.-P. 3789 und 14673). — Die Anordnungen wurden trotz in allen Teilen wesentlich gleicher Anordnung beide patentiert. Nach langem Streite scheinen die Inhaber einen Vergleich etwa dahin geschlossen zu haben, daß *Rabitz* seine Platten wirklich erst im Bau herstellte, und zwar unter Verwendung richtiger Drahtnetze und gemischter Mörtelarten, während *Monier* die Tafeln vorher fertig stellte, einfache Drahtgewebe einlegte und reinen Zementmörtel verwendete. Tatsächlich haben beide Patente nebeneinander bestanden und scheinen, wenn auch die Streitigkeiten mit dem Erlöschen aufgehört haben, den Ausgangspunkt einer weniger auf das Wesen als auf nebenfachliche, äußere Merkmale von Baukonstruktionen eingehenden Auffassungsweise des Patentamtes gebildet zu haben. Wenigstens finden sich fernerhin öfter nur äußerlich, nicht wesentlich verschiedene Baupatente, so daß man sich bei ihrer Beurteilung nicht mehr auf den Standpunkt der Erforschung ihres Wesens stellen kann, sondern gezwungen ist, sich Verschiedenheiten aus oft unbedeutenden, rein äußerlichen Veränderungen abzuleiten. Wir werden später auf diese Sachlage wieder hinweisen.

⁶⁷⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXV (1890), S. 368.

leisten unter die Balken genagelt, an denen eine Einschalung bloß zum Einstampfen des Betons, wenn man diesen unmittelbar abputzen will, sonst als Deckenschalung befestigt wird. So wird eine fast vollkommene Einhüllung der Balken auch von unten her möglich. Da nun nach den neueren Erfahrungen⁶⁸⁾ eine Feuersgefahr für die Decken überhaupt beinahe ausschließlich von unten her vorliegt und ein hölzerner Fußboden von oben her selbst bei starker Feuersbrunst nur wenig angegriffen wird, so ist durch diese Anordnung in der That ein hohes Maß von Feuericherheit erreicht.

Die von *Furness* im Universitätsgebäude zu Philadelphia ausgeführten Abmessungen sind in Fig. 103 angegeben. Der Beton wurde aus 1 Teil Portlandzement, 3 Teilen Sand und 8 Teilen Steinerschlag gemischt. Die Decke, in der die Betonstärke sehr reichlich bemessen erscheint, kostete in der angegebenen Ausbildung 16,4 Mark für 1 qm Grundfläche bei den hohen amerikanischen Preisen. Bei Belastungsversuchen wurde mit einer Last von 735 kg auf 1 qm noch keine bleibende Wirkung an einem der Teile dieser Decke erzielt.

49.
Feuerbeständig-
keit hölzerner
Fußböden.

Ueber den Grad der Feuerbeständigkeit von hölzernen Fußböden bei geringer Zufuhr von Sauerstoff hat das Stadtbauamt von New York Versuche mit verschiedenen Zusammensetzungen folgender Art angestellt⁶⁹⁾:

- α) Tafel 1219 mm Quadratseite aus zwei Lagen von 22 mm starken, gespundeten *Yellow-pine*-Dielen mit einer Lage Asbestfilz dazwischen;
 β) ebenfolche Tafel, aber mit 1,5 mm Zwischenlage von *Merrill's Patent-Salamanderzement*⁷⁰⁾.
 γ) Tafel aus 22 mm Tannenholz unten, 22 mm *Yellow-pine* oben und zwei Zwischenlagen von Salamanderzement, 3 mm dick;
 δ) Tafel mit Holz wie γ, aber 6 mm Salamanderzement als Zwischenlage;
 ε) Tafel aus 51 mm starken, gespundeten Tannendielen unten und 22 mm *Yellow-pine*-Dielen oben ohne Zwischenlage;
 ζ) Tafel wie ε, aber mit 1,5 mm Zwischenlage von Salamanderzement.

Der Ofen wurde aus einem 2743 mm langen, 762 mm tiefen, oben 1524 mm, unten 914 mm breiten Eisenblechtröge gebildet, der überall mit einer 228 mm dicken Lage von feuerfesten Steinen ausgefüttert war und an beiden Enden die Vorrichtungen zur Feuerung mit zerstäubten Oelrückständen unter 3,5 Atmosphären Dampfdruck trug. Die zu prüfende Holztafel wurde mitten auf den Trog gelegt; die Enden wurden mit Wellblech abgedeckt und alle Fugen gut mit Sand gedichtet.

Die wichtigsten Ergebnisse der Versuche sind in die nachfolgende Zusammenstellung eingetragen:

Probe Nr.	Zeit bis 816 Grad C. erreicht wurden	Höchste Wärme	Erscheinen des ersten Rauches nach	Auftreten größerer Risse in der Oberfläche nach	Erscheinen der ersten Flammen nach	Ausgedehnter Brand nach
α	10	850	18	27	29	29
β	19	903	27	28	40	40
γ	22	918	35	35	56	56
δ	15	816	36 ¹ / ₂	36 ¹ / ₂	43 ¹ / ₂	46 ¹ / ₂
ε	15	816	63 ¹ / ₂	—	67 ¹ / ₂	—
ζ	15	816	62	—	95	100
	Minuten	Grad C.		Minuten		

Der Vergleich von α mit β zeigt, daß sich der Salamanderzement im ganzen als widerstandsfähiger zeigte, als die Asbestlage. Der vergleichsweise geringe Erfolg der Probe δ mit starker Zementeinlage erklärt sich aus der Verwendung recht mangelhafter Dielen für die untere tannene Lage, in denen sich Risse und Aflöcher befanden. Probe ε zeigt, daß die stärkere untere Lage auch ohne Zwischenlage die Dauer wesentlich erhöht, und bei den Proben ε und ζ wurde gemeinsam beobachtet, daß sich die ersten Risse und Rauch an der oberen Lage immer mitten in den Dielen, d. h. über den Fugen der unteren Lage zeigten. Beim Aufnehmen der Tafel zeigte sich starkes Abbrennen der unteren Lage im ganzen, namentlich aber ein Klaffen und Ausbrennen aller Fugen um 25 mm bis 40 mm, woraus sich die Beobachtungen an der

68) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

69) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 255.

70) Erzeugt von der *American fireproofing Co.* in Boston.

oberen Lage, die sonst fast unverletzt und kaum gebräunt war, erklären. Hieraus ist zu schließen, daß die Feuerbeständigkeit einer Doppeldielung erheblich gesteigert werden kann, wenn man die Fugen der dem Feuer unmittelbar ausgesetzten Lage mit einer besonderen Sicherung versieht.

Die Konstruktion empfiehlt sich, wie die in Fig. 92 u. 102 dargestellte, an solchen Stellen zur Nachahmung, wo man trotz hölzerner Balken Feuerficherheit

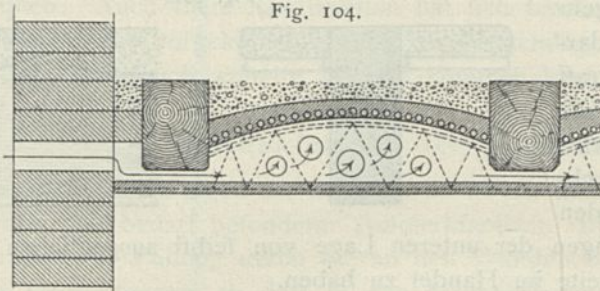
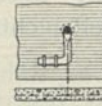


Fig. 105.



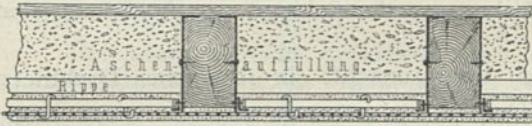
verlangt, und zwar ist die Decke nach *Furness* (Fig. 103) leichter herzustellen, weil sie keinen außergewöhnlichen Baustoff verlangt, wie die Decken in Fig. 92 u. 102.

Weyhe in Bremen bringt seine später bei den Fachausfüllungen eiserner Balken zu besprechende »Hanfdecke« (Fig. 104 u. 105⁷¹) auch zwischen Holzbalken,

50.
Weyhe's
Hanfdecke.

indem er die umgebogenen Enden der Rundeisenbügel wagrecht an die Balken legt (Fig. 105) und sie mit Klammern an denselben befestigt. Fig. 104 zeigt zugleich, wie man die Hohlräume dieser Decke lüften kann.

Fig. 106.

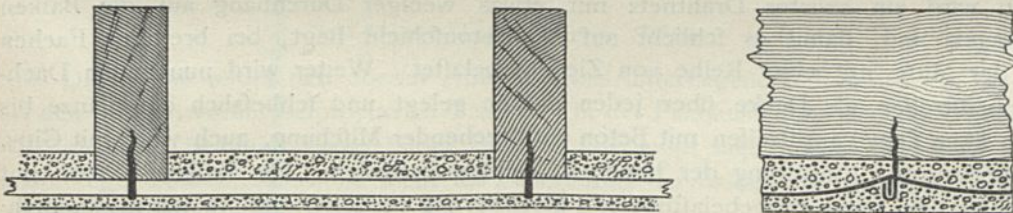


Eine sehr hohe Tragfähigkeit erzielt diese in sich sehr kräftige Fachausfüllung deshalb nicht, weil die Verbindung mit den Balken außer dem unerheblichen Haften des Betons am Holze bloß auf der Festigkeit der Haftklammern der Bügel beruht. Die Last wird also im wesentlichen von einem auf den Balken ruhenden Fußboden getragen werden müssen.

Das Einfügen einer Betonrippendecke mit Bandeiseneinlagen von *Möbers & Co.* in Düsseldorf zwischen Holzbalken veranschaulicht Fig. 106. Bezüglich der Einzelheiten wird auf die spätere Behandlung der gleichen Decke für Eisenbalken verwiesen.

51.
Rippendecke
von
Möbers & Co.

Fig. 107.



Einen Versuch, die vergleichsweise teuren Eiseneinlagen durch billigeren Stoff zu ersetzen, daß der frische Mörtel gleich Halt findet und der Deckenputz genügend haftet, macht *Fansen* in Duisburg mit seiner »Framdecke«⁷², indem er

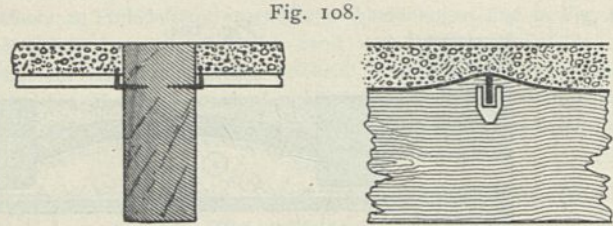
52.
Framdecke von
Fansen.

⁷¹) Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 147. — D. R.-P. 81656 u. 87638.

⁷²) Siehe ebendaf., S. 188.

Juteleinen als Einlage benutzt, die über 1 bis 2 mm dicke, 10 bis 30 mm hohe Bandeisen oder, bei Fachweiten von mehr als 1 m, über schwache I-Eisen gespannt wird. Wie die Verbindung mit den Holzbalken gedacht ist, zeigen Fig. 107 u. 108 für zwei einfache Fälle, für eine unten glatte und eine Decke mit vertieften Balkenfachen.

Die Bandeisen werden zuerst mit besonderen Hakennägeln an die Balken geschlagen; darüber wird das Juteleinen straff ausgestreckt; dann wird die obere Mörtelschicht eingebracht, so daß die aus dem Durchhängen der Jute entstehenden Unebenheiten beim Einbringen der unteren Lage von selbst ausgeglichen werden. Das Juteleinen ist in 1 m Breite im Handel zu haben.



Die Decke hat offenbar erhebliche Mängel: ihre Tragfähigkeit beruht im wesentlichen auf der schwachen Verbindung der Bandeisen mit den Balken, da die an sich kräftige und zähe Mörtelplatte keine Auflager auf den Balken erhält und das Schwinden der letzteren von erheblichem Einflusse sein muß.

Bei Holzbalken soll ein Mörtel aus 1 Teil Gips oder Zement mit 6 bis 10 Teilen Sand, Afche oder dergleichen verwendet werden.

Unter dem Namen »Terrast« führt die Terrastbaugesellschaft in Berlin eine von G. Lilienthal⁷³⁾ angegebene Zementdecke aus, die sich gut zur Ausfüllung der Fache von Holzbalken eignet.

Auf die Holzbalken (Fig. 109 u. 110) wird zunächst ein schwaches Drahtnetz je nach der Fachbreite mit 8 bis 12 cm Durchhang genagelt und mit einer Lage

53.
Lilienthal's
Terrastdecke.

Fig. 109.

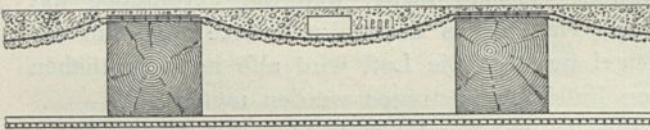


Fig. 110.



dünnen, zähen Papiere bedeckt, so daß nun eine dünne Lage von Beton eingebracht werden kann, welche das feuchte Papier in die Netzmaschen drückt, so daß die Netzdrähte unverrücklich in Unterflächenfurchen des Betons eingelagert sind. Nun wird ein zweites Drahtnetz mit etwas weniger Durchhang auf die Balken genagelt und, damit es schlicht auf der Betonschicht liegt, bei breiteren Fachen in der Mitte mit einer Reihe von Ziegeln belastet. Weiter wird nun je ein Dachpappstreifen als Decke über jeden Balken gelegt und schließlich das Ganze bis 3 cm über dem Pappstreifen mit Beton entsprechender Mischung, auch wohl mit Gips, ausgestampft. Einrüttung der Fache ist nicht erforderlich. Die Balken bleiben gut gelüftet. Bei einer Probelastung mit gleichförmig verteilter Last in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg trug eine solche Decke von 83 cm Balkenmittenteilung und 70 cm Lichtabstand bei etwa 12 cm Durchhang des unteren Netzes 4350 kg für 1 qm bis zum Auftreten der ersten Risse, und 5600 kg für 1 qm, bis erhebliche Brüche über den Balken eintraten.

⁷³⁾ D. R.-P. 100194. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1900, S. 193.

Bei einer etwas veränderten Ausführungsweise wird das Papier ohne stützendes Drahtnetz unmittelbar auf den Balken befestigt; dann wird das erste Drahtnetz über das Papier gebracht und angenagelt. Wird nun eine Lage Mörtel eingebracht, so drückt diese das Papier nach unten, so daß schon das erste Netz in den Mörtel gebettet wird. Nun folgt das zweite Netz, das Auflegen der Pappstreifen und das Vollstampfen. Auch diese Konstruktion hat sich bewährt; Reissen des Papiere ist auch bei ihr nicht vorgekommen, und die Netzeinlagen werden besser ausgenutzt, so daß die zweite auch wohl in Wegfall kommen kann.

6) Wandanschluß der Fachausfüllung.

Bei allen Ausfüllungen der Balkenfache ist ein dichter Anschluß an die Wände sehr wichtig und bedarf besonderer Aufmerksamkeit. Ist dieser Wandanschluß nicht gut, so rieselt die Füllung durch die an den Wänden besonders leicht entstehenden Risse des Deckenputzes, so daß in den darunterliegenden Räumen ein fortwährender Sandregen an den Wänden entsteht. Auch für Schall und Wärme bilden diese Wandfugen günstige Durchgangsöffnungen.

An denjenigen Wänden, in welche die Balkenköpfe eingelagert sind, ergibt sich die Abdichtung von selbst, wenn man nur dafür sorgt, daß die Wandenden der Fachausfüllung fest gegen die Wand gekeilt oder gestampft werden und daß z. B. die Fugen zwischen Thonplatten, fertigen Mörteltafeln und der Wand guten Verstrich erhalten; hier ist die Abdichtung gegen die Wand nicht schwieriger als in der Fachausfüllung selbst.

Besondere Vorsicht verlangen aber die Anschlüsse an diejenigen Wände, an denen Streichbalken (9 u. 16 in Fig. 41, S. 35) oder Streichwechsel (13 in Fig. 41) hinstreichen. Legt man diese stumpf gegen die Wand, so bleibt stets wegen der Unebenheit beider Teile eine offene Fuge, welche gewöhnlich zu eng ist, um sicher geschlossen werden zu können, und welche sich später infolge Eintrocknens des Balkens noch erweitert. Man lege daher hier nach Fig. 7 (S. 7) den an der Außenseite schräg abgeschnittenen Streichbalken etwa 4 cm von der Wand ab, schlage den Zwischenraum mit roh keilförmig behauenen Backsteinen oder Holzleisten aus, welche auch nach dem Eintrocknen des Balkens infolge des anfänglichen Einkeilens fest bleiben werden, verstreiche ihre Fugen und bringe schließlich nach Bedarf noch Füllung auf. In solcher Weise kann auch an diesen Seiten ein auf die Dauer völlig sicherer Wandanschluß erzielt werden.

c) Decke im engeren Sinne.

Die Decke bildet den oberen Abschluß des unterliegenden Raumes; sie kann aus den übrigen vorher besprochenen Teilen, d. h. der Fachausfüllung und den Balken, bestehen oder besonders ausgebildet sein, ist überhaupt mehr ausschmückender als notwendiger Bauteil, sofern sie nicht als Feuerschutz der Balken von unten aufgefaßt und durchgebildet wird.

Bezüglich der Feuersicherheit wurde bereits bei Besprechung der Betonausfüllung der Fache zwischen Holzbalken nach *Furness* (siehe Art. 48 und Fig. 103, S. 61) erwähnt, daß man hauptsächlich auf den Feuerschutz für die ganze Deckenbildung von unten her Bedacht zu nehmen hat, und daß nach den Versuchen des Stadtbaumeisters zu New-York (siehe Art. 49, S. 62) selbst eine gewöhnliche Dielenlage

54.
Wand-
anschluß.

55.
Feuerschutz.

als oberer Abschluß der Decke schon ein erhebliches Maß von Widerstandsfähigkeit gegen Feuer besitze. Diese Erscheinung ist dadurch zu erklären, daß die Flamme und die heißen Gase schnell nach oben strömen und sämtlich gegen die Decke wirken, während sie vom Fußboden abgezogen werden; ferner wird der in einem Raume vorhandene Sauerstoff schnell verzehrt, und was durch Fenster und Thüren, durch Undichtigkeiten der Wände und selbst solche der unteren Decke neu von außen an Sauerstoff hinzukommt, das wird von dem starken Strome mit nach oben gerissen und bildet ein Mittel neuer Verbrennung ganz überwiegend nur für die oberen begrenzenden Teile, so daß der Fußboden vergleichsweise gut geschützt erscheint.

Aehnliches wurde in Art. 5 (S. 12) gelegentlich der Besprechung der Stützung der Lagerhäuser in Bremen selbst für aufrecht stehende Holzstiele angeführt.

Von einigem Einflusse ist auch die Beschaffenheit und Oberflächenbehandlung des Holzes. Es liegt auf der Hand, daß eine splitterige und rauhe Holzfläche leichter anbrennen wird, als eine sehr glatt an dichtem Holze hergestellte, da sich die vorspringenden kleinen Fasern und Splitter, allseitig von heißen Gasen umgeben, verhältnismäßig schneller bis zum Flammpunkte erhitzen und so Anlaß zum Beginne des Brennens bilden werden, als die Holzteile unter einer glatten geschlossenen Oberfläche, denen nur von einer Seite Wärme zugeführt wird.

Wirksam wird sich auch recht dichter Schluß der Fugen erweisen, da diese Anlaß zum Zufließen von Sauerstoff von unten geben können und die Kanten wieder günstige Angriffspunkte bilden. Doppelte Dielenlagen mit versetzten Fugen werden daher erhöhte Wirksamkeit besitzen, die sich noch steigert, wenn man ein feuerbeständiges Dichtungsmittel, z. B. Asbestfilz oder eine feuerbeständige Mörtel- lage, zwischen die Dielenlagen bringt, wie durch die Versuche des Stadtbauamtes zu New-York (siehe Art. 49, S. 62) nachgewiesen ist.

Eine besondere Ausbildung der Decke fehlt jedoch nur in den untergeordneten Räumen, z. B. in Lagerräumen, wo auf den Balken bloß ein Fußboden ruht (Fig. 15, S. 12 u. Fig. 25, S. 21), oder in landwirtschaftlichen Bauten, wo z. B. der unten glatt abgestrichene gestreckte Windelboden (Fig. 61, S. 46) auch die Decke bilden kann.

In den weitaus häufigsten Fällen erhält die Decke eine besondere Ausbildung, und zwar im wesentlichen nach den im nachfolgenden beschriebenen Anordnungen. Weitere Einzelheiten über Deckenausbildung, insbesondere über die mehr dekorative Behandlung der Deckenflächen, bringt Teil III, Band 3, Heft 3 dieses »Handbuches«; auch wird später ausführlich auf die selbständige Deckenbildung unter Eisenbalken einzugehen sein.

1) Am häufigsten kommt bei den älteren Konstruktionen die verchalte und geputzte Decke (Fig. 44, 58, 61 bis 63, 70, 74, 94, 109 u. 110) zur Anwendung. Bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, A, Kap. 6, unter b, 3 und Kap. 7, unter c) dieses »Handbuches« wurde über die Bekleidung von Holzwerk mit Putz Mehrfaches mitgeteilt. Unter Hinweis auf die eben angezogenen zwei Stellen ist hier das Folgende zu sagen. Unter die Balken wird eine 1,5 bis 2,0 cm starke, stumpf gestoßene Schalung aus ungehobelten, häufig fogar alten Brettern genagelt. Damit das Werfen und Reißen der Bretter dem Putz nicht schädlich werde, dürfen die Schalbretter nur schmal fein oder müssen vielfach gespalten werden. Auf diese Schalung streckt man winkelrecht zur Faserrichtung der Schalbretter rund 8 mm starke Putzrohrstengel (Fig. 44, 58, 61, 62, 70, 74, 94, 109 u. 110) in etwa 2,5 cm Abstand und befestigt

diese durch gegläute Eisendrähte, welche in 10 bis 12^{cm} Abstand voneinander gespannt und je hinter dem dritten Rohrstengel mit breitköpfigen, geschmiedeten Rohrnägeln an die Schalung genagelt werden. Da diese Nagelung an verschiedenen Drähten in verschiedenen Rohrzwischenräumen erfolgt, so hängt schliesslich jeder Stengel unbeweglich in den Drahtschlingen. Wegen der fast vollkommenen Raumbeständigkeit gut getrockneten Rohres ist dieses Mittel zur Befestigung des Putzes auf Holz besonders geschätzt.

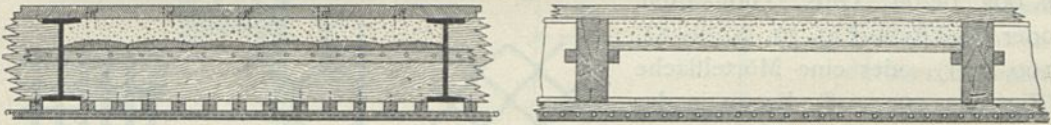
In Gegenden, wo Rohr nicht zu haben ist, treten an seine Stelle häufig sog. Wurf- oder Pflasterlatten (Fig. 63), d. h. trapezförmige, etwa 12 bis 15^{mm} dicke und in der Mitte 20 bis 25^{mm} breite Tannenlatten, welche gleichfalls quer zur Faserichtung der Schalbretter unter diese genagelt werden⁷⁴⁾; statt so gestalteter Latten verwendet man auch solche mit Längseinschnitten und -Nuten⁷⁵⁾. Derartige Latten sind minder gut als Rohr, weil sie beim Putzen feucht werden, sich später zusammenziehen und so die Haftfestigkeit des Putzes beeinträchtigen.*

Besser, aber teurer und daher noch seltener sind Putzknöpfe, 12 bis 15^{mm} dicke abgestumpfte Kegel von etwa 3^{cm} mittlerem Durchmesser, mitten durchbohrt, aus gebranntem Thone, welche im Quincunxmuster mit je einem Nagel, die kleinere Grundfläche nach oben, unter die Schalung genagelt werden.

Alle drei Mittel dienen dazu, den nun einzubringenden glatten, gefilzten und geschlemmten Deckenputz aus Weiskalk, Gips oder einem Gemenge beider, auch wohl mit Zementzufatz, der aber für Deckenmalerei gefährlich ist, zu mechanischem

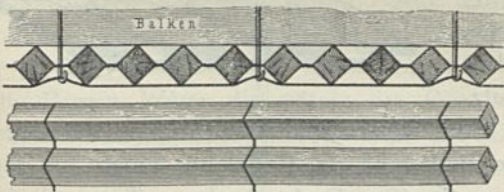
57.
Andere
Befestigungs-
mittel für
Deckenputz.

Fig. 111.



Anhaften an der Holzfläche der Schalung zu zwingen. Da die losen, unter der Schalung liegenden, raumbeständigen Putzstengel die Bewegungen der Schalbretter nicht mitmachen, was bei den Putzknöpfen und bezüglich der Nagelung auch bei den Pflasterplatten der Fall ist, so ergeben sie die beste Befestigung des Putzes.

Fig. 112.



Ein Beispiel der Herstellung einer geputzten Decke auf Lattung statt auf voller Schalung zeigt Fig. 111, wobei wesentliche Abweichungen von dem vorstehend Gefagten nicht vorkommen.

Von einer Reihe von Fabriken werden auch patentierte Gewebe aus Draht und Rohrstengeln oder Holzleisten geliefert (Fig. 112⁷⁶⁾,

welche unter der Schalung, die dann auch durch eine weite Lattung ersetzt werden kann, ausgerollt und genagelt werden und ihre besonders schnelle und bequeme

⁷⁴⁾ Siehe: KORTUM. Vom ganzen Windelboden. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

⁷⁵⁾ Vergl. Fig. 405, S. 245 (2. Aufl.: Fig. 357, S. 218) in Teil III, Band 2, Heft 1 dieses »Handbuchs«.

⁷⁶⁾ Z. B. von Stauf's & Ruff in Cottbus; Ernst Loth & Co. in Halberstadt (D. R.-P. Nr. 10891 u. 22033). — Fig. 112 zeigt das Gewebe von Schubert in Görlitz.

Vorbereitung für die Putzherstellung ermöglichen; sie liefern daselbe Ergebnis, wie die mühsamere Bohrung⁷⁷⁾.

Vor der Decke nach unten vorpringende Unterzüge werden entweder gleichfalls mit Rohrabchnitten winkelrecht zur Faserrichtung gerohrt und geputzt oder glatt gehobelt, profiliert und bemalt.

An neueren Mitteln zum Anheften einer Putzdecke, welche eingehender bei den Eisenbalken besprochen werden, sind hier zunächst die Drahtziegelgewebe von *Staufs & Ruff* in Cottbus (Fig. 113) anzuführen; ferner Drahtnetze und Drahtgeflechte, von denen Fig. 114, 115 u. 116 einige Beispiele zeigen; endlich *Fischer's* Patentbautafeln (Fig. 117⁷⁸⁾, welche aus Asphaltpappe oder Asphaltfilz mit schwalbenschwanzförmigen Nuten geprefst, selbst leicht unter die Balken genagelt werden können und bei guter Raumbeständigkeit ein kräftiges und dauerhaftes Einbinden des Putzmörtels ergeben; auch gegen Feuchtigkeit, also z. B. das Eindringen von Dämpfen in die Decken sollen diese Bautafeln guten Schutz geben.

Einige Weifen der Anbringung von Drahtgeflechten und -Gewebe unter Holzbalken zeigen die Decke von *Weyhe* (Fig. 104 u. 105) und die Rippendecke von *Möbers* (Fig. 106).

Soll eine Deckenfläche geputzt werden, welche an sich geeignet erscheint, den Putz unmittelbar aufzunehmen, wie z. B. eine unten aufgerauhte Decke aus Gipsdielen oder Spreutafeln (Fig. 95 u. 96), Beton, Gips, Thonkafen, oder Backstein (Fig. 77, 79 bis 81, 100, 101), oder eine Mörtelfläche (Fig. 103, 107, 108), liegen in der Deckenfläche aber die Unterflächen von hölzernen Balken oder Eisenflächen (Fig. 101) zu Tage, so muß

man den unter den Balkenflächen anzubringenden Putz zunächst — etwa mittels eines Streifens Dachpappe — vom Balken absondern, damit feine Bewegungen unter der Wirkung von Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes oder der Wärme den Putz nicht zerstören. Außerdem muß ein Haftmittel unter den Balken, wie unter der Deckenschalung angebracht werden, das bei Holzbalken aus quer gelegten kurzen Abschnitten von Putzrohr oder Pflasterlatten, aus Thonknöpfen oder einem schmalen Streifen der oben erwähnten Putzgewebe besteht, bei eisernen Balken in der Regel aus einem an den benachbarten Deckenteilen zu befestigenden Streifen Drahtgewebe. Trotz dieser Vorkehrungen machen sich aber die Balkenunterflächen in ebenen Putzflächen in der Regel durch Risse im Putze kenntlich. Man thut daher gut, das unmittelbare An-

Fig. 113.

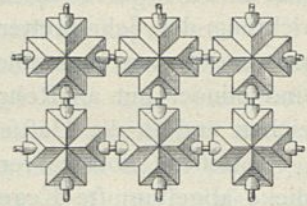


Fig. 114.

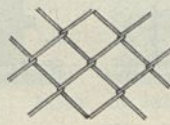


Fig. 115.

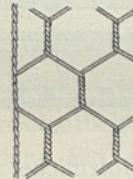
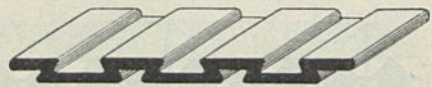


Fig. 116.



Fig. 117.



⁷⁷⁾ Siehe über solche Gewebe und Geflechte auch Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 203, S. 245 u. 246; 2. Aufl.: Art. 200, S. 218) dieses »Handbuches«.

⁷⁸⁾ Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 454. — Geliiefert werden diese Bautafeln von A. W. Andernach in Beuel a. Rh.

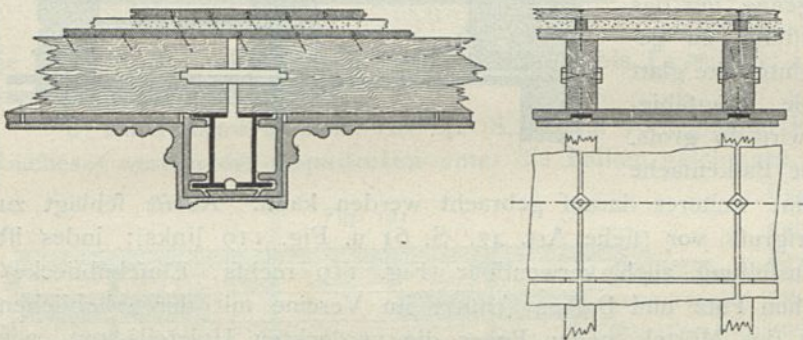
bringen von Putz unter den Balken zu vermeiden, wozu verschiedene Mittel in Kap. 6 angegeben werden. Ist ein derartiges Anbringen nicht zu umgehen, so richte man die Deckenbemalung so ein, daß darin die bei guter Ausführung jedenfalls nur feinen Risse verschwinden.

Das Putzen gestattet Ausschmückung durch Malerei und Stuck und gewährt auch einen geringen Schutz der Balken gegen den ersten Feuerangriff; einer irgend wie erheblichen Feuersbrunst widersteht jedoch eine auf Holzschalung geputzte Decke nicht.

2) Eine Abart dieser Decke bildet die Decke mit vertieften geputzten Balkenfeldern (Fig. 70, S. 49), bei welcher etwaige Deckenschalung als Einschub in Nuten ausgebildet, der Grund der entstehenden vertieften Felder geputzt, die Balkenunterseite aber gehobelt und profiliert wird; bei anderweitigen, vertieft liegenden Fachausfüllungen, welche zur unmittelbaren Aufnahme des Putzes geeignet sind (Fig. 86, 100, 108), kann man entweder bloß den Grund der Balkenfelder putzen, oder man hüllt die Balken mit einem der angeführten Putzhaftmittel ein und stellt die Profilierung in Putzmörtel her (Fig. 86, 100), so den Balken etwas gegen Feuer deckend. An den Wänden und etwaigen Unterzügen kehrt die Balkenprofilierung

58.
Putzdecke
mit
vertieften
Feldern.

Fig. 118.



mittels eingefetzter Balkenwechself wieder — ein Mittel, das auch zur Teilung allzu langer Balkenfache in kürzere Felder angewendet werden kann.

3) Putz auf gebrannten Thon- tafeln (Fig. 92

59.
Putz auf
Thon- tafeln.

[S. 57] u. 118) wird in Amerika zur Erzielung von Feuersicherheit verwendet. Die Balkenlagen bestehen aus eng gelegten Bohlenbalken, unter welche mittels eiserner Unterlegplättchen unten rauhe Tafeln aus gebranntem Thone mit (Fig. 92) oder ohne (Fig. 118) Zwischenraum genagelt werden. Die Unterlegplättchen verschwinden in Vertiefungen, welche in den Mitten der unter den Balken liegenden Seiten der Thonplatten angebracht sind. Auf diesem Thonbelage wird der Deckenputz mit oder ohne Profilierungen, wie auf Mauerwerk hergestellt ⁷⁹⁾.

Von den beiden Anordnungen in Fig. 92 (S. 57) u. 118 stellt die letztere die Bauart *White*, die erstere die *Pioneer*-Bauweise dar, welche den besseren Schutz gegen Feuersgefahr bietet, weil die Deckenplatte nicht unmittelbar unter dem Balken liegt, also die Hitze besser fernhält. Dieser Abstand wird durch Einsetzen der Befestigungsnägel oder -Schrauben in kleine Eisenröhrchen gesichert. Bei der Anordnung in Fig. 92 sind außerdem die eisernen Befestigungsteile nicht bloß durch den Putz, sondern noch durch einen Luftraum über dem Putze vor der Hitze geschützt.

Ein Bedenken gegen beide Anordnungen liegt in der Befestigung einer ziemlich schweren Tafel mit nur wenigen Nägeln oder Schrauben von unten unter den Balken.

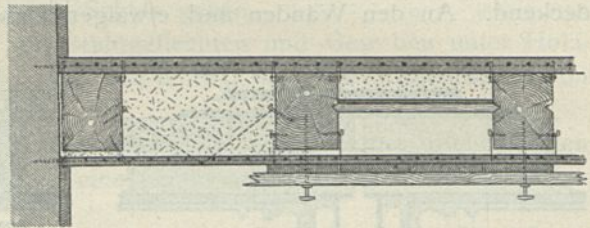
⁷⁹⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1884, S. 225. — Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 436, 450. — *American engineer* 1887, S. 230.

Wird die Befestigung hinreichend dauerhaft ausgeführt, so entsteht nach der in Fig. 92 dargestellten Konstruktion eine fast vollkommen feuer sichere Decke, da die Balken unten durch die Thonplatten mit Putz, oben durch die porige Terrakotta für das Feuer unzugänglich gemacht sind. (Vergl. Art. 40, S. 57.)

4) Vielfach werden feuer sichere Putzdecken ohne Holzschalung nach den bereits genannten Bauweisen von *Rabitz*⁸⁰⁾ und *Monier*⁸¹⁾ und in der Anordnung von *Mack*⁸²⁾ ausgeführt.

Rabitz und *Monier* spannen in einiger Entfernung unter den Balken Drahtnetze (Fig. 114 u. 115) aus, welche mit Haken in der Wand und unter den Balken, sowie in jedem Balkenfache noch durch einen 10 mm starken, in 50 cm Abstand nach den beiden Nachbarbalken aufgehängten Draht gehalten sind (Fig. 119, linkes Fach). Die etwa 1 m breiten Bahnen des Drahtgewebes werden quer unter den Balken straff angezogen und zusammengenäht. Auf einzelne unter die Balken geschraubte Lagerbretter wird nun eine Bretterlage von etwa 15 mm Dicke unter das Drahtnetz gelegt (Fig. 119 rechts) und der Patentputz, vorwiegend aus Zement bestehend, 2,0 bis 3,0 cm stark eingestampft. Nach kurzer Zeit ist die Masse tragfähig genug, um das Abnehmen der Rüstung zu gestatten, worauf die Unterseite glatt gerieben wird. Die Tragfähigkeit dieses Putzes wird so groß, daß eine leichte, die Balkenfache

Fig. 119.



füllende Bettung ohne weiteres darauf gebracht werden kann. *Rabitz* schlägt zu diesem Zwecke Torfgrus vor (siehe Art. 47, S. 61 u. Fig. 119 links); indes ist jede andere Fachauffüllung auch verwendbar (Fig. 119 rechts, Einf Schubdecke). Der Luftraum zwischen Putz und Balken schützt im Vereine mit der erheblichen Widerstandsfähigkeit des Mörtels gegen Feuer die verdeckten Holzteile gut, wie wiederholt bei Feuersbrünsten und durch Versuche nachgewiesen ist⁸³⁾.

Zwischen den umschlossenen Drähten und dem Putzmörtel bildet sich eine sehr innige, wie von manchen Seiten behauptet wird, nicht bloß mechanische, sondern auch chemische Verbindung, und da das Wärmeausdehnungsverhältnis des Drahtes von demjenigen des Zementes nur unerheblich abweicht, so wirken beide Stoffe gut zusammen, und es entsteht eine Widerstandsfähigkeit, welche weit höher ist, als diejenige der gleich dicken Zementplatte.

Die Lage des Drahtes in der Mörtelplatte ergibt sich aus dem Umfande, daß der Draht vorwiegend Zugbeanspruchung, der Zement Druckbeanspruchung zu widerstehen vermag; man soll daher den Draht so nahe an die gezogene Aufsenseite der auf Biegung beanspruchten Platte legen, wie dies mit Rücksicht auf die vollkommene Einhüllung und den Schutz des Drahtes vor Feuer zulässig erscheint, d. h. etwa zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ der Dicke der Platte von der gezogenen Seite aus gemessen. Der Deckenputz hat jedoch, wenn überhaupt, so geringe Lasten zu

⁸⁰⁾ Siehe hierüber Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 271, S. 334; 2. Aufl.: Art. 269, S. 309) dieses »Handbuches«. — Vergl. auch Fußnote 66, S. 61.

⁸¹⁾ Siehe ebendaf., Art. 264 u. 265, S. 329—331.

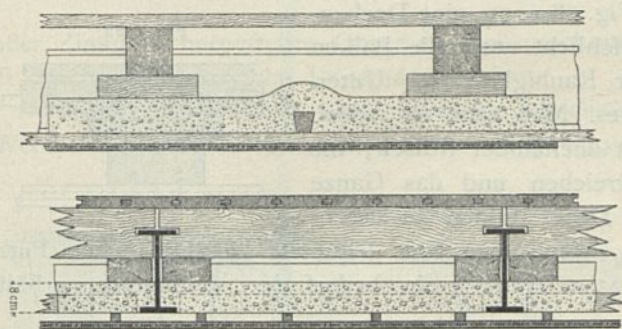
⁸²⁾ Siehe: Wochbl. f. Baukde. 1887, S. 280. — Deutsches Bauwksbl. 1889, S. 85.

⁸³⁾ Z. B. beim Brande in der Marine-Ausstellung zu Köln im Sommer 1890.

tragen, daß man hier den Draht oder das an sich weniger tragfähige Drahtnetz unbedenklich in die Mitte der Plattendicke legen kann.

5) Der Putz nach *Monier* unterscheidet sich von dem nach *Rabitz* wesentlich nur dadurch, daß die Platten mit rechtwinkelig überkreuzter und gebundener Draht- einlage (Fig. 116) nicht im Gebäude, sondern gefondert hergestellt und fertig ein- gebracht werden. Somit ist der Putz nach *Monier* nicht fugenlos, und die Befestigung unter den Balken wird eine andere wie bei *Rabitz*, etwa die in Fig. 92 u. 118 dar- gestellte sein müssen. Wie bei diesen Anordnungen dienen dünne *Monier*-Platten auch häu- fig nur als Träger des eigent- lichen Putzes, welcher auf ihrer Unterseite angebracht wird; das Anbringen von *Rabitz*- und *Mo- nier*-Putz unter einer Gipsfüllung auf Latten ist in einer auch bei Holzbalken verwendbaren An- ordnung in Fig. 120 für Eisen- balken dargestellt. Der Preis dieser Putzarten beträgt für 1 qm

Fig. 120.



je nach Stärke und örtlichen Verhältnissen 1,0 bis 1,5 cm dick 2,5 bis 3,0 Mark, 5 cm dick bis 6 Mark fertig verlegt.

6) Nach *Mack*⁸⁴⁾ (siehe Art. 42 [S. 58] im vorliegenden Hefte dieses »Hand- buch«) werden die Gipsdielen unter die Balken geschraubt, wobei auch die in

Fig. 121.

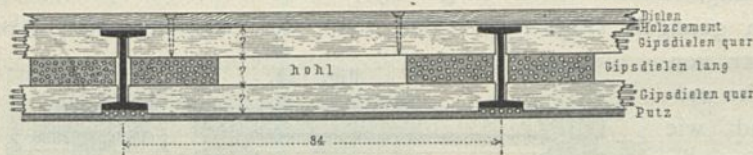


Fig. 92 u. 118 ange- gebenen Verfahren zur Erzielung eines Luft- raumes zwischen Putz und Balken verwend- bar sind.

Die etwa 3 cm dicken Platten können bei gutem Verfrische der Fugen und Schrauben selbst die Deckenfläche bilden, oder sie können noch mit einer dünnen Putzschicht überzogen werden. Eine solche auch für Holzbalken ausführbare Decke ist in Fig. 121 für Eisenbalken veranschaulicht.

7) Auch die Spreutafeln von *Katz* (vergl. Art. 43 [S. 58] im vorliegenden Hefte) gestatten, nach Fig. 95 auf Drahtnetz mit der rauhen Seite nach unten ver- legt, das unmittelbare Anbringen von Deckenputz, dessen Anhaften durch das Drahtnetz noch verbessert wird.

Sowohl bei Gipsdielen, als auch bei Spreutafeln sind die etwa sichtbar bleibenden Balkenunterflächen vor dem Aufbringen des Putzes in der in Art. 43 (S. 58) be- sprochenen Weise vorzubereiten (Fig. 95 u. 121).

Durch den Putz wird ein Schutz der Gipsdielen und Spreutafeln vor Feuer von unten wohl geschaffen; immerhin wird bei starkem Feuer das Zerfallen auch über dem durchhitzten Putze noch eintreten; daher können die beiden letzten

60.
Monier-
Decken.

61.
Decken
mit
Gipsdielen.

62.
Decken
mit
Spreutafeln.

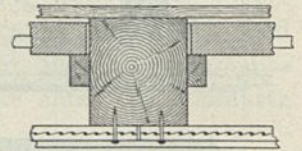
⁸⁴⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1899, S. 2.

Deckenkonstruktionen nicht den gleichen Sicherheitsgrad gewähren wie eine *Rabitz-* oder *Monier-Decke*. Auch die Tragfähigkeit beider ist erheblich geringer als die des sehr widerstandsfähigen Gefüges aus Draht und Mörtel. Nur die *Katz'sche* Anordnung nach Fig. 95 (S. 59) gibt ein dem *Rabitz'schen* ähnliches Gefüge der Decke, mit der Verschlechterung jedoch, daß die Drähte ganz in die Oberkante des Putzes fallen und nur mangelhaft umhüllt werden.

63.
Decken
mit
Zementbrettern.

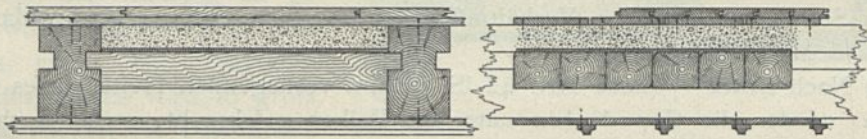
8) Zementbretter nach *Stolte* oder *Wygasch*, d. h. dünne Tafeln aus Zementmörtel mit oder ohne Eifeneinlage, deren Mörtel noch faferige Stoffe zugefetzt werden, um sie für Nagelung und Schraubung geeigneter zu machen, geben beispielsweise nach Fig. 122, ebenso nach Fig. 98 u. 99, eine Deckenfläche zum Putzen, wenn man sie schlicht unter die Balken nagelt oder schraubt; bei einiger Rauigkeit der Unterfläche haftet der Putz ohne weiteres. Man kann sie jedoch bei glatter Unterfläche auch dicht aneinander stoßen, die Fugen mit gleichem Mörtel verstreichen und das Ganze abreiben, um sie unmittelbar die Decke bilden zu lassen.

Fig. 122.



Die getäfelte Decke entsteht, wenn man eine gehobelte Schalung ohne Putz unter die Balken bringt (Fig. 123 u. 124). Sie bedarf der Verzierung, erhält

Fig. 123.



daher an der Falzung angestoßene Profile (Fig. 123), oder es werden profilierte Leisten über die Fugen genagelt (Fig. 124). Man kann die Schalung auch als Stülpdecke aus zwei Lagen von Brettern herstellen, welche profiliert und gespundet sind, wie in Fig. 125, oder übereinander greifen (Fig. 126).

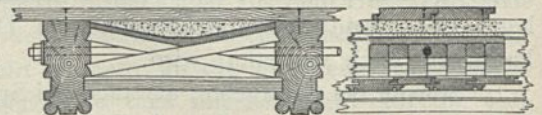
Fig. 124.



64.
Getäfelte
Decken.

Die Täfelung kann in weniger einförmiger Weise auch durch geometrische Figuren aus untergenagelten Profilleisten geschmückt werden, wobei jedoch die Brettterfugen die Felder der Figuren in unangenehmer Weise durchschneiden. Es ist daher besser, die seitlich genuteten Leisten unmittelbar unter die Balken und, soweit nötig, unter die Balkenwechsel zu nageln und dann geleimte Bretttertafeln so in die Nuten einzulegen (Fig. 127), daß sie sich frei zusammenziehen und ausdehnen können; man erzielt in solcher Weise gut zu bemalende Feldflächen ohne Fugen.

Fig. 125.

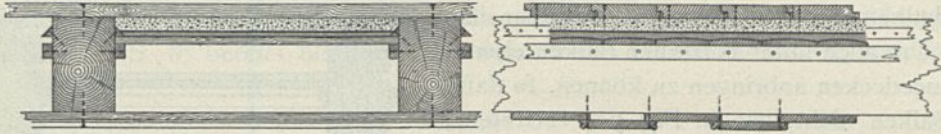


65.
Kaffettendecken.

9) Die Kaffettendecke (Fig. 128) teilt zunächst die Deckenfläche durch zwischen die Balken gefetzte Wechsel in regelmässige, meist rechteckige Felder ein, um welche die Profilierung der Balken und Wechsel als Rahmen herumläuft. An die Seitenflächen der Balken und Wechsel werden ringsum laufende Profilleisten ge-

schraubt, auf welche dann die Bodenfüllungen der entstandenen Kassetten meist in gestemmter Arbeit, sonst als glatte geleimte Tafeln lose aufgelagert werden. Die Füllungen können schliesslich durch Malerei, durch geschnittene oder durch aus Gips-

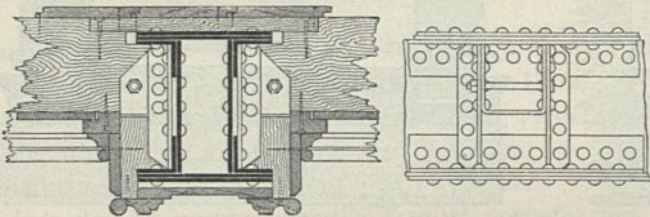
Fig. 126.



oder Zinkguß hergestellte Ornamente ausgeschmückt werden. Reißen der Bretter ist durch die bewegliche Lagerung verhütet.

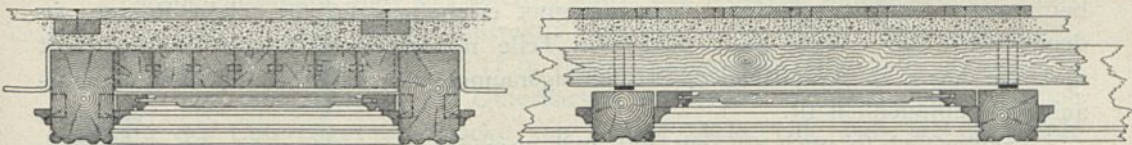
Auch mittels Stuck kann man die Ausschmückung der von den Balken und Wechfeln gebildeten Kassetten erreichen (Fig. 129), wobei aber Balken und Wechsel

Fig. 127.



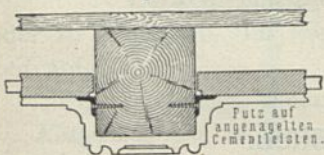
wie die Füllungen bohrt werden müssen, wenn man vollständig geputzte Flächen haben will und die Bodenflächen der Kassetten nicht schon aus putzbaren Körpern bestehen, wie in Fig. 129 aus *Stolte's* Zementdielen. Eine Kassettendecke, bei der die Rahmen von den Balken und Wechselprofilen nebst angeschraubten Profileleisten und der Boden durch glatten Putz gebildet werden, zeigt Fig. 130. Diese Deckenausbildung ist von allen die reichste.

Fig. 128.



10) Die Einschubdecke legt die Täfelung zwischen die Balken auf Leisten (Fig. 131) oder in Nuten (Fig. 125), so daß die zu hobelnden und zu profilierenden Balkenfelder bilden, deren Böden von gehobelten Brettern mit profilierten Fugen oder Fugenleisten gebildet werden.

Fig. 129



Auch hier kann man statt der einfachen Einschubdecke eine Stülpdecke aus doppelter Bretterlage mit gespundeten und profilierten Fugen (Fig. 125) oder einfacher Ueberdeckung (Fig. 126) verwenden.

11) Fayencedecken⁸⁵⁾, Decken aus glasierten Thonfliesen, kommen in Frankreich und Belgien vor; Beispiele sind in Fig. 89 u. 91 (S. 56 u. 57) dargestellt. Die Fliesen können aufer der Glasur auch Blätter- oder-sonstigen Formen-

66.
Einschub-
decken.

67.
Decken aus
glasierten
Thonfliesen
und
Glastafeln.

⁸⁵⁾ Siehe: Polyt. Journ., Bd. 262, S. 284. — Sprechfaal 1886, S. 721. — *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

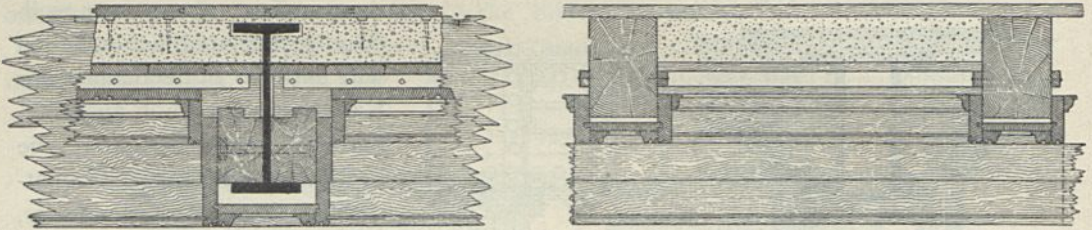
fchmuck tragen. In der durch Fig. 91 dargestellten Konftruktion nach Art einer Einschubdecke müffen die Balkenfache mit einer Plattenbreite gedeckt werden, werden also fchmal; in Fig. 89 ist die gröfsere Weite durch eine Art von Plattenwölbung erreicht, welche durch Anbringen entsprechender Kämpfervorsprünge oder -Leisten an Holzbalken auch bei diesen verwendbar ist.

Um auch unter hölzernen Balken ebene Fayencedecken anbringen zu können, fo dafs die Balken nicht, wie in Fig. 91, vortreten, befestigt *E. Müller* in Jory unter den Balken zunächst einen Rost aus Gufs- oder Schmiedeeifen, in dessen Maschen die bunten verzierten Platten eingelegt werden. Die zwischen den Platten vortretenden Stege des Rostes werden den Platten entsprechend verziert und etwa mit Bronzefarbe

Fig. 130.



Fig. 131.



behandelt. Aehnliche Unterdeckungen der Balken fielt auch *Bilgner* bei feiner das Schwinden der Balken unschädlich machenden Decke vor (Fig. 82, S. 54).

Derartige Decken besitzen, mit Luftraum unter die Balken gelegt, einen ziemlich hohen Grad von Feuersicherheit, eignen sich aber für Wohnräume nur bei ganz bestimmten Ausstattungsarten. Sehr geeignet erscheinen sie für folche Räume, in denen auch die Wände ganz oder zum Teile mit glasierten Fliesen (*Tiles*) belegt find, wie dies z. B. in Wartefälen, Erfrischungsräumen, Wirtschaften und Vergnügungsanlagen gebräuchlich ist.

Schliesslich fei noch erwähnt, dafs man ausgedehnte, untergeschraubte Spiegelglastafeln als unteren Deckenabschluss verwendet, wenn man reiche Deckengemälde vor Schmutz, Rauch und Feuchtigkeit schützen will. Bei der stetig zunehmenden Verunreinigung der Luft in den großen Städten findet dieses Mittel schnelle Verbreitung.

3. Kapitel.

Balkendecken in Holz und Eifen.

68.
Uebersicht.

Hier find folche Decken zu besprechen, in deren tragenden Teilen sich Holz und Eifen zur Luftaufnahme vereinigen. Sie find gegenüber den übrigen Deckenarten selten, da Dauer und Festigkeit der beiden Baustoffe zu sehr verschieden find, um in der Vereinigung zu wirklich zweckmäßigen Konftruktionen zu führen.

Die scharfe Trennung der drei, bzw. vier Bestandteile der Decke ist hier nicht in gleicher Weise, wie im vorhergehenden Kapitel durchzuführen; daher

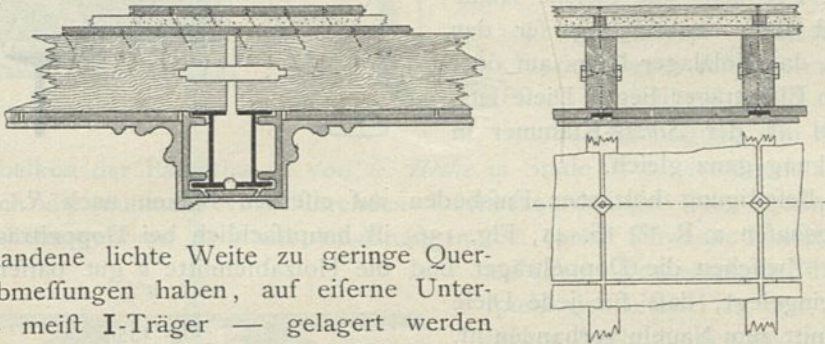
folle Beispiele von Gesamtanordnungen in allen ihren Teilen gleichzeitig vorgeführt werden.

Die bei weitem meisten hierher gehörenden Konstruktionen verwenden das Holz zur unmittelbaren Unterstützung des Fußbodens, während die eigentlichen Deckenträger aus Eisen gebildet werden.

Die am häufigsten, insbesondere in Deutschland, vorkommende Anordnung ist die in Art. 4 (S. 8) bereits berührte, bei welcher die hölzernen Balken, welche für

69.
Gewöhnliche
Anordnung.

Fig. 132.



die vorhandene lichte Weite zu geringe Querschnittsabmessungen haben, auf eiserne Unterzüge — meist I-Träger — gelagert werden (Fig. 132). Die Balkenlage, die Ausfüllung der Balkenfache, die Lagerung des Fußbodens und die Deckenunterfläche werden in einer der im vorhergehenden Kapitel vorgeführten Weisen ausgebildet; der eiserne Unterzug springt in ganzer Höhe vor der Deckenunterfläche vor.

Fig. 133.



Wenn man in gewöhnlicher Weise die Bretterschalung, die Bohrung und den Putz an den Unterflächen der Holzbalken anbringt und wenn diese Balken unmittelbar auf den I-Trägern aufrufen, so entsteht der Mißstand, daß der obere Flansch der letzteren im Deckenputz völlig verschwindet, was unkonstruktiv und unschön ausieht. Wenn die Unterzüge nicht nach Fig. 132 in starke Kästen ganz eingehüllt werden, so lege man zwischen die Unterflächen der Balken und den oberen Flansch des Unterzuges Brettstücke von solcher Dicke ein, daß die Oberkante des letzteren bündig mit der Putzunterkante zu liegen kommt.

Will man unter Beibehaltung der sonstigen Teile nur die Holzbalken der beschriebenen Decken durch eiserne ersetzen, so entsteht eine Schwierigkeit aus der Unmöglichkeit, Dielenlagen für Fußböden und Deckenschalungen ohne weiteres auf und unter die Balken zu nageln oder zu schrauben. Im folgenden werden einige Mittel zur Hebung dieser Schwierigkeit aufgeführt.

Fig. 133 zeigt zunächst die geschmiedete *Sinzig-Klammer*⁸⁶⁾, eingeführt von *H. Köttgen & Co.* in Bergisch-Gladbach, mit deren Hilfe man Bohlen verschiedener Stärke so auf und unter eiserne Trägerflansche klammern kann, daß diese nun in jeder Beziehung wie hölzerne behandelt werden können. Gelegenheit zur Auflagerung von Fachausfüllungen bieten die Flansche ohne weiteres⁸⁷⁾.

Denfelben Erfolg ergeben die aus starkem Drahte gebogenen Klammern von

70.
Fußboden-
dielen
und Decken-
schalungen
bei eisernen
Tragbalken.

⁸⁶⁾ D. R.-G.-M. 61 634.

⁸⁷⁾ Siehe auch: Stahl u. Eisen 1897, S. 35. — HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 14. — 100 Stück kosten 3,20 Mark.

Rordorf⁸⁸⁾. In Fig. 134 ist gezeigt, wie die Klammern für quer zu den Eisentragern laufende Holzlager zu formen sind; die Klammern werden, wenn möglich, vor dem Verlegen der Lager in deren Flanke geschlagen; dann werden die Lager um die Länge des Klammerhakens verschoben verlegt und schließlich so vorgetrieben, daß sich die Klammer unter den Trägerflansch klemmt. Man kann die Klammer jedoch auch nach dem Verlegen des Lagers in dieses eintreiben; nur wird dann der Griff unter dem Trägerflansch minder scharf.

Fig. 135 zeigt die gleiche Klammer nebst ihrer Anbringung für den Fall, daß das Holzlager längs auf oder unter dem Eisenträger liegt. Diese letztere Form ist der *Sinzig*-Klammer in ihrer Wirkung ganz gleich.

Die Befestigung hölzerner Fußböden auf eisernen Balken nach *R. Kirchhoff* in Ludwigshafen a. R.⁸⁹⁾ (S. 41, Fig. 136) ist hauptsächlich bei Doppelträgern verwendbar. Zwischen die Doppelträger sind die Holzabschnitte *b* gut passend, sonst lose, so eingelegt, daß für jede Diele ein Abschnitt zum Nageln vorhanden ist,

wie bei den Holzbalkenlagen zu Fig. 52 bis 57 (S. 41) erörtert wurde. Die Abschnitte liegen mit offenen Zwischenräumen voneinander, so daß sie das Zusammentreiben der Dielen nach dem Schwinden ohne weiteres erlauben. Um den Putz unter den Trägern anbringen zu können, sind Putzrohrabschnitte mit übergespannten Drähten untergelegt und durch in die Holzabschnitte getriebene Hakennägel befestigt, welche die Drähte fassen. Diese Hakennägel müssen sich beim Zusammentreiben der Holzabschnitte mit den Dielen auf den Drähten etwas verschieben, soweit der Putzmörtel dies gestattet, sonst sich selbst oder die Drähte verbiegen, wobei Putz abbröckeln kann. Es erscheint daher empfehlenswerter, die Einlage *b* zu teilen und sie unten aus einer durchlaufenden, festliegenden Bohle zu bilden, auf der die oberen Abschnitte mit offenen Zwischenräumen gleiten können, so daß das Zusammentreiben möglich ist, ohne den Putz unten in Mitleidenschaft zu ziehen. Etwa erforderliche Höhenausgleichung geschieht durch Polster auf den Balken.

Durch die Anordnung von Doppelbalken wird die Ausführung verhältnismäßig teuer; doch ließen sich ähnlich wirkende Konstruktionen auch wohl für einfache Balken erfinden.

Die bisher besprochenen Anordnungen verlangen alle erst das Anbringen be-

Fig. 134.

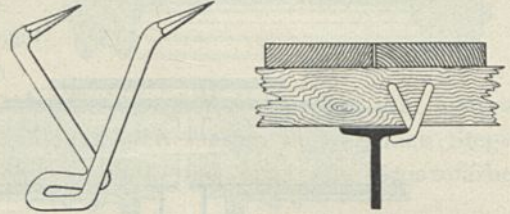


Fig. 135.

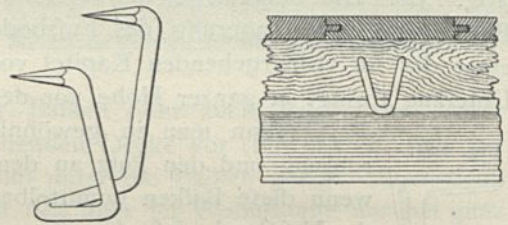
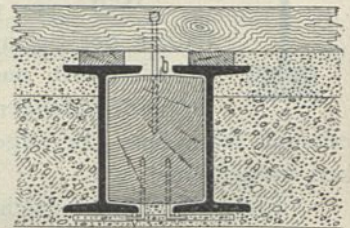


Fig. 136.



⁸⁸⁾ D. R.-P. — Geliefert von *Rordorf* in Zürich; *W. Hanisch & Co.* in Berlin; *H. Breuning* in Stuttgart.

⁸⁹⁾ D. R.-P. 61960.

sonderer Holzteile an den Eifenträgern, ehe man die Dielungen nageln kann. Um Dielen und Bohlen unmittelbar an Eifenträgern zu befestigen, gleichzeitig untereinander unverschieblich zu verbinden, das Werfen der Dielen oder Bohlen zu verhindern und dabei noch das Zutagetreten von Nagelköpfen oder Schrauben zu vermeiden, werden die *Rordorf'schen* Verbindungshaften⁹⁰⁾ verwendet. Fig. 137

Fig. 137.

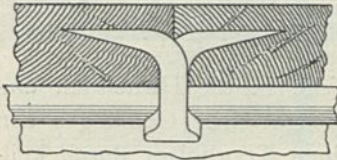
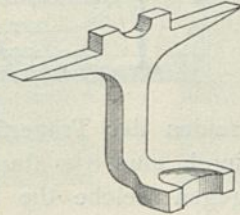


Fig. 138.



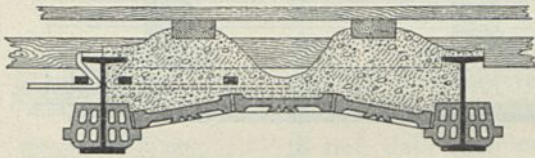
zeigt eine solche geschmiedete Haftklammer für dicht zu legende Fußbodendielen, Fig. 138 eine für Blindboden mit gleichweiten offenen Fugen bestimmte, deren oberer Ansatz die Weite der Fugen festlegt.

Schließlich ist als Mittel zur Befestigung von Holzdielen

an Eisenbalken der Patenthaken von *L. Bethe* in Stade⁹¹⁾ zu erwähnen.

Auch die nunmehr vorzuführen den Deckenanordnungen von geringer Konstruktionshöhe gehören zu jenen Anordnungen, bei denen schwache Holzbalken sich auf eiserne Deckenträger stützen. Beispiele der hierbei in das Auge gefassten Ausbildungen zeigen Fig. 132, 139 bis 147.

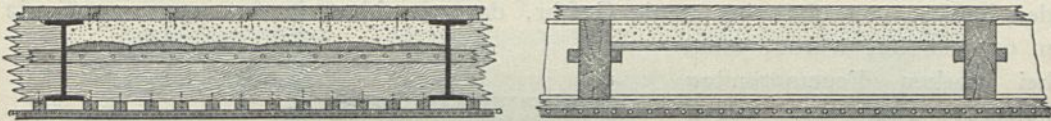
Fig. 139.



möglichst wenig Höhe wegnimmt. Deshalb sind niedrige, starke Kasten-träger fast unmittelbar unter die Fußbodenbretter gelegt, welche die gewöhnlichen Holzbalken in seitlich angenieteten Blechrahmen aufnehmen.

Die Ausfüllung der Balkenfache, welche nach einer der im vorhergehenden Kapitel unter *b* angegebenen Weisen erfolgt, ist nicht dargestellt; dagegen ist angedeutet, wie die Fußbodenbretter über dem

Fig. 140.



Eisen der Träger zu lagern sind, und wie der niedrige Vorsprung des Trägers nach unten durch Ausbildung einer getäfelten Decke verdeckt werden kann. Der ganze Träger steckt in einem aus profilierten Leisten gebildeten Kasten, welcher durch auf die Gurtung des Trägers greifende, eingepaßte Klötze getragen wird. Diese Klötze werden durch die unter die Balken geschraubten Tragleisten der Deckentäfelung am Herausfallen verhindert; eine unmittelbare Verbindung zwischen Holz und Eisen, welche Anbohren des Eisens bedingt hätte, ist nicht vorgenommen.

In Fig. 132 liegen die eisernen Träger ganz unter den über ihnen gestossenen und verklammerten Bohlenbalken. Auch hier ist ein breiter Kasten unter der Balkenlage nach amerikanischem Muster hergestellt, indem die doppelt angeordneten Träger zunächst mit in Zementmörtel aufgesetzten, dem Trägerquerschnitte angepaßten ge-

71.
Anordnungen
von geringer
Konstruktions-
höhe.

⁹⁰⁾ Geliefert von *Rordorf* in Zürich; *H. Breuning* in Stuttgart; *H. Hanisch & Co.* in Berlin. — D. R.-P. — Siehe auch: *HAARMANN'S* Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 119.

⁹¹⁾ Siehe: *Deutsche Bauz.* 1883, S. 315.

brannten Thonplatten verkleidet und darüber mit profiliertem Gipsputze bedeckt wurden⁹²⁾. So ist ein wirksamer Schutz der Träger gegen Feuer erzielt, welche ihre Tragfähigkeit durch unmittelbaren Angriff des Feuers erfahrungsmäßig schnell, unter Umständen schneller als starke Holzbalken, verlieren⁹³⁾.

Das eigenartige Anbringen von Thonfliesen nach *White* unter den Holzbalken als Träger des Putzes der Decke wurde schon in Art. 59 (S. 69) besprochen.

In Fig. 142⁹⁴⁾ sind zwischen die enger gelegten Eisenbalken schwache Holzträger unter Einschneiden der Trägerflansche in die Hirnenden eingesetzt. Die Fachauffüllung ist durch eine 8 cm starke Lage eines Gemenges von Gips und Steinbrocken gebildet, gegen welche die kleinen Traghölzer durch keilförmige Holzeinlagen abgefangen sind.

Letztere dienen zugleich dazu, die Hölzer in die genau richtige Höhenlage zu bringen. Die Hölzer tragen einen gefederten Fußboden, dessen Bretter parallel zu den Eisenbalken gelegt sind. Um eine Putzdecke auf Rohr oder nach *Rabitz* und *Monier* anbringen zu können, ist jedesmal mitten zwischen zwei Holzträgern ein Abschnitt einer hölzernen Schwalbenschwanzleiste zwischen den unteren Flanschen der I-Balken in den Gips eingestampft, unter welche dann die den Deckenputz tragenden Latten für Rohrputz in enger, für *Rabitz*- und *Monier*-Putz in weiterer Teilung genagelt werden können. Die Kosten dieser Decke betragen 10,2 Mark für 1 qm.

*Stolz*⁹⁵⁾ macht für derartige Decken die in Fig. 145 u. 146 dargestellten Vorschläge⁹⁶⁾,

welche von dem Gesichtspunkte ausgehen, derartige Decken nach den von ihm gesammelten Erfahrungen thunlichst feuersicher zu gestalten. Nach *Stolz* droht den Decken von oben her wenig Gefahr, da, wie schon in Art. 49 u. 55 (S. 62 u. 65) erwähnt wurde, selbst bei starken Feuersbrünsten hölzerne Fußböden wegen Mangels an Luft höchstens ankohlen, wenn nur kein anfachender Zug durch die Decke selbst kommen kann. Höchst gefährdet sind dagegen die Deckenunterflächen, und in diesen besonders die Rücksprünge, welche neben vorspringenden Teilen, Unterzügen u. dergl. entstehen. Solche Vorsprünge sind daher zu vermeiden; Unterzüge

Fig. 141.

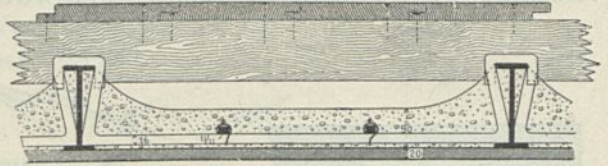


Fig. 142.

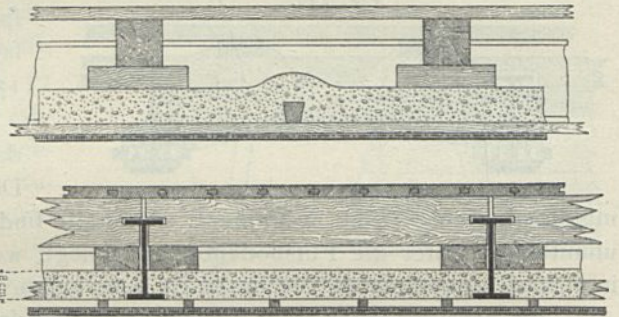
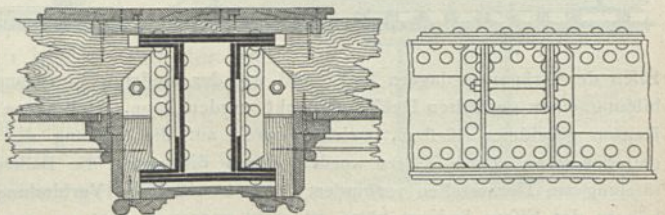


Fig. 143.



92) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 436. — *American engineer* 1887, S. 230.

93) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 417.

94) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 43.

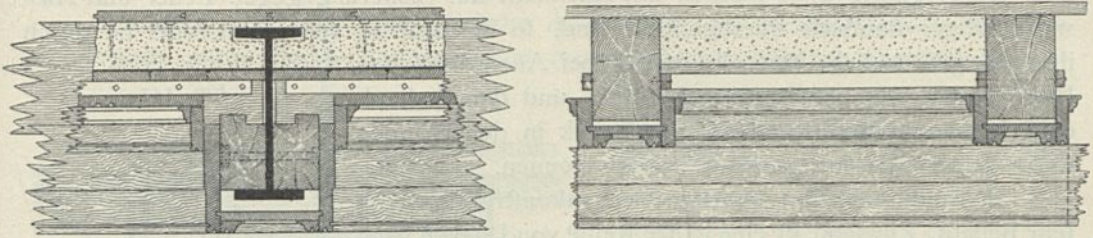
95) Branddirektor von Magdeburg.

96) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

müssen also in der Deckendicke thunlichst versteckt werden, wenn letztere dadurch auch wachsen sollte.

Stolz führt in dieser Beziehung an, daß ein 75 cm unter der Decke liegendes Ofenrohr die Einschubretter in den Balkenfachen entzündete, obwohl an der unter den Balken liegenden Bretterfchaltung

Fig. 144.



keine Brandspuren zu finden waren. Aus gleichem Grunde ist es auch von besonderer Wichtigkeit, die Träger von unten her feuersicher einzuhüllen, da sie durch Erhitzen ihre Tragfähigkeit verlieren.

Fig. 145 stellt eine gewöhnliche Zimmerdecke vor, bei der die Träger von oben und unten durch Aschenfüllung, und zwar oben weniger als unten, geschützt sind. Zur Stützung der unteren Aschenlage ist eine *Rabitz-Decke* mindestens 10 cm unter den Balken aufgehängt, und an diesen ist die Asche so weit aufgeschüttet, daß der Balken nebst den auf den unteren Flansch gesetzten Tragleisten für den Einschub noch genügend geschützt wird. Der Einschub liegt so tief, daß auch der Balkenkopf noch ganz in Asche gehüllt ist. Die Fußbodenlager stehen so weit von den Balken ab, daß ein die ersteren ergreifender Brand letztere noch nicht erheblich erhitzen kann. Auf den Einschub und unter die Fußbodenlager ist eine Lage von Dachpappe gebracht, um das Durchrieseln der oberen Aschenlage durch den Einschub und das Entstehen von Luftzug von unten durch die Decke zu verhindern.

Fig. 145.

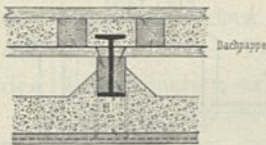
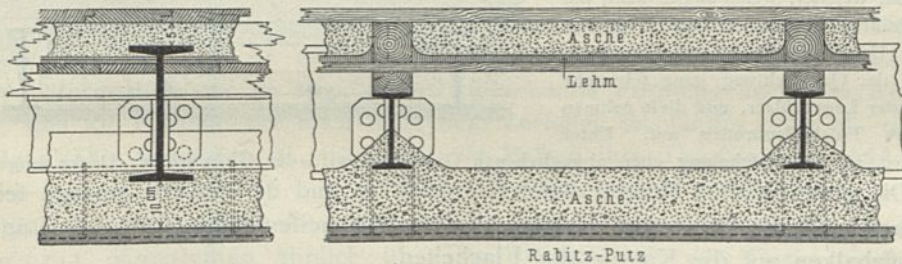


Fig. 146 zeigt eine gleiche Decke, deren weite Spannung aber die Anordnung

Fig. 146.



eines starken Unterzugträgers nötig gemacht hat. Die Eisenbalken sind innerhalb der Höhe des Unterzuges an feinen Steg befestigt und von unten ebenso, wie in Fig. 145, derart geschützt, daß 10 cm Asche unter der Unterzugkante bleiben. Um nun auch die obere Gurtung des Unterzuges genügend einzuhüllen, sind Polsterhölzer auf die Balken gelegt, so daß der hier mit Lehmschlag statt mit Dachpappe eingedichtete Einschub der oberen Gurtung des Unterzuges nahe liegt und die Verfüllung

der Fußbodenlager diesen deckt. Ein schwacher Punkt bleibt die Ueberkreuzung der Lagerhölzer mit dem Unterzuge; doch ist die hier entstehende Gefahr wegen der geringen Ausdehnung der gefährdeten Stelle nicht erheblich. Auch das der Brand durch die Holzteile bis zu den oberen Gurtungen der Balken durchdränge, ist nicht zu befürchten.

So sorgfältig diese Decken mit Rücksicht auf Sicherung gegen Feuer und Auswahl billiger Baustoffe durchgebildet sind, so ist nicht zu verkennen, daß sie durch ihre das gewöhnliche Maß, besonders bei Anordnung von Unterzügen, weit überschreitende Dicke und den dadurch entstehenden Mehraufwand an Mauerwerk in den Wänden nicht gerade sparsam genannt werden können.

73.
Französische
Anordnungen.

In Frankreich sind derartige Deckenkonstruktionen⁹⁷⁾ sehr beliebt. Zunächst ist eine ganze Reihe von Decken nach verschiedenen Erfindern benannt; diese zeigen wenig Abweichungen voneinander und sind wegen zu kleiner Einzelteile und schwieriger Zusammenfassung nur in beschränktem Maße zur Ausführung gekommen. Hierher gehören die Decken von *Angot*, *Bellemare*, *Batelier*, *Jeannette*, welche die Träger aus möglichst leichten Band- und Quadrateisen bilden. Ueber die Träger strecken sich schwache Balken zur Aufnahme des Fußbodens, und die Ausfüllung der Balkenfache wird aus Gipsbeton auf einem Roste von dünnen Quadrateisen gebildet.

Auf die Dauer scheint sich nur eine derartige Konstruktion zu behaupten, die von *Vaux* (Fig. 147), welche weit verbreitet ist. Die Träger bestehen aus mit $\frac{1}{10}$ Pfeil nach oben durchgebogenen, hochkantig gestellten Flacheisen, welche in den Wänden verankert sind.

Gegeneinander werden diese Bänder durch geschmiedete Bügel aus Quadrateisen abgesteift, so daß sie nicht kippen können. Die Querbügel tragen zwischen je zwei Balken von 75 cm Abstand zwei kleine mit Draht festgebundene, quadratische Eisenleisten, und an das so gebildete Leistennetz hängt man die Deckenausfüllung aus feinem Gipsbeton, welcher, weich eingebracht, auf den umhüllten Leisten erhärtet (Fig. 141 u. 139). Ueber die Flacheisenbalken streichen in der Querrichtung ganz schwache Balken oder Lagerhölzer, und diese nehmen dann die Fußbodenbretter auf. Unter dem unten auf Bretterchalung eben abgeglichenen Gipsbeton wird der Gipsputz der Decke aufgetragen.

Die wesentlichsten Mängel dieser Konstruktion sind die äußerst geringe seitliche Steifigkeit und die schwierige Auflagerung der Flacheisenträger, sowie die Lagerung der Holzbalken auf die Kanten der Flacheisen.

Noch gebräuchlicher sind die Deckenanordnungen von *Thuasne* und namentlich diejenigen von *Rouffel*, letztere vorwiegend in Paris.

Thuasne verwendet I-Balken, über deren Gurtungen zum Einsetzen der kleinen quadratischen Querstäbe rechteckige Blechmuffen geschoben werden (Fig. 148).

Diese Muffen sind behufs Aufnahme der Querstäbe quadratisch gelocht, und nach Einschieben der Stäbe werden Splinte im Zwischenraume zwischen Muffe und Trägerfleg durch die gelochten Stab-

Fig. 147.

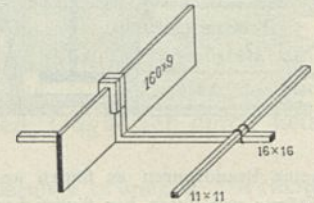


Fig. 148.

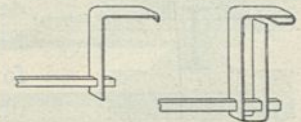
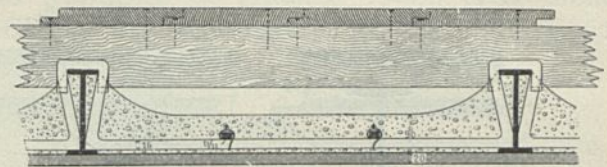


Fig. 149.



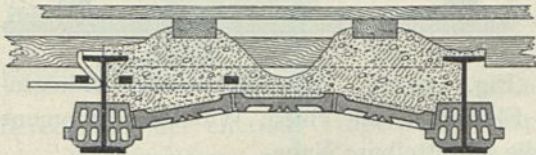
⁹⁷⁾ Siehe: *Annales industr.* 1883—II, S. 5 u. ff.

enden gefchoben. Die Querstäbe tragen, wie bei *Vaux*, mit Draht gebundene Querleiften, und die Zwischen-
decke wird, wie bei allen derartigen französischen Konstruktionen aus Gipsbeton in den Stabrost eingestampft.

Die Bauart *Rouffel* (Fig. 149) unterscheidet sich gegen jene von *Thuasne* nur
dadurch, daß die Querstäbe, wie bei *Vaux*, bündelartig über die I-Träger gebogen
werden und diese sehr wirksam gegeneinander absteifen. Auch hier hängt die Gips-
decke am Roste der Quer- und Längsstäbe.

Auch Fig. 150 zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher jedoch der Gips-
beton nach unten durch Fayencefliesen (vergl. Art. 67, S. 73) abgeschlossen ist.

Fig. 150.



1/15 w. Gr.

ohne den Rost von Eisenstäben gebildet, der deshalb nur in die linke Hälfte von Fig. 149 eingetragen ist.

Oben ruhen die Fußbodenlager auf den in größeren Abständen gelagerten hölzernen Querbalken
wieder der Länge nach, so daß die Bretter wieder winkelrecht zu den Balken laufen. Der Gipsbeton
umhüllt sowohl die Querbalken, wie die Längslager wenigstens so weit, daß sie unverschieblich liegen.

Bei allen diesen Bauweisen ist die Teilung der Querstäbe etwa 75 cm, diejenige
der Längsstäbe etwa 25 cm. Sie tragen kleine Lagerbalken auf den Trägern und
den Gipsputz der Decke ohne Zwischenmittel unter der Gipsbetonfüllung. Unter
den Trägerflächen erhält der Putz keine besondere Befestigung.

Die kleinen Querbalken bleiben jedoch auch wohl weg, und dann werden die
Längslager dicht neben die Eisenbalken unmittelbar in den Gipsbeton gelagert,
welcher dazu tragfähig genug ist, namentlich wenn er das Stabgerippe enthält oder
auf Fliesenbogen ruht. Da die Lasten dann nicht mehr von den Holzteilen, sondern
durch die Gipsfüllung auf die Balken übertragen werden, so bildet diese Ausbildung
der französischen Gipsdecke streng genommen schon ein Beispiel der in Kap. 4 zu
besprechenden Decken aus Eisen und Stein oder Mörtel.

Daß diese Gipsdecken wegen des Zerfallens des Gipses in der Hitze nicht zu
den feuerficheren zu rechnen sind, wurde bereits in Art. 42 (S. 58) erwähnt. Aus
diesem Grunde sind auch die den Träger begleitenden Kämpferstücke in Fig. 139
nicht so gestaltet, daß sie den unteren Trägerflansch ganz einhüllen. Es wäre
jedoch diese noch später (in Kap. 4) zu besprechende Formung auch hier wohl am
Platze, weil die Fliesendecke auch nach dem Zerfallen des Gipses noch als ziemlich
widerstandsfähig anzusehen ist, wenn nur die Balken ihre Tragfähigkeit nicht durch
Erhitzen verlieren.

Eine weitere deutsche Anordnung dieser Gruppe zeigt Fig. 144⁹⁸⁾, welche der
in Fig. 143 dargestellten ähnlich ist. Die möglichst in der Decke versteckten
I-Unterzüge tragen über dem unteren Flansch an den Steg gebolzte Lagerhölzer
für die Holzbalken. An die Lagerhölzer sind zugleich die den unteren Teil der
Unterzüge verdeckenden Verschalungen aus profilierten Brettern angebolzt; in über-
einstimmender Weise sind auch die unteren Balkenteile behandelt.

Auch Fig. 151⁹⁹⁾ zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher jedoch die enger

⁹⁸⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 410.

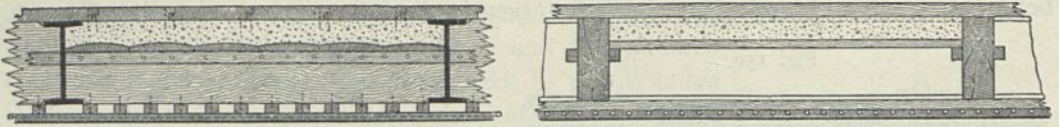
⁹⁹⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 298.

gelegten Eisenbalken ganz in der Decke verschwinden. Die Querbalken aus Bohlen lagern unmittelbar auf dem unteren Flansche.

75.
Konstruktionen
mit
besonders
geformten
Trägern.

Für die Konstruktion der Decken mit Eisenträgern und Holz sind auch besondere Trägerformen eingeführt worden, jedoch wenig in Gebrauch gekommen, da das Walzen sonst nicht verwendbarer Trägerformen für diesen Sonderzweck zu teuer ist.

Fig. 151.



Der Träger von *Gocht* in Chemnitz (Fig. 152¹⁰⁰), gewalzt von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf, 18 cm hoch aus Flusseisen, mit einem Widerstandsmoment von 132 (auf Centim. bezogen), bezweckt die unmittelbare Nagelung der Fußbodenbretter und der Deckenschalung an die Eisenträger.

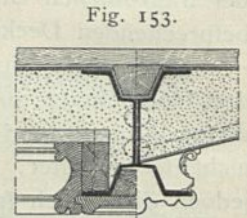
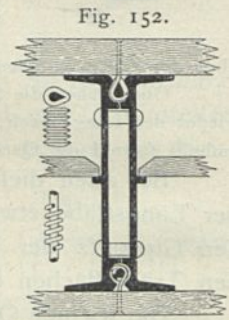
Zu diesem Zwecke wird in die Hohlkehlen, welche beim Zusammennieten der getrennt gewalzten Trägerhälften entstehen, eine birnförmige, gerippte Gussleiste oder ein mit Draht umwickeltes dünnes Rundeseisen vor dem Vernieten eingelegt. Treibt man nun Nägel durch die Bretter in die Hohlkehlen, so biegen sich diese um die Einlagen herum und werden zu Befestigungshaken. In halber Höhe haben die Stege kleine Ansätze zur Auflagerung von Einschubbrettern, welche die Füllung aufnehmen, so daß die Gesamtanordnung einer hölzernen Balkenlage völlig entspricht.

Dieser Träger wurde in der Nicolai-Apotheke zu Chemnitz, im Block *G* der Lagerhäuser der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft und in den Erfrischungsräumen *Meins* in Hamburg verwendet.

Der Träger von *Klette*¹⁰¹), gleichfalls von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf, 21 cm hoch, 29,8 kg für 1 lauf. Meter schwer, mit einem Widerstandsmoment von 225 (auf Centim. bezogen) gewalzt, ist in Fig. 153 u. 154 in älterer und neuerer Gestalt dargestellt.

Fig. 153 zeigt links die Anordnung einer hölzernen Einschubdecke auf Lagerhölzern, welche vom unteren Flansch getragen werden und zugleich eine Verschalung des Trägers aufnehmen. Die Fußbodenbretter ruhen auf kleinen Lagerhölzern, welche mit Asphalt in die obere Gurtung eingesetzt sind. Die Füllung ist in gewöhnlicher Weise angeordnet und unter den Brettern mit Asphaltfilz abgedeckt. Die untere Trägerverschalung ist noch an einer in die untere Gurtung eingelegten und seitlich verschraubten Holzleiste befestigt.

In Fig. 154 ist an der neueren Gestalt des Trägerquerschnittes links eine gewöhnliche Einschubdecke mit geputzter Deckenschalung gezeigt. Der Hohlraum in der oberen Gurtung ist mit einer nagelbaren Mischung aus Asphalt und Holzabfällen heiß ausgefüllt, so daß auch hier unmittelbare Nagelung der Fußbodenbretter, wie bei *Gocht*, ermöglicht ist; die Träger werden mit dieser Füllung angeliefert. In die untere Gurtung lassen sich, zufolge der gewählten Form des Gurtungsquerschnittes,



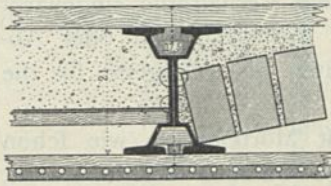
100) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 96, 555; 1887, S. 44.

101) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 129, 298. — Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 146, 234. — Civiling. 1886, S. 283.

Holzklötze fest einklemmen, an deren Unterfläche die Deckenschalung befestigt wird. Gelegenheit zur Auflagerung der Einschubbretter giebt der obere Absatz der unteren Gurtung.

Beide Träger, der von *Gocht* und jener von *Klette*, namentlich der letztere, zeichnen sich durch vergleichsweise hohe Widerstandsmomente und breite Lagerflächen der unteren Gurtung aus, welche die Auflagerung auf die Wände wesentlich erleichtern. Beide sind wiederholt zur Zufriedenheit der Ausführenden zur Verwendung gelangt.

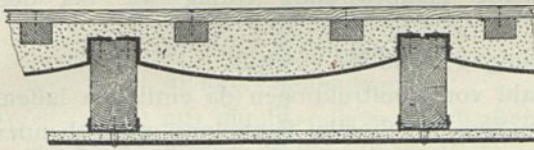
Fig. 154.



Ein dem *Klette'schen* Träger sehr ähnlicher kann auch aus zwei Trapezeisen von *Lindsay*¹⁰²⁾ zusammengesetzt werden, wenn man je ein solches Eisen mit dem Boden auf die obere Gurtung und unter die untere Gurtung eines I-Eisens nietet. In Kap. 9 (bei Berechnung der eisernen Träger) wird hiervon noch eingehend gesprochen werden.

Im Gegensatz zu diesen Konstruktionen mit Eisenbalken und hölzerner Stützung des Fußbodens werden in England Decken verwendet, bei denen die Träger wieder Holzbalken, die Teile, welche den Fußboden tragen, aber aus Eisen, und zwar aus Eisenblech, hergestellt sind (Bauart *Edwin May*). Ein Beispiel dieser vielfach verschiedenen Anordnungen zeigt Fig. 155. Auf die Balken sind 6 bis 8 mm starke Hängebleche genagelt, welche mittels Bettung und Lagerbohlen den Fußboden aufnehmen. Nach unten ist die Balkenlage gleichfalls durch ein schwaches Blech abgeschlossen.

Fig. 155.



mittels eiserner Hüllen für die Nägel etwas von den Balken entfernt gehalten; der Zwischenraum ist mit Füllstoff geschlossen und jeder Balken unten noch mit einer Blechkappe versehen.

Bedenklich sind solche Anordnungen mit dünnen Blechen in feuchten Räumen, da die Bleche leicht durchrosten; sie müssen jedenfalls durch guten Anstrich oder Verzinkung geschützt sein.

Als weiteres Beispiel ist hier die Decke von *Pease* in Stockton-on-Teas mit Bohlenbalken und Fachausfüllung aus Eisenblech anzuführen, die zusammen mit den eisernen Decken in Kap. 5 (bei Fig. 375) ausführlicher beschrieben werden wird.

76.
Englische
Konstruktionen.

abgeschlossen. Die Teile sind zugleich so angeordnet, daß die Decke einen hohen Grad von Feuericherheit erhält.

Von oben kann die Hitze nicht eindringen, da die Holzteile des Fußbodens nur mit der feuericheren Ausfüllung in unmittelbarer Berührung stehen. Unten ist das Blech

4. Kapitel.

Balkendecken in Stein, Mörtel oder Beton und Eisen.

Hierher gehören Anordnungen, bei denen eiserne Träger die eigentlich tragenden Teile der Deckenkonstruktion bilden, und die Ausfüllung der Trägerfache ganz oder zum Teile mit Stein, bezw. mit Mörtelkörpern erfolgt; in der Regel hat diese Fachausfüllung dann auch die Fußbodenlast zu tragen.

77-
Vor-
bemerkungen.

¹⁰²⁾ Englisches Patent. — Siehe auch: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289. — *Engng.*, Bd. 44 (1887), S. 209. — Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 389.

Für Decken der hier zu besprechenden Art ist in den letzten Jahren eine über-
große Zahl von Formen und Ausbildungsweisen entstanden, über welche eine richtig
abwägende Uebersicht heute noch schwer zu erreichen ist. Das Streben fast aller
größerer Baugeschäfte, zu Anpreisungszwecken über ein Patent auf diesem Gebiete
zu verfügen, erscheint als Anlaß zur Entstehung einer großen Zahl von Konstruk-
tionen, für die ein tatsächliches Bedürfnis gegenüber ähnlichen, schon vorhandenen,
gar nicht vorlag. Auch hier muß wieder betont werden, daß die Art und Weise
der Handhabung der Patentgesetzgebung fördernd auf diese Verhältnisse eingewirkt
hat, insofern vielfach unwesentliche, nur nebenfächliche Formgebungen oder Ab-
änderungen der Wirkungsweise betreffende Verschiedenheiten als genügend für die
Begründung eines neuen Patentes angesehen worden sind.

Nachdem z. B. auf die Verbindung des Eisens mit Mörtelarten, wie schon
in Fußnote 66 (S. 61) betont wurde, zwei gleichartige Patente erteilt waren,
hat man, wohl durch diesen Vorgang gezwungen, eine weitere große Zahl von
Patenten auf dieselbe Verbindung erteilt, je nachdem die Form des Eisens oder
die Ausgestaltung der Umgebung verändert war. Und doch liegt genau dieselbe
Wirkung vor, mag das Eisen in Gestalt von Draht, Bandeisen, Netzen, Geweben oder
Walzformen, und mag die Umgebung als Mörtel, Beton oder Mauerwerk erscheinen.
Man ist auf diesem Wege allmählich zu einer Kleinlichkeit der Unterscheidungs-
merkmale gelangt, welche die Zahl der Patente eine sehr große hat werden lassen,
und die in den zahlreichen Patentprozessen wegen der Notwendigkeit gleicher Recht-
sprechung für alle die Anerkennung von Verschiedenheiten auch bei solchen An-
trägen bedingte, bei deren Inhalt dieselbe Hauptwirkung vorlag wie bei den
früher erteilten Patenten.

Diese Sachlage hat nach vier Richtungen schädlich gewirkt.

Zunächst hat sie eine sehr große Zahl von Konstruktionen da entstehen lassen,
wo wegen des Massenverbrauches und zum Zwecke schneller Sammlung maßgebender
Erfahrungen über die billigste und beste Herstellungsweise gerade eine geringe Zahl
von Ausführungsformen erwünscht gewesen wäre und auch genügt hätte.

Zweitens sind beim Suchen nach neuen patentfähigen Deckenbildungen
immer verwickeltere Formen und Konstruktionen entstanden, deren Schwierigkeiten
in keinem vernünftigen Verhältnisse zu den zu erzielenden Erfolgen stehen, und die
nur verwirrend auf die Anschauungen über Erfordernisse und Wirkungen der Decken
gewirkt haben.

Drittens haben die zahlreichen Patentstreitigkeiten viele Bauherren und Unter-
nehmer veranlaßt, ein rechtlich so bedenkliches Gebiet gar nicht zu betreten, und
sich mit den alten Konstruktionen zu begnügen, obwohl doch gerade auf dem Gebiete
der Deckenausbildung die neueren Anschauungen würdig und berufen sind, schnellste
Verbreitung zu finden.

Viertens haben die Vielgestaltigkeit, also die Unmöglichkeit der Vorbereitung
im großen, die verwickelte Durchbildung und der Aufschlag des Gewinnes der
Patentinhaber vielfach zu Preisen geführt, die abschreckend wirken mußten.

Dieser unnatürlichen Sachlage gegenüber muß in der nächsten Zukunft das
Bestreben der Techniker darauf gerichtet sein, eine Sichtung der überreichen Muster-
karte vorzunehmen, und eine geringe Zahl einfacher und nach neueren Anschauungen
guter, womöglich nicht patentierter Konstruktionen für die allgemeine Verwendung
auszufordern, die mit gleichem Gewichte an die Stelle der heute als überwunden

zu bezeichnenden, früher allgemein und einheitlich verwendeten Decken zu treten berufen erscheinen. Sollte das vorliegende Heft dieses »Handbuches« noch einmal aufgelegt werden, so hoffen wir dann der in diesem Sinne vereinfachend vorgangenen Bautechnik schon durch Streichen mancher nicht bewährten Konstruktion folgen zu können; für heute bleibt nichts anderes übrig, als in den Versuch einer vollständigen Darstellung des Vorliegenden einzutreten.

Die Uebersicht über das ganze Gebiet zu gewinnen, soll unter Durchführung der folgenden Einteilung versucht werden.

78.
Einteilung.

a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung:

- 1) aus gewöhnlichen oder besonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porensteinen;
- 2) aus dünnwandigen Hohlkästen;
- 3) aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton
 - α) ohne Eifeneinlagen,
 - β) mit Eifeneinlagen;
- 4) aus fertig in den Bau gebrachten Mörtel- oder Betonkörpern
 - α) ohne Eifeneinlagen,
 - β) mit Eifeneinlagen.

b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten:

- 1) aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton
 - α) ohne Eifeneinlagen,
 - β) mit Eifeneinlagen;
- 2) aus fertig in den Bau gebrachten Mörtel- oder Betonkörpern
 - α) ohne Eifeneinlagen,
 - β) mit Eifeneinlagen;
- 3) aus dünnwandigen Hohlkästen
 - α) ohne Eifeneinlagen,
 - β) mit Eifeneinlagen;
- 4) aus gewöhnlichen oder besonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porensteinen
 - α) ohne Eifeneinlagen,
 - β) mit Eifeneinlagen.

a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung.

- 1) Wölbung aus gewöhnlichen oder besonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porensteinen.

Eine häufig vorkommende Deckenkonstruktion ist diejenige, bei der zwischen die eisernen Träger gewölbte Kappen eingezogen werden ¹⁰³⁾.

79.
Auswölbung.

Fig. 156 zeigt drei Abarten dieser Anordnung. Zwischen die in einzelnen Fällen bis zu 3,0 m, gewöhnlich etwa 1,5 m voneinander entfernten Träger werden $\frac{1}{2}$ Stein starke Kappen gespannt, deren Kämpfer durch zugehauene (Fig. 156 links) oder geformte Steine (Fig. 156 am rechtsseitigen Träger links) oder Mörtel (156 am rechtsseitigen Träger rechts) oder Beton gebildet werden. Die zweite dieser Anordnungen schützt den Träger von unten her gegen Feuer.

Als Mörtel wird meist Zementmörtel im Mischungsverhältnisse 1 : 3 verwendet. Die Lehrbogen für die Schalung werden auf kleinen Hängerüstungen angebracht

¹⁰³⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 159; 1888, S. 63. — Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 67.

und bestehen aus kreisförmig gefchnittenen Brettern; bei *Moller'scher* Wölbung kann man die Lehrbogen auf den Hängerüstungen unter den Trägern gleiten lassen. Der Pfeil der Bogen richtet sich nach der Trägerhöhe, da sich der Scheitel der äußeren Laibung thunlichst nicht über die obere Gurtung erheben soll. Das Hervortreten der Gewölberücken ist jedoch bei geringer Trägerhöhe nicht immer zu vermeiden.

Der Raum über den Gewölben wird zweckmäßig mit trockenem Sande, besser mit einem ganz mageren Gemenge von Zement oder Kalk mit Sand (1:10) oder einem Beton aus Schlacken und Kalkmilch gefüllt. Diese Füllung trägt dann in der Regel mittels eingebetteter Lagerhölzer den hölzernen Fußbodenbelag, welcher voll aufliegen soll, oder die Füllung nimmt je nach der Benutzung der Räume Estriche aus Gips, Zement, Beton oder Asphalt auf, oder sie wird mit Fliesenbelägen abgedeckt.

Diese Auswölbung mit vollen Steinen ist bei der Erweiterung des Regierungsgebäudes zu Hildesheim¹⁰⁴⁾ in ausgedehntem Maße unter völliger Umhüllung der unteren Gurtung der eisernen Träger nach der zweiten Anordnung in Fig. 156 zur Ausführung gekommen.

Man hing zunächst mittels Hängebügel, ähnlich dem in Fig. 156 dargestellten, mit Seitenteilen aus Rundeisen und Ober- und Unterteil aus Bandeisen eine breite Bohle unter jeden Balken, auf welcher die den Trägerflansch einhüllende Reihe aus Dreiviertelsteinen in Zementmörtel versetzt wurde. Nachdem diese abgebunden war, unterstützte man wieder ähnlich, wie in Fig. 156, kleine Lehrbretter auf den überragenden Seitenkanten der Bohlen und wölbte nun die Kappen mit Vollsteinen aus.

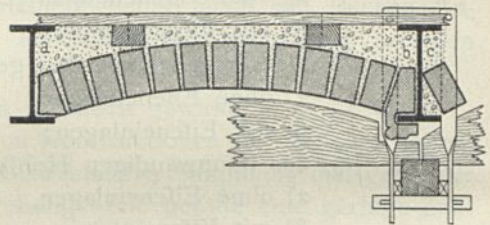
Die Arbeit der Kappenwölbung wurde für 1,75 Mark für 1 qm, einchl. Versetzen der Trägersteine, vergeben. Eine glatte Kappe ohne Trägerumhüllung hätte 1,35 Mark gekostet. 1000 Stück verzierte Dreiviertelsteine für schwächere Balken kosteten 81,5 Mark, für die stärkeren Unterzüge 103,5 Mark. Die gefamten auf die Einhüllung der Trägerunterflansche entfallenden Kosten betragen durchschnittlich 3,38 Mark für 1 lauf. Meter Träger. Der durch das kräftige Hervorheben der Träger zwischen den Kappen mittels der unbedeckten Hüllensteine erzielte Eindruck ist ein guter.

Für viele Räume ist die gewölbte Unterfläche der Balkenfache unerwünscht. Das Anbringen einer glatten, geschalteten und geputzten Decke kann, auch wenn die unteren Gurtungen der Träger mit Stein eingehüllt sind, erzielt werden, indem man in die Auswölbung schmale Bohlenstücke mit einmauert, deren Unterkante bündig mit den tiefsten Steinteilen liegt und zum Anbringen der Deckenschalung benutzt wird¹⁰⁵⁾. Uebrigens wird die Herstellung ebener Decken in Kap. 6 Gegenstand besonderer Erörterung sein.

Von besonderer Wichtigkeit ist bei diesen Decken neben der Seitensteifigkeit der Träger möglichste Leichtigkeit der Fachausfüllung, da diese zur Verminderung des Kappenschubes beiträgt. Daher sind künstliche porige oder Tuffstein-Schwemmsteine für solche Auswölbungen besonders geeignet. Auch Kunststeine aus Asche und Mörtel sind für solche Zwecke vorgeschlagen worden.

Bei einer bestimmten Bauausführung wurden die 2 m weiten Trägerfelder bei 21 cm Pfeil 12 cm stark in Tuffstein und gewöhnlichem Schwarzkalkmörtel ausgewölbt und die Zwickel dann mit Schlacken-

Fig. 156.



104) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 201.

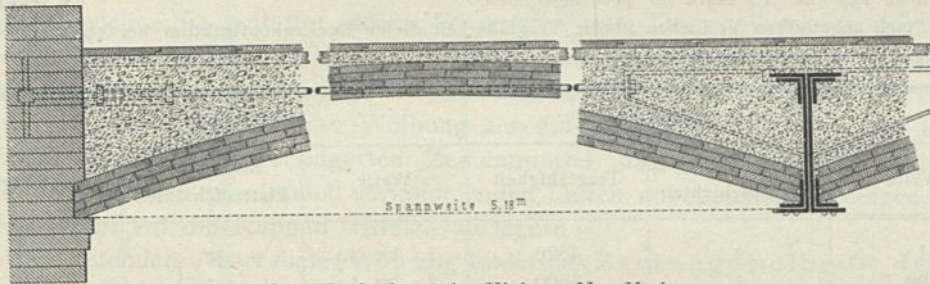
105) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 65.

beton aus 3 Teilen Kohlen Schlacke und 1 Teil Weiskalk überstampft. Die Ausführung erfolgte kurz vor Eintritt des Frostes (Mitte Dezember), die Ausrüstung nach Aufgang des Frostes in den ungeschützten Kappen (im April). Die Kappen wurden dann mit 1250 kg auf 1 qm über die ganze Breite, mit 1880 kg auf 1 qm einseitig bis zur Mitte und mit 1525 kg auf 1 qm in der Nähe des Scheitels belastet, während Nagelarbeiten am Fußboden mit schweren Hämmern nahe der Last ausgeführt wurden. Hierbei wurde kein Rifs beobachtet.

Bei 1970 kg für 1 qm einseitiger Belastung zeigte sich dann ein Rifs, 75 cm vom belasteten Kämpfer entfernt, in der inneren Laibung. Nach zweitägiger Ruhe wurde weiter belastet, und bei 2000 kg auf 1 qm entstand auch ein Rifs 5,5 cm vom unbelasteten Kämpfer in der äußeren Laibung. Bei 2400 kg auf 1 qm einseitiger Belastung erfolgte schließlich der Bruch.

Dafs diese schwere Decke durch Verwendung von Lochsteinen oder Schwemm- und porig gebrannten Steinen erleichtert werden kann, bedarf keiner besonderen

Fig. 157.

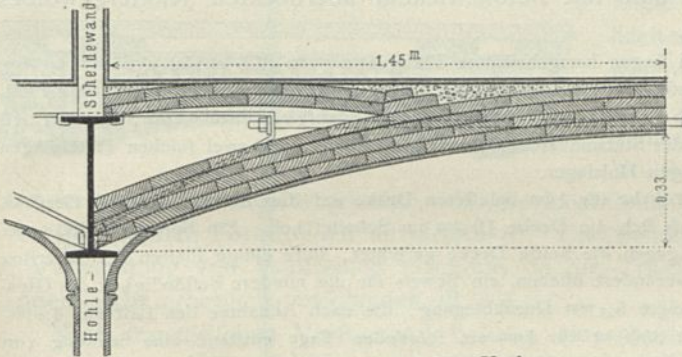


Vom Hause des Arion-Klub zu New-York.

$\frac{1}{80}$ w. Gr.

Betonung. Zu weiterer Gewichtsverminderung sind die in Fig. 76 (S. 52) für Holzbalkenfache schon dargestellten Excelfior-Leichtsteine von *F. Steffens* in Aachen eingeführt, welche aus Gips, Wasserkalk oder Zement, Kohlenasche und Sägemehl oder Lohe geformt sind, und bei $25 \times 12 \times 10$ cm Ausmaß nur 2 kg wiegen, dabei nach Feststellungen in der Versuchsanstalt zu Charlottenburg 28,9 kg für 1 qcm Festigkeit gegen 10,9 kg für 1 qcm der Schwemmsteine besitzen.

Fig. 158.



Decken in Miethäusern zu New-York.

$\frac{1}{20}$ w. Gr.

chern und Seidenwebereien zu Barcelona ausgeführt hat, sind in Fig. 157 u. 158 dargestellt.

Die Wölbung wird in gebrannten Thonplatten von $30 \times 15 \times 2,5$ cm, die unterste Schicht mit einem schnell bindenden Patentmörtel, die übrigen mit gewöhnlichem Zementmörtel ausgeführt. Man kann sich hiermit der im einzelnen Falle erforderlichen Stärke sehr genau anschließen, während die vollen

¹⁰⁶⁾ Siehe: *Engng. news*, Bd. 24 (1889), S. 434.

Backsteine in dieser Beziehung sehr unhandlich sind. Die Unterfläche der untersten Schicht wird auch glasiert ausgeführt.

Die Bogenzwickel sind in Fig. 157 mit leichtem, magerem Beton überstampft, der den Träger ganz einhüllt; in den Beton sind leichte Fußbodenlager eingestampft, auf denen ein Bretterfußboden befestigt ist. Um das so entstehende bedeutende Gewicht zu vermeiden, sind in Fig. 158 Hohlräume in den Bogenzwickeln durch Auffetzen kleiner Kappen auf die großen gelassen. Die Verankerung ist aus Rundeisen und Flacheisenbogen so angeordnet, daß sie leicht in Spannung veretzt werden kann, ganz im Mauerwerke bleibt, also dem Feuer nicht ausgesetzt ist, und die Träger möglichst in ganzer Höhe faßt.

Feuerficher ist aber diese Decke nicht vollkommen, da das Feuer die Träger von unten erreichen kann; denn auch in Fig. 158 ist eine notdürftige Deckung der Träger nur da erreicht, wo Zwischenwände unter ihnen stehen.

Die Spannweite der einzelnen Kappen wird bei $\frac{1}{10}$ Pfeilverhältnis bis zu 12,2 m ausgeführt, wobei die Anzahl der Plattenschichten von 2 bis 6 steigt; 3 Schichten reichen unter gewöhnlichen Verhältnissen bis 3,7 m. Der Preis dieser Decke wird je nach der Dicke der Wölbung von der geringsten bis zur größten zu 13,5 bis 31,6 Mark für 1 qm angegeben.

Nach angestellten Versuchen ist die Tragfähigkeit dieser Deckenkonstruktion bei 10-facher Sicherheit gegen Bruch ermittelt, wie folgt:

Stichbogentonne			Böhmische Kappe		
Weite	Anzahl der Plattenschichten	Tragfähigkeit	Weite	Anzahl der Plattenschichten	Tragfähigkeit
1,5	2	4820	1,5 bis 3,7	2	4000
1,5 bis 3,7	3	3000	3,7 bis 4,9	3	4520
3,7 bis 4,9	4	3000	4,9 bis 6,1	4	4800
4,9 bis 6,1	5	3000	6,1 bis 7,3	5	5000
6,1 bis 7,3	6	3000			
Meter		Kilogr. für 1 qm	Meter		Kilogr. für 1 qm

Eine Feuerprobe mit einer *Guaftavino*-Decke¹⁰⁷⁾, angestellt vom New-Yorker Stadtbauamte in einem für solche Versuche bestimmten und eingerichteten Gebäude, ergab bei 4167 mm und 3353 mm Grundabmessung des halb mit Stützmauerchen und Hohlräumen, halb mit Betonzwickeln überdeckten Klostergewölbes die folgenden Beobachtungen.

Das Gewölbe bestand aus drei Lagen hartgebrannter Thonplatten von 305 × 152 × 25 mm Größe, von denen die unterste in schnell bindendem Gips, die oberen in Zementmörtel verlegt waren; das Pfeilverhältnis des Gewölbes, dessen Schub durch Kämpferträger und Anker aufgenommen wurde, betrug 1 : 10 der kleineren Weite. Auf der Seite der Stützmauerchen war ein Fußboden aus zwei solchen Plattenlagen aufgebracht; in den Betonzwickeln lagen Holzlager.

Die 5 Stunden unter der mit 730 kg für 1 qm belasteten Decke auf durchschnittlich 1150 Grad C. erhaltene Hitze hatte den Erfolg, daß sich die Decke 19 mm im Scheitel hob. Ein Spritzenstrahl, unter 4,2 Atmosphären Preßung von unten gegen die heiße Decke gerichtet, löste einige Platten der untersten Lage, während die beiden oberen unverändert blieben, ein Beweis für die mindere Beständigkeit des Gipsmörtels. Die abgeschreckte Decke zeigte 5,6 mm Durchbiegung, die nach Abnahme der Last auf 4,3 mm sank. Bei einer Belastungsprobe mit 3000 kg für 1 qm am folgenden Tage entstand eine Senkung von 9,4 mm. Nach Ersatz der abgefallenen Platten wurde die Probe 7 Tage später wiederholt; auch die zweite Probe lief das Gewölbe im wesentlichen in seiner Tragfähigkeit unbeeinträchtigt.

Ein leichte Auswölbung liefert die $\frac{1}{4}$ Stein starke Kappe nach Fig. 159¹⁰⁸⁾. Die ganz ungelochten Träger nehmen mittels eingesetzter Holzklötze kleine, mit ihrer Oberkante mit den Trägern bündig liegende Leisten auf, welche den Fußboden tragen. Dieser ruht nicht unmittelbar auf der wenig tragfähigen Ausfüllung, sondern

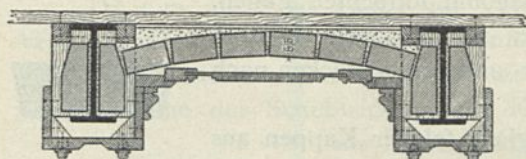
107) Siehe: *Engng. news*, Bd. XXII (1889), 9. Nov.; Bd. XXXVII (1897), S. 225, 255.

108) Vergl. auch: *Centrbl. d. Bauverw.* 1887, S. 409.

überträgt die Verkehrslast unmittelbar auf die Träger. Die Ausfüllung ist aus flach liegenden, porigen Steinen gebildet, welche gewölbeartig auf in die Trägerflanken gefetzten Kämpferstücken ruhen. Die Fugen sind mit Kalkmörtel gefüllt.

Um die Dichtigkeit zu erhöhen, ist diese Wölbung oben mit einer dünnen Sandschicht abgeglichen. Die Wölbung verpannt zugleich die Holzklötze so, daß sie nicht aus den Trägern fallen können. Unter der Ausfüllung ist an den Klötzen die Trägerverchalung verschraubt, welche auf ihrer Oberkante die in Rahmen und Ausfüllung gearbeitete Deckentäfelung trägt.

Fig. 159.



Da das Gewicht der porigen Steine bis auf 1000 kg für 1 cbm sinkt, so hat diese im Aeußeren reiche, trotzdem nur wenig Höhe einnehmende Decke ein sehr geringes Gewicht. Sie gestattet jedoch keine sehr weite Trägerteilung, da der unterstützte Fußboden bei großer Weite der Fache und gewöhnlicher Stärke zu große Durchbiegungen annehmen würde. Die gewöhnliche Trägerteilung ist auch hier 75 cm.

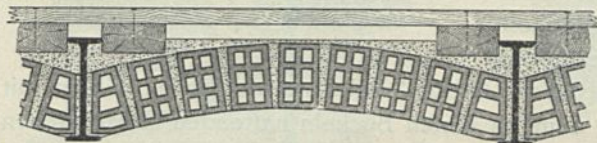
Wird diese $\frac{1}{4}$ Stein starke Wölbung aus gut gebrannten, porigen oder Lochsteinen in Zement- oder verlängertem Zementmörtel ausgeführt, so kann man sie den in Wohnräumen gewöhnlich vorkommenden Laften unbedenklich aussetzen, also den Fußboden auf die Kappen wirklich auflagern.

Eine besondere Abart dieser Wölbung bildet das *Zackengewölbe*¹⁰⁹⁾, welches bei geringer Weite aus gewöhnlichen Mauerziegeln, bei größeren Weiten aus Wölbziegeln hergestellt werden soll, und zwar erfolgt die Wölbung in *Moller'scher* Art auf einer Holzlehre, welche der durch Vorspringen der Steinkanten zackig gebildeten Unterfläche entsprechend ausgeschnitten ist. Der Bogen erhält, nahezu wie ein scheidtrechter geformt, sehr geringen Pfeil. Die zur Aufnahme des Putzes rauh geformte Unterfläche und der geringe Pfeil werden als besondere Vorteile gerühmt; jedoch erzeugt letzterer starken Schub; erstere ruft ungleichmäßige und ungewöhnliche Stärke des Putzes hervor.

Diese Konstruktion ist einer sehr flachen Auswölbung in keinem wesentlichen Punkte überlegen.

Die Auswölbung mit Lochsteinen (Fig. 160) wird wie die mit Vollsteinen ausgeführt, wobei der

Fig. 160.



Kämpfer entweder in Mörtel oder, da die Lochsteine¹¹⁰⁾ kein Zuhauen gestatten, in entsprechenden Formsteinen anzulegen ist. Die Bemessung der Kappen kann wie bei Verwendung von Vollsteinen erfolgen, da die Tragfähigkeit von der der vollen Kappen nicht erheblich verschieden ist¹¹¹⁾.

Nach französischen Versuchen¹¹²⁾ kann eine derartige Kappe bei 4 m Weite, 0,11 m Stärke und $\frac{1}{10}$ Pfeil unbedenklich mit 1000 kg auf 1 qm belastet werden. In der allgemeinen Anordnung auch des Fußbodens weicht diese Konstruktion von der mit Vollsteinen nicht ab. Fig. 160 zeigt insbesondere einen hölzernen Fußboden,

¹⁰⁹⁾ Siehe: Bautechniker 1884, S. 173 (Patent *Schober*).

¹¹⁰⁾ Ueber die Festigkeit der Lochsteine siehe Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abchn. 1, Kap. 2: Thonerzeugnisse dieses Handbuchs).

¹¹¹⁾ Eine einschlägige Konstruktion vom *Lycée Janson de Sailly* zu Paris, bei welcher die 26 cm hohen I-Träger paarweise gelegt sind, die lichte Weite der Kappen 1,90 m, die Pfeilhöhe 16 cm, die Wölbstärke im Scheitel 8 cm und jene am Kämpfer 11 cm beträgt, ist beschrieben in: *Le génie civil* 1885, Bd. VII, S. 19.

¹¹²⁾ Siehe: *Annales industr.*, Bd. 7 (1883), S. 135.

80.
Zacken-
gewölbe.

81.
Wölbung
mit
Lochsteinen.

welcher wegen der geringen Trägerhöhe nicht unmittelbar auf der Ueberfüllung des Bogens ruht. Wegen des geringen Gewichtes der Hohlziegel von etwa 1200 kg für 1 cbm können die Träger dieser Decken nicht unerheblich leichter sein, als diejenigen der Wölbungen aus Vollsteinen.

Auch scheidrechte Bogen¹¹³⁾ werden für den Zweck verwendet, bei denen man die Kämpfer- und Schlusfstücke aus vollen Steinen haut oder aus Mörtel bildet. Fig. 172 zeigt einen solchen aus Lochsteinen mit lotrechten Fugen. Zur Erzielung des üblichen Fugenschnittes werden auch rhomboidische Lochsteine mit dreieckigen Kämpfer- und Schlusfstücken nach Fig. 161 verwendet.

Die verhältnismäßig hohe Tragfähigkeit solcher Kappen aus Lochsteinen folgt einerseits aus dem Umstande, daß die Tragfähigkeit gemauerter Körper viel mehr von derjenigen des Mörtels und von der Verbindung des Mörtels mit den Steinen abhängt, als von der Festigkeit der Steine an sich, andererseits daraus, daß die Lochsteine in der Regel mehr durchgearbeiteten, daher gleichmäßigeren und stärker geprefsten Thon und in den dünneren Körpern gleichmäßigeren Brand aufweisen als die Vollsteine.

Ein Mittelding zwischen Auswölbung mit Voll-, Loch- oder Leichtsteinen und reiner Plattenbildung aus solchen bildet die *Sümmermann'sche* Decke, die aber als »Gewölbeträgerdecke«¹¹⁴⁾ hier mit angeführt werden muß. Zwischen die Balken werden nach Herstellung einer ebenen Schalung unter diesen je nach der verlangten Tragfähigkeit in Abständen von 25 bis 40 cm nach Fig. 162 »Wellblechschienen« (Fig. 163) zugleich mit den durch Unterlegen von Holzleiftchen in die Gestalt eines scheidrechten Bogens von drei bis fünf Schichten gebrachten Querreihen der Steine eingelegt, die beim Vermauern sorgfältig mit Mörtel eingehüllt werden. Diese wechselseitig mit eingeprefsten Buckeln versehenen, gewöhnlich 2 × 60 mm starken »Wellblechschienen« bilden mit den schräg anlaufenden Buckeln und dem an diesen Buckeln haftenden Mörtelstreifen der Kämpferfugen die Widerlager der einzelnen kleinen scheidrechten Kappen. Die schräge Stellung der einzelnen Steinreihen verhindert ihr Herausrutschen nach unten; deshalb ist das Ausrüften dieser Fachausfüllungen unmittelbar nach der Herstellung statthaft. Die zackige Unterfläche befördert das Anbinden des Deckenputzes; doch treten nicht die weitgehenden Ungleichmäßigkeiten in der Dicke des Putzmörtels auf, wie beim Zackengewölbe (siehe Art. 80, S. 89). Werden die letzten Steine an den Trägern unten etwas ausgeklinkt, so kann man die Steinunterfläche so tief legen, daß der Putz unter den Trägern schlicht hingezogen werden kann, zu welchem Zwecke der Unterflansch in ein den Mörtel anheftendes Drahtnetz gehüllt wird. Der rechtsseitige Querschnitt in Fig. 162 zeigt die gleichartige Konstruktion einer wirklich



Fig. 161.

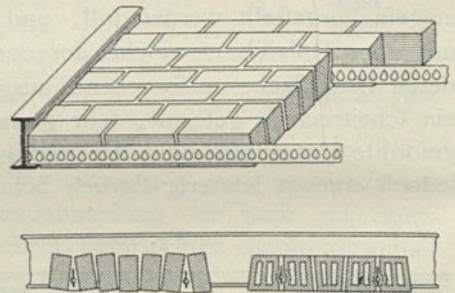


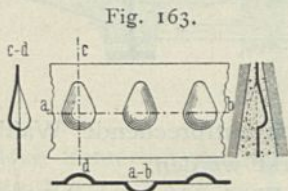
Fig. 162.

113) Siehe: Triumphdecke von *Pulda*. Deutsche Bauhütte 1900, S. 238.

114) Patent *F. J. Schürmann*, Münster i. W. 80653, jetzt an *J. F. Kleine & A. Staff* verkauft; wir kommen hierauf unter b, 4, β bei den Steinplatten mit Eifeneinlagen (Fig. 356) zurück. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 38, 39. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 46. — Zeitfchr. d. Ver. deutsh. Ing. 1897, S. 1006.

scheitrecten Decke aus Lochsteinen. Da die Wellblechschienen die für »Gewölbe-träger« der Aufnahme des Schubes wegen nötige seitliche Widerstandsfähigkeit nicht besitzen, so ist man in dieser Beziehung auf den Gegenschub der Nachbarkappen angewiesen, dessen Aufnahme schliesslich am Fachende durch die Mauern oder sonstige Widerlagkörper erfolgen muss. Diese Leistung der Nachbarkappen ist bei dem flachen Pfeile leicht zu erzielen.

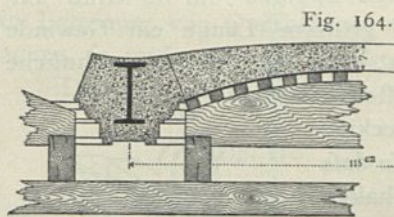
Da nun aber das Ganze im Verband in Mörtel verfetzt wird, so tritt die Wirkung einer in jeder dritten bis fünften Fuge mit einem Eisenbande versehenen Mauerwerksplatte von der Fachbreite als Spannweite um so mehr auf, je mehr man die Aufnahme der Schubwirkung von Kappe zu Kappe und im äusseren Kämpfer der letzten Kappe unmöglich macht. Wegen dieser Wirkung wird es nötig sein, unter b, 4, β nochmals auf diese Konstruktion zurückzukommen, um sie dort mit anderen Bauweisen zu vergleichen, die ausschliesslich auf der Tragwirkung einer Mauerwerksplatte mit Eiseneinlagen beruhen.



Werden die Steinreihen durch Ausklinken unter die Träger gefenkt, so werden dann die auf den Trägerflanschen ruhenden »Wellblechschienen« von selbst auch von unten in den Mörtel gehüllt. Legt man die Steine glatt auf die Unterflansche der Träger, so wird man die »Wellblechschienen« höher einbetten müssen, um sie ganz einzuhüllen; sie ruhen dann statt auf den Trägern auf dem Mörtel.

Die Tragfähigkeit dieser mehrfach verwendeten Decke genügt den Anforderungen gewöhnlicher Wohn- und Betriebsräume reichlich. Unter besonders schweren Lasten wird sie jedoch besser nicht verwendet.

Wie die Fache der meisten in der Folge zu besprechenden Decken erfordern diejenigen der auszuwölbenden Decken eine vollständige Einrüstung.



Stellt man diese durch Holzeinrüstung von unten her, wie es bezüglich der unmittelbaren Stützung der Kappen — hier aus Beton — in Fig. 164 dargestellt ist, so wird die Rüstung nicht allein zeitraubend und teuer, sondern sie stört auch fast alle anderen Arbeiten im unterliegenden Räume. Seit Einführung der eisernen Balken ist daher das Bestreben erkennbar, die Balken selbst als Rüstträger zu benutzen, indem man sie zur Aufnahme leichter und leicht zu beseitigender Hängebügel benutzt, die ihrerseits die Einrüstung der Balkenfache tragen.

Solcher Hängerüstungen giebt es bereits eine grosse Zahl. Wenn sie auch in den dargestellten Ausbildungen zum Teil für andere Deckenarten bestimmt sind oder sein können, so sollen sie des Zusammenhanges wegen schon hier gemeinsam besprochen werden. Bei später vorzuführenden Beispielen der Verwendung wird dann auf diese Stelle verwiesen.

Fig. 165 zeigt einen zweiarmigen Rundeisenbügel, der mittels Druckschraube im oberen Schluffe leicht in die verlangte Höhe einzustellen ist; unten trägt er mittels zweier Muttern eine Bohle, die, seitlich über den unteren Trägerflansch vorragend, die Lehrbretter der Facheinrüstung tragen. Sind nachher die Muttern, die

auch durch Splinte ersetzt werden können, unten gelöst, so kann man die ganze Einrüstung wegnehmen, die Bügel nach oben herausziehen und die verbliebenen kleinen Löcher mit Mörtel füllen.

Fig. 166 eignet sich bei sonst ähnlicher Anordnung für Wölbung in Steinen besser, weil die rechtwinkelig zu den Trägern stehenden Flacheisen in den Fugen leichter unterzubringen sind. Zum Lösen dieser

Rüstung schlägt man unten die Splinte los, zieht das Quereisen heraus, löst oben die beiden Stifte in den Bügelecken, nimmt den oberen Schluss ab und zieht die Flacheisen nach

unten aus der Decke. Die Höheneinstellung muß hier durch entsprechende Wahl der Höhen der von den Bügeln getragenen Rüsthölzer bewirkt werden.

Gleichartig ist auch der Rüstbügel von *Mirus* in Köln aus Flacheisen¹¹⁵⁾ gebildet.

Einen weiteren ähnlichen einstellbaren Rüstbügel zeigt Fig. 167¹¹⁶⁾, dessen Konstruktion aus der Abbildung genügend klar hervorgeht; er ist vornehmlich zum Anhängen an I-Balken bestimmt. Dieser Bügel kann nur nach oben herausgezogen werden, nachdem die Rüstung unten beseitigt ist.

Einen ganz besonders einfachen Rüsthaken giebt *F. Hillbrecht* in Hufum¹¹⁷⁾ an. Dieser besteht aus einem unten zu einem Haken zweimal um 90 Grad umgebogenen Rundeisen, an dessen oberes Ende auf größere Länge ein Gewinde ange schnitten ist. Der Haken wird so weit gebogen, daß man zwei gewöhnliche Rüstdielen bequem aufrecht nebeneinander hineinstellen kann. Einen zweiten Teil bildet eine starke, rechteckige Blechplatte, welche an einer Kante umgekrempt ist, so daß man sie mit der Krenpe um eine obere Flansch kante haken kann, während sie sonst auf der oberen Gurtung eines Trägers ruht. In der Mitte der der Krenpe gegenüberliegenden Kante hat die Platte einen tiefen Ausschnitt, dessen Breite etwas größer ist als der äußere Durchmesser des Haken gewindes. Die ausge schnittene Kante der Krenpenplatte ragt noch erheblich über die Kante des breitesten Trägers weg. Man schiebt nun den Haken von außen in den Schlitz der auf den Träger gehakten Krenpenplatte, bis er an die Flansch kante des Trägers stößt, und dreht dann von oben eine mit langem Handbügel versehene Mutter so an, daß, wenn sie oben auf der Krenpenplatte ruht, unten der Haken in derjenigen Höhe steht, die nötig

Fig. 165.

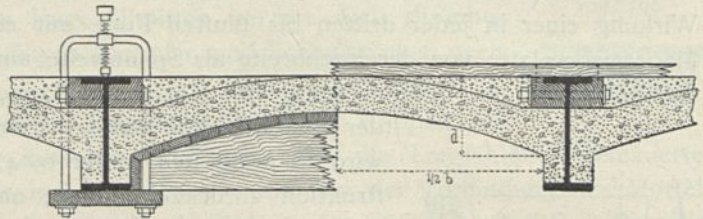


Fig. 166.

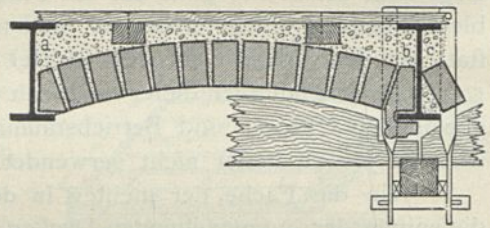
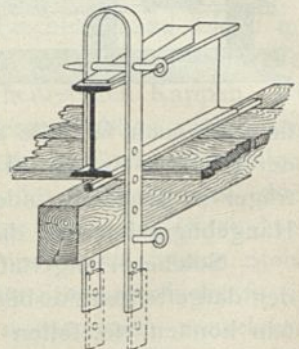


Fig. 167.



115) D. R.-G.-M. 117236. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 192.

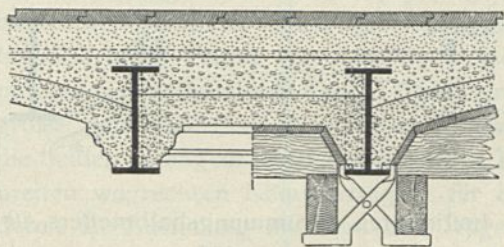
116) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 39.

117) D. R.-G.-M. 109638. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1899, S. 639. — Preis bis 20 cm Trägerhöhe 0,90 Mark.

ist, um die eingelegten Rüstbohlen in die richtige Höhenlage zur Unterstützung der Schalung zu bringen. Da man den Haken beliebig drehen kann, so sind die von ihm getragenen Rüstbohlen sowohl parallel, als auch quer zu den Trägern einzubringen; der Rüsthaken trägt also Längschalung ebenso gut wie Querschalung.

Nach Fertigstellung der Decke löst man oben die Mutter, dann kann man den Haken nach unten herausziehen und oben die Krepfenplatte abnehmen.

Fig. 168.



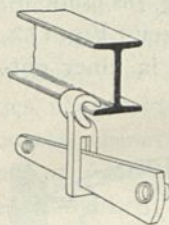
Dafs man mit diesem Haken auch Lehren für gewölbte und vertiefte Balkenfache stützen kann, liegt auf der Hand.

Dieser Rüsthaken dürfte von allen Mitteln zur Einrüstung das einfachste sein.

Bei allen bisher beschriebenen Rüstbügel wird die Decke selbst durchdrungen, so dafs sie beim Lösen, wenn auch wenig,

doch immerhin verletzt wird und geflickt werden mufs. Diesen Uebelstand mindert die Rüstschere von *K. Michael* in Zwickau (Fig. 168¹¹⁸), welche lediglich die unteren Flanschkanten in Anspruch nimmt und sich um so fester klemmt, je schwerer sie belastet wird. Bei ihr kann jedoch die richtige Höhenlage wieder nur durch entsprechende Wahl der Stärke der Rüsthölzer erzielt werden.

Fig. 169.



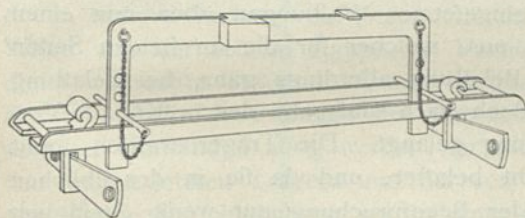
Die Einstellbarkeit der Höhe nach wird auch bei ausschliesslicher Benutzung der unteren Flanschkanten bis zu gewissem Grade durch *Lindemann's* Traghaken (Fig. 169¹¹⁹) erreicht, der, unten mit einem langen Schlitz und einem Keile starken Anzuges ausgestattet, erhebliche Aenderung der Höhenlage der auf dem Keile ruhenden Hölzer gestattet. Mit diesem Haken ist unmittelbar nur

die Lagerung von Querhölzern möglich; will man ein Rüstholz parallel zum Träger lagern, so mufs man zwei Haken mit einem Querstücke auf den Keilen verwenden.

Diese Bügel dienen alle nur zum Stützen einer Einrüstung der Balkenfache,

geben selbst aber keine Rüstung. Eine Reihe neuerer Konstruktionen bezweckt gleichzeitig mit dem Anhängen an den unteren Trägerflansch die Bildung von Lehrbogen, welche die Schalung tragen und entsprechend der Balkenfachbreite länger und kürzer gemacht, zum Theile auch für vertiefte Felder auf verschiedene Höhe gegen die Träger eingestellt werden können.

Fig. 170.



Lindemann's Rüstbügel (Fig. 170¹¹⁷) wird mit den eben besprochenen, auch selbständig verwendbaren Traghaken unter die Trägerflansche gehängt, so dafs man ihn mittels dieser Haken der Höhe nach schon bis zu einem gewissen Grade einstellen kann.

Liegt die Decke unter den Balken, so wird sie von auf die Trageisen gelegten Brettern unmittelbar getragen. Bringt man dabei die Traghaken in eine Bretter-

¹¹⁸) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 597.

¹¹⁹) D. R.-G.-M. 45879. — Siehe auch: HAARMANN'S Zeitchr. f. Bauhdw. 1897, S. 38. — Bezugsort Hannover.

fuge, so fällt das Ausschneiden der Bretter weg. Sollen vertiefte Balkenfache mit ebener Decke hergestellt werden, so setzt man nach Fig. 170 aus Bandeisen hergestellte, rechteckige Bügel mittels zweier Einsteckstifte in der verlangten Höhenlage auf die Trageisen; diese Bügel bestehen aus zwei gegeneinander auf erhebliche Länge ausziehbaren Hälften, so daß Balkenfache verschiedener Weiten gedeckt sind. Für die hier behandelten, bogenförmig zu begrenzenden Balkenfache stellt man entsprechend geschnittene Bohlenstücke aufrecht in die Trageisen. Die Trageisen werden bis 2,20 m Länge in drei Stufen geliefert. Die längsten wiegen 9 kg und kosten 3,30 Mark.

Ausschließlich für gekrümmte Fache bestimmten Krümmungshalbmessers ist der Rütträger von *Spaniol* in Schiffweiler eingerichtet (Fig. 171¹²⁰).

Er ist besonders einfach, da er Hängerüstung und Bogen in einen Körper aus Bandeisen vereinigt. Der Eisenbügel ist am einen Ende einfach, am anderen doppelt, an ersterem zur Lagerung auf die untere Gurtung gekröpft und am anderen mittels im doppelten Flacheisen verschieblicher Flügelschraube leicht zu befestigen. Da die Flügelschraube im Schlitz gleiten kann, so sind nicht allzuehr verschiedene Weiten mit demselben Bügel einzurüsten. Die Eisenbügel nehmen unmittelbar die Schallatten auf. Selbstverständlich können diese Bügel auch so geformt werden, daß sie für vertiefte Felder, wie in Fig. 168 passen¹²¹).

Einen weiteren verstellbaren Lehrbogen von *Zimmermann*¹²²) zeigt Fig. 172. Eine kreisförmig gebogene Schiene mit einer Reihe von Löchern läuft in einer entsprechend gelochten, unten geschlossenen Kastenfschiene und wird mittels Durchsteckstiftes gegen diese festgestellt; der Durchsteckstift hängt an einem Kettchen. An beiden Enden sind um einen Gelenkbolzen drehbar Lagerschuhe angebracht, welche hochgeklappt das Aufhängen auf einen Trägerflansch (*a* in Fig. 172) oder auf die Kante einer vorspringenden Steinschicht (*b* in Fig. 172) ermöglichen. Soll der Lehrbogen dagegen vor einer glatten Wandfläche auf einen in eine Fuge getriebenen Dollen gelagert werden, so wird der Schuh niedergeklappt (*c* in Fig. 172).

Diese zwischen die eisernen Träger eingesetzten Wölbungen üben nun einen beträchtlichen Seiten Schub auf die Träger aus, welcher für die an beiden Seiten Gewölbe aufnehmenden Träger bei voller Belastung allerdings ganz, bei Belastung nur eines der anschließenden Gewölbe jedoch nach Maßgabe des in Kap. 8 Vorzuführenden nur zum Teile zur Ausgleichung gelangt. Die Träger werden somit nicht bloß lotrecht, sondern auch wagrecht belastet, und da sie in der üblichen schmalen I-Form gegen die letztere Art der Beanspruchung nur wenig Steifigkeit besitzen, so wird es in vielen Fällen nötig, diese Schübe durch Anker aus Rund-eisen oder sonstigen Zugverbindungen völlig aufzuheben, wobei dann für die freie Trägerlänge zwischen den Ankern eine geringe Bieungsbeanspruchung in wagrechtem Sinne übrig bleibt.

¹²⁰) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 597.

¹²¹) Vergl. sonst auch den Bogen von *Rilling* (D. R.-P. Nr. 3970), für verschiedene Weiten und Pfeile, auch für ebene Platten unverändert verwendbar — sowie: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 201.

¹²²) *Zimmermann*, Maschinenfabrik in Köln-Ehrenfeld. — D. R.-G.-M. 76753. — Siehe auch: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 71.

Fig. 171.

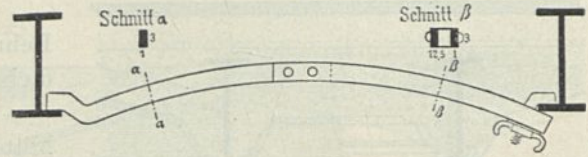
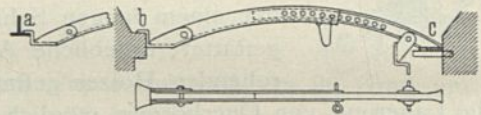


Fig. 172.



Für derartige Anordnungen sind daher solche Trägerquerschnitte besonders zweckmäßig, welche auch in seitlicher Richtung, d. h. für die lotrechte Mittelachse berechnet, ein großes Widerstandsmoment besitzen. Die Formeisen des »Deutschen Normalprofilbuches« sind leider in dieser Beziehung besonders schwach; eine größere Steifigkeit haben viele ältere I-Eisen einzelner Walzwerke. Solche Träger sind die in Fig. 152, 153 u. 154 dargestellten Patentträger von *Gocht* und von *Klette*, auch der zusammengesetzte von *Lindsay* (Fig. 439¹²³). Wie Fig. 154 rechts zeigt, ergibt namentlich der *Klette'sche* Träger eine gute Kämpferanlage; ähnlich sind auch die Verhältnisse beim Träger von *Lindsay*. Auch das enge Zusammenlegen je zweier gut miteinander verbundener Träger bildet ein gutes Mittel, um für weit gespannte Kappen große Seitensteifigkeit der Träger zu erzielen (z. B. wie in Fig. 168). Hier bilden die beiden in engem Abstände liegenden I-Träger gewissermaßen die Gurtungen eines breiten wagrechten Kämpferträgers für die anschließenden Gewölbe, dessen Wand durch die Ausfüllung zwischen den Trägern gebildet wird. Um die so zwischen den Trägern und ihrer Ausfüllung entstehenden Längschubkräfte aufzunehmen, ist es zweckmäßig, einige L-Eisenabschnitte innen an die Trägerstege zu nieten (in Fig. 168 gestrichelt).

Für die von beiden Seiten eingewölbten Träger wird die seitliche Beanspruchung selten so groß, daß aus ihr eine unbequeme Stärke der Träger erwüchse; im Endabschlusse der ganzen Balkenanlage tritt aber der Schub des letzten Gewölbes frei auf, ohne einen Gegenschub zu finden; hier muß also stets eine besondere Vorkehrung zur Aufnahme der Schübe getroffen werden. Bei starken Außenwänden des überdeckten Raumes kann man diese als Widerlager des letzten Gewölbes benutzen. Einerseits ist jedoch die Wandstärke, namentlich bei hoher Lage der Decke, nur in seltenen Fällen zur Aufnahme wagrechter Kräfte genügend; andererseits hat es Bedenken, die übrigens ganz auf dem beweglichen Trägerroste ruhende Decke mit der unbeweglichen Wand in feste Verbindung zu bringen. Es wird daher in den meisten Fällen entlang der Abchlusswand noch ein Träger zu legen sein, der nun dem vollen Seitenschube ausgesetzt wird und daher der Verankerung bedarf. Stellt man zu diesem Zwecke mittels fest angezogener Bolzenanker eine das letzte Gewölbe umfassende Verbindung des vorletzten mit dem letzten Träger her, so kann man den so entstandenen Körper als einen wagrecht liegenden Träger ansehen, dessen äußere Gurtung vom letzten, dessen innere Gurtung vom vorletzten und dessen Wand von der letzten Kappe, in Verbindung mit den Zugankern, gebildet wird; dieser wagrechte Träger muß nun imstande sein, den vollen Schub der vorletzten Kappe auf die freie Länge des überdeckten Raumes zu tragen. Auch hier wird es unter Umständen nötig werden, für die Aufnahme der Längschubkräfte zwischen den beiden letzten Trägern und der von ihnen getragenen, als Trägerwand wirkenden Kappe Verschiebungen verhindernde L-Eisenabschnitte innen an die Trägerstege zu nieten, wie in Fig. 168.

Die beiden letzten Träger werden sonach bei voller Belastung der beiden letzten Kappen am ungünstigsten, und zwar in dreierlei Weise beansprucht:

a) Als Träger auf zwei Stützen von der Breite des überdeckten Raumes in lotrechtem Sinne durch die volle Last der Kappen; diese Beanspruchung fällt für den letzten Träger weg, wenn man ihn in die Mauer oder auf einen Mauerabfatz lagern kann, wie es in Fig. 173, allerdings für eine Betonwölbung, dargestellt ist.

¹²³) Siehe: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289.

b) Der letzte Träger an der Wand als durchlaufender Träger, dessen Oeffnungsweite gleich der Anker-
teilung ist, in wagrechtem Sinne durch den von den Ankerzügen als Stützendrücken aufzuhebenden Schub
der belasteten letzten Kappe; diese Beanspruchung fällt für den vorletzten Träger aus, weil sich an ihm
die Schübe von beiden Seiten her aus-
gleichen.

c) Als Gurtungen eines Trägers, dessen Höhe gleich der Trägerteilung ist, in wagrechtem Sinne durch den vollen
Schub der belasteten vorletzten Kappe.

Auf dieser Grundlage wird in Kap. 8
die Bemessung derartiger Decken vorgenom-
men werden.

Will man die Kappenschübe unmittelbar in jeder Kappe aufheben, so ist die
in Fig. 174 u. 175 für eine andere Fachausfüllung dargestellte Anordnung von Flach-
eisen zu empfehlen, da die Lochung aller Träger für Rundeisenanker höchst un-
bequem ist.

Da jedoch das untere der dargestellten Bandeisen unter dem Gewölbe sichtbar
liegen, somit das Aussehen stören und bei geringem Feuer alle Tragfähigkeit ver-
lieren würde, so wird man sich bei gewölbten Fachen in der Regel auf das obere
Flacheisen beschränken müssen, durch das aber gegenüber dem
tiefer angreifenden Schube nur eine
mangelhafte Wirkung und das
Bestreben erzielt wird, die Träger
um ihre Längsachse zu drehen.

In der Regel werden deshalb durch Löcher der Trägerstege gezogene Rund-
eisenanker vorgezogen, die, wenn sie wirklich die Schübe jedes Feldes in diesem
aufheben sollen, in zwei benachbarten Feldern wagrecht so weit gegeneinander ver-
setzt sein müssen, daß je-
der an jedem Ende eine
Mutter oder einen Splint
erhalten kann. Feste Köpfe
sind an solchen Anker
unbequem, da sie das un-
bequeme Durchstecken des
Ankers von einer Seite

her durch beide Träger des Faches bedingen. Ganz durchlaufende Anker, welche
nur die beiden letzten Träger der Lage fassen, durch alle anderen verschieblich
hindurchgesteckt sind (Fig. 184), sind zwar einfacher, heben aber die Schübe erst
zwischen den letzten Trägern auf. Ist dann z. B. das mittelfste Fach der Lage be-
lastet, so muß der Schub erst durch alle unbelasteten Kappen zu den letzten
Trägern wandern, um hier erst durch die Anker aufgehoben zu werden. Die große
Länge der Anker führt dabei durch das beträchtliche Reckungsmaß eine vergleichs-
weise große Nachgiebigkeit der letzten Träger herbei, also Bewegungen in den Fach-
wölbungen, die sehr unerwünscht sind.

Mittels durchlaufender Anker kann man die Ausgleichung der Schübe in jedem
Felde nur erreichen, wenn man jedem Anker auf jeder Seite jedes Trägersteiges das
erforderliche Befestigungsmittel, Mutter oder Splint, giebt, eine Anordnung, die bei
der Herstellung, wie beim Einbauen zu erheblichen Schwierigkeiten führt.

Fig. 173.

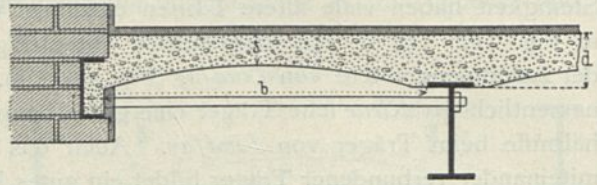


Fig. 174.

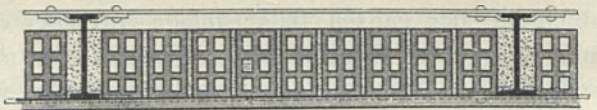
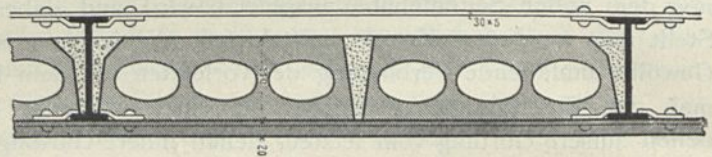


Fig. 175.



Die erste der Konstruktionen besonderer Anker in jedem Felde ist die verlässlichste und einfachste; es verdient aber nochmals betont zu werden, daß es nach obigem meist genügt, solche Anker in den beiden letzten Balkenfachen anzubringen.

Diese Rundeisenanker wirken am günstigsten, wenn sie in Höhe der Mitte der Kämpferfuge der Kappe eingezogen werden, da die Träger dann das geringste Bestreben haben, sich um ihre Längsachse zu drehen.

Da man die Anker aber meist dem Auge und dem Feuer zu entziehen wünscht, so werden sie häufiger, als an der bezeichneten Stelle, oberhalb des Scheitels der inneren Laibung angebracht, um sie ganz in das Gewölbemauerwerk und seine Hinterfüllung einbetten zu können. Sie fassen nun aber die Träger oberhalb des Angriffspunktes des Kappenschubes, so daß diese das Bestreben erhalten, sich mit dem Kopfe nach der stärker belasteten Kappe hin um ihre Längsachse zu verdrehen. Die Wölbsteine müssen für das Durchführen des Rundankers behauen werden, soweit er nicht in Fugen unterzubringen ist.

Wohl in der Absicht, der verdrehenden Wirkung auf die Träger zu begegnen, werden solche Anker oft nach Fig. 176 ausgebildet, wie es auch z. B. in Fig. 157

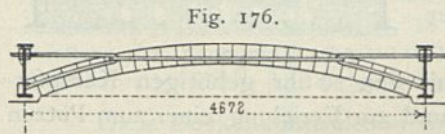


Fig. 176.

u. 158 von *Guaftavino* geschehen ist. Dabei ist sehr unbequem, daß man die Anker auf die ganze Länge in das Gewölbemauerwerk einbetten muß; wenn man sich diese Mühe macht, so geschieht dies wohl in dem Gedanken, die Träger dadurch am Verdrehen zu hindern,

daß man sie oben und unten faßt. Dieses Ziel wird aber nur erreicht, wenn man die Dreiecke, in die sich der Anker an beiden Enden auflöst, entsprechend ungleichseitig macht und den Anker in der Spitze angreifen läßt. Dies ist aber selten möglich, weil der Anker dabei wieder sichtbar unter dem Gewölbescheitel liegen würde. Je mehr man das Dreieck dem rechtwinkligen nähert, desto weniger wirkt die längere Seite, und in dem rechtwinkligen Dreiecke von Fig. 157, 158 u. 176 wirkt die schräge Seite gar nicht mehr; die Verankerung wäre ebenso wirksam, wenn man den oberen geraden Anker allein einzöge, wodurch sie einfacher in der Ausführung würde. Das Bestreben der Träger, sich zu drehen, wird durch die rechtwinkligen Dreiecke doch nicht aufgehoben. Wollte man den Träger wirksam auch unten fassen, so müßte man die Anker biegeunfähig, etwa als Blechträger oder als Blechwände von der vollen Höhe der Tragbalken ausbilden, deren untere Begrenzung der verlangten Kappenform angepaßt wäre, und diese Trägeranker hätte man in voller Höhe mit den Trägerstegen zu vernieten oder zu verbolzen. Dadurch wird die Verankerung aber schwerfällig und teuer; auch zerschneiden solche steife Anker die Kappe in unerwünschter Weise¹²⁴⁾.

2) Wölbung aus dünnwandigen Hohlkästen.

Wie die nachfolgenden Beispiele zeigen werden, ist der Gedanke, die Vorteile der gewöhnlichen Lochsteine durch Herstellung großer, dünnwandiger Stücke mit großen Hohlräumen, aus Thon gebrannt oder aus Mörtel gegossen, bereits alt. In großem Maßstabe ist diese Bauweise jedoch erst in der Neuzeit in Aufnahme gekommen; den nordamerikanischen Ziegeleien muß das Verdienst gelassen werden,

86.
Einführung
der
Hohlkästen.

¹²⁴⁾ Vergl. hierzu Teil III, Band 1, 3. Aufl. (Art. 281, S. 201) dieses »Handbuches«.

den Gedanken, der viel früher in Deutschland und Frankreich aufgetaucht und auch veröffentlicht war, zur Verwendung und Weiterentwicklung gebracht zu haben.

Unter den gewölbten Fachausfüllungen dieser Art werden wir auch diejenigen besprechen, deren Wölbung scheinrecht ist, sofern sie nur überhaupt einen Schub auf die stützenden Träger auszuüben vermögen.

87.
Scherrer's
Hohlkasten.

Als jedenfalls eine der ältesten Formen ist hier wieder der bereits zu Fig. 79 (S. 53) beschriebene Hohlkasten von *Scherrer* (Fig. 177¹²⁵) anzuführen, welcher 1855 für Holzbalken, daher für geringe Fachweiten vorgeschlagen, in fast gleicher Gestalt auch für Eisenbalken verwendbar ist. Er ergibt eine wagrechte Steinunterfläche, die, abgesehen von den Balkenflächen, unmittelbar geputzt werden kann.

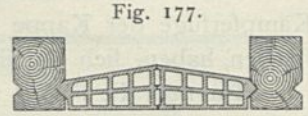


Fig. 177.

88.
Wingen's
Hohlkasten.

Eine regelrechte Wölbung mit unteren Anfätzen an den Steinen zur Erzielung ebener Unterfläche unter dem Bogen zeigt die Decke von *Wingen* (Fig. 178¹²⁶), die trotz Verlaufes längerer Zeit seit dem Bekanntwerden ihrer verwickelten Form wegen wenig Verbreitung fand. Der darin vertretene Gedanke ist jedoch später vielfach aufgenommen und weiter entwickelt.



Fig. 178.

89.
Neuere
deutsche
Hohlkasten.

Eine neuere Form deutschen Ursprunges mit den zu ihr gehörigen Kämpferstücken zur Deckung der unteren Trägerflansche und zur Erzielung einer zum Putzen geeigneten, ebenen, aber rauhen Steinfläche zeigen Fig. 179 u. 180¹²⁷. Bei diesen nur etwa 50 kg für 1 qm wiegenden Fachausfüllungen ist Bedacht auf die Deckung möglichst verschiedener und möglichst großer Weiten genommen. Die Tragfähigkeit solcher Fachausfüllungen gewöhnlicher Weite wird mit 2000 kg für 1 qm angegeben.

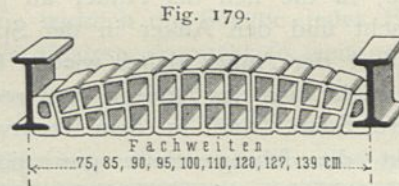


Fig. 179.



Fig. 180.

90.
Laporte's
Hohlkasten.

In Frankreich sind derartige Formen gleichfalls früh entstanden, unter denen die von *Laporte* eine bedeutende Rolle in der Verwendung gespielt haben.

Die Formstücke *Laporte's* (Fig. 181 u. 182¹²⁸) werden für Trägerteilungen von 65, 70 und 75 cm, sowie für Trägerhöhen von 12 bis 22 cm von der *Société anonyme de la Grande Tuilerie de Bourgogne* zu Montchanin-

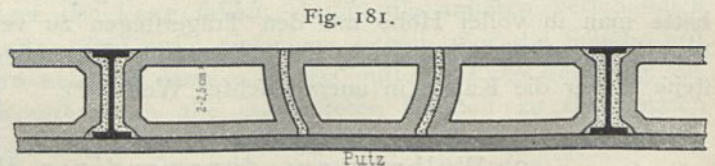


Fig. 181.

les-Mines in der Weise hergestellt, daß die Seitenstücke für alle Fachweiten gleich breit, nämlich 21,5 cm in der Mitte, die

Schlussstücke für die verschiedenen Weiten 17,5, 22,5 und 27,5 cm breit, alle Stücke 32 cm lang geformt werden; die Wandstärke beträgt 2,0 bis 2,5 cm. Die

125) Siehe: Deutsche Bauz. 1882, S. 511; 1895, S. 531.

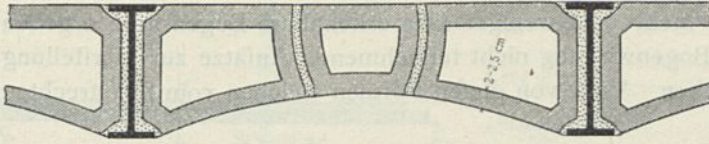
126) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 579. — Deutsche Bauz. 1894, S. 217; 1895, S. 572, 583. — D. R.-P. 70873.

127) Erzeugt von: *H. Breuning* in Stuttgart; *T. Sponagel*, Industriequartier Zürich; Aktiengesellschaft Dampfziegelei Waiblingen, Württemberg.

128) Siehe: *Annales industr.*, Bd. 7 (1883), S. 5 ff. — Deutsche Bauz. 1886, S. 202.

Stoßfugen werden in beiden Randreihen bündig, in der mittleren um 16 cm, d. h. die halbe Stücklänge, versetzt angeordnet. Die 1 cm weiten Fugen werden in Gips oder Zement gefetzt; auf der Unterseite der Stücke sind Längsrillen eingeformt,

Fig. 182.



welche das mechanische Anhaften des unmittelbar unter die Thonkaften (Terrakotten) zu bringenden Deckenputzes bezwecken¹²⁹⁾.

Ueber die Tragfähigkeit dieser offenbar dichten und für den Schall schwer zu durchdringenden, dabei trockenen Deckenausfüllung sind Versuche vom *Conservatoire des arts et métiers*, von der *Société centrale des architectes* und des *Société nationale des architectes*, sämtlich in Paris, angestellt, welche die nachfolgenden Ergebnisse liefern¹³⁰⁾.

Auf die unten flache Decke nach Fig. 181 wurde 84 Stunden nach der Herstellung auf die halbe Breite eines Trägerfaches Eisenballast aufgepackt. Der Bruch erfolgte bei 65 cm Trägerteilung unter 7380 kg Auflast auf 1 qm, bei 70 cm Teilung unter 7300 kg Auflast und bei 75 cm Teilung unter 6710 kg. Noch größer erwies sich die Tragfähigkeit der unten gewölbten Decke nach Fig. 182, die Kasten für 12 bis 14 cm hohe Träger brachen unter 11350 kg gleichförmiger Last auf 1 qm, die für 14 bis 16 cm Trägerhöhe bei 15510 kg und die für 18 bis 22 cm Höhe bei 14000 kg. Es erscheint somit zulässig, die Belastung einer derartigen Decke bis zu 1500 kg auf 1 qm zu steigern, während man für die unten ebenen Stücke etwa bis 800 kg für 1 qm gehen kann.

Diese Deckenkonstruktion hat vor vielen der früher angegebenen in die Augen springende Vorzüge. Sie ist dem Baustoffe nach an sich trocken, sicher gegen Feuergefahr und wegen der 50 bis 60 Vomhundert des Inhaltes betragenden Hohlräume sehr leicht, dabei schwer durchdringlich für Schall, Wärme und Feuchtigkeit. Die entstehenden weiten Hohlräume kann man sogar zu Lüftungszwecken benutzen. Naturgemäß kann sie aber in ausgedehntem Maße nur Anwendung finden, wenn die Herstellung der Thonkaften so gesteigert ist, daß diese gängige Handelsware werden, da das Anfertigen in kleiner Zahl zu teuer werden würde. Auch dann bleibt der Preis vergleichsweise hoch.

Diese Fachausfüllung kann ebenfowohl Estriche, wie auch hölzerne Fußböden auf Lagerbohlen aufnehmen; das Anbringen der letzteren bedingt dann das Einsetzen einzelner Holzdübel in die Stoßfugen der Thonkaften mittels Zement.

Die weiteste Verbreitung haben diese Thonkaften in Nordamerika gefunden, wo sie in einer großen Zahl verschiedener Formen hergestellt werden. Hier zeigt sich ganz deutlich ein durchlaufender Entwicklungsgang, der an die alten Lochsteine anschließt. Da die Löcher der letzteren aber in der Richtung der Lagerfugen, also der Kämpferträger laufen, so erkannte man bald eine ungünstige Sachlage für die Tragfähigkeit darin, daß die Langseiten der Steine in den Fugen auf die ganze Fläche mittels des Mörtels belastet, im Steine aber nur von den Verbindungsstegen mit der anderen Langseite unterstützt, daher vor den Löchern stark auf Biegung in Anspruch genommen werden, wozu dünne Thon- oder Mörtelkörper um so weniger geeignet sind, als in den Ecken der Hohlräume beim Brennen trotz aller Vorsicht leicht Risse entstehen.

Zweitens ergab sich für die Lochsteinformen, wenn man sie nicht für die

91.
Amerikanische
Hohlkaften.

¹²⁹⁾ Eine neuere französische Konstruktion aus der Schule zu Nîmes siehe: *Nouv. annales de la constr.* 1900, S. 68.

¹³⁰⁾ Nach: *Annales industr.*, Bd. 7 (1883), S. 110, 139.

Bildung des an sich nicht beliebten scheidrechten Bogens formte, der Uebelstand der gewölbten Unterfläche, unter der eine ebene Decke nur unter Anwendung besonderer Mittel hergestellt werden kann.

Aus dem Bestreben, diese Mängel zu beseitigen, entstanden zunächst Formstücke, die zwar noch Längshohlräume in der Richtung der Balken besitzen, in ihrer Zusammensetzung aber eine mehr oder weniger klar erkennbare Bogenrippe ergeben und zugleich unten an der Bogenwirkung nicht teilnehmende Ansätze zur Herstellung der ebenen Deckenfläche haben. Viele von diesen Formen weichen vom scheidrechten Bogen nur wenig ab.

Den wesentlichsten Uebelstand der Biegungsspannungen in den Kastenwänden kann man selbst bei gewöhnlichen Lochsteinen beseitigen, wenn man die Steine mit den Löchern quer zu den Balken stellt, da dann der ganze Querschnitt aller Wände von Balken zu Balken in der Richtung des Gewölbedruckes durchläuft. Das Bestreben, die Wandungen einzubrechen, kommt dabei überhaupt nicht mehr vor. Lochsteine ergeben so aber eine ungünstige Wölbung, da sie »auf dem Kopfe« stehen; dies ist aber der Gedanke, der der dritten Art amerikanischer Hohlkasten zu Grunde liegt, bei denen der ganze Querschnitt auch unverändert von Balken zu Balken läuft. Zugleich fällt dabei die durch Vielgestaltigkeit der Stücke eines Bogens bedingte Verwicklung und Verteuerung der neueren Kastenformen der zweiten Art wieder weg. Auch genügten die weitest entwickelten Kasten der zweiten Stufe vielfach nur zur Deckung einer ganz bestimmten Fachweite, während diese bei den neuesten quer gestellten Formen von der Kastengefalt meist ganz unabhängig ist.

Zunächst folgen hier zwei Beispiele großer Fachauswölbungen mit Hohlkasten, die sich der Wölbung mit Lochsteinen unmittelbar anschließen und neueren amerikanischen Ausführungen entnommen sind.

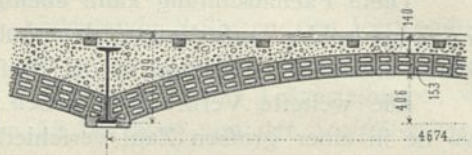
Fig. 183 zeigt ein Beispiel der Ausführung sehr weiter derartiger Bogen im *New Appraiser's Office* zu New-York¹³¹⁾ mit den wichtigsten Hauptmaßen; ergänzend ist nur zu bemerken, daß die 7 m freitragenden Balken in 1,75 m Teilung nach Fig. 176 durch verdeckt liegende Zugstangen abgefangen sind.

Bei 4,674 m Weite trugen diese Bogen unter ganz frischer Betonhinterfüllung 6000 kg für 1 qm einseitige Probelast bis zum Bruche; nach völligem Abbinden aber trugen sie an voller Belastung über die ganze Weite 5750 kg für 1 qm ohne Spuren der Zerstörung, und nachdem diese Last 24 Stunden gewirkt hatte und dann beseitigt war, ging die entstandene Scheitelfenkung von 16 mm wieder auf die bleibende von 3 mm zurück. Der Bogen war also noch nicht bis zur vollen Leistung belastet.

Bei der dargestellten Weite sind die Bogen in beiden Schenkeln auf 203 mm verstärkt; bis zu 3,50 m Weite wurden sie durchweg 153 mm stark ausgeführt. An der Verstärkungsstelle ist aber auch dafür geforgt, daß immer Steg gegen Steg, nie ein Steg gegen einen Hohlraum setzt, um die Biegung in den Kastenwänden möglichst zu mindern und unschädlich zu machen.

Die Auswölbung der Trägerfache mit den gebrannten Thonkastern der *Merrick fireproofing Co.* in New-York zeigt Fig. 184¹³²⁾. Die Anordnung zeichnet

Fig. 183.

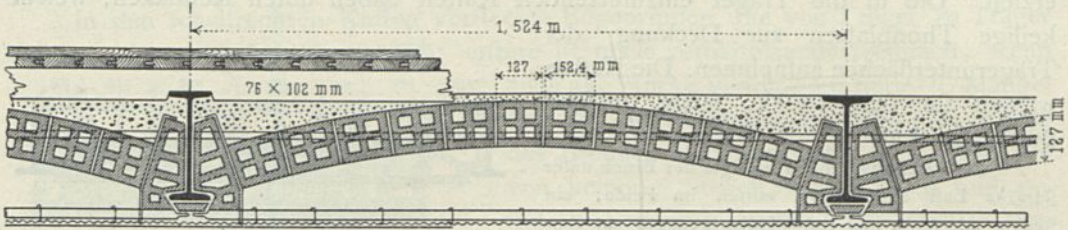


131) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIV (1895), S. 314.

132) Siehe ebendaf., Bd. XL (1898), S. 221.

sich durch besonders kräftige Kämpferstücke aus, welche selbst für sehr starke Wölbungen ausreichende Kämpferflächen geben und unten die in Nordamerika üblichen Keilthonplatten zur Deckung der Trägerflansche fassen. Die eigenartige selbständige Deckenaufhängung an Blechstreifen in den Kämpferfugen, welche später

Fig. 184.



(in Kap. 6) besonders beschrieben wird, ist hervorzuheben; sie ist neben den Thonhaken an den Kämpferstücken als zweites Mittel der Unterstützung der Thonplatten unter den Trägern benutzt, um nicht allein auf die unteren Hakenansätze der Kämpferstücke angewiesen zu sein. Der Schub der Wölbung wird mittels durchlaufender, verdeckt liegender Rundeisenanker aufgenommen.

Weiter von den Lochsteinen entfernen sich die Kastenformen, welche, von Längsräumen durchbrochen, für die Bildung scheinrechtlicher Kappen bestimmt sind.

Einige Beispiele von derartigen amerikanischen Ausführungen zeigen Fig. 185 u. 186. Besonderer Wert wird hier, im Gegensatze zu den französischen Anordnungen, darauf gelegt, die Träger auch mit dem Unterflansch dem Feuer zu entziehen.

Fig. 185.

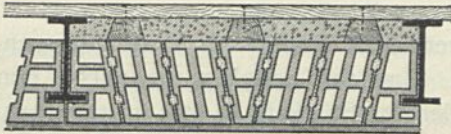
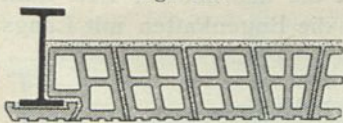


Fig. 156 (rechter Träger links) die Vollsteine — vollständig, so daß durch die unter dem Träger liegenden Lufträume ein besonders wirksamer Schutz entsteht. Die Fugen sind in Fig. 185 durch rechteckige Nuten in den Lagerflächen der Hohlsteine, in welche der Mörtel federartig eingreift, besonders gesichert.

Fig. 186.



In Fig. 186 ist der Schutz der Träger, wie in Fig. 184, bei fehlendem Luftraum weniger wirksam durch unmittelbar unter den Flansch gelegte Thonplatten erzielt, welche, zuerst verlegt, schwalbenschwanzartig von den Rändern der Hohlsteine umfaßt werden. Die Hohlsteine sind unten für die Aufnahme des Putzes schwalbenschwanzförmig genutet.

Bei diesen beiden Konstruktionen tritt die ungünstige Lage, in der sich die dünnen Wände der großen Kästen befinden, besonders deutlich hervor; namentlich erscheint die letztere in Fig. 186 an den Kämpfern mangelhaft, wo ein Quersteg gegen eine auf der anderen Seite ununterstützte Stelle der Wandung an der letzten Bogenfuge stößt.

Zwei Formen, die den vorigen noch ähnlich, doch schon den Ansatz einer Bogenform wenigstens in den Kämpferstücken zeigen und sich wohl unbedingt besser zur Druckübertragung eignen, sind im folgenden beschrieben.

Die *Pioneer fireproof construction Co.* verwendet die in Fig. 187¹³³⁾ dargestellte Form der Fachausfüllung.

Die Aussetzung verschiedener Weiten wird durch Einlegen voller Thonplatten erzielt. Die in die Träger einzusetzenden Kasten haben unten Keilhaken, welche keilige Thonplatten zur Deckung der Trägerunterflächen aufnehmen. Die Kasten wiegen für sich 160 kg, fertig versetzt 200 kg für 1 qm.

Bei Belastungsproben erfolgte der Bruch unter 2460 kg Last auf 0,90 qm mitten im Felde; ein Schlag mit 60 kg aus 1,80 m Höhe genügte zur Zerstörung. Der Wechsel von Feuerwirkung durch 90 Minuten mit kaltem Anspritzen durch 3 Minuten wurde dreimal bis zum Zerfallen ertragen; ruhiges Feuer hatte die Decke in 24 Stunden so angegriffen, daß sie beim Abräumen gänzlich zerfiel.

Wieder sehr ähnliche, aber noch etwas günstigere Stoffverteilung zeigt die Decke der *Wight fireproofing Co.* (Fig. 188¹³⁴⁾.

Sie trug 3900 kg auf 0,90 qm mitten im Felde und einen Schlag mit 60 kg aus 1,80 m Höhe bis zum Bruche. Dem Wechsel zwischen 90 Minuten Feuer und 3 Minuten Anspritzen ertrug sie bis zur Zerstörung 14mal; nach 24 Stunden ruhigen Feuers trug sie zwar zunächst noch 1300 kg für 1 qm, brach aber beim Abräumen zusammen. Der Unterschied der Leistung gegenüber derjenigen der später zu Fig. 193 zu besprechenden Decke von *Lee* mit quer liegenden Hohlstücken zu Gunsten letzterer ist beachtenswert.

Die in Fig. 185 u. 186 dargestellten Formen haben neben ihrer statischen Minderwertigkeit doch auch Vorteile gegenüber den in Fig. 187 u. 188 veranschaulichten. Zunächst bestehen sie ausser den Kämpfer- und Scheitelstücken aus lauter ganz gleichen Stücken, so daß sie zum Aussetzen sehr verschieden weiter Balkenfache geeignet sind, während die in jeder Reihe anders geformten Kasten in Fig. 187 u. 188 ganz bestimmte Fachweiten verlangen. Die geringen Breitenabstufungen durch Einlegen voller Thonplatten in die Wölbungen (Fig. 187) sind selbstverständlich bei allen Anordnungen in gleicher Weise verwendbar.

An die Kastenbogen von Fig. 183 u. 184 schließt die aus neuerer Zeit flammende Konstruktion in Fig. 189¹³⁵⁾ eng an, insofern hier die Bogenkassen mit Längsöffnungen unverändert beibehalten sind, aber nach unten Ansätze tragen, welche nicht mehr als Bogenteile mitwirken, sondern bloß zur Herstellung der ebenen Deckenfläche dienen. Die Bogenstege sind sorgfältigst von Träger zu Träger durchgeführt. Ein gewisser Wechsel der Spannweite ist dadurch ermöglicht, daß ein

Fig. 187.

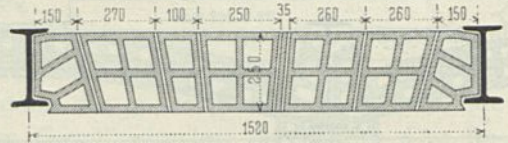


Fig. 188.

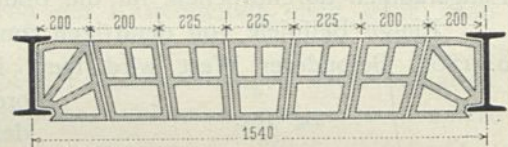
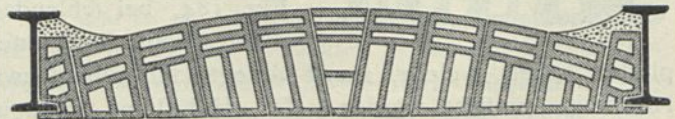


Fig. 189.



¹³³⁾ Siehe: Zeitfchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264. — Deutsche Bauz. 1895, S. 531 (wo verschiedene ähnliche Formen dargestellt sind).

¹³⁴⁾ Siehe: Zeitfchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264.

¹³⁵⁾ Siehe: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. XXXIV (1895), S. 521.

94.
Decke der
Pioneer
fireproof
construction Co.

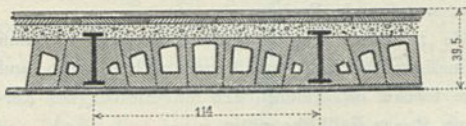
95.
Decke der
Wight
fireproofing Co.

96.
Sonstige
Hohlkästen.

zurecht zu hauendes Scheitelstück eingefügt ist. Dieses zeigt schon die neuerdings durchgedrungene Querstellung der Hohlräume und ist daher durch Behauen zu verkürzen, was selbstverständlich bei allen früher angegebenen Kastenformen ausgeschloffen ist; übrigens verlangt aber auch diese Form in den Schichten durchweg verschiedene Stücke. Für Deckung der Trägerflansche ist nur durch Lappen an den Kämpferstücken geforgt; der Schutz ist also wesentlich geringer als bei der in Fig. 185 dargestellten Konstruktion.

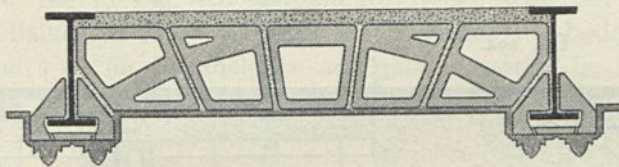
In den schiebtrechten Kasten versteckte Bogenrippen, die von Träger zu Träger laufen, zeigen Fig. 190 u. 191¹³⁶⁾; erstere ist noch verhältnismäßig einfach, wenn

Fig. 190.



zwar besser; zugleich zeigt sie aber unter allen die verwikelteste Form der Kasten, so dass sie keine erhebliche Verbreitung gefunden hat. Beide verlangen wieder je

Fig. 191.



ein besonderes Muster für jede Fachweite, wodurch die Verwendung weiter erheblich erschwert wird.

In Fig. 191 ist gleichfalls eine keilförmige Thonplatte unter die Träger gesetzt, aber so tief, dass ein Luftraum darüber bleibt und ein sehr wirksamer Schutz des Trägers durch Putzplatte und Hohlraum erzielt wird.

Die beachtenswerteste Entwicklungsstufe der amerikanischen Hohlkasten ist zweifellos die oben zuletzt angeführte, die der Formen mit quer zu den Trägern gestellten Hohlkasten, deren statische Vorzüge oben bereits erörtert wurden. Hier ist noch hinzuzufügen, dass sie das Aussetzen beliebig weiter und selbst unregelmäßiger Trägerfäche ohne besondere Formstücke ermöglichen, da man sie, wie bezüglich des Schlusstückes in Fig. 187 schon betont wurde, der Länge nach beliebig behauen kann. Aus dem gleichen Grunde kann man auch aus rechteckigen Regelfstücken dieser Art durch Behauen den Fugenschnitt schiebtrechter Bogen erzielen,

Fig. 192.



den die Mehrzahl solcher Fachfüllungen aufweist.

Eine der ältesten Ausgestaltungen dieser Querkasten zeigt Fig. 192¹³⁸⁾, bei der die mit lotrechten Fugen zusammengesetzten Kasten durch Verzahnungen der Mörtelfugen verbunden sind. Der erhebliche Schub dieses schiebtrechten Bogens wird durch eine Eisenverankerung der Träger aufgenommen, welche unter b, 3, β noch besonders erörtert werden wird.

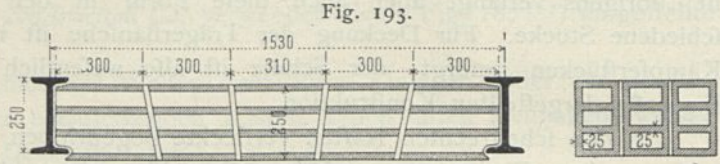
¹³⁶⁾ Dass der Bogen oben zu dünn und die untere Deckenplatte zu dick ist, beruht auf einem Fehler des Zeichners.

¹³⁷⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 32; 1887, S. 435, 451. — *American engineer*, Bd. 13 (1887), S. 230. — *Engng. news*, Bd. 25 (1890), S. 368.

¹³⁸⁾ Siehe: Oester. Monatchr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 4.

97.
Lee's
Hohlkasten.

Faßt genau dieselbe Anordnung zeigen die neueren porigen Thonkaften von *Th. A. Lee*, mit denen die in Nordamerika sehr verbreiteten Feuerproben in ausgedehntem Maße angestellt wurden (Fig. 193¹³⁹). Die Deckung der Trägerflansche erfolgt wieder mit keiligen Thonplatten auf angehauenen Anfätzen der Kämpferstücke, die somit besonderer Formung nicht bedürfen.



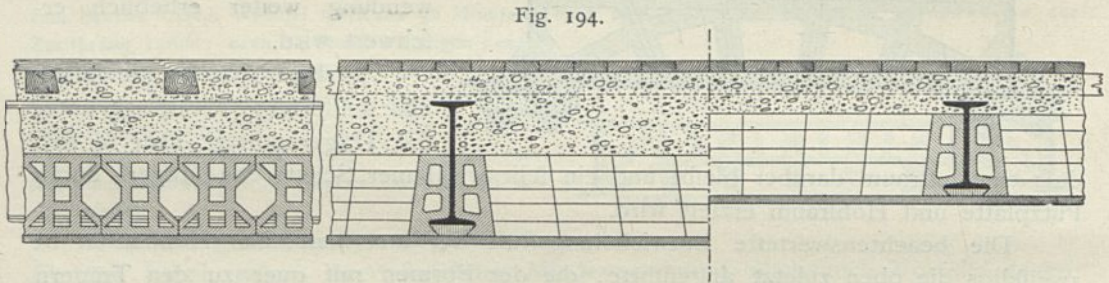
An ruhender Last wurden bis zum Bruche 7060 kg auf 0,90 qm getragen; Fallproben mit einem Gewichte von 60 kg führten zur Zerstörung nach 3 Schlägen aus 3,00, 4 Schlägen aus 1,80 m und 7 Schlägen aus 2,40 m Höhe. Zur Prüfung der Feuerbeständigkeit dienten folgende Proben.

α) Die mit 1300 kg für 1 qm belastete Decke wurde 1 Stunde lang dem Feuer ausgesetzt, dann 3 Minuten lang kalt angespritzt. Hierauf folgte ein 11maliger Wechsel von Feuer während 90 und Anspritzen während 3 Minuten; nach 23 Stunden war die Decke im wesentlichen unverletzt; zur Zerstörung waren noch 11 Schläge des 60 kg-Gewichtes mit etwa 2,00 m Fallhöhe nötig.

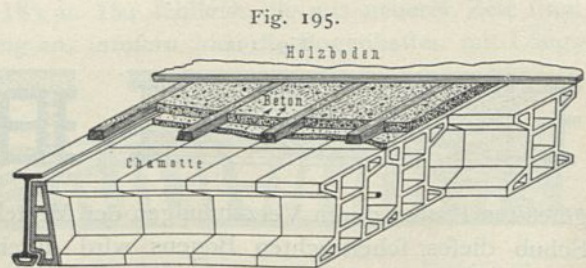
β) Nach 24stündigem Feuer trug die Decke 4800 kg für 1 qm, ohne wesentlich verletzt zu werden. Diese Kasten wiegen trocken 170 kg und nass 250 kg für 1 qm.

98.
I-förmige
Hohlkasten.

Eine besonders günstige und neuerdings schnell verbreitete Gestalt von Hohlkasten für Fachwölbungen aus dichtem oder porigem Thone zeigen Fig. 194 u. 195¹⁴⁰)



in der Verwendung für schiefe Bogen mit bogenförmigem (Fig. 194) oder lotrechtem Fugenschnitte (Fig. 195), die jedoch in ganz gleicher Weise unter entsprechender Formung oder geringem Behauen auch für gekrümmte Bogen verwendbar ist. Diese Kasten, die man wohl ohne Bedenken für die besten bislang erfundenen erklären kann, haben eine Art von I-Form, so daß ein vergleichsweise großer Teil des Querschnittes in den obersten und untersten Gliedern steckt, ein geringer in den wenig beanspruchten Stegen; der Stoff ist also derart verteilt, wie dies für die Aufnahme der bei einseitiger Belastung eines Faches auftretenden erheblichen Biegemomente besonders günstig ist. Wie die Träger



¹³⁹) Siehe: Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264.

¹⁴⁰) Siehe: *Engng.* 1898 — II, S. 139. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXX (1867), S. 144. — *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1897, S. 1006. — *Engineering news* Bd. XXXIX (1898), S. 330; Bd. XXXV (1896), S. 235 u. Fig. 4. — *HAARMANN'S* *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1897, S. 6 ff., Tafelabb. 28 u. 29. — *Deutsche Töpfer- u. Zieglerzeitg.* 1897, Nr. 7 ff. — *Engineering record* 1900, Febr., S. 108.

von unten gedeckt und wie die Teile eines Holzfufsbodens mittels mageren Betons befestigt werden, zeigen Fig. 194 u. 195.

Derartige Decken wiegen bei 38 cm Balkenhöhe durchschnittlich 316 kg und bei 25 cm Balkenhöhe 220 kg für 1 qm.

Als Mörtel für das Verfetzen dieser wie ähnlicher Kasten sollte, wie in Nordamerika geschieht, nur reiner Zementmörtel verwendet werden. Beim Einfetzen ist zur Vermeidung unnützen Mörtelverbrauches, unnötiger Beschwerung der Decke und von Beeinträchtigung der durch die großen Hohlräume sonst erzielten Vorteile darauf zu halten, daß thunlichst nur die Endflächen der Wandkörper mit Mörtel bedeckt werden, damit die Fugen dieselben Oeffnungen zeigen wie die Kasten.

In Fig. 194 u. 195 sind besonders geformte Kämpferkasten gezeichnet; daß solche nicht unbedingt nötig sind, zeigt Fig. 193.

Daß die quer durchlaufenden Hohlräume eine gute Gelegenheit zum Anbringen von Zugankern zwischen den Balken bieten, zeigt Fig. 195. Bringt man diese so an, daß sie immer in die großen Räume zwischen zwei Kastenreihen treffen, so kann man sie vor Beginn der Fachausfüllung einziehen, ohne daß das Verfetzen der Kasten dadurch erschwert würde.

Der Preis dieser sehr verbreiteten Decken ist vergleichsweise hoch. Derjenige für die in Fig. 192 dargestellte Decke wird bei 39,5 cm Dicke mit 25,4 cm hohen I-Balken in 114 cm Teilung, einschließlic Fufsboden und Deckenputz, zu 36,80 Mark auf 1 qm für Philadelphia angegeben, worin die hohen amerikanischen Löhne mit zur Geltung kommen.

3) Wölbung aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton.

α) Ohne Eifeneinlagen¹⁴¹⁾.

Bei den Betonkappen spielt die Herstellung und Mischung des Mörtels wie des Betons eine Rolle, deren Wichtigkeit noch vielfach unterschätzt wird. Wenn hier auch nicht die Stelle ist, an der auf diesen Abschnitt der Baustofflehre näher einzugehen wäre, so muß doch auf die vortrefflichen Untersuchungen von *Unna*¹⁴²⁾ über Eigenschaften und Preise von Mörtel und Betonarten hingewiesen werden, welche ein sehr beachtenswertes Hilfsmittel für die Auswahl der geeigneten Mörtel- oder Betonmischung für einen bestimmten Zweck bilden. Ohne auf diese gründlichen Untersuchungen hier näher einzugehen, führen wir nur an, daß *Unna* namentlich die Wichtigkeit des Vorhandenseins sehr verschiedener Korngröße im Sande des Mörtels wie im Kiese oder Kleinschlage des Betons nachweist und den Verbesserungen nach statischer und wirtschaftlicher Richtung nachgeht, welche durch Zuschläge von Kieselsäure in Gestalt von Trafs, Hochofenschlackenmehl u. f. w. sowohl bei Kalk-, als auch bei Zement-, als auch bei gemischten Mörteln erzielt werden können. Die Untersuchungen weisen nach, daß man für bestimmte Verhältnisse meist mit Mischungen sehr verschiedenen Preises die gleichen Ergebnisse erzielen kann, daß also das Gebiet der Mörtel- und Betonmischung ein solches von ganz hervorragender wirtschaftlicher Bedeutung sei.

99-
Beton-
und
Mörtelarten.

¹⁴¹⁾ Siehe: *Concrete arches* von LUTTON. *Railroad gazette*, Bd. XXXII (1900), S. 306.

¹⁴²⁾ Sonderdruck: Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen unter Zugrundelegung der Festigkeit, Dichtigkeit und Kosten des Mörtels. Vortrag, gehalten in der Versammlung des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Niederrhein und Westfalen zu Köln, am 9. Januar 1899.

Wie auf die angeführte wichtige Quelle, verweisen wir bezüglich dieses Gegenstandes der Baustofflehre auf Teil I, Bd. 1 erste Hälfte dieses »Handbuches«. Es ist nur noch zu betonen, daß es an vielen Stellen, so z. B. in den Zwickelüberfüllungen, in Einbettungen von Fußbodenlagern, kurz überall da, wo es auf die Aufnahme erheblicher Spannungen nicht ankommt, nicht nötig ist, Mörtel und Beton bester Beschaffenheit zu verwenden, daß man hier vielmehr meist mit ganz billigen Ersatzstoffen und sehr mageren Mischungen auskommt, sofern diese nur keine gesundheitschädlichen, die Feuchtigkeit anfangenden oder Staub erregenden Beimengungen enthalten und den Grad von Zusammenhalt besitzen, der die Erfüllung der diesen Teilen zugewiesenen Aufgaben sicherstellt. In dieser Beziehung sind Kohlenasche und Kohenschlacke mit Kalkmilch gemengt als ganz besonders billige und leicht zu erhaltende Stoffe anzuführen.

200.
Ausführungen
von
Betonbogen.

Die Firma *Odorico* in Frankfurt a. M. verwendet Schlackenbeton aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Schlacken¹⁴³⁾ von Tauben- bis Hühnereigröße. Bei versuchsweiser Verwendung am Bau des Krankenhauses zu Karlsruhe wurde 1 Teil Zement mit 6 Teilen Schlacken und etwas Sand¹⁴⁴⁾ gemischt. Zu Ueberfüllungen von Tragbogen oder Platten aus Beton wird häufig, der Leichtigkeit halber, eine Mischung von 1 Teil Weißkalk mit 8 bis 10 Teilen Schlacke verwendet, welche einen ziemlich hohen Grad von Zusammenhalt erreicht.

Die Zugfestigkeit des Schlackenbetons beträgt etwa das 0,7fache¹⁴⁴⁾ derjenigen von Kiesbeton, während das Gewicht nur knapp 0,5fach so groß ist.

Den Pfeil der gewölbten Betondecken kann man sehr flach halten, da die Stärke des Bogens nach Ausweis in Kap. 9 selbst bei starken Lasten und geringem Pfeile noch so gering wird, daß die Verwendung von Steinschlagbeton wegen der in ganz dünnen Körpern unvermeidlichen Löcher hier häufig ausgeschlossen erscheint und man meist Kies- oder Schlackenbeton verwenden muß. Der flache Pfeil und die geringe Stärke kommen der Erleichterung der an sich schweren Decke zu gute. Um diese Vorteile thunlichst auszunutzen, legt man den äußeren Bogen Scheitel in der Regel gleich hoch mit Trägeroberkante und füllt dann den unter dem Kämpfer verbleibenden Raum bis zum unteren Flansch gleichfalls mit Beton aus (Fig. 196 u. 197) oder umhüllt den Balken unten noch vollständig mit Beton (Fig. 198).

Gewöhnlich enthält der gegrabene oder gebaggerte Kies an sich erhebliche Sandbeimengungen; solche Kiesarten werden meist im Verhältnisse von 5 Teilen Kies

Fig. 196.

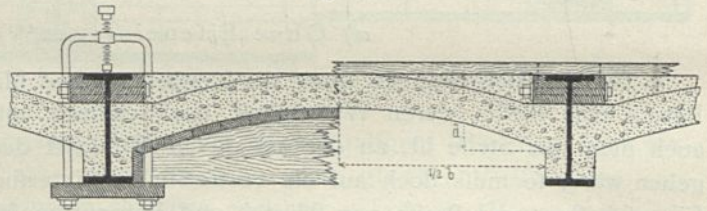
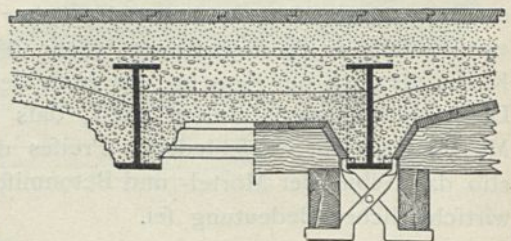


Fig. 197.



143) Siehe: Deutsche Bauz. 1890, S. 46.

144) Siehe ebendaf., S. 7.

auf 1 Teil Portlandzement gemischt. Bei sorgfältigerer Bereitung aus reinem Kiese und Zementmörtel kann man jedoch gleich gute Erfolge mit magereren Mischungen erzielen.

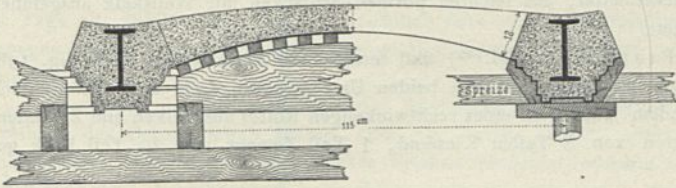
So sind die Gewölbe von schweizerischen Betonbrücken¹⁴⁵⁾ nach dem Verhältnisse 1 Zement, 2 Sand und 4 Kies gemischt, die Flügel nach 1 : 2 : 6, die Widerlager fogar nach 1 : 3 : 7¹⁴⁶⁾. — Bei neueren Brücken im Königreich Sachsen und über die Mosel bei Metz sind Mischungen von 1 : 5 : 6,5 in den Gewölben, 1 : 6 : 8 in den Pfeilern und 1 : 7 : 9 in den Pfeilerfüßen verwendet.

Die Herstellung erfolgt, indem man auf Hängerüstungen (Fig. 165 bis 169), auf unterstützter Einrüstung (Fig. 198 u. 199) oder auf eisernen Rüstbügeln (Fig. 170,

101.
Herstellung
und
Ausrüstung.

171 u. 172) unterhalb der Träger eine volle Schalung herstellt und auf dieser den Beton in dünnen Lagen fest einstampft. Man beginnt hierauf mit der Füllung an den Trägern und schließt sie allmählich nach dem

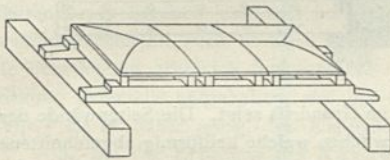
Fig. 198.



Scheitel ab. Dabei ist die angegebene Mischung durchweg nur in der Stärke des Scheitels einzubringen; die Zwickel an den Trägern können, wie in Fig. 196 angedeutet ist, mit einer mageren Füllmischung, etwa magerem Schlackenbeton, ausgefüllt werden, welche nur eben genügend abbindet, um keine Schübe zu äußern, und dabei möglichst leicht ist. Diese Ausfüllung wird mit oder oberhalb

der Trägeroberkante abgeglichen und nimmt erforderlichenfalls etwas schwalbenschwanzförmig geschnittene Lagerbohlen für die Befestigung hölzerner Fußböden auf, auf welchen die Bretter später vernagelt werden (Fig. 159, 160, 166, 183, 185, 192, 194, 197). In Fig. 196 sind die Lager an die Träger gebolzt; doch können die Bolzen in

Fig. 199.



weiter Teilung sitzen, bei guter Ueberfüllung auch ganz fehlen. Um das Quellen der Lagerhölzer infolge Eindringens der Feuchtigkeit aus dem frischen Beton zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Lagerhölzer vorher zu theeren oder mit Dachpappe zu umhüllen.

Bei nordamerikanischen Bauten hat man die Zwickelausfüllung dadurch leichter gemacht, daß man beim Einstampfen einige Zinkblechrohre mit offener Naht und verschiedenem Durchmesser je nach Gestalt der Zwickel in diese einlegte¹⁴⁷⁾. Die Rohre wurden im Inneren gegen den Aufsendruck in solcher Weise verspreizt, daß man diese Auspreizung vom freien Rohrende aus leicht auslösen und herausziehen, dann den Rohrdurchmesser durch weiteres Aufwickeln verringern, also das Rohr herausziehen konnte. Die Rohre sind hiernach für weitere vorzustreckende Kappenteile immer wieder verwendbar. Auf diese Weise ist, namentlich bei großen Kappen und starken Bogenpfeilen, eine sehr erhebliche Lastminderung zu erzielen.

Das Ausrüsten erfolgt bei den angegebenen Mischungen frühestens nach 10 Tagen; während dieser Zeit ist im heißen Sommer dauerndes Feuchthalten der Füllung durch leichtes Begießen, wenn möglich auch Bedecken mit einer feuchten

¹⁴⁵⁾ Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. 4 (1884), S. 136.

¹⁴⁶⁾ Ueber Versuche mit Betonkappen und Steinkappen siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 159.

¹⁴⁷⁾ Siehe: Annales des travaux publics, Bd. 9 (1888), S. 2118.

Sandfchicht zu empfehlen. Noch einige Zeit nach dem Ausrüften soll die Wölbung keinen schweren Lasten, namentlich keinen Stößen ausgesetzt werden; selbst für den Verkehr der Arbeiter lege man Laufbretter auf die Decke.

Im nachstehenden seien einige Beispiele von neueren ausgeführten Betonkappen vorgeführt.

202.
Beispiele
ausgeführter
Betonkappen.

a) Eine ganz besonders starke Anordnung dieser Art zeigt Fig. 197 aus einem neuen Schulhause zu Mainz¹⁴⁸⁾. Hier sind die Träger paarweise zusammengelegt, was sich für die Aufnahme der Schübe der Kappen als zweckmäßig erweisen kann (siehe Art. 85, S. 95 und Kap. 9); in die engen Fache ist eine gerade, in die weiten eine gewölbte Betondecke gelegt, welche dann eine bis über die Träger reichende Zwickelfüllung trägt. Diese ist dann wieder mit gewöhnlicher Bettung zur Aufnahme der Fußbodenlager überdeckt. Um Gewicht und Kosten dieser aufsergewöhnlich starken Decke thunlichst herabzumindern, ist die Zwickelfüllung in magerem Schlackenbeton, aus leichten porigen Schlacken mit Weifskalk ausgeführt, welcher für 1 cbm fertig 6 Mark kostete.

b) Im Gerichtshause zu Frankfurt a. M.¹⁴⁹⁾ sind feuerlichere Betondecken nach Fig. 198, 199, 200 u. 201 als abgewalmte Tonnenkaffetten von den beiden Unternehmern *Löhr* und *Odorico* nach verschiedenen Verfahren ausgeführt, indem jedes Feld eines rechtwinkeligen Rofes aus Balken und Zwischenträgern mittels einer Kappe aus Beton von 8 Teilen Kiesand, 1 Teil Zement und $\frac{1}{4}$ Teil Kalk gedeckt wurde.

Die Ausführung der ziemlich umfangreichen Arbeiten nach *Löhr* ist in Fig. 198, 199 u. 200 dargestellt. Zunächst wurden hölzerne Kästen aus zwei Seitenteilen und einer Bodenbohle unter den Trägern

Fig. 200.

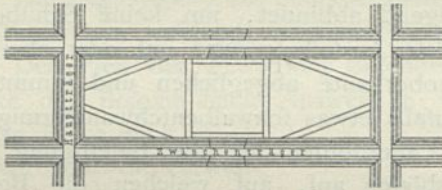
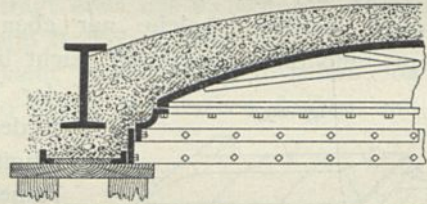


Fig. 201.



so zusammengesetzt, wie Fig. 198 rechts im Querschnitt, und Fig. 200 im Grundriss zeigt. Die Seitenwände der Kästen bilden nach Fig. 200 verstreute, rechtwinkelige Eckstücke, zwischen welche keilförmig abgesehne Mittelstücke eingetrieben wurden, um einerseits verschiedene Längen der Felder mit denselben Teilen einrüsten, andererseits das durch die Feuchtigkeit etwas quellende Holz leichter ausrüsten zu können. Innen waren die Kästen mit genau nach dem verlangten Querschnitte der Trägerhülle geformtem Zinkbleche ausgefchlagen, das vor jeder Benutzung etwas gefettet wurde, damit der Zement nicht anbinden konnte. Diese Kästen wurden zuerst mit einer dünnen Lage Zement genau ausgeftrichen, um scharfe Kanten und ebene Flächen zu erhalten, und in diese Masse wurde der Beton, von unten nach oben magerer und gröber werdend, um die Träger herum, unter genauem Abgleichen der Kämpferflächen für die Kappen, eingestampft. Nach Abbinden dieses Körpers setzte man die in Fig. 199 dargestellte Kappenrüstung auf entsprechende Lagerhölzer in das Feld ein. Die Außenfläche auch dieser bestand aus gefettetem Zinkbleche mit ganz dünner Lattung (Fig. 198 links); hierauf wurden auch die Kappen innen fetter, außen magerer und gröber eingestampft. Nach der Ausrüstung wurden die Nähte nachgefugt und mit dem Messer gefäubert.

Die Beschaffungskosten dieser Einrüstung betragen 15 Mark für 1 qm, wurden aber durch die Wiederverwendung schlieflich sehr gering.

Die Firma *Odorico* verwendete dagegen die in Fig. 201 dargestellte, aus Eisenblech und Gusseisenleisten durch Verschraubung für die Trägerhülle und die Kappenlaibung gemeinsam hergestellte Einrüstung auf Stielen und Bohlen unter den Trägern, in welche der gefamte Beton für beide Teile unten fett, oben magerer und gröber auf einmal eingestampft wurde. Damit die Arbeiter auf den Blechböden verkehren konnten, ohne diese zu verdrücken, waren noch Rundeisen-Schrägfteifen eingeschraubt. Die Beschaffungskosten dieser Einrüstung betragen 45 Mark für 1 qm.

Die Kosten der Decke ohne Träger, Einrüstung und Fußboden betragen durchschnittlich 6,5 Mark für 1 qm.

148) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 3.

149) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 274.

Bei der Probelastung riefen 3000 kg auf 1 qm noch keine erkennbare Veränderung des Gefüges hervor. Ein 2,50 m hoch fallendes Gewicht von 25 kg schlug ein rundes Loch in die Kappe, ohne diese sonst zu verletzen.

Die fähtlichen zu bemalenden Innenflächen von Zementkörpern wurden mit kohlenfaurem Ammoniak übergestrichen, um als Grundlage für die durch frischen Zement gefährdete Bemalung eine dünne Schicht kohlenfauren Kalkes zu erzielen.

c) Bei der Erweiterung des Bahnhofes zu Erfurt¹⁵⁰⁾ wurden Betonkappen in einer Ausdehnung von 3400 qm aus 1 Teil Zement und 8 Teilen ziemlich sandfreien Kiefes mit 1,5 cm bis 2,0 cm Zementestrich der Mischung von 1 Teile Zement und 2 Teilen Sand ausgeführt. Die Kappen hatten bei $\frac{1}{10}$ Pfeilverhältnis 11 cm Stärke und wurden dann nach Fig. 196 bis auf die unteren Trägerflansche hinabgeführt, die unten sichtbar blieben. Die Kappen hatten zum Teile unmittelbar nach der Herstellung eine Kälte von 6 Grad R. auszuhalten, erwiesen sich aber als dadurch nicht beschädigt und trugen, 14 Tage alt, 2850 kg auf 1 qm unter ziemlich schweren Hackenschlägen, ohne eine Veränderung zu zeigen; dagegen brach eine verfuchsweise hergestellte ebene Betonplatte von gleicher Stärke schon unter geringerer Last.

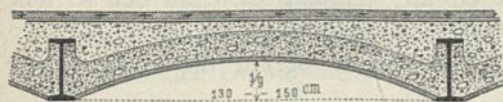
Bezüglich der gelegentlich dieser Ausführung verhandelten Frage, ob so flache Kappen infolge Treibens des Betons Schub äufsern oder als Platten wirken, giebt Schumann in Amöneburg an, das unter Wasser zwar $\frac{1}{4}$ Jahr lang starkes Treiben stattfindet, welches erst nach 2 Jahren ganz aufhört; auf 1 m Länge sind Ausdehnungen beobachtet: nach $\frac{1}{4}$ Jahr um 0,2 mm, nach $\frac{1}{2}$ Jahr um 0,22 mm, nach 1 Jahr um 0,27 mm, nach 2 Jahren um 0,3 mm. Natürliche Bausteine dehnen sich oft nach der Verwendung mehr aus. Diese Masse genügen nicht, um das Auftreten erheblicher Schübe abzuleiten. Nun ist es aber fogar wahrscheinlich, das sich die trocken erhärtenden Kappen zusammenziehen, worauf die Schwindrisse und der Umstand hindeuten, das Probewürfel aus 1 Teil Zement und 3 Teilen Sand bei 10 cm Seitenlänge 1 Woche unter Wasser und 3 Wochen trocken erhärtet 0,042 mm Seitenverkürzung ergaben.

Es wäre aber gefährlich, auf Grund dieser Beobachtungen anzunehmen, das die flachen Kappen überhaupt nicht schieben, und dann die Träger nur auf die lotrechten Lasten zu berechnen; denn die Plattenkörper brechen jedenfalls leichter als die Kappen, und wenn nun eine als Kappe berechnete Fachausfüllung zunächst auch wirklich als Platte wirkte, so würde sie dadurch Spannungen erleiden, die über die berechneten erheblich hinausgehen. Sollten infolge davon feine Risse entstehen, so ist die Plattenwirkung jedenfalls aufgehoben, und die Gewölbewirkung beginnt nun unter ganz geringem Verkanten der Teile. Es ist daher nötig, den Kappenschub gleich in die Trägerberechnung einzuführen.

b) Bei der Erbauung des Krankenhauses zu Karlsruhe¹⁵¹⁾ wurden drei Arten von Fachausfüllungen in Betracht gezogen: ebene Betonplatten, Kappen aus Beton und Kappen aus Schlackenbeton. Die erste Anordnung wurde aufgegeben, weil die Platten an sich dick werden und viel Füllung verlangen, also im Ganzen schwer werden. Bei den Kappen erzielt man zwar etwas vergrößerte Tragfähigkeit, wenn man sie mit den Zwickeln als einen Körper bildet; aber diese Anordnung wird schwerer und teurer als möglichst dünne Tragbogen mit magerer leichter Ueberfüllung. Bezüglich dieser Anordnung wurde dann für die 1,30 bis 1,50 m weiten Felder ein Vergleich eines Tragbogens mit $\frac{1}{9}$ Pfeilverhältnis aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kies nebst Ueberfüllung aus 8 Teilen Schlacken mit 1 Teil Weiskalk mit einem Bogen nebst Zwickeln aus 1 Teil Zement und 6 Teilen Schlacken mit etwas Sand angestellt. Der Schlackenbeton besafs die 0,7fache Zugfestigkeit des Kiesbetons; machte man letzteren also 10 cm stark, so mußte der Schlackenbeton 14 cm dick sein. Die Decke aus Schlackenbeton würde dann auf 1 qm 80 kg leichter als die aus Kiesbeton, aber nicht billiger. Da man außerdem den Gehalt der Schlacken an Schwefelverbindungen fürchtete, so erschienen die mit Schlackenbeton zu erzielenden Vorteile nicht

durchschlagend und man wählte den Kiesbetonbogen, teerte aber die oberen Trägeteile, um sie einer etwaigen ungünstigen Einwirkung des Schwefels in den Schlacken der Ueberfüllung zu entziehen. Nach oben wurden die Bogenkämpfer bis unter den oberen Trägerflansch hinaufgezogen, um eine Art von Einspannung zu erzielen.

Fig. 202.



So entstand die in Fig. 202 dargestellte Anordnung, auf deren Ueberfüllung ein Parkettfußboden in Asphalt verlegt, und welche von unten her abgeputzt wurde. Die Trägerflansche blieben auch hier

¹⁵⁰⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1889, S. 491.

¹⁵¹⁾ Siehe ebendaf. 1890, S. 7.

unten sichtbar. Die Träger erleiden hier bei 660 kg für 1 qm Gefamtlast der Decke für 1 qm 1000 kg Spannung. Die Kosten beliefen sich auf 15,0 Mark für 1 qm, während der Anschlag für Holzbalken mit Gipsdielen, Füllung, Parkett auf Blindboden und Deckenputz etwa nach Fig. 94 (S. 58), unter Erfatz der dort gezeichneten Sprentafeln durch Gipsdielen, 13,4 Mark für 1 qm und wegen der geringeren Last etwas weniger Mauerwerk ergab. Der Unterschied erschien nicht grofs genug, um die gewählte, jedenfalls sicherere Anordnung aufzugeben.

e) Günstige Erfahrungen mit Schlackenbeton giebt die Firma *Odorico* zu Frankfurt a. M. an. Kappen von 2,00 m Weite aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Schlacken von Tauben- bis Hühnereigröfse ertrugen bei 12 cm Scheitelstärke und 15 cm Kämpferstärke im Alter von 4 Wochen nacheinander für 1 qm 1000 kg voller, 2600 kg einseitiger und 2880 kg Belastung der mittleren Hälfte, ohne dafs sich irgend welche Veränderungen gezeigt hätten. Die Kämpfer der Kappen waren mit Hilfe paarweiser Anordnung der Balken (siehe Art. 85 [S. 95], sowie Fig. 168 [S. 93]) kräftig unterstützt.

103.
Zöllner's
Verbund-
wölbung.

Von verschiedenen Seiten wird, namentlich auf Grund nordamerikanischer Versuche, behauptet, dafs Fachausfüllungen aus Backstein dem Feuer im ganzen besser widerstünden als Betonflächen. Um nun die Vorteile der schnelleren und einfacheren, auch billigeren Herstellung der Betonkappen möglichst auszunutzen und doch den vollen Feuerchutz der Backsteinkappen zu erzielen, empfiehlt *Zöllner*¹⁵²⁾

Fig. 203.



die sog. »Verbundwölbung« für Balkenfache aus einer Lage von Ziegelsteinen (Fig. 203), die zunächst auf der bogenförmigen Schalung verlegt mit Beton überstampft wird und eben oder, zum Zwecke innigerer Verbindung mit dem Beton, mit nach oben vorspringenden Rippen hergestellt sein kann.

β) Mit Eifeneinlagen.

104.
Allgemeine
Erörterung;
Verbundkörper.

Bei der Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton mit Eifeneinlagen kommen letztere zuerst zu eingehenderer Behandlung; sie müssen daher hier zunächst für sich erörtert werden, und zwar soll die gleich für alle Arten der Umhüllung: Mörtel, Beton und Mauerwerk, der Ueberfichtlichkeit wegen zusammen gefchehen. Später wird dann auf den vorliegenden Artikel verwiesen werden¹⁵³⁾.

Die Mauerwerks- und Betonkörper besitzen bekanntlich eine ganz erheblich, meist etwa zehnfach gröfsere Widerstandsfähigkeit gegen Druck als gegen Zug. Nun sind aber alle »tragenden« Bauteile, insbesondere die Decken, im Gegenfatze zu den nur oder ganz überwiegend Längsdruckkräften ausgesetzten »stützenden«, wie Wände und Pfeiler, stets der Wirkung von Biegemomenten unterworfen, die bekanntlich in einem Teile eines Querschnittes Druck-, in einem anderen Zugspannungen hervorrufen. Da nun Mauerwerks- und Betonkörper letztere nur in geringem Mafse ertragen, so erscheinen sie für die Verwendung da, wo Biegemomente auftreten, wenig oder gar nicht geeignet. Dies ist der Grund, weshalb diese an sich so sehr bewährten Baustoffe durch Jahrtausende von der Verwendung für ebene Decken ausgeschlossen geblieben sind. Bei Balken oder Platten beruht die Tragwirkung

¹⁵²⁾ P. Zöllner & Co. in Berlin. D. R.-G.-M. — Siehe auch: *Baugwks.-Zeitg.* 1898, S. 1776.

¹⁵³⁾ Eingehende Erörterung findet sich in: »Das System *Monier*« (Eisengerippe mit Zementumhüllung) in seiner Anwendung auf das gefamnte Bauwesen. Unter Mitwirkung namhafter Architekten und Ingenieure herausgegeben von G. A. WAYSS, Ingenieur, Inhaber des Patentes *Monier* (14637). Berlin NW., Alt Moabit 97. Berlin 1897. — Der Einflufs von Eifeneinlagen wird nach Versuchen von *Confidère* eingehend untersucht in: *Schweiz. Bauz.*, Bd. 35, S. 235 — und: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — *Centralbl. d. Bauverw.* 1900, S. 83, 93.

allein auf der Aufnahme von Biegemomenten; bei Wölbungen kommt aus dem Schube eine Längsdruckkraft hinzu, welche in den Querschnitten nur Druckspannung erzeugt, und zwar bei entsprechender Bemessung und Gestaltung der Wölbung in folchem Maße, daß dadurch die aus gleichzeitig wirkenden Biegemomenten erwachsenden Zugspannungen aufgehoben oder gar überwogen werden, während sich die aus beiden Ursachen folgenden Druckspannungen vereinigen. So kommt es, daß richtig bemessene Wölbungen in ihren Querschnitten nur Druckspannungen, wenn auch ungleichmäßig verteilte, aufzunehmen haben und daher die Verwendung von Beton oder Mauerwerk eher gestatten als ebene tragende Körper. Daher haben die Alten denn auch die Ueberdeckung von Räumen mit Mauerwerk in Form der Wölbung früh erlernt. Unter den neueren Ansprüchen unterworfenen Wölbungen, d. h. den flachen und hohen, beweglichen Lasten ausgesetzten, kommt es aber sehr häufig vor, daß die Zugspannungen aus den Biegemomenten die Druckspannungen aus den Längsdruckkräften überwiegen. Solche Wölbungen sind dann also, wenn auch in minderem Maße als Platten und Balken, Zugspannungen ausgesetzt, und ihre Gestaltung aus Mauerwerk und Zement begegnet daher bis zu gewissem Grade denselben Schwierigkeiten, wie diejenige der Platten und Balken.

Im letzten Viertel des verfloffenen Jahrhunderts ist nun der Gedanke verfolgt, diese Schwäche der sonst so vorzüglichen Baustoffe gegen Zugspannungen dadurch zu heben, daß man sie in den überwiegend gezogenen Teilen mit einem gegen Zug sehr festen Stoffe, meist dem Eisen, in Verbindung bringt und, sie so von der Aufnahme der Zugspannungen entlastend, nur ihre Widerstandsfähigkeit gegen Druck ausnutzt. Nach diesem Gedanken, der zuerst durch *Rabitz* und *Monier* in größerem Umfange zur Durchführung für Bauzwecke gelangte, sich seither aber sehr verbreitet hat, ist es nun möglich, auch aus Beton oder Mauerwerk Körper herzustellen, die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Biegung besitzen.

Annähernd müssen die Eiseinlagen auf der einen Seite eines gebogenen Querschnittes eine ebenso große Zugkraft aufnehmen, wie die Mörtel-, Beton- oder Mauerwerksteile an Druck auf der anderen; da nun die auszunutzende zulässige Zugspannung des Eisens etwa 40- bis 125mal größer ist als die zulässige Druckspannung besten Betons bis gewöhnlichen Mauerwerkes, so hätte man danach wegen Dreiecksverteilung des Druckes auf den gedrückten Teil der Fugen etwa den 20. bis 63. Teil der gedrückten Teile der Fugenflächen an Eisenquerschnitt einzubauen, um eine Zusammensetzung zu erhalten, in der beide Arten von Baustoffen voll ausgenutzt werden. Diese wirtschaftlich wirksamste Zusammensetzung ist nun leider nicht immer ausführbar; denn auf der Zugseite befindet sich außer dem Eisen auch noch der dieses einhüllende Mauer- oder Mörtelkörper, dessen Zugfestigkeit bekanntlich nur eine sehr geringe ist. Wird nun das Eisen so eingebettet, daß es unverschieblich im umhüllenden Körper haftet, so müssen die durch die Zugspannungen in Eisen und Umhüllung eintretenden Verlängerungen stets gleich bleiben, wenn keine Trennungen beider Teile voneinander eintreten sollen. Nun ist aber bei niedrigen Spannungen in der Umhüllung die Verlängerungsziffer des Eisens für 1 kg Spannung auf 1 qcm mit 0,0000005 nur etwa ein Zehntel derjenigen der Umhüllung mit 0,000005 und nur etwa ein Zwanzigstel derjenigen der Umhüllung mit 0,00001, wenn letztere höhere Spannungen auszuhalten hat. Daraus folgt, daß mittels der Haftfestigkeit des Eisens in der Umhüllung bei niedrigen Spannungen das Zehnfache der Spannung der Umhüllung auf das Eisen übertragen werden muß, damit gleiche Wirkungen in

beiden Teilen eintreten. Nun steigen aber die für die besten Einhüllungsmittel zulässigen Zugspannungen nur bis etwa 8 kg für 1 qcm; bei den meisten sind sie niedriger. Sonach wird man bei ihrer Einhaltung nur etwa $10 \cdot 8 = 80$ kg für 1 qcm auf das Eisen bringen können. Nimmt man an, es trüge mehr, so würde es sich gegen die Umhüllung zuviel verlängern, daher aus der Umhüllung lösen müssen. Um das Eisen besser auszunutzen, muß man sich entschließen, über die an anderen Stellen als zulässig angefahrenen Spannungen hinaus, etwa bis zur Bruchgrenze der Umhüllung, zu gehen, die für verschiedene Umhüllungstoffe etwa bei 6 bis 12 kg für 1 qcm beträgt. Dabei steigt dann die Ausdehnungsziffer für 1 kg Spannung auf 1 qcm in der Umhüllung etwa auf 0,00001, so daß nun das Zwanzigfache auf das Eisen übertragen werden kann und muß, wenn gleiche Reckungen in beiden aufrecht erhalten werden sollen. Man käme so zu einer Ausnutzung des Eisens mit etwa 120 bis 240 kg für 1 qcm, die immer noch sehr niedrig ist, hat dann aber bereits Körper mit Spannungen, die über die gewöhnlich zugelassenen hinausgehen. Diese Körper sind nun zwar noch völlig sicher, da das Eisen ja erheblich mehr tragen kann, vorausgesetzt, daß die Druckspannungen auf der anderen Seite der Umhüllung nicht unzulässig hoch werden; aber man ist der Entstehung von Rissen auf der Zugseite ausgesetzt, da man sich in der Nähe der Bruchgrenze der Umhüllung befindet, die nach neueren Versuchen *Confédère's*¹⁵⁴⁾ freilich durch die Eiseneinlagen erhöht zu werden scheint. Solche Risse werden bei den geringen Längenänderungen des Eisens nun zwar sehr eng fein; immerhin giebt es aber Fälle, in denen sie unzulässig sind, wie in den Flächen reich zu bemalender oder reich mit Stuck zu verfeinerter Decken u. f. w. Liegt ein solcher Fall vor, so bleibt nichts übrig, als die geringen zulässigen Spannungen der Umhüllung auf der Zugseite einzuhalten und sich damit zufrieden zu geben, daß das Eisen und die Druckseite der Umhüllung nur mit einem geringen Teile ihrer zulässigen Leistungsfähigkeit ausgenutzt werden; die Konstruktion wird dann zu Gunsten der Vermeidung aller Risse für die erforderliche Tragfähigkeit zu stark. In solchen Fällen ist in guten Betonumhüllungen durchschnittlich mit der Dehnungsziffer 0,000005 zu rechnen und die Spannung im Eisen ist auf das etwa 10fache derjenigen der Umhüllung beschränkt.

Hat man es aber mit Fällen zu thun, in denen feine, auf der Zugseite entstehende Risse unschädlich erscheinen, wenn nur die verlangte Tragwirkung gesichert ist, wie dies bei den meisten nicht besonders fein auszustattenden Bauwerken zutrifft, so ist man in der Lage, das Eisen voll auszunutzen, indem man die Zugseite der Umhüllung aufreißen läßt, wo und wie sie will. Man hat dann noch das Mittel, die entstandenen Risse später zu verstreichen; dies wird aber nicht auf die Dauer helfen, da die bei jeder Be- und Entlastung eintretende Bewegung den Verfrisch doch wieder stören wird. Hierbei werden die Spannungen auf der Druckseite der Umhüllung so hoch, daß diese völlig ausgenutzt werden kann und muß, und daß man bei guten Betonumhüllungen durchschnittlich mit der Dehnungsziffer 0,00001 zu rechnen hat, da diese mit wachsender Spannung bei derartigen Körpern zunimmt. Im allgemeinen stehen diese Ziffern leider noch wenig fest.

Hiernach wird die Berechnung derartiger Verbundkörper demnächst für zwei Gruppen von Fällen auf zwei verschiedenen Grundlagen aufgebaut werden müssen. Ist die Entstehung von Rissen auszuschließen, so ist mit niedriger Dehnungsziffer,

¹⁵⁴⁾ Siehe: Annalen f. Gewebe. u. Bauw., Bd. XLV (1899), S. 216. — Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235. — *Le génie civil*, Bd. XXXV (1899), Heft 14 bis 17.

für gute Betonumhüllung etwa mit $\frac{s}{E} = 0,000005$, und mit den auch sonst für Zug als zulässig anerkannten Spannungen zu rechnen. Braucht man das Entstehen von Rissen nicht zu scheuen, so rechne man mit höherer Dehnungsziffer, für gute Betonumhüllung etwa mit $\frac{s}{E} = 0,00001$ der Umhüllung, und nutze diese auf der Druckseite mit der äußersten zulässigen Druckspannung, das Eisen mit der in ihm zulässigen Zugspannung aus.

Bei den mehrfach erwähnten Versuchen *Confidère's* ist neuerdings eine Beobachtung gemacht, welche die Gefahr des Entstehens von Rissen noch weniger bedenklich erscheinen läßt, als sie oben hingestellt wurde. Es wurde nämlich festgestellt, daß mit Eisendraht durchgezogene Beton- und Mörtelkörper auch bei feinsten Unterfuchung noch keine Risse erkennen ließen, wenn sie durch Zugspannungen in einem Maße gereckt waren, welches die Ueberschreitung der Bruchgrenze des einhüllenden Stoffes bei dem Versuche bewies. Um aber festzustellen, ob nicht dennoch unerkennbare Risse vorhanden seien, schnitt man aus den so gereckten Körpern nach deren Entlastung zwischen den Drähten reine Mörtelstäbe heraus und fand durch neue Zugversuche, daß sie in der That noch die ihrem Stoffe eigentümliche Festigkeit befaßen. Obwohl sie also mit dem Eisen verbunden eine Reckung erfahren hatten, die an einem reinen Mörtel- oder Betonkörper nicht hergestellt werden kann, weil er vorher reißt, so waren diese Stäbe dennoch rissfrei und überhaupt in ihrem Gefüge nicht beeinträchtigt.

Diese zunächst überraschende Einwirkung der Eiseneinlagen auf den Umhüllungstoff, die nur so lange wirkt, als beide verbunden sind, nach der Trennung aber wieder verschwindet, also nicht etwa eine chemische sein kann, ist vielleicht in folgender Weise zu erklären.

Bei höher belasteten Verbundkörpern tritt sehr bald in der Umhüllung des Eisens eine ihre Streckgrenze überschreitende Spannung auf, die dann kaum noch einer Steigerung bedürfte, um in dem vom Eisen unabhängigen Körper in der bekannten Weise in Kürze den Bruch zu bewirken, wie ja auch beim Eisen nach Ueberschreiten der Streckgrenze zur Erzielung des Bruches nur geringe Spannungserhöhung erforderlich ist. Beim freien Körper erfolgt hierauf die Streckung sehr bald nur noch an der durch Zufälligkeiten schwächsten Stelle, die dann die bekannte Einschnürung annimmt und bricht, während die übrigen Querschnitte kaum eine weitere Formänderung zeigen, also durch die Nachgiebigkeit der schwächsten Stelle sozusagen entlastet werden.

Ist die Umhüllung nun aber in Verbindung mit dem sehr viel festeren Eisen, welches auch bei Erreichung der Streckgrenze in der Umhüllung immer noch seiner Festigkeit gegenüber geringe Spannungen aufzunehmen hat, so wird die Umhüllung verhindert, den zum Bruche führenden schnellen örtlichen Fortschritt der Streckung anzunehmen; vielmehr wird die umhüllende Masse gezwungen, eine für die ganze Länge gleichmäßige Streckung anzunehmen, die der Längenänderung des Eisens entspricht, und sie kann diese Streckung, ohne zu brechen, erleiden, da die Streckungen nach Ueberschreitung der Streckgrenze bekanntlich um ein erhebliches fortzuschreiten können, ohne daß dazu eine wesentliche Erhöhung der Spannung erforderlich wäre.

Der bei hoher Belastung der Verbundkörper eintretende Vorgang scheint danach folgender zu sein. Zunächst wachsen die Spannungen in Eisen und Umhüllung ganz

105.
Eigenartige
Wirkung
des Mörtels
in
Verbundkörpern.

oder nahezu geradlinig derart an, daß die elastischen Reckungen des Eisens gleich den elastischen und bleibenden der Umhüllung bleiben. Ist aber die Streckgrenze des Stoffes der Umhüllung erreicht, so giebt diese den weiteren Reckungen des Eisens nach, ohne dabei noch größere Spannungen aufzunehmen, aber auch ohne bei einem erheblichen Mafse weiterer Reckung zu reißen. Danach kann man sich die widerstehende Wirkung des Mörtels in der Zugseite einer gebogenen Umhüllung so denken, daß die Spannung von der Nulllinie aus nach außen nahezu geradlinig zunimmt, bis sie in einiger Entfernung von der Nulllinie die Streckgrenze erreicht; alle noch weiter nach außen liegenden Teile der Zugseite leisten dann die der Streckgrenze entsprechende Spannung, ohne ihre Leistung bei wachsender Belastung noch zu erhöhen. Wird der Körper also nicht gebogen, sondern nur gezogen, so hätte man zur Festlegung der Widerstandsfähigkeit des Ganzen zuerst den Querschnitt der Umhüllung als mit der Spannung an der Streckgrenze wirkend zu berechnen und den darüber hinaus erforderlichen Widerstand allein dem Eisen aufzubürden. Erst wenn in solcher Weise in letzterem zu hohe Spannungen entstehen, erscheint der ganze Verbundkörper gefährdet.

Diese Anschauungen scheinen bestimmt zu sein, eine sichere Grundlage für die Berechnung von Verbundkörpern zu schaffen, und wir werden den Aufbau der Berechnungen auf denselben als Grundlage in Kap. 9 mitteilen, wenn auch ihre Richtigkeit immerhin noch der Bestätigung bedarf und wenn auch die Streckgrenze für die in Frage kommenden Stoffe noch nicht genügend feststeht. Wir werden jedoch im vorliegenden Hefte die statischen Nachweise in erster Linie noch auf den oben umschriebenen, heute wohl als zweifellos etwas übertrieben sicher zu bezeichnenden Boden stellen, daß man in der Umhüllung die für Zug auch ohne Eisenlagen zulässigen Zugspannungen nicht überschreiten darf, wenn man gegen das Entstehen von Rissen als Folge der Spannungen gesichert sein will, daß man aber die Umhüllung als keinen Widerstand leistend zu betrachten hat, sobald diese Grenze der zulässigen Zugspannung überschritten wird. Formeln, entwickelt unter Einführung der eigentümlichen Wirkung der Streckgrenzen-Spannung, sind auch verschiedentlich bereits anderwärts aufgestellt¹⁵⁵); sie ergeben selbstverständlich schwächere Körper als die von uns oben festgestellte Grundlage der Berechnung.

Hat man es mit Bauteilen zu thun, deren Querschnitte Momenten wechselnden Sinnes ausgesetzt sind, so daß jede Seite bald Zug, bald Druck erhält, so hat man jeder Seite eine Eiseneinlage zu geben. Dies tritt z. B. bei aus solchen Verbundkörpern hergestellten, wechselnder Belastung ausgesetzten Bogen ein. Bei solchen Konstruktionen ist für den Fall, daß sie, nach der zweiten Grundlage berechnet, der Entstehung von Rissen ausgesetzt sind, der Gedanke unangenehm, daß eine Stelle, welche bei einem Lastzustande aufgerissen ist, bei dem durch Veränderung der Laststellung eintretenden Wechsel des Sinnes des Angriffsmoments nun Druck übertragen muß. Man braucht dieses Verhältnis aber in der That nicht zu scheuen; denn die feinen Risse, welche, wenn sie entgegen den obigen Ausführungen wirklich auftreten, dann stets fast genau rechtwinkelig zur Richtung des Druckes stehen, stören die Aufnahmefähigkeit der Umhüllung für Druck wenig, und die Beweglichkeit des Bogens wird durch Öffnen und Schließen dieser feinen

106.
Wechsel
der
Spannungen
nach
Art und Ort.

¹⁵⁵) Siehe: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. 35, S. 235; Bd. 36, S. 129. — *Centralbl. d. Bauverw.* 1900, S. 83, 93. — *Bauing.-Ztg.* 1901, S. 9. — *Revue technique de l'exposition universelle de 1900.* Paris 1900. Teil I, Bd. 2, S. 36. — Vergl. auch die Quellenangaben zu Kap. 9.

Risse nicht gefestigt, da deren Weite ja nur der so wie so eintretenden Verlängerung und Verkürzung der Eifeneinlage entspricht.

Dafs die Eifeneinlage stets auf der Seite der Verbundkörper liegen mufs, auf der die Zugspannungen wirken, folgt aus dem Gefagten ohne weiteres. Hat man es also mit Körpern zu thun, bei denen an verschiedenen Stellen Zug- und Druckseite wechseln, wie z. B. bei einer über mehrere Träger durchlaufenden Platte, welche über den Trägern oben, in der Mitte der Fache unten gezogen ist, so entsteht eine gefchlängelte Gestalt der Eifeneinlage; im angedeuteten Falle liegt sie über den Trägern der Oberseite, in den Fachmitten der Unterseite der Platte nahe.

Bezüglich des Abstandes der Eifeneinlage von der Aussenfläche sind die Umstände mafsgebend, dafs die Wirkung um so günstiger wird, je näher die Einlage der Aussenfläche liegt, dafs aber andererseits die Umhüllung des Eisens nach der Aussenfläche hin noch stark genug fein mufs, um sicher zu sein, d. h. namentlich, um verhüten zu können, dafs die Vorgänge der Spannungsentwicklung die zu schwache Mörtelleiste vor dem Eisen ausprengen, so dafs dieses dann nach aussen frei liegt. In guten Mörtel eingelegte dünne Drähte und rechtwinkelig zur Aussenfläche stehende dünne Bandeisen werden von 0,5 cm Mörtel noch sicher eingehüllt; stärkeren Drähten wird man mindestens 1 cm Abstand von der Aussenfläche geben, und stärkere Eisen erfordern gröfsere Abstände, namentlich wenn es sich um Einbettung in Beton handelt, da dann der sichere Schluss aufserhalb des Eisens von der Korngröfse des verwendeten Steinstoffes abhängt. Auch ist zu beachten, dafs das sichere Einstampfen unter breiten Körpern schwierig wird, wenn die Schicht zwischen Eisenkörper und Rüstung oder sonstiger Unterlage zu dünn wird. Will man z. B. grofse I-Träger in groben Beton einstampfen, so wird man die Flansch-kante wohl mindestens 12 cm von der Aussenfläche ablegen müssen. Besonders schwierig ist das Einbetten dünner Bandeisen mit der Breite in der Richtung der Aussenfläche, eine theoretisch sehr wirksame Anordnung, die aber an der Schwierigkeit des sicheren Schliessens der Umhüllung aufserhalb der breit liegenden Band-eisen scheitert.

Ferner ist auf den richtigen Fortschritt des Einstampfens achtzugeben. Wählt man diesen so, dafs es nötig wird, frischen Mörtel oder Beton gegen schon abgeordneten zu bringen, so wird man zwischen beiden Trennungsfugen erhalten, die bezüglich sicherer Aufnahme der Längs- und der Scherspannungen versagen. Das Fortschreiten ist so zu wählen, dafs sich das Nachfolgende stets sicher mit dem Vorhergehenden verbindet und dafs keine Hohlräume unter oder hinter starken Eifeneinlagen entstehen.

Bezüglich der Art des Einbringens wird wohl die Regel aufgestellt, dafs Schichten rechtwinkelig zur Richtung der gröfsten Längsspannungen gebildet und in der Richtung dieser Spannungen gestampft werden sollen. Diese Regel ist meist schwer zu befolgen und führt durch den entstehenden Zeitverlust unter Umständen gerade zu Verschlechterungen. Wenn die zuerst angeführten Vorschriften beachtet und alle Teile nur überhaupt gut gestampft, bei Mauerwerk die Fugen satt gefüllt und fest geschlossen werden, so wird aus der Nichtbeachtung der letzteren Regel kein Schaden erwachsen.

Gegen diese Verbundkörper ist anfangs der Einwand erhoben, dafs der Zusammenhang der beiden ganz verschieden gearteten Stoffe durch Wärmewechsel gefährdet werden müsse. Dieser Einwand ist nicht stichhaltig, da die Wärmeaus-

107.
Abstand der
Eifeneinlage
von der
Aussenfläche.

108.
Fortschreiten
des
Einstampfens.

109.
Einfluss des
Wärme-
wechsels.

dehnungsverhältnisse beider Stoffe, des Eisens und der Umhüllung, fast völlig übereinstimmen, und das ganz eingehüllte Eisen kann keinen erheblich anderen Wärme-grad annehmen als die Umhüllung; letztere schützt als schlechter Wärmeleiter mit vergleichsweise geringer Oberfläche das Eisen.

110.
Inhalts-
unbeständig-
keit des
Mörtels.

Ein sehr viel gewichtigerer Einwand gegen diese Verbundwirkung ergibt sich aus der Inhaltsunbeständigkeit der Mörtel, insbesondere des Zements und der Zementmörtel¹⁵⁶⁾. Unter Wasser erhärtend, dehnen sich die Mörtelkörper bis zur Dauer von etwa drei Jahren aus, während das Eisen seine Länge zu wahren sucht. Die Folge ist, daß sich das Eisen der Ausdehnung widersetzt, dabei selbst Spannung erleidend, und der Mörtelkörper gezwungen wird, seine Ausdehnung auf das für seine Natur zu geringe Maß zu beschränken, welches ihm das Eisen durch seine geringe Verlängerung zugesteht. Diese Beschränkung der Ausdehnung des Mörtelkörpers kann aber nur durch Entstehung von Druckspannung im Mörtel zustande kommen, welche nahe an den Eiseneinlagen am größten ist, weiter nach außen abnimmt und in einem gewissen, aber großen Abstände vom Eisen verschwindet. Hat man es also mit einem Verbundkörper beschränkter Abmessungen zu thun oder kehren die Eiseneinlagen in einem größeren Körper in geringen Abständen wieder, so wird man es bei Lage unter Wasser nach dem vollständigen Abbinden mit einem künstlichen Zustande von bleibender Spannung zu thun haben, welcher das Eisen zieht, den Mörtel zusammendrückt. Macht man den Eisenquerschnitt schwach genug, so wird es unzweifelhaft gelingen, die Einlage lediglich mittels des Abbindens des Mörtels abzureißen. Diese Gefahr tritt aber bei den vorkommenden Querschnittsverhältnissen zwischen Mörtel und Eisen nicht ein. Der so geschaffene Zustand kann sogar als ein günstiger bezeichnet werden; denn die Gefahr für die Mörtelteile lag in der Zugbeanspruchung durch die Belastung, die durch die vor Auftreten der Luft vorhandenen Druckspannungen verringert, vielleicht in einzelnen Fällen aufgehoben wird. Dabei vereinigen sich allerdings die anfänglichen und die aus der Luft entstehenden Druckspannungen auf der Druckseite, und die entsprechende vergrößernde Vereinigung von Zugspannungen geht in der Eiseneinlage vor sich. Da aber der Mörtel gegen Druck sehr viel widerstandsfähiger ist als gegen Zug und die Eiseneinlagen nach den obigen Auseinandersetzungen sehr häufig nicht annähernd voll ausgenutzt sind, so haben diese Spannungsvergrößerungen wenig Bedenkliches. Bei der Berechnung solcher Verbundkörper wird in Kap. 9 auch nachgewiesen werden, daß eine Längsdruckkraft für sie gegenüber dem Angriffe von Biegemomenten geradezu als eine günstige Entlastung aufgefaßt werden kann.

Hiernach ist die Inhaltsunbeständigkeit der Mörtelkörper bei Lage unter Wasser eher als günstiger denn als ungünstiger Umstand anzusehen, der jedoch bei der Festsetzung der Abmessungen nicht aus dem Auge zu lassen ist, damit nicht gegen die Absicht dünne Eiseneinlagen auf Zug und die Druckseite des Körpers auf Druck überlastet werden.

Leider stellen sich diese Verhältnisse ungünstiger bei dem hier in Frage kommenden, an der Luft erhärtenden Verbundkörper; denn in diesem Falle suchen sich Zement- und Mörtelkörper nach einem Verhältnisse zu verkürzen, welches dem Verlängerungsverhältnisse einer schon hohen Zugspannung entspricht. Das Ver-

¹⁵⁶⁾ Vergl. die Untersuchungen *Confidère's* über Verbundkörper aus Mörtel und Eisen in: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — *Revue industrielle*, Bd. XXIX (24. Dez. 1898), S. 518; Bd. XXX (Januar 1899), S. 28. — GLASER'S Annalen f. Gewebe u. Bauw., Bd. 45 (1899), S. 216. — *Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinen-Ind.*, Bd. XIX (1900), S. 10. — *Centralbl. d. Bauverw.* 1900, S. 83, 93.

kürzungsverhältnis beim Abbinden in drei Jahren beträgt bei reinem Zement etwa 0,002, das Verlängerungsverhältnis für 1 kg Spannung auf 1 qcm aber 0,000093; somit ist ein Zug von $\frac{0,002}{0,000093} = 21,5$ kg für 1 qcm nötig, um dem Körper seine ursprüngliche Länge wieder zu erteilen. Nun wird der Verbundkörper um so kräftiger verhindert, die angestrebte Verkürzung wirklich auszuführen, je mehr Eisenquerschnitt er enthält; denn das Eisen widersetzt sich der Verkürzung nach Maßgabe des Unterschiedes seines Verkürzungsverhältnisses für 1 kg Spannung auf 1 qcm und desjenigen der Umhüllung, hindert letztere, die diesem Unterschiede entsprechende Verkürzung auszuführen, erzeugt also so beträchtliche Zugspannung in derselben, daß sie dadurch allein in vielen Fällen über das zulässige Maß hinaus gezogen werden wird. In der Eiseneinlage entstehen dabei Druckspannungen, die nachher die Zugspannungen aus der Belastung vermindern, und ebenso verringert die Zugspannung aus der Verhinderung der Verkürzung in der Umhüllung die Druckspannung aus der Last auf der Biegungsdruckseite. Diese Entlastungen nutzen aber nichts, da sie Teile betreffen, die ihrer nicht bedürfen. Auf der Biegungszugseite der Umhüllung kommt aber die Zugspannung aus der Last zu der aus der Verhinderung der Verkürzung, und diese Vereinigung wird sehr häufig Spannungen liefern, die die Bruchgrenze erreichen oder überschreiten, und so wird man das Entstehen feiner Risse auf der Zugseite mit noch größerer Wahrscheinlichkeit erwarten müssen, als sich aus den früher angeführten Gründen ergibt.

Mit diesem Gedanken wird man sich bei Verwendung der Verbundkörper abfinden müssen, da die Ursachen der geschilderten Erscheinungen nicht zu beseitigen sind. Zu erwähnen ist aber noch, daß die Inhaltsunbeständigkeit um so mehr schwindet, je weniger Mörtelkittmasse der Körper enthält; am ungünstigsten sind daher in dieser Beziehung reine Zementkörper, darauf folgen fette und magere Zementmörtelkörper, verlängerte Zementmörtel-, fette und magere Beton- und schließlich Mauerwerkskörper in der angegebenen Reihenfolge. Bei überwiegend aus Stein bestehenden Mauerwerkskörpern verschwinden die geschilderten ungünstigen Erscheinungen fast ganz; dagegen sind Beton- und Zementmörtelkörper nicht viel günstiger als solche aus reinem Zement, weil ihrer größeren Inhaltsbeständigkeit zugleich ganz erheblich niedrigere Zugfestigkeiten gegenüberstehen.

Voraussetzung für das Zustandekommen der geschilderten Tragwirkung und für das Eintreten der übrigen Erscheinungen an den Verbundkörpern ist das völlig unverchiebliche Haften der Umhüllung an den Eiseneinlagen innerhalb der Spannungsgrenzen, die in Frage kommen. Ist dieses Anhaften nicht erzielt, kann sich also die Umhüllung längs gegen die Einlagen beliebig verschieben, so sind die letzteren fast völlig nutzlos für die Tragwirkung. Bezüglich des Grades dieses Anhaftens findet man vielfach¹⁵⁷⁾ das Maß von 40 kg für 1 qcm Eisenoberfläche angegeben, das alle in dieser Beziehung vorkommenden Bedürfnisse übersteigt. Dieses durch Versuche festgestellte Maß wird sich erreichen lassen, wenn man das metallisch reine Eisen mit der Säure des Zements überall in fette Berührung bringt und dafür sorgt, daß hinreichend lange freie Kieselsäure vorhanden ist, um die kieselsäuren Eisenverbindungen entstehen zu lassen, auf deren Bildung die Erscheinung des Haftens von Eisen im Mörtel zu beruhen scheint. Diese Bedingungen sind aber leider bei Bauausführungen selten erfüllt. Selbst das reine Eisen ist von der

111.
Haften der
Umhüllung
an den
Eiseneinlagen.

¹⁵⁷⁾ Z. B. von J. F. Klein in Erbach.

Erzeugung her mit Oxydationserzeugnissen bedeckt, trägt meist eine dünne Rostschicht, ja häufig Schmutz und Fett auf der Oberfläche; die Vollständigkeit der Einbettung kann nicht überwacht werden, und die unvollkommene Mischung oder die Magerkeit des umhüllenden Mörtels stellen das Vorhandensein genügender Mengen von nicht abgebundener Mörtelkittmasse oft in Frage. So findet man denn beim Aufschlagen solcher Verbundkörper in der Mehrzahl der Fälle, daß sich das Eisen ohne weiteres aus der Umhüllung löst und daß Verbindungen des Eisens mit den Mörtelbestandteilen nicht eingetreten sind, daß die Mörtelfläche, an der das Eisen lag, vielmehr einen spiegelnden Glanz zeigt. Auch dieser Umstand steht der vollen Ausnutzung der Verbundkörper entgegen; jedenfalls ist es nicht ratsam, auf das Vorhandensein erheblichen Widerstandes gegen Scherspannungen zwischen Eisen und Mörtel zu rechnen, aber empfehlenswert, fette Mörtel zu verwenden, die dann wieder die Folgen der Inhaltsunbeständigkeit steigern.

112.
Widerstände
gegen
Verschieben
der Eifen-
einlagen.

Um nun einen Ersatz für das recht fragliche chemische Anhaften des Eisens an der Umhüllung zu schaffen, werden in vielen Anordnungen Mittel verwendet, um das Haften durch Anbringen von Widerständen gegen Verschiebung zu erzielen. Diese kommen alle auf eine solche Gestaltung der Eiseinlagen heraus, daß das Herausziehen derselben auch dann nicht möglich ist, wenn die chemische Verbindung ausbleibt. Im folgenden werden viele derartige Mittel vorgeführt werden. Der Erfolg dieser Mittel wird noch durch den Umstand gefördert, daß das Bestreben der Umhüllung, sich beim Abbinden an der Luft zusammenzuziehen, die Einlagen in gewissem, geringem Grade einklemmt, also die Reibung zwischen beiden Körpern erhöht.

113.
Gestaltung
der
Eiseinlagen.

Die Gestaltung der Eiseinlagen¹⁵⁸⁾, die aus naheliegenden Gründen möglichst einheitlich und einfach sein sollte, zeigt, wohl wieder mit aus Anlaß des Strebens nach Erteilen von Patenten, eine ziemlich reiche Musterreihe; die wichtigsten führen wir hierunter an. Ihre Beschreibung kann kurz ausfallen, da der Leser nach den obigen Auseinandersetzungen selbst in der Lage sein wird, den Wert der einzelnen Konstruktion abzuschätzen. Hier kommt es nur darauf an, die verschiedenen Formen der Einlagen vorzuführen; ihre Verwendung zu Bauausführungen wird weiter unten ausführlich erörtert.

114.
Drahtgewebe
und
-Netze.

Die erste hier vorzuführende Konstruktion bilden die Drahtgewebe und -Netze. Einige Muster von Netz- und rechtwinkligen Gewebeeinlagen¹⁵⁹⁾ zeigen Fig. 204, 205 u. 206. Sie sind verwendet von *Monier, Rabitz, Weyhe, Contancin, Roebing, Donath, Lilienthal* in der »Terraft«-Decke u. f. w.

Diese dünnen Drahtkörper betten sich gut ein und geben durch ihr Gefüge ein starkes Haften im Mörtel, auch wenn dieser nicht an das Eisen selbst anbindet. Es liegt auf der Hand, daß Gebilde wie in Fig. 206 am günstigsten sind, da sie ausgesprochenen Kraftrichtungen gut entsprechen, während die Netze

Fig. 204.

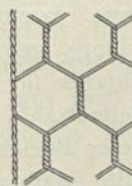
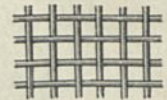


Fig. 205.



Fig. 206.



¹⁵⁸⁾ Außer den in den folgenden Fußnoten angegebenen Quellen siehe: Schweiz. Bauz., Bd. 36 (1900), S. 93. — Zeitchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 97, 117.

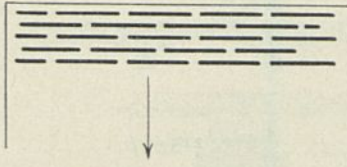
¹⁵⁹⁾ Erzeugt und geliefert u. a. von: C. S. Schmidt in Niederlahnstein; H. Hoffmann in Berlin; Gebr. Dehler in Saalfeld i. Th.; Ph. Boecker in Hohenlimburg-Unternahmer; F. Garellly jun. in Saarbrücken; K. Brückel in Düsseldorf; W. Vollmann in Gevelsberg i. W.

nach Fig. 204 u. 205 des Widerstandes der Umhüllung bedürfen, um bei starker Belastung vor Verzerrungen gesichert zu sein.

Weiter werden Bleche als Eifeneinlagen verwendet. Eine neuerdings viel angepriesene und namentlich in Nordamerika benutzte Blechform ist das in Fig. 207,

115.
Bleche.

Fig. 207.



208 u. 209 dargestellte Blechnetze¹⁶⁰). Das Blech wird nach dem in Fig. 207 dargestellten Muster eingeknickt und in der Pfeilrichtung auseinander gezerrt, so daß Formen wie in Fig. 208 u. 209 entstehen. Das rhombische Netz, dessen Maschenseiten von den beim Öffnen der Maschen windschief verdrehten Blechstreifen gebildet werden, bildet einen

Körper, der sich mittels der vielen Vorsprünge, in die der Mörtel eingreift und der Löcher, durch die er durchbindet, sehr innig mit der Umhüllung verbindet,

Fig. 208.

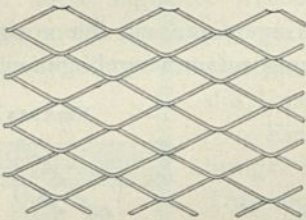
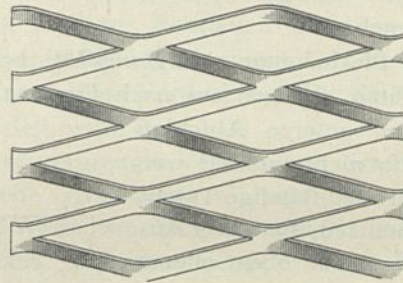


Fig. 209.

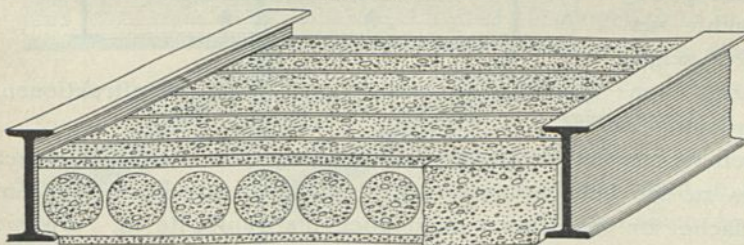


aber keine hohen Spannungen verträgt, weil die Art der Herstellung das Gefüge des Eisens stört und weil keine Längsformen geradlinig in der Richtung der größten Spannkraft durchlaufen.

Neuerdings werden diese Blechnetze auch in Deutschland¹⁶¹) und Frankreich¹⁶²) eingeführt. Sie tragen die Bezeichnungen »Streckmetall«, *Expanded metal* und *Métal déployé*.

E. Krieg & P. Zivy in Grand-Montrouge (Seine) liefern als Einlage in Beton nach den verschiedensten Mustern, Lochweiten und Stegbreiten rund oder quadratisch gelochte Stahl- und Eisenbleche, welche hohe Festigkeit ergeben werden, da die verbliebenen Blechteile keiner gewaltfamen Bearbeitung ausgesetzt sind. Bei hinreichender Zahl und Größe der Lochung findet eine sichere Verbindung der Betonlagen auf beiden Seiten des Bleches statt (*Métaux perforés*).

Fig. 210.



Aehnliche Einlagen führt *Golding*¹⁶³) in Nordamerika aus Stahl- und Flusseisenblechen ein.

¹⁶⁰) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIV (1895), S. 391; Bd. XXXVII (1897), S. 255, 269. — *Revue technique*, Bd. XIX (1898), S. 265. — *Engng.* 1900 — II, S. 331. — *Revue technique*, Bd. XXI (1900, Juli), S. 289.

¹⁶¹) In Deutschland vertreten durch *Schüchtermann & Krämer* in Dortmund.

¹⁶²) Saint-Denis bei Paris. *Revue technique*, Bd. XIX (1899), S. 319.

¹⁶³) Siehe: *Zeitfchr. f. Arch. u. Ing.* 1898, Wochausg., S. 752.

C. Weyler in Heilbronn stellt die Bleche hochkantig, während bei den oben erwähnten Blechformen flache Lage vorausgesetzt ist. Er versteht sie nach Fig. 210 mit sehr großen Löchern, so daß das Durchbinden des Mörtels gesichert ist. Auf diese Weise entstehen nahe bei den Außenflächen der Umhüllung Eifengurte, die

Fig. 211.

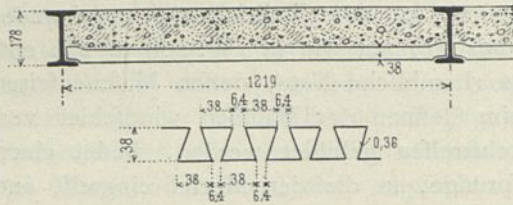
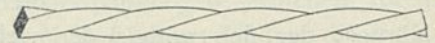


Fig. 212.



Fig. 213.



im Inneren durch schmale Stege verbunden sind, also ein sehr fest geschlossenes Gefüge der Einlage und starkes, von den chemischen Wirkungen unabhängiges Haften ergeben.

Die Blecheinlage von Bailey¹⁶⁴⁾ besteht im Gegensatz zu den vorigen nicht aus gelochten, sondern aus nach Fig. 211 trapezförmig zusammengebogenen Blechen, welche den unteren Abschluß bilden, also nicht umhüllt werden, sondern selbständige Trägerwirkung besitzen. Bei guter Ausfüllung der nach oben offenen Trapezräume kommt daneben auch die Verbundwirkung in gewissem Maße zu stande. Die nach unten offenen Trapezräume können zum Einlegen von Befestigungsmitteln für eine Decke verwendet werden.

Fig. 214.

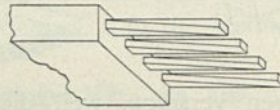
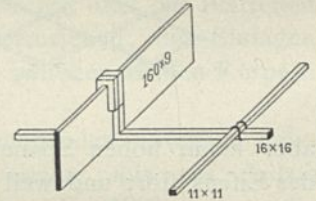


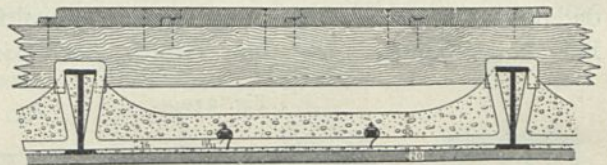
Fig. 215.



116.
Quadrateisen.

Quadrateisen sind nach Fig. 212 in Nordamerika schon früh als Einlagen verwendet. Sie haben den Vorteil, daß sie bei bestimmtem Querschnitte verhältnismäßig viel Oberfläche besitzen, daher vergleichsweise gutes Haften im Mörtel ergeben, soweit die chemische Verbindung in Frage kommt. Um die Festigkeit des Haftens darüber hinaus zu erhöhen, werden die Quadrateisen meist nach Fig. 213 u. 214 um ihre Längsachse verdreht¹⁶⁵⁾. Fig. 215 u. 216 zeigen Beispiele der Verwendung von Quadrateisen aus französischen Konstruktionen, Fig. 217 aus einer amerikanischen¹⁶⁶⁾.

Fig. 216.



117.
Rundeisen.

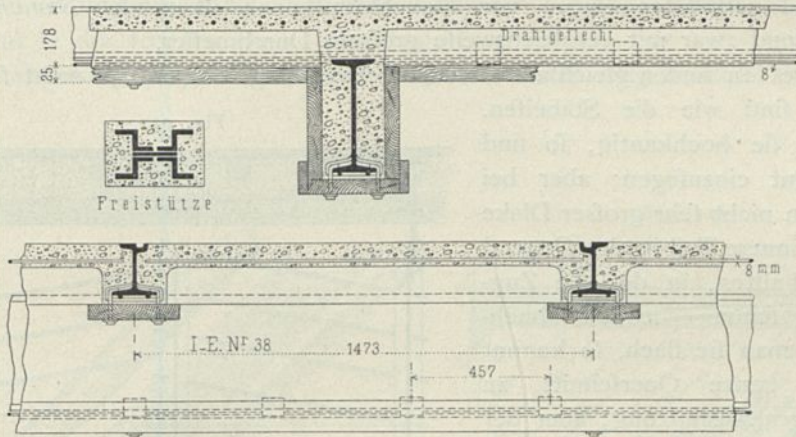
Rundeisen gehören wegen der bequemen Verwendung, des leichten Bezuges und des niedrigen Preises zu den beliebtesten Einlagen, obgleich ihre Form mit dem Geringstwerte der Oberfläche für das Haften nicht eben die günstigste ist. Um sie gut in die Umhüllung zu binden, werden sie wohl mit feinen Drähten fest umwickelt,

164) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 15.

165) Siehe: *Nouv. annales de la constr.* 1887, S. 29. — *Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenind.*, Bd. XVII (1898), S. 57.

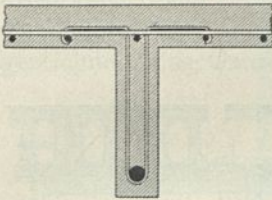
166) Siehe: *Ransome-concrete-floor. Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398. (In Fig. 217 deuten die runden Punkte die Quadrateisen an.)

Fig. 217.



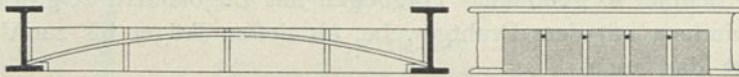
die dann noch angelötet werden. Liegen mehrere Rundeisen einander nahe, so werden sie meist durch quer gezogene und umgeschlungene dünne Drähte oder auch durch Blechschlingen verbunden, wodurch auch eine Verstärkung der Einbindung in die Umhüllung erzielt wird.

Fig. 218.



Eine besonders verbreitete Verwendung des Rundeisens bringt die Bauweise *Hennebique*¹⁶⁷⁾ mit sich, nach der Tragwerke großer Weite wie auch kleinere aus einem durch Draht und Bandeisen versteiften Gerippe durch Einhüllung in Mörtel oder Beton hergestellt werden (Fig. 218). Besonders beliebt ist dabei die Anordnung von vorspringenden Rippen unter einer Platte, die an der äußersten Kante durch Rundeisen verstärkt, diesen bezüglich der Druckseite der ganzen Anordnung einen großen Hebel und so dem Ganzen ein großes Widerstandsmoment geben.

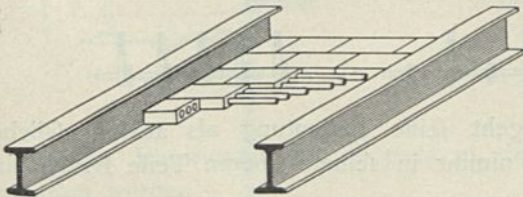
Fig. 219.



Sonstige Beispiele der Verwendung von Rundeisen zeigen Fig. 219 bis 221.

In Fig. 218¹⁶⁸⁾ sind die Rundeisen ohne jede Verbindung mit anderen Teilen als selbständige Abschnitte dem Beton eingefügt. In Fig. 219¹⁶⁹⁾ bilden sie Einlagen in den Fugen einer gemauerten Platte. In Fig. 220¹⁷⁰⁾ sind sie in die Löcher von Lochsteinreihen eingelegt. In Fig. 221¹⁷¹⁾ sind sie durch Umbiegen der Enden in innigere Verbindung mit den Balken einer Betonplatte gebracht,

Fig. 220.



¹⁶⁷⁾ Von vielen anderen Quellen wird hier genannt: Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenind., Bd. XVII (1898), S. 57. — *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54. — Weiteres bei der Einzelbesprechung in Art. 138.

¹⁶⁸⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398.

¹⁶⁹⁾ Victoria-Decke. Gesellschaft Hanfa in Bremen.

¹⁷⁰⁾ Erzeugt von: *Denski* in Wien.

¹⁷¹⁾ Erzeugt von: *Chrometzka* in Breslau. — Siehe auch: *Baugwks.-Zeitg.* 1897, S. 1477.

gegen die sie durch schräges Antreiben kräftig verpannt sind. Als Einlage in die entsprechend gefalteten Fugen von Hakenformsteinen verwendet *Donath*¹⁷²⁾ das Rundeisen, und zwar mit vergleichsweise großem Durchmesser.

118.
Bandeisen.

Bandeisen finden gleichfalls vielfach Verwendung, obwohl sie nicht so günstig einzulegen sind wie die Stabeisen. Stellt man sie hochkantig, so sind sie zwar gut einzufügen; aber bei Körpern von nicht sehr großer Dicke kommt der innere Teil in eine Gegend des Querschnittes, in der die Zugspannungen schon erheblich abnehmen. Legt man sie flach, so kommt zwar der ganze Querschnitt zu gleichmäßiger Ausnutzung; aber der Raum unter dem Bandeisen ist schwer dicht mit Mörtel oder Beton zu schließen. (Vergl. Art. 107, S. 115.)

Fig. 222 zeigt die Verwendung von hochkantig stehenden Bandeisen in den Fugen gewöhnlicher Backsteine, Loch- oder Schwemmsteine nach *Kleine & Staff*¹⁷³⁾.

Nach Fig. 223¹⁷⁴⁾ bilden die hochkantig stehenden Bandeisen Zugeinlagen in fertig geformte Lochtafeln aus Bimsfand, Kalk und Zement.

Fig. 222.



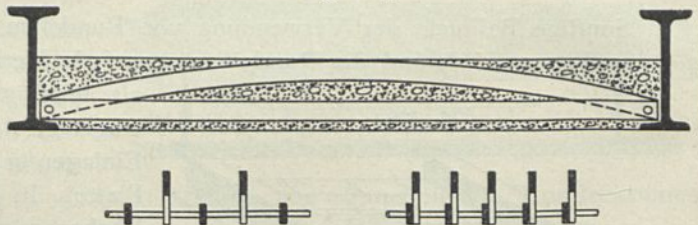
Fig. 223.



Wilkins in Bremen setzt aus hochkantig stehenden Bandeisen vollständige kleine Tragwerke zusammen, die in den Mörtel eingelagert werden, bei denen also eine Verstärkung nicht bloß der Zugseite, sondern auch der Druckseite der Querschnitte entsteht; ein Beispiel so gebildeter Tragbogen mit Zugbändern zeigt Fig. 224.

In Verbindung mit dem Drahtgewebe, als dessen Träger bis zur Vornahme der Einhüllung ist das hochkantig stehende Bandeisen in der Konstruktion nach Fig. 225¹⁷⁵⁾ verwendet. Es hat hier größere Abmessungen erhalten, so daß zu feiner vollständigen Umschließung die Anordnung von Rippenwulsten auf der Umhüllung nötig ist. Damit geht seine Bedeutung als ausschließliche Verstärkung der Zugseite verloren. Es nimmt in seinem oberen Teile Druck auf und wird zum selbständigen Träger.

Fig. 224.



172) Siehe: Deutsche Bauz. 1900, S. 544.

173) D. R.-P. 71 102. — Siehe u. a.: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 240; 1894, S. 360. — Deutsche Bauz. 1894, S. 238.

174) Erzeugt von: Deutsche Zementbau-Gesellschaft in Berlin. — Siehe auch: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006. — Deutsche Bauz. 1894, S. 62.

175) Geliefert von: C. Möbers & W. Wirtz in Düsseldorf.

In Fig. 226 ist das hochkantig stehende Bandeisen mit Mörtel in Nuten von Back- oder sonstigen künstlichen Steinen gelegt¹⁷⁶⁾, denen es beim Einbringen als Stütze und in der fertigen Decke als Zuggurtung dient.

Mittels übergehängter Blechhaken trägt das hochkantig stehende Bandeisen die

Fig. 225.

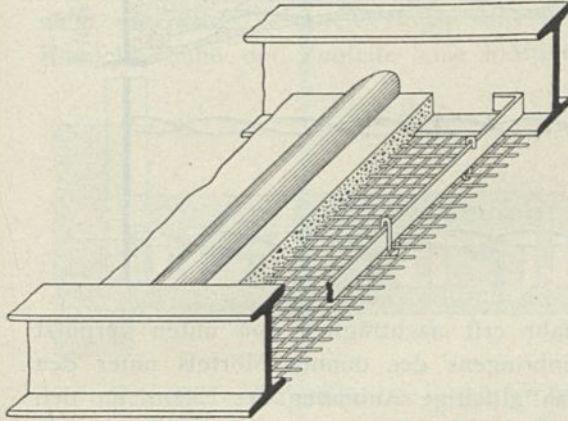
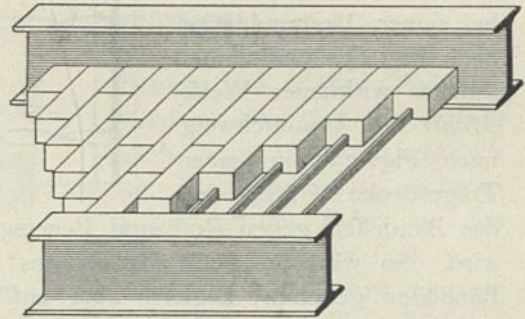
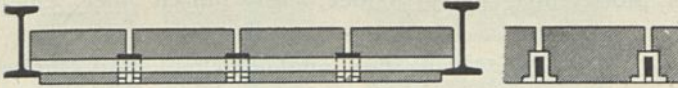


Fig. 226.



Steinreihen beim Einlegen nach Fig. 227; es wirkt dann in der abge bundenen Decke als Zuggurtung. Die Dicken sind in der Abbildung der Deutlichkeit wegen zu stark gezeichnet; das Ganze findet innerhalb der gewöhnlichen Fugen Platz.

Fig. 227.



Bei allen diesen Konstruktionen bleibt das Bandeisen glatt, so daß das Haften im Mörtel nur auf dem chemischen Wege erzielt wird. Verschiedene Mittel sind verwendet, um dieses Anbinden durch Vorsprünge kräftiger zu machen. Ausbeulungen des Flacheisens durch ein Walzverfahren machen es zur »Wellblechschiene«¹⁷⁷⁾, nach Fig. 228 u. 229, welche

Bei allen diesen Konstruktionen bleibt das Bandeisen glatt, so daß das Haften im Mörtel nur auf dem chemischen Wege erzielt wird.

Fig. 229.

Fig. 228.

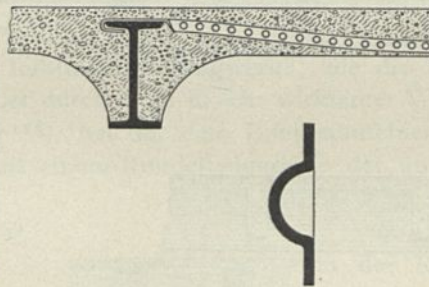
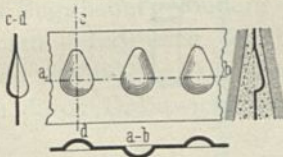
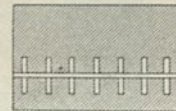


Fig. 230.



durch das Eindringen des Mörtels in die Buckelhöhlungen darin besonders fest gehalten werden.

Weiter werden nach Hyatt¹⁷⁸⁾ kurze Abschnitte von Rundeisen durch regelmäßige Lochungen des Flacheisens gesteckt, um dieses gut einzubinden (Fig. 230).

¹⁷⁶⁾ Univerfum-Decke von F. A. Beny in Oppenheim.

¹⁷⁷⁾ Stümmermann-Schürmann und Kleine-Stapf. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 39; 1898, S. 57.

¹⁷⁸⁾ Siehe: Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenind., Bd. XVII (1898), S. 57.

Thomas & Steinhoff in Mülheim a. d. Ruhr verwenden nach Fig. 231 beim Flacheisen das Mittel des Verdrehens um die Längsachse, welches auch bei dem Quadrateisen schon besprochen wurde, um das etwaige Nichteintreten chemischer Verbindung unschädlich zu machen. Dieses Mittel gehört jedenfalls zu den einfachsten.

Flach gelegte Bandeisen verwendet *Zöllner*¹⁷⁹⁾ bei feiner Verbunddecke nach Fig. 232 und in besonders wirksamer Weise *Möller* in Braunschweig nach Fig. 233 in feiner Trägerdecke¹⁸⁰⁾, bei der

das Bandeisen gegen Rost und Feuersgefahr erst nachträglich von unten verputzt wird. So wird die Schwierigkeit des Einbringens des dünnen Mörtels unter den Bandeisen gehoben, zugleich aber auf das allseitige Anbinden des Eisens an den Mörtel verzichtet. Das besonders wirksame Zugband ist daher hauptsächlich an den Enden durch angenietete Winkelabschnitte unverschieblich im Mörtel gemacht.

Faßt sämtliche übliche Walzformen des Eisens werden auch als Mörtel einlagen verwendet; wir führen hier einige Beispiele solcher an.

In den Zementdielen von *Ambrosius*¹⁸¹⁾ werden ungleichschenkelige Winkel eisen verwendet, die durch Drahtgeflechte verbunden sind, so daß ein großer Eisen-

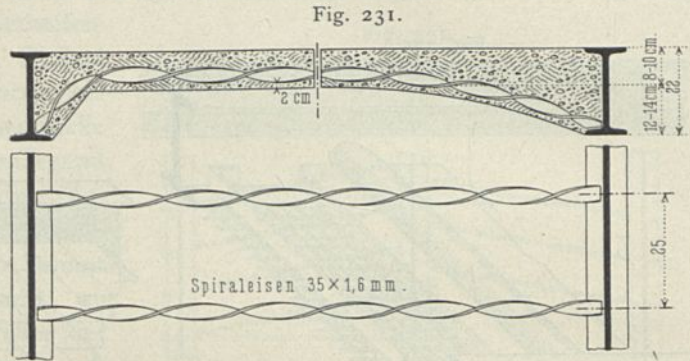
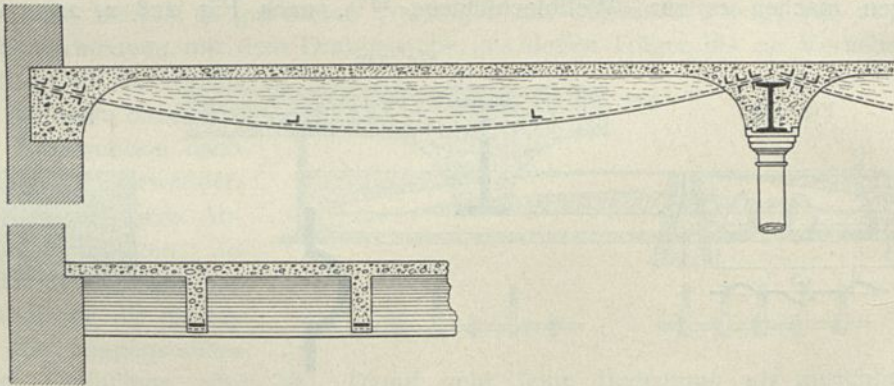


Fig. 232.



Fig. 233.



zugquerschnitt entsteht; die hohen Winkelschenkel ragen in die Mittelstege der Platten hinauf (Fig. 234).

Winkeleisen in geeigneten Fugen von Formsteinen verwenden u. a. *Donath*¹⁸²⁾

179) Siehe: Baugwks.-Ztg. 1898, S. 1776.

180) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006.

181) D. R.-G.-M. 61437. — Geliefert von: *Schmidt & Langen* in Minden i. W.

182) Siehe: Deutsch. Bauz. 1898, S. 339.

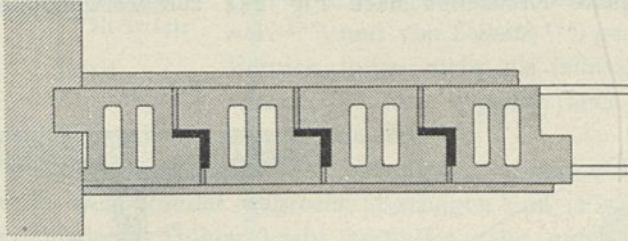
Fig. 234.



(Fig. 235) und *Mueller*¹⁸³); letztere Konstruktion sieht aus Blech gebogene Bügel vor, um die Winkleisen von vornherein in bestimmter Höhenlage gegen die Balken festzulegen (Fig. 236 u. 237).

Zwei Verwendungen von **L**-Eisen als Einlagen zeigen Fig. 238 u. 239 an der »Herkules«-Decke¹⁸⁴) und der Deckenanordnung nach *Mofsner*¹⁸⁵). Diese Form wird neuerdings viel verwendet, da die breiten Flanfche nahe der Zugseite eine kräftige Zuggurtung liefern und der Steg die

Fig. 235.



Verbindung mit der Umhüllung verbessert.

Z-Eisen treten bei den Decken von *Mueller* (Fig. 236) wohl an die Stelle der Winkel nach Fig. 240, worin zugleich die Blechhaken zur sicheren Lagerung der Eisen an den Trägern angegeben sind.

Schwerere Walzeisen bis zu den größten Querschnitten, ja selbst ganze genietete Träger als Einlagen verwendet *Melan* für schwer belastete Bogen. Diese Einlagen durchsetzen dann oft die ganze Höhe des Verbundkörpers, wirken also nicht bloß

Fig. 236.

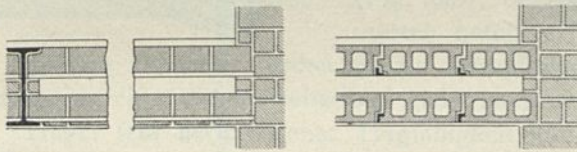


Fig. 237.

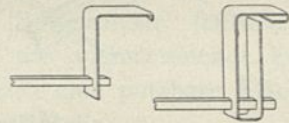
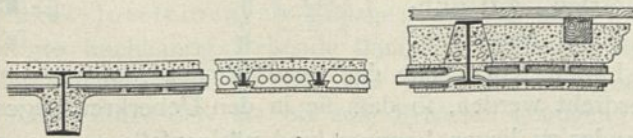


Fig. 238.



als Zugglieder, sondern als selbständige Tragwerke, die die Umhüllung auf beiden Seiten unterstützen, selbst aber durch diese in sehr wirksamer Weise abgesteift werden. Eine *Melan*'sche Ausführung¹⁸⁶), bei der eine Eisenbahnschiene als Zugglied wirkt, die durch Drahtwicklung mit einem Rundeisengerippe der übrigen Teile verbunden ist, zeigt Fig. 241.

Fig. 239.



*Bordenave*¹⁸⁷) verwendet in der Richtung der größten Spannungen liegende **I**-, **L**- und **L**-Formen, aus 1,5 mm starkem Bleche gebogen, oder auch

¹⁸³) Geliefert von: *F. W. & M. Mueller* in Berlin.

¹⁸⁴) Geliefert von: *Häusler & Geppert* in Breslau.

¹⁸⁵) Siehe: *Deutsch. Bauz.* 1896, S. 135.

¹⁸⁶) Siehe: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 45.

¹⁸⁷) Siehe: *Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenind.*, Bd. XVII (1898), S. 57.

I-Eisen, in größeren Platten, alle auch in einem durch rechtwinkelige Ueberkreuzung entstehenden Roste und verbindet sie durch Drahtwicklung (Fig. 242). Liegen die Formeisen nur in einer Richtung, so werden sie mit den umgewickelten Drähten zu einem Netze verbunden, wie schon in Fig. 240 gezeigt ist.

Aehnlich biegt Donath¹⁸⁸⁾ S-förmige Einlagen aus Blech.

Das I-Eisen geringer Abmessungen kommt ferner in der »Rippendecke« von Koenen¹⁸⁹⁾ nach Fig. 243 in Betonrippen zur Verwendung, welche die Eifengürtung mit der oberen Druckplatte verbinden.

In nordamerikanischen Verbunddecken kommt das von der *Columbian fire-proofing Co.*¹⁹⁰⁾ eingeführte doppelte Kreuzeisen nach Fig. 244 zur Verwendung,

Fig. 240.

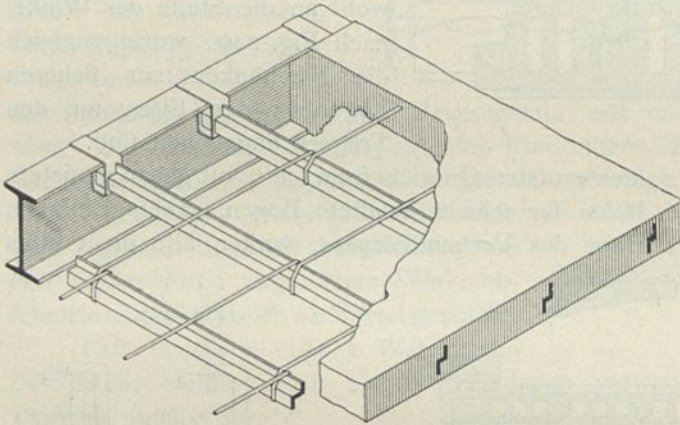


Fig. 241.

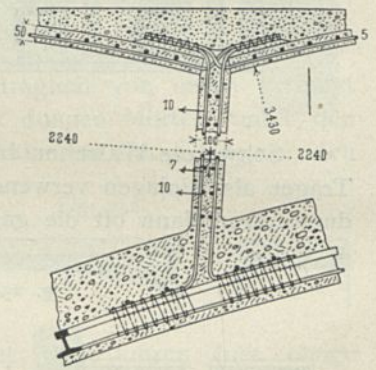


Fig. 242.

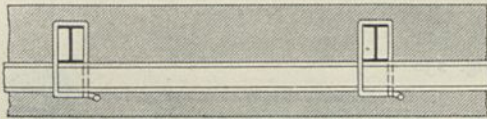
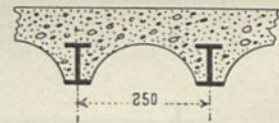


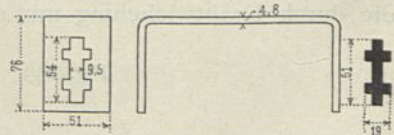
Fig. 243.



welches mit den dargestellten Blechbügeln an den Balken aufgehängt wird. Abgesehen von der großen und vielfach gebrochenen, für die Einbettung günstigen Gestalt scheint dieses Eisen keine besonderen Vorzüge zu besitzen; namentlich ist es für die meisten Fälle zu hoch, um lediglich oder überwiegend als Verstärkung der Zugseite zu wirken.

Aus Formeisen mit einer flachen Seite, also L-, J-, \blacktriangle -, \blacklozenge - und ähnlichen Arten, geflochtene Gitter¹⁹¹⁾ werden in der Weise hergestellt, daß die Formeisenstäbe in der Länge jeder Seite der quadratischen Maschen um 180 Grad um ihre Längsachse verdreht werden, so daß sie in den Ueberkreuzungen stets mit der flachen Seite aufeinander zu liegen kommen und nötigenfalls noch ver-

Fig. 244.



188) Geliefert von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: *Deutsche Bauz.* 1900, S. 69.

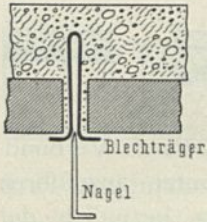
189) Siehe: *Centralbl. d. Bauverw.* 1897, S. 50.

190) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 7.

191) *D. R.-P.* 107181.

stiftet werden können, aber so, daß derselbe Stab in zwei aufeinander folgenden Ueberkreuzungen einmal oben und einmal unten liegt. Diese sehr starken und fest in den Mörtel einbindenden Gitter werden von *Oberländer* in Dresden-Löbtau hergestellt, haben jedoch den Mangel sehr großer Querschnitte der Stäbe, die in der Regel mit Rücksicht auf das Zusammenarbeiten mit dem Mörtel nicht voll auszunutzen sein werden, da selbst die auf Drähte kommenden Spannungen meist schon niedriger sind als die üblichen zulässigen.

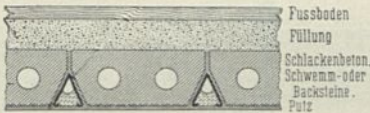
Fig. 245.



Schließlich sei noch der aus Blech gebogenen vereinzelt Einlageformen neben den schon genannten von *Bordenave*¹⁸⁷⁾ und von *Donath*¹⁸⁸⁾ gedacht. Die hierbei anzuführenden Formen sollen mehr als selbständige Träger, denn als Einlage wirken; sie sind zugleich auch so gestaltet, daß sie das Anbringen des Deckenputzes erleichtern.

Der Träger von *Katz* besteht aus einmal zusammengefaltetem Bleche, dessen untere freie Ränder wagrecht abgebogen sind (Fig. 245). Man kann so Tragformen verschiedener Höhen leicht herstellen; die unten scharf zusammengebogene Fuge dient zum Eintreiben von Hakennägeln zur Befestigung eines Haftmittels für den Putz unter der Eisensfläche.

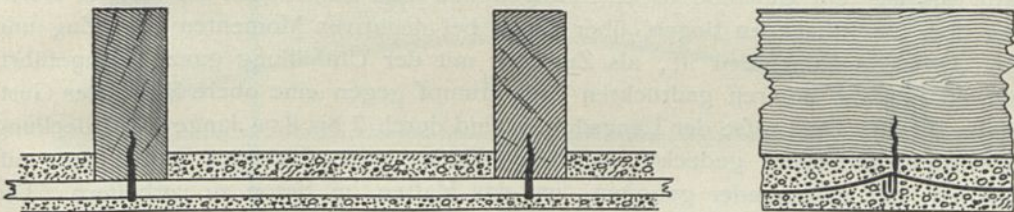
Fig. 246.



Der Hohlträger der »Germania«-Decke¹⁹²⁾ besteht aus einem winkelförmig zusammengebogenen Bleche mit nach innen gebötelten Unterrändern (Fig. 246); der Innenraum wird unten mit Zementmörtel gefüllt, den die Börtelränder festhalten; die schrägen Flanken werden so als Kämpferflächen für die aufzunehmende Einhüllung versteift; die Mörtelfüllung giebt nach unten zugleich eine putzbare Fläche ab. Träger sehr verschiedener Tragfähigkeit sind leicht herzustellen.

Auch andere Stoffe als Eisen sind für Einlagen in Beton vorgeschlagen, allerdings wohl mehr als Mittel zur Herstellung der Decke ohne Einrüstung, als zur Erhöhung der Tragfähigkeit. So empfiehlt *Fansen* in Duisburg¹⁹³⁾ in seiner »Fram-

Fig. 247.



decke« Juteleinen als Einlage, welches nach Fig. 247 über an den Balken befestigte hochkantig stehende Bandeisen gespannt ist. Zuerst wird die obere Lage eingebracht, dann soll die von unten einzubringende, die zugleich die Bandeisen einhüllt, unter der Jute bis zum Erhärten genügend haften.

Ausführungen der Ausfüllung der Trägerfäche durch Wölbung aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton mit Eifeneinlagen sind nicht

¹⁹²⁾ Geliefert von: C. Bötsch in Minden i. W. — D. R.-G.-M.

¹⁹³⁾ Siehe: HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 188.

120.
Aus Blech
gebogene Ein-
lageformen.

121.
Besondere
Anlagen.

122.
Ausführungen.

häufig; denn Tragkörper dieser Art haben wenn nicht überwiegenden, so doch sehr erheblichen Längsdruck aufzunehmen, während die Biegemomente namentlich bei kleineren Fachweiten zurücktreten. Nach den einleitenden Auseinandersetzungen in Art. 104 (S. 110) ist dies aber eine Belastungsart, welche der Eigenart von Beton- oder Mörtelkörpern so entspricht, daß die Verstärkung gegen Zugspannungen durch Eisen meist zwecklos erscheint. So ist ja auch unter a, 1 und 2 für die verschiedenen Arten von Mauerwerk von solchen Einlagen keine Rede gewesen.

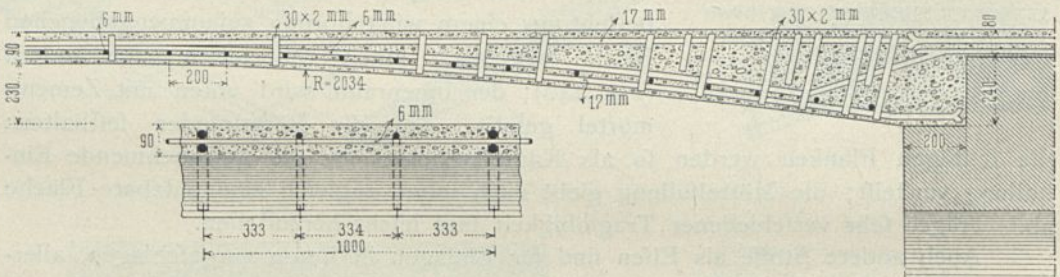
Als Anordnung mit einer für die Erhöhung der Tragfähigkeit bestimmten Eiseneinlage ist zunächst *Zöllner's* Verbunddecke (siehe Fig. 203, S. 110) mit Schutz durch Backstein von unten anzuführen (Fig. 248). Hier tritt aber sogleich hervor, daß die Anordnung bezüglich der Wirkung des Eisens wenig durchdacht ist; denn es liegt in den meisten Querschnitten so, daß es gar nicht oder nur druckaufnehmend zur Geltung kommt.

Eine Wölbung größerer Weite in einzelnen, hier von Gurtbogen gebildeten Fachen nach *Hennebique* für die Kellerdecke des neuen *Palais des Champs Elysées* in Paris für die Kunstabteilung der Weltausstellung im Jahre 1900¹⁹⁴⁾ zeigt Fig. 249.

Fig. 248.



Fig. 249.



Die Fache sind hier $6,10$ m weit und haben dabei nur 230 mm Pfeil, also ein Pfeilverhältnis von $1:26,5$. Deshalb ist anzunehmen, daß diese Decke mehr wie eine Platte als wie ein Gewölbe wirkt; infolgedessen sind denn auch die oberen Rundenisen über die stützenden Bogen, über denen bei negativen Momenten oben Zug und unten Druck aufzunehmen ist, als Zugeisen mit der Umhüllung ganz durchgeführt, während sich die unteren gedrückten Teile stumpf gegen eine obere Rippe des Gurtbogens setzen. Die Stöße der Längsdrähte sind durch 7 bis 8 cm lange Ueberdeckung mit Drahtumwicklung gedeckt; die freien Enden aller stärkeren Drähte sind aufgespalten und auseinander gebogen, um das Haften im Beton zu verbessern. Die Decke ist für 100 kg Eigenlast und 700 kg Nutzlast auf 1 qm durchgebildet.

Der verwendete Beton besteht aus 1 Teil Zement, 2,5 Teilen Sand und 5,5 Teilen Kies, oder auf 250 kg Zement kommen 400 l Sand und 850 l Kies. Die Decke ruhte 8 Tage vor dem Ausrüften auf dem Gerüste; 30 Tage alt wurde sie mit 1050 kg für 1 qm belastet, wobei die Durchbiegung innerhalb des vorgeschriebenen Maßes von $1:800$ der Weite blieb.

Die meisten in Beton gewölbten Balkenfache mit Eiseneinlage erhalten letztere ersichtlich hauptsächlich zu dem Zwecke, die Ausführung zu erleichtern, d. h. das Einrüften der Fache thunlichst ganz überflüssig zu machen.

194) Siehe: *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54.

In dieser Beziehung ist zunächst die schon in Art. 50 (S. 63) zu Fig. 104 u. 105 besprochene »Hanfa«-Decke¹⁹⁵⁾ von Weyhe in Bremen anzuführen, deren Ausbildung für Eisenbalken in Fig. 250 dargestellt ist. Zwischen die Balken werden zuerst in 50 cm Teilung Bügel aus 1 cm starken Rundeisen eingefetzt und mit umgebogenen Enden in die Kehle zwischen Steg und Flansch der Balken gelehnt.

Fig. 250.



An die Bügel werden Kreisabschnitte von Drahtnetzen so angehängt, daß die geraden Unterkanten fämtlich in die Mittelebene des Deckenputzes fallen und ein wagrechtes, engmaschiges Netz

straff ausgespannt angehängt werden kann. In dieses wird der Deckenputz eingebracht, der jedesmal um die lotrechten Hängenetze und ihre Tragbügel in die Höhe gezogen wird, so daß eine durch hohe Rippen versteifte Putzplatte entsteht. Nun wird ein zweites Netz über diese Rippen gespannt, in die Drahtenden der lotrechten Netze eingebunden und als Grundlage für das Einbringen des oben wagrecht abzugehenden Betonbogens benutzt. Die lotrechten Rippen können nach Fig. 104 (S. 63) mit Löchern versehen sein, wenn man Längsbewegung der Luft in den entstehenden Hohlräumen aufrecht erhalten will. Bei Feuersbrünsten kann man das Innere der Decke auf diese Weise kühl halten.

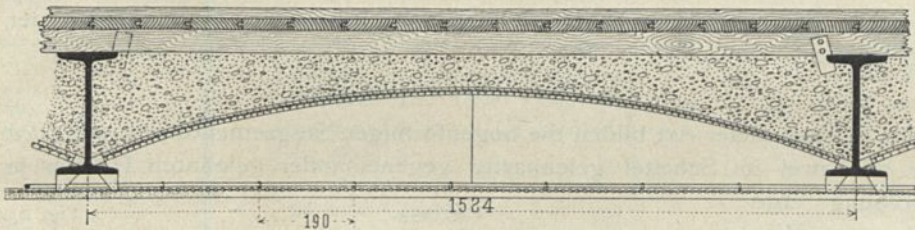
Weyhe setzt feinem Beton aus 50 Teilen Gips und 50 Teilen Kohlenasche Rohrhülsen zu, um eine Gewichtsverminderung zu erzielen.

Eine solche Decke mit 100 cm Balkenteilung, 5 cm Betondicke im Scheitel und 9 cm im Kämpfer trug 500 kg für 1 qm, ohne wesentliche Veränderungen zu zeigen.

Beim Einbringen des Betons wird dieser die Netzmaschen durchdringen, so daß das Netz eingehüllt wird; mindestens liegen die Netzdrähte aber unverrückbar in vertieften Rillen des Betons.

Mit dieser Anordnung stimmt die Decke von Roebbling¹⁹⁶⁾ in allen wesentlichen Teilen des Tragwerkes überein (Fig. 251). Auch hier sind erst Rundeisenbügel

Fig. 251.



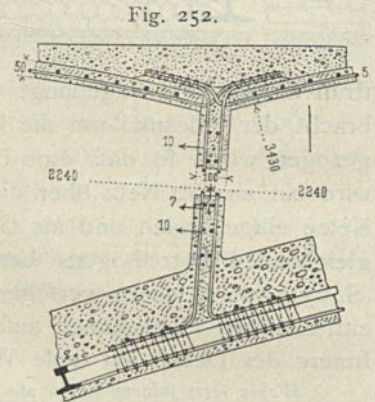
zwischen die Träger gefetzt, zwischen die dann ein engmaschiges Drahtnetz straff eingezogen wird. In dieses wird zunächst eine dünne, schnell bindende Mörtelschicht gebracht, welche nach Erreichung einigen Zusammenhaltes als Unterlage für das Einbringen der Betonausfüllung des Faches dient. Die in Fig. 251 angedeutete besondere Ausbildung des Deckenputzes wird bei Erörterung der Decke in engerem Sinne in Kap. 6 besprochen werden.

¹⁹⁵⁾ D. R.-P. 81656 u. 87638. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1895, S. 439. — Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 200. — HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 147.

¹⁹⁶⁾ Erzeugt von John A. Roebbling's Sons & Co. in Trenton. — Siehe auch: Engineering news, Bd. XXXV (1896), S. 323. — Ueber eine ähnliche amerikanische Gittereinlage siehe: Scientific American, Suppl., 1897, S. 17516.

Eine hauptsächlich für schwer beladete grössere Gewölbe bestimmte, aber auch für Fachausfüllungen weit geteilter Balken verwendbare Wölbung aus Beton mit Eifeneinlage ist diejenige von *Melan*¹⁹⁷). Hier wird dem Eisen nicht bloß die Aufgabe der Aufnahme der Zugspannungen zuerteilt; vielmehr werden Beton und starke Eisenträger selbständig tragend nebeneinander gestellt. Das Eisen kommt also in Gestalt starker Träger zur Verwendung, die nicht selten mit ihrer Höhe fast die ganze Dicke der Wölbung einnehmen, so daß oben und unten nur eben die Eihüllung sicher gestellt ist, hier mehr als Schutzmittel gegen Witterung und Feuer für das Eisen, als zur Erzielung völliger Verbindung der beiden Teile des Verbundkörpers. Die Träger sind auch wohl aus Winkeleisengurtungen mit vergitterter Wand gebildet; das Durchbinden des Betons durch die Wandmaschen verbessert dann die Gemeinsamkeit der Wirkung noch wesentlich. Sonst ist auf chemisches Anbinden des Zements an größere Träger nicht zu rechnen.

Ein Beispiel einer solchen 21,85 m weiten Ausführung, welche Menschengedänge zu tragen hat, zeigt Fig. 252. Das Pfeilverhältnis ist 1:7,7, die Wölbung im Scheitel 25 cm, im Kämpfer 36 cm stark. Eisenbahnschienen von 28 kg Gewicht für 1 lauf. Meter liegen in 75 cm Teilung. Der Fußboden ruht auf kleinen, 5 cm starken Bogen, die durch Längswände in 2,34 m Teilung gegen den Tragbogen abgestützt sind und mit diesen ein gemeinsames Gerippe aus 5 mm starken Drähten von 10 cm Teilung haben; unten sind diese Drahteinlagen an die Schienen angebunden. Der Beton besteht im Bogen, in den Stützwänden und Kappen aus 1 Teil Zement auf 3 Teile Kies, in der Abgleichung aus 1 Teil Zement auf 4 Teile Sand und 7 Teile Kies.

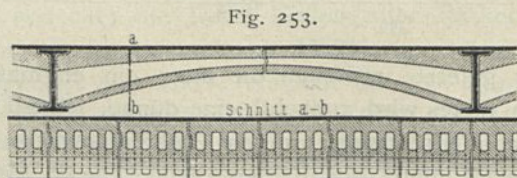


4) Wölbung aus Kappenkörpern, welche fertig in den Bau gebracht werden.

Die hierher gehörigen Ausführungen sind nicht zahlreich, weil wenigstens für größere Fachweiten die Stücke zu schwer und unhandlich werden; sie haben aber den Vorteil, daß man für die Herstellung der Decken in keinem Falle der Einrüstung bedarf.

a) Ohne Eifeneinlagen.

Ein Beispiel dieser Art bilden die bogenförmigen Stegzementdielen von *Stolte*¹⁹⁸), welche mit zwei im Scheitel gelenkartig gegeneinander gelehnten Hälften je eine Fachwölbung ergeben (Fig. 253). Werden die Dielen mit den Enden einfach auf die Balkenflanke gesetzt, so



¹⁹⁷) Weit verbreitete Bauweise. — Siehe darüber: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 45. — Bezüglich der Tragfähigkeit wird auf den Bericht des Gewölbe-Ausschusses des Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenvereines (siehe die Zeitschrift dieses Vereines 1895, Nr. 20 bis 34 — Sonderdruck im Verlage des Vereines) verwiesen, dessen gründliches Lesen nicht dringend genug empfohlen werden kann.

¹⁹⁸) Erzeugt von: Zementbau-Aktiengesellschaft in Hannover; Deutsche Zementbau-Gesellschaft in Berlin. — D. R.-P. 71 357, 87 014 u. 91 654. — Siehe auch: *Centralbl. d. Bauverw.* 1897, S. 50. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXX, (1897), S. 144. — *Zeitschr. Ver. deutsch. Ing.* 1897, S. 1006 — *Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst* 1896, S. 455. — *Deutsche Bauz.* 1894, S. 62.

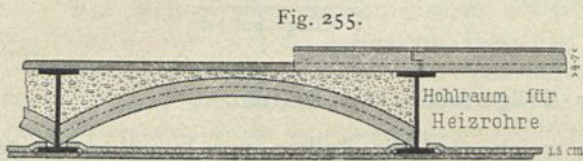
erhalten letztere keinen Feuerschutz. Man kann den Unterflansch aber auch in die Stege der Dielen einkerben, so daß der untere Schlufs der Dielenöffnungen unter den Flansch zu liegen kommt. Verputzt man dann die unteren Fugen, so entsteht ein Schutz durch Luftraum und Mörtelschicht. Fig. 254 zeigt eine sorgfältigere Kämpferanlage aus einem in den Träger geputzten Betonkörper, der auch unter dem Träger geschlossen diesen schützt.

Die Tragwirkung dieser Ausfüllung ist eine gute, da der Querschnitt der Stegdielen quer von Träger zu Träger durchläuft, was schon bezüglich der neueren Wölbungen aus amerikanischen Thonkasten in Art. 91 (S. 100) u. 96 bis 98 (S. 103 bis 105) als Vorteil bezeichnet wurde.

β) Mit Eifeneinlagen.

Auch die hierher gehörenden Ausführungen sind nicht zahlreich vorhanden. Anzuführen sind die in Fig. 255 dargestellten Bogenplatten nach dem Patente *Monier*: gekrümmt geformte Mörtel- oder Betonkörper, am besten mit zwei Eifeneinlagen

124.
Monier's
Bogenplatten.



ausgefattet, da sie bei wechselnder Belastung auch wechselnde Biegemomente auszuhalten haben. Sie werden auf die unteren Trägerflansche gesetzt oder, falls die Kämpfer höher liegen sollen, auf

in die Träger geputzte Betonleisten, wie in Fig. 254. Die Hinterfüllung, in die etwaige Fußbodenlager zu lagern sind und welche die Balken schützt, wird aus magerem Schlackenbeton gebildet. Die nachfolgende Zusammenstellung giebt eine Uebersicht über die Leistungen solcher *Monier*-Bogen verschiedener Zusammenfassung bei Belastungsversuchen.

Nr.	Der Platten				Drahteinlage			Belastung		Erfolg
	Länge	Spannweite	Dicke	Pfeil	Art	Drähte in Richtung der		Art	Größe	
						Spannweite	Länge			
1	60	150	5	0	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	2 von 10 mm 1 „ 8 „ 2 „ 6 „ 4 „ 5 „	5 mm dick in 6 cm Abstand	voll	1813	45 mm Durchbiegung ohne Bruch.
2	60	100	5	0	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	3 von 8 mm 2 „ 7 „ 2 „ 6 „ 2 „ 5 „	5 mm dick in 6 cm Abstand	voll	3000	6,5 mm Durchbiegung; Entstehen von sichtbaren Haarrissen.
3	60	450	5	40	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	3 von 14 mm 6 „ 8 „	6 mm dick in 7 cm Abstand	einseitig bis Scheitel	2550	12 mm Hebung der unbelasteten, 13 mm Senkung der belasteten Seite, ohne Bruch.
									2608	Bruch im Mörtel.
	Centim.							Kilogr. auf 1 qm		

Nr.	Der Platten				Drahteinlage			Belastung		Erfolg	
	Länge	Spannweite	Dicke	Pfeil	Art	Drahte in Richtung der		Art	Größe		
						Spannweite	Länge				
4	60	450	5	40	2 Drahtgeflechte in den Dritteln	5 mm dick in 6 cm Abstand	5 mm dick in 6 cm Abstand	einfeitig bis Scheitel	2455	15 mm Hebung der unbelasteten, 13 mm Senkung der belasteten Seite, ohne Bruch.	
								"	2970	Bruch im Mörtel.	
5	60	450	1 Zement 1 Sand	5	40	ohne Einlage	—	—	einfeitig bis Scheitel	1060	8 mm Hebung der unbelasteten, 11 mm Senkung der belasteten Seite, Bruch.
			Centim.						Kilogr. auf 1 qm		

b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten.

125.
Eigen-
schaften.

Plattenartige Fachausfüllungen, welche auf die Balken nur lotrechte, keine wagrechten Kräfte übertragen, werden jetzt in beträchtlich größerer Zahl verwendet als Auswölbungen, obwohl sich die ersten Versuche des Ersatzes der alten Wölbungen und Stakungen überwiegend auf letztere bezogen haben. Die Ursachen dieses Ueberganges zur Plattenform liegen hauptsächlich darin, daß die Balken wegen Wegfalles der besonders ungünstigen wagrechten Kräfte schwächer gehalten werden können, daß die Ausführung der Platten einfachere Rüstungen gestattet und an sich einfacher ist als die der Wölbung, und daß die Platte die wegen Ausbildung der Decke im engeren Sinne meist verlangte wagrechte Unterfläche von selbst ergibt, während letztere bei Auswölbungen erst durch besondere Teile hergestellt werden muß, wie in Kap. 6 beschrieben werden wird.

Die größere Tragfähigkeit wird allerdings, namentlich bei großen Fachweiten, mit der das Mauerwerk oder den Beton seiner Natur besser entsprechend belastenden Wölbung erzielt, so kann man den Unterschied der Verwendung beider Fachausfüllungen etwa dahin feststellen, daß die Wölbung mehr in schwer belasteten Decken ohne künstlerische Ausstattung, also in Nutzbauten, die Platte dagegen in leichter belasteten, unten mit Malerei oder Stuck ausgeschmückten Decken, also namentlich in Wohnhäusern, verwendet wird. Hieraus ergibt sich schon, daß letztere der Zahl der Verwendungen nach überwiegen muß.

1) Plattenartige Fachausfüllungen aus im Bau eingestampftem Mörtel oder Beton.

a) Ohne Eifeneinlagen.

126.
Betonplatten.

Bei den Ausfüllungen gerader Betondecken ruht ein im Querschnitte rechteckiger Betonkörper auf dem unteren Balkenflansche, wie in Fig. 256 bis 259, und zwar von vergleichsweise großer Dichte, überträgt daher keinerlei Schub auf die Träger, muß aber bei plattenartiger Wirkung bezüglich der Lastübertragung größere Stärke er-

halten, weil der Widerstand der Betonplatten gegen vorwiegende Biegung weniger zuverlässig ist als gegen vorwiegenden Druck (vergl. Art. 104, S. 110). Hierdurch werden die Decken beträchtlich schwerer und der Vorteil der geringeren Beanspruchung der Träger geht zum Teile wieder verloren. Füllt man die Trägerhöhe mit einer Betonplatte aus, so wird die Decke bei der guten Schallübertragung

Fig. 256.

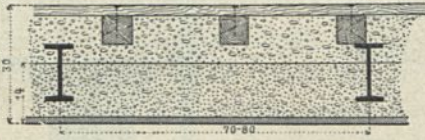
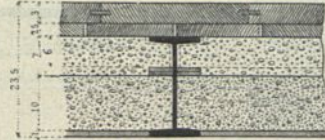


Fig. 257.



durch eine dichte Platte und beim Fehlen der Hohlräume meist nicht so schalldicht werden, wie die schwächere, in den Zwickeln mit schlechten Schalleitern überdeckte Betonkappe.

Ein Beispiel einer starken ebenen Decke, welche der gewölbten Anordnung in Fig. 196 u. 197 (S. 106) entspricht, zeigt Fig. 256¹⁹⁹⁾.

Die Träger sind hier auch unten vom Beton umhüllt, daher vor dem Feuer gesichert und bei der Deckenausbildung nicht hinderlich. Die eigentliche Betonplatte trägt noch eine etwa 11 cm starke Lage von Schlackenbeton, welche die Schalldichtigkeit erhöht und die Lagerhölzer aufnimmt. Die Unterfläche konnte hier auf dem Beton geputzt werden.

Fig. 257 u. 258 zeigen Decken, wie sie von Heufsner²⁰⁰⁾ in Wohnhäusern in Hannover ausgeführt sind.

Die stärkeren Decken der unteren Gefchoffe wurden nach Fig. 257 ausgeführt. Auf der eigentlichen Betonplatte wurden die Lagerhölzer mittels untergelegter Keile genau ausgerichtet und dann mit Schlackenbeton ausgestampft. Die Trägerunterflansche sind bündig eingeputzt.

127.
Gewöhnliche
Anordnungen.

Fig. 258.

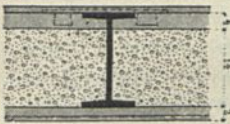


Fig. 259.



Für die Decken, welche nur Schlafräume tragen, ist die Betonplatte erheblich schwächer, die Schlackenbetonlage stärker, die ganze Decke also leichter gemacht. Um die Decke unten von den Bewegungen der Träger unabhängig zu machen, sind neben den Kanten des Unterflansches schwalbenfchwanzförmige Klötzchen eingesetzt, auf die ein Streifen Dachpappe genagelt wurde und welche zugleich zur Befestigung einer Bohrung unter der Pappe dienen.

Die ebenen Schlackenbetonplatten aus den Werkstättegebäuden des Hauptbahnhofes zu Frankfurt a. M.²⁰¹⁾, ausgeführt von Odorico in Frankfurt a. M., sind im Zustande der Entstehung durch Fig. 259 dargestellt.

Der Beton besteht aus 7 Teilen Gaschlacke von Sandkorn- bis 4 cm Größe und 1 Teil Zement. Das Mengen erfolgte trocken; die Masse würde dann nafs durchgearbeitet und auf der in Fig. 259 gezeichneten Holzschalung nur 8 cm stark zwischen die Träger gestampft. Die Ausrüstung erfolgte nach 3 bis 4 Tagen, und bei der gleich vorgenommenen Belastungsprobe ergaben 2100 kg auf 1 qm noch keine Form-

199) Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 3.

200) Siehe: Deutsche Bauz. 1887, S. 608. — Wochbl. f. Baukde. 1887, S. 449.

201) Siehe: Deutsche Bauz. 1889, S. 572.

änderung. Auf den Platten liegen in Wohnräumen Lagerbohlen mit Bretterfußboden, sonst Zementestrich oder Terrazzo.

128.
Befondere
Anordnungen.

Um zu verhüten, daß sich die Kanten der Trägerobergurtungen in einem nicht mit Holz bedeckten Fußboden durch Risse bemerkbar machen, hat man die Betonplatte, wie in Fig. 260 u. 261, oben über die Träger gelegt. Trotz der unten ge-

Fig. 260.

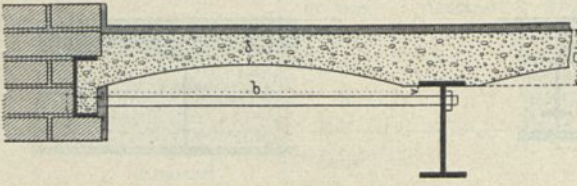
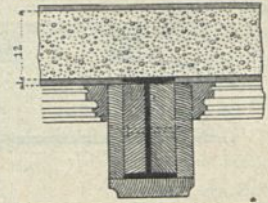
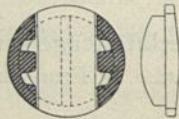
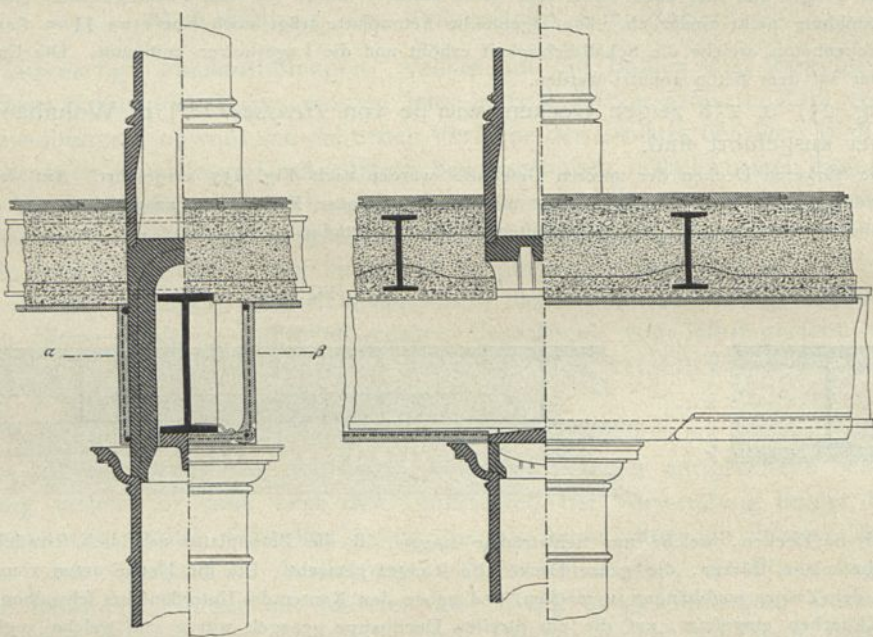


Fig. 261.



krümmten Gestalt wirkt der Beton in Fig. 260 nach Art einer über mehrere Träger durchlaufenden Platte, da wesentliche Schübe auf die Träger nicht übertragen werden können. Um jedoch etwa entstehende Schübe nicht auf die Wand zu bringen, ist

Fig. 262.



Schnitt a β.

$\frac{1}{20}$ w. Gr.

die in Art. 85 (S. 95) erklärte Verankerung des vorletzten mit dem Wandträger vorgenommen.

Bei der in Fig. 261 dargestellten Konstruktion von *Heufsner* sind die Träger zur Ausbildung einer Decke mit vertieften Balkenfeldern und Holzverfchalung benutzt. Die beiden Decken in Fig. 260 u. 261 klingen unter dem oben statt-

findenden Verkehre. Fig. 261 ist unter Schlafräumen angebracht und daher mit Linoleum abgedeckt, wodurch der Schall gedämpft wird. Die Anordnung in Fig. 260 eignet sich besonders für die Herstellung im Freien liegender Decken, z. B. Balkondecken, da die Träger selbst nach dem Entstehen kleiner Risse gut gegen Nässe geschützt sind. Sind die Träger oben bündig mit dem Beton, so sind Abtrennungen des Betons von den Trägern unvermeidlich, in welche das Wasser eindringt; alsdann entfehlt die Gefahr, daß die Träger rosten.

In Fig. 262 ist eine Deckenkonstruktion mit Betonplatte dargestellt, die allen Anforderungen genügen dürfte. Die unteren Trägerflansche tragen eine dünne Betonplatte, deren Dicke genau der verlangten Tragfähigkeit entspricht und welche die unteren Trägereile ganz gegen Feuer sichert. Der Deckenputz ist unmittelbar unter den Beton gebracht. Um den Schall zu dämpfen, ist auf den Beton eine Lage möglichst unelastischer Füllung gebracht, welche nach oben von einer dünnen Lage Schlackenbeton bedeckt ist. Letztere dient zur Aufnahme der Nägel und der Jutelage für einen nach Patent *Ludolff* anzubringenden Parkett- oder Stabfußboden und zugleich zur sicheren Einhüllung der Eisenbalken von oben, um diese auch hier gegen Feuer zu sichern und zu verhindern, daß ein Ablösen der Trägerkanten die Fußbodenkonstruktion verletzt. Die zwischen zwei Betonlagen vollkommen eingeschlossene Füllung kann in dieser Anordnung selbst bei mangelhafter Beschaffenheit keine Uebelstände hervorrufen.

Der Unterzug dieser Decke hat zugleich einen etwas vergrößerten Körper und ziemlich wirksamen Feuerchutz durch Einhüllen in einen Kasten aus *Rabitz-* oder *Monier-*Putz erhalten. Zu diesem Zwecke sind starke Tragdrähte unter den Balken der Decke befestigt, an denen zwei weitere in den unteren Kastenecken durch lotrechte Drahtnetze aufgehängt sind; auch zwischen diese ist ein Drahtnetz eingepannt, so daß nun ein vollständiger Kasten, in den unteren Ecken mit Rundstab verziert, eingeputzt werden kann. Die unteren Eckdrähte sind mittels Flacheisenklammern auch gegen die untere Gurtung des Unterzuges abgesteift. Die Breite des Kastens ist so bemessen, daß sie das runde Zwischenstück der Stütze zwischen den Wandungen aufnehmen kann, das somit ganz verschwindet. Die Luftschichten zwischen den Kastewänden und dem Unterzuge sichern letzteren auch gegen bedeutende Hitzegrade. Die Anordnung verflößt nur gegen die von *Stolz* (vergl. Art. 72, S. 78) aufgestellte Regel, daß unter den Decken keine vorspringenden Teile liegen sollen. Da aber selbst bedeutende Hitzegrade hier erst nach sehr langer Dauer eine schädliche Wirkung auf die Träger ausüben können, so ist darin kein Mangel zu erkennen.

Trotz ihrer großen Dichtigkeit und Stärke nimmt diese Zwischendecke doch nur eine geringe Höhe ein.

β) Mit Eifeneinlagen.

Die Zahl der Ausführungen dieser Art ist eine außerordentlich große, trotzdem allen ein und derselbe Gedanke zu Grunde liegt. Die große Zahl verschiedener Anordnungen ergibt sich aus der großen Zahl verschiedener Gestaltungen der Einlagen. Da diese Gesichtspunkte in Art. 113 bis 121 (S. 118 bis 127) eingehend erörtert sind, genügt es hier, eine größere Zahl von Beispielen für derartige Ausführungen zu beschreiben.

Fig. 263 u. 264 zeigen im Bau eingestampfte Mörtel- und Betondecken mit Eifennetzeinlage nach *Stolz*²⁰²⁾. In Fig. 263 sind die Balken oben gegen den Unterzugträger gesetzt, so daß dieser nach unten vortritt und mittels eines rechteckigen Kastens von *Rabitz-* oder *Monier-*Masse mit Aschenfüllung eingehüllt werden mußte. Dieser Vorsprung entspricht wegen der Bildung von hohlen Ecken den in

129.
Decken von
Stolz.

²⁰²⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

Art. 72 (S. 78) entwickelten Grundfätzen nicht ganz; doch wird die Feuerficherheit nicht wesentlich beeinträchtigt, weil selbst sehr hohe Hitzgrade die Träger nicht in gefährlichem Maße erwärmen können. Die Decke wird bei dieser Anordnung übrigens vergleichsweise dünn. Will man trotz des Vorragens des Unterzuges eine ebene Unterfläche haben, so muß man den die Asche tragenden Putz entsprechend tief hängen (Fig 264), also die ganze Decke dicker machen.

Um die Träger auch von oben zu

decken, ist zunächst eine Lage von *Monier*-Tafeln aufgelegt, welche in Fig. 263, 5 cm dick, Träger und Unterzug deckend, zugleich den Fußboden bildet und so nur mäßigen Schutz gewährt.

Um ebene Lagerung zu ermöglichen, mußte den Balken im Anschlusse der obere Flansch genommen werden. In Fig. 264 liegt die Balkenoberkante so weit unter der Oberkante des Unterzuges, daß diese etwa bündig mit den *Monier*-Platten bleibt; über das Ganze ist dann ein dünner Lehm Schlag breitet, der einen Estrich aufnimmt. Diese Anordnung giebt einen wirksameren Feuerchutz nach oben als die in Fig. 263 dargestellte.

Die Konstruktion einer Gipsdecke mit Drahteinlagen von *Odorico* aus dem Gerichtshause zu Frankfurt a. M.²⁰³⁾ zeigt Fig. 265.

Zunächst wurde die Deckenbekleidung mit drei Hanfgewebeeinlagen gegossen und fertig unter die Träger gebracht, indem man Bindedrähte an die mit eingegossenen verzinkten Drahtenden anknüpfte. In die Bekleidungsstücken der Felder waren bügelartig nach oben vorragende Drähte zu inniger Verbindung mit den übrigen Schichten der Decke eingegossen.

Nach genauem Einpassen dieser Bekleidung wurde eine weitere Gipslage mit Hanfgewebeeinlagen eingebracht, um die Bekleidungsstücke mit den Trägern sicherer als durch die Bindedrähte zu vereinigen. Weiter wurden Gipsleisten eingefstrichen, um die Fugen zwischen der Trägerbekleidung und den Bekleidungsstücken der Fache sicher zu decken und diese Tafeln am Verschieben zu hindern. Diese Körper genügten, um als Rüstung für die weiteren Arbeiten zu dienen.

Nun wurde eine dicke Lage aus Gips mit Kalkbrei und Kieselsteinen eingefüllt und schließlich der Feuerficherheit wegen eine nach den Trägern bogenartig heruntergezogene Kiesbetonschicht aufgestampft. Das Einbringen der Schichten erfolgte so, daß sie sämtlich unmittelbare Verbindungen mit den Nachbarn eingehen konnten.

Die Tragfähigkeit dieser Decke ist nicht geringer als die einer guten Betonkappe, und Erschütterungen sind nicht imstande, die reiche Gipsdecke zu verletzen. Schwere fallende Gewichte schlugen nur kleine Löcher, ohne die Umgebung zu verletzen. Die Kosten der Decke betragen für die Gipsteile je nach dem Reichtum der Ausschmückung 12 bis 15 Mark, für den Beton 5,25 Mark für 1 qm.

Die »Voutenplatte« von *Koenen* (Fig. 267 u. 268²⁰⁴⁾ bietet eine bis 6 m Weite hergestellte, tragende Fachausfüllung zwischen in großen Abständen verlegten Trägern. Die an sich ihrer hohen Tragfähigkeit wegen schwache Platte wird oben bündig mit

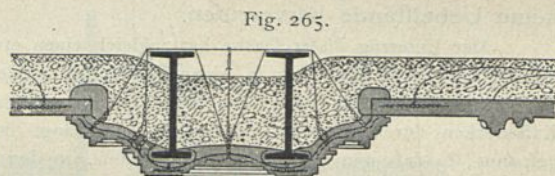
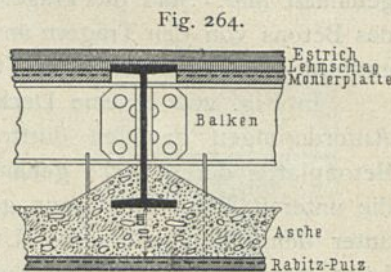
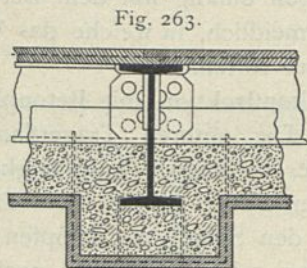


Fig. 265.

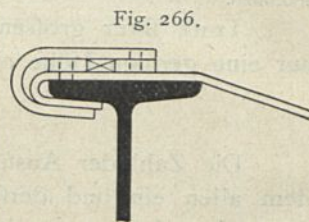


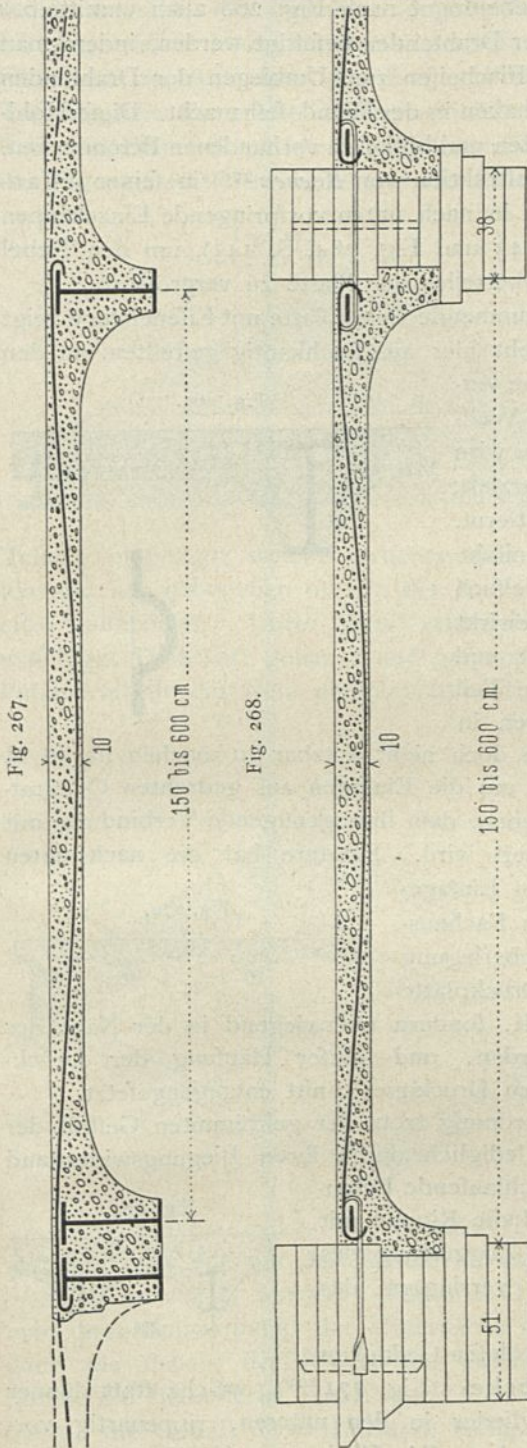
Fig. 266.

130.
Gipsdecken
von
Odorico.

131.
Voutenplatte
und Plandeeke
von *Koenen*.

²⁰³⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 275.

²⁰⁴⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1898, S. 339, S. 380. — Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 579. — Erzeugt von: Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monier-Bau in Berlin W. — D. R.-G.-M. — D. R.-P. angemeldet.



den Balken gelegt; die die Zugseite verstärkenden Drähte liegen auch über den Trägern, um sie zwecks sichererer Aufnahme der Zugwirkung um die Trägerflansche klammern zu können. Jeder Draht ist zwischen den Balken so weit krumm gebogen, daß er in der Mitte, der Stelle des größten Biegemoments, der Zugseite möglichst nahe rückt und nur eben genügend Beton unter sich behält, um das Haften des Drahtes im Beton zu sichern und zu starke Erhitzung durch Feuer zu verhüten. Die Platte ist mittels Hohlkehlen nach den Trägerflanschen heruntergezogen, so daß sichere Stützung ohne besondere Teile und zugleich Schutz der Träger gegen Feuer und Rost erzielt wird. Der vollständigen Umhüllung der Träger, sowie dem Einlegen von Doppelträgern steht nichts im Wege. Der Deckenputz haftet unter dem auf Schalung eingestampften Beton hinreichend. Da, abgesehen von den Drahtenden und dem eigentlichen Fußboden, keine Teile die Decke kreuzen, so erhält sie im ganzen eine möglichst geringe Höhe, zumal das Herabziehen der Hohlkehlen an den Balken auch als Verstärkung dieser wirkt und vergleichsweise niedrige Ausbildung der Träger gestattet.

Um die Krümmung der Drähte genau einstellen, überhaupt die nicht immer genau passenden Haken der Drähte sicher gegen die Träger festlegen zu können und um das Geradeziehen der Haken unter starker Last zu verhindern, sind die in Fig. 266 dargestellten Keilklammern²⁰⁵⁾ der Maschinenbau-Aktiengesellschaft zu Nürnberg verwendbar, welche in erster Linie für Flacheisenhaken bestimmt, auch für Drähte einzurichten sind.

Diese Hohlkehlenplatte bedarf übrigens nicht unbedingt der Träger für ihre Auflagerung; sie kann im letzten Felde einer größeren Trägerlage oder, wenn in einem schmalen Raume zwischen zwei

²⁰⁵⁾ D. R. G.-M. 94118.

Wänden überhaupt keine Träger liegen, ebenfogat nach Fig. 268 auch unmittelbar an den Wänden gelagert und bezüglich der Drahtenden befestigt werden, indem man ein vor der Wand wagrecht angebrachtes Flacheisen zum Umbiegen der Drahtenden benutzt und es andererseits mittels Ankerhaken in der Wand fest macht. Diese Hohlkehlen-Plattendecke gehört zu den einfachsten und billigsten vorhandenen Betondecken.

Weiter vervollkommnet ist diese Konstruktion von *Koenen* ²⁰⁶⁾ in feiner »Plattendecke«, bei der die gekrümmten Zugeisen in nach unten vorspringende Einzelrippen gelegt sind, wie bei *Möller* (vergl. Art. 143 und Fig. 284, S. 143), um den Hebel der Einlagen bezüglich des gedrückten Obertheiles der Platte zu vergrößern.

Eine im wesentlichen hiermit übereinstimmende Betonplatte mit Eiseneinlage zeigt Fig. 269 nach *Stauff* ²⁰⁷⁾. Die Einlage besteht hier aus hochkantig gestellten, an den Enden zum Aufhaken auf die Trägerflansche verdrehten Bandeisen mit Einbeulungen, sog. »Wellblechschienen« ²⁰⁸⁾. Bei dieser Konstruktion wird Eingreifen der Einlage in den Mörtel erzielt, das Eisen aber weiter von der Zugseite entfernt.

Eine vergleichsweise alte nordamerikanische Betonplatte mit Eiseneinlage, welche vielfach Vorbildlich für andere Ausbildungen gewirkt hat, zeigt Fig. 270 (vergl. auch Fig. 228 und 229, S. 123). Da der untere gezogene Teil der Platte nach den Auseinandersetzungen in Art. 104 (S. 110) für hohe Zugspannungen doch nicht nutzbar zu machen ist, so ist sie ausgespart und nur mit solcher Breite um die Einlagen aus gedrehten Quadrateisen (siehe Fig. 213, S. 120) stehen geblieben, daß ihre genügende Verbindung mit dem oberen Druckteile der Platte gesichert wird. Letztere hat die nach unten bogenförmigen Begrenzungen zwischen den Einlagestegen einerseits des Bildes von gewölbten Fachausfüllungen halber, andererseits nach der Ueberlegung erhalten, daß die Druckspannungen der Druckplatte nicht gleichmäßig über ihre Breite verteilt, sondern überwiegend in der Nähe der vereinzelt Zuggurtungen auftreten werden, und dieser Häufung der Druckspannungen hat man auch einen verstärkten Druckquerschnitt entgegengesetzt.

Mit einer Wölbwirkung hat die Anordnung trotz der gekrümmten Gestalt der Fachböden nichts zu thun; sie ist eine lediglich durch ihren Biegungswiderstand wirkende Platte, für welche der obere durchlaufende Betonkörper die Druckgurtung bildet, während die Rippen mit den Quadrateiseneinlagen als Wand- und Zuggurtung des Tragwerkes wirken. Die Ausparungen verringern das Gewicht der Decke.

Eine der neueren Anordnungen, die diesen Gedanken benutzen, ist die *Koenen'sche* »Rippendecke« (Fig. 271 ²⁰⁹⁾, welche statt dünner Eiseneinlagen kräftigere I-Eisen als Zugglieder in den unteren, rippenartig vorspringenden Teilen der Betondecke verwendet. Die Wirkungsweise ist im wesent-

132.
Platten
mit Wellblech-
schiene
von Stauff.

133.
Rippplatten.

134.
Rippdecken
von Koenen.

Fig. 269.

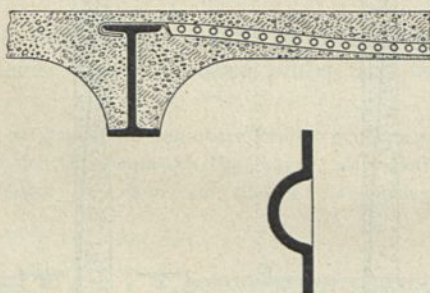
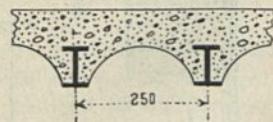


Fig. 270.



Fig. 271.



206) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1901, S. 108.

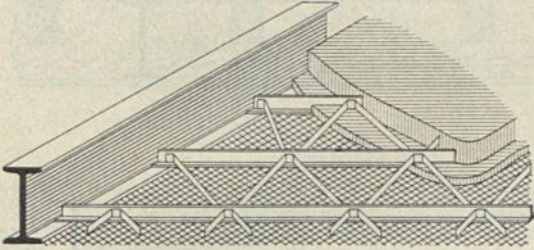
207) Siehe ebendaf., 1898, S. 636. — D. R.-G.-M. 98737. — Vergl. auch Fig. 228 u. 229, S. 123.

208) Siehe: *Nouv. annales de la constr.* 1887, S. 29.

209) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50.

lichen dieselbe, wie diejenige der zuletzt beschriebenen; nur nehmen die hohen I-Einlagen nicht bloß Zugspannungen auf; sie beteiligen sich vielmehr in erheblichem Maße an der Aufnahme der Biegemomente. So wird eine Decke von hoher Tragfähigkeit für große Lasten erzielt. Völlige Ummantelung der I-Eisen gegen Rost und Feuer ist leicht herzustellen. Sind die I-Eisen stark genug gewählt, um das Eigengewicht der Decke und die Arbeitsvorrichtungen zu tragen, so braucht die

Fig. 272.

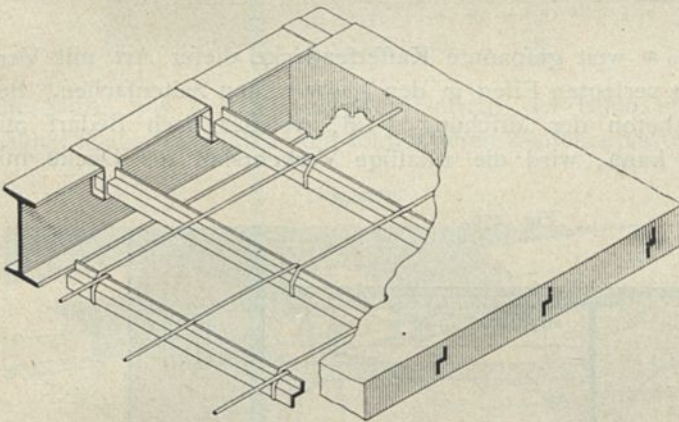


Decke nicht eingerüstet zu werden, sondern ist mittels kleiner Hängerrüstungen auf Rutschdielen herzustellen, wie in Art. 84 (S. 91) besprochen ist.

Die Betondecke von *Donath* (Fig. 272²¹⁰) ist in der Zusammenfassung verwickelter. Zwischen die weitgeteilten Balken werden auf ihre Unterflanke zunächst Querträger aus kleinen I- oder L-Eisen in etwa 30 cm

135.
Betondecken
von *Donath*.

Fig. 273.



Teilung eingelegt, welche zwischen sich ein Netzwerk aus hochkantig stehenden, hin und her gebogenen und in den Knickstellen an die Querträger genieteten Band-eisen aufnehmen. Unter diese zahlreichen Tragkörper wird schließlich ein engmaschiges Drahtnetz gehängt und gespannt. Nun wird zunächst eine dünne Schicht Putzmörtel in das Netz eingebracht und darauf eine stärkere Betonschicht, welche das Flacheisennetzwerk und die Querträger ganz einhüllt. Einrüstung ist für diese Herstellung nicht nötig; man kann den Putz unter dem Netzwerke ohne weiteres abreiben.

Die Betondecke von *Mueller* (Fig. 273) wird auf voller Schalung eingestampft; sie hat nur das Besondere, daß als Zugglieder im Beton kleine L- oder T-Eisen verwendet werden. Günstiger als letztere würden kleine U-Eisen sein, da man ihren Schwerpunkt der Unterfläche der Platte näher rücken kann; doch stößt dann die sichere Einbettung von unten auf Schwierigkeiten. Mit dieser Decke stimmt die Betondecke von *Donath*²¹²) mit Einlagen aus S-förmig gebogenem Bleche bis auf die Gestalt dieser Einlagen völlig überein.

Eine solche Decke wiegt bei 1,50 m Balkenteilung und 8 cm Putz- und Betondicke 144 kg für 1 qm. Eine in Berlin²¹¹) mit 157 cm Balkenteilung, 22 cm hohen I-Trägern und 10 cm Beton erbaute derartige Decke wurde mit 4070 kg für 1 qm belastet, ohne wesentliche Veränderungen zu zeigen.

136.
Betondecken
von *Mueller*.

Eine Einlage eigentümlicher Gestalt zeigt die »Spiraleisen-Betondecke«

137.
Spiral-
eisendecken.

²¹⁰) Erzeugt von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 49. — Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Deutsche Bauz. 1895, S. 591.

²¹¹) Geschäftshaus: Oberwasserstraße 12.

²¹²) Erzeugt von *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1900, S. 69.

von *Thomas & Steinhoff* in Mülheim a. R.²¹³⁾, die behufs Erzielung kräftigen Haftens des Eisens im Mörtel um die Längsachse stark verwundene Bandeisen einstampfen. Aehnliche Verwendungen wurden auch von *Düfing*²¹⁴⁾ angegeben.

Die Flacheisen haben 35 mm Höhe, 1,6 mm Dicke und werden in 33 cm Teilung auf die Balken gelegt, dann in 8 bis 10 cm Beton eingestampft, so daß etwa 2 cm Beton unter dem tiefsten Punkte der Band-eisen bleiben. Die Lage zu den Balken ist unten (Fig. 274) wie oben (Fig. 275) möglich, indem man im letzteren Falle Beton und Bandeisen an den Balken herabzieht. In ersterem Falle ist besondere Unterstützung oder Auffüllung für den Fußboden nötig, im letzteren besonderes Anbringen des etwaigen Deckenputzes, der aber bei diesen so wie so nach unten in Mörtel abgeflohenen Decken meist fehlt.

Fig. 274.



Fig. 275.

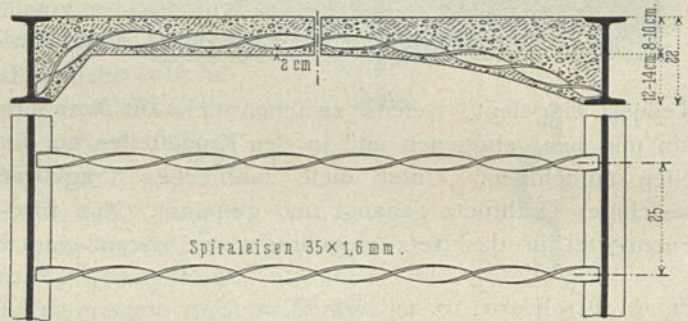
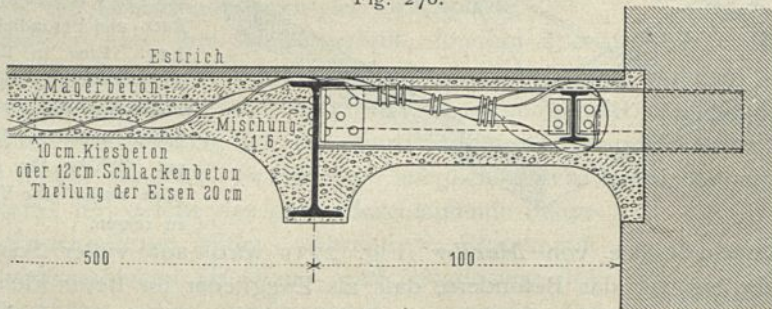


Fig. 276 zeigt eine 5,00 m weit gespannte Kassettendecke dieser Art mit Verankerung der in 20 cm Teilung verlegten Eifen in den 1,00 m weiten Seitenfachen. Bei Verwendung von 10 cm Kiesbeton der Mischung 1 : 6, welcher nach Bedarf mit Magerbeton überfüllt werden kann, wird die zulässige Verkehrslast der Decke mit 750 kg für 1 qm angegeben.

Fig. 276.



138.
Decken von
Hennebique
und von
Deumling.

Ein Beispiel der Ausführung einer plattenförmigen Betoneisendecke nach *Hennebique*²¹⁵⁾ bietet die Decke des Untergeschosses im neuen *Palais des Champs-Élysées* in Paris, welches aus Anlaß der Ausstellung im Jahre 1900 für die Kunstausstellung errichtet ist.

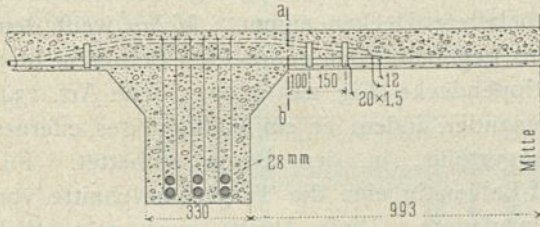
²¹³⁾ D. R.-G.-M. 74313.

²¹⁴⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1897, S. 48.

²¹⁵⁾ Siehe: Zeitchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 209. — *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54. — *Nouv. annales de la constr.* 1899, S. 1. — Schweiz. Bauz., Bd. XXIX (1897), S. 61; Bd. XXV (1895), S. 31. — *Baugwks.-Zeitg.* 1896, S. 91. — Regeln für die Ausführung von *Hennebique*-Decken siehe: Zeitchr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenind., Bd. XIX (1900), S. 18. — Zeitchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 97, 117.

Die Decke (Fig. 277 u. 278) besteht aus 6,09 m freiliegenden Balken, deren Zwischenräume mit 1,986 m weit freiliegenden Platten gedeckt sind, wobei die Platten wieder die Druckgurtung, die Balken die Zugglieder bilden. Diese Decke ist für 100 kg auf 1 qm Last des Fußbodens und 1000 kg für 1 qm Verkehrslast bestimmt.

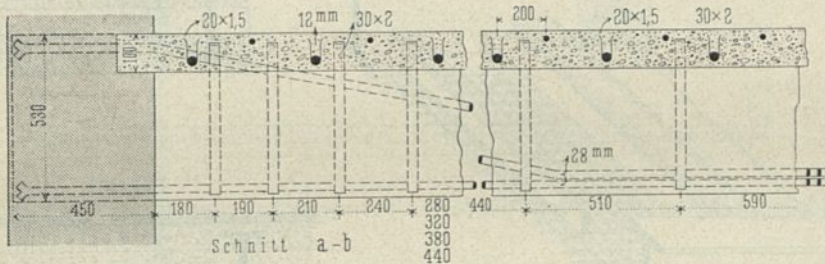
Fig. 277.



Die Probelastung wurde bis über 2400 kg für 1 qm getrieben, wobei die Durchbiegung 0,9 mm betrug. Fig. 279 zeigt eine Anordnung mit Stütze, Unterzug und Balken nach *Hennebique*, nach Angaben von *Martenstein & Fosseaux* in Karlsruhe.

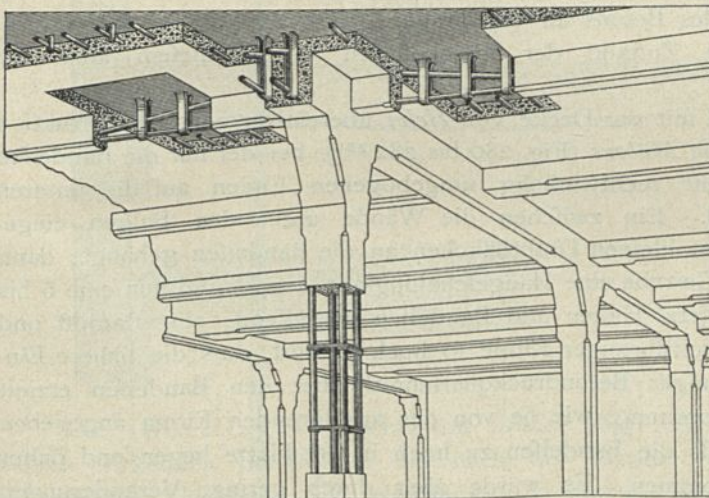
Neben den Ausführungen von *Hennebique* sind in Frankreich diejenigen von *Coignet*, von *Cottancin* und von *Bonna*²¹⁶⁾ verbreitet, welche sich von ersterer namentlich durch Einlegen von Metall auch in die Druckseite, dann durch

Fig. 278.



die Mittel zur Verbesserung des Haftens der Eifen im Beton unterscheiden. Alle bilden starke Tragbalken mit schwächeren Zwischenplatten. Bis auf *Bonna*, der kleine Walzformen einlegt, verwenden alle Rundeifen.

Fig. 279.



Im wesentlichen gleiche Anordnungen, wie die *Hennebique'sche* Decke, zeigt die Hängedecke von *Deumling*²¹⁷⁾.

Eine einfache und wirksame Zusammenfassung zeigen die Betondecken von *Helm*²¹⁸⁾. Hier bestehen die Eiseinlagen aus langen, geraden Bandeifen, welche hochkantig zwischen die Balken gebracht werden, indem man sie am

139-
Decken
von *Helm*.

²¹⁶⁾ Siehe: *Zeitchr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenind.*, Bd. XVIII (1899), S. 70.

²¹⁷⁾ Siehe: *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXX (1897), S. 145.

²¹⁸⁾ Siehe: *Bauindustrie* 1898, S. 1.

Balkenstege jedesmal rechtwinkelig abbiegt, um die Bändeisenleitung von etwa 10 cm am Stege entlang führt und sie dann wieder rechtwinkelig abbiegend zum nächsten Balken zurücktreckt, dieses so lange wiederholend, bis die vorhandene Bandlänge verbraucht ist. Die Bändeisen liegen der Betonunterkante möglichst nahe.

140.
Decken
von Melan.

Eine ursprünglich für Brücken bestimmte und auch überwiegend für solche verwendete Konstruktion mit Verbindung von Eisen und Beton ist diejenige von *Melan*²¹⁹), welche sich ebenförmig auch für schwer belastete Decken eignet. *Melan* weist dem Eisen nicht bloß die Rolle eines Zuggliedes gegenüber den gedrückten Betonschichten zu, sondern er stellt, wie *Koenen* bei der Rippendecke (Fig. 243 u. 271; siehe Art. 134, S. 138) beide mit gleichen Aufgaben ineinander, indem er ein vollständiges eisernes Tragwerk, nicht bloß eine eiserne Zuggurtung, in den Beton einbettet. Für Decken führt dies zu der Anordnung, I-Balken in eine die Trägerquerschnitte von allen Seiten einhüllende Betonplatte einzulagern. Diese Decke wird namentlich

Fig. 280.

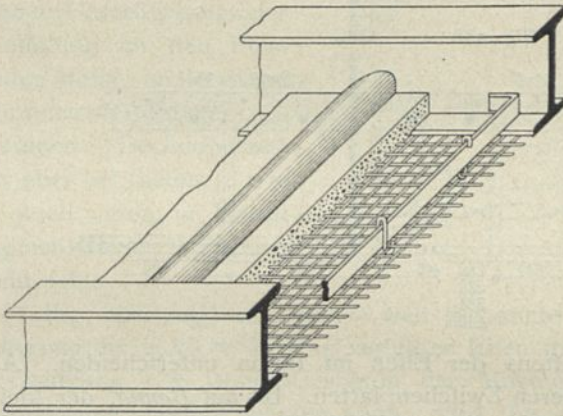


Fig. 281.

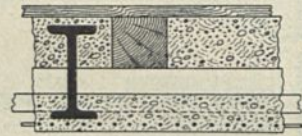
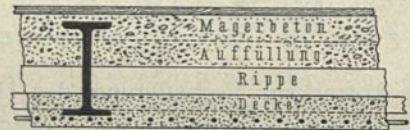


Fig. 282.



fehr hohen Lasten gegenüber in Frage kommen; doch ist auf die Herstellung bezüglich des Anbindens des Betons an die Träger große Sorgfalt zu verwenden, weil der durchschnittliche Zustand der angelieferten Träger diesem Anbinden nicht günstig ist.

141.
Rippendecken
von Möbers.

Eine im wesentlichen mit der Decke von *Helm* übereinstimmende Konstruktion zeigt die Rippendecke von *Möbers* (Fig. 280 bis 282²²⁰), bei der nur die Bändeisen einzeln abgelängt und mit rechtwinkelig umgebogenen Enden auf die unteren Trägerflansche gelegt sind. Ein zwischen die Wände unter den Balken eingespanntes Drahtnetz wird mit kleinen Drahthäkchen an die Bändeisen gehängt; dann wird etwa 2 cm unter dem Gewebe eine Hängeschalung angebracht und nun eine 5 bis 6 cm starke Betonschicht, Netz, Haken und Bändeisen umhüllend, eingestampft und über jedem Bändeisen in wulfförmiger Rippe so hoch geführt, daß die sichere Einhüllung und auch noch einiger Betondruckquerschnitt über den Bändeisen erzielt wird. Als Mangel der Anordnung, wie sie von der ausführenden Firma angegeben wird, ist hervorzuheben, daß die Bändeisen zu hoch in der Platte liegen und daher nicht voll zur Geltung kommen. Es würde aber durch geringe Veränderungen möglich sein, die Bändeisen auf das Drahtnetz herabzurücken. Fig. 280 zeigt die

²¹⁹) Siehe: *Engineering news*, Bd. XL, (1898) S. 45. — Vergl. auch Art. 122 (S. 130), sowie Fig. 241 u. 252.

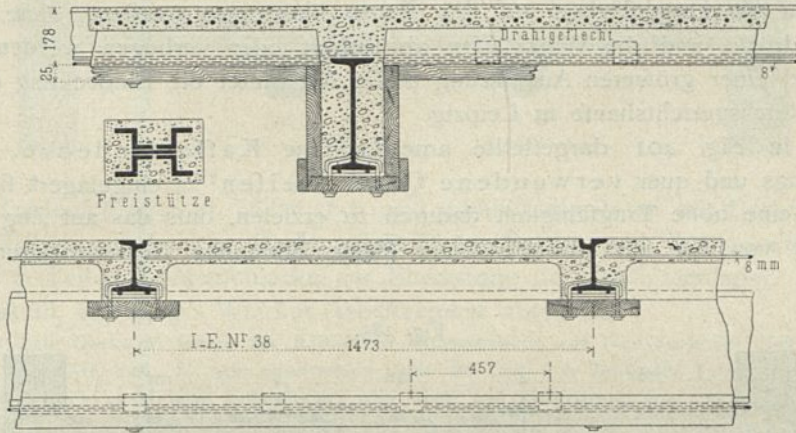
²²⁰) Erzeugt von: *Carl Möbers & Wilhelm Wirtz* in Düsseldorf.

Gefamtanordnung dieser Deckenteile, Fig. 281 die Verwendung zu einer Decke mit Holzfußboden, Holzlagern und Eisenbalken und Fig. 282 das Anbringen von Estrich mit Linoleum auf Füllsand bei Eisenbalken.

Eine schwer beladene Betondecke mit Einlagen aus 8 mm starken, gedrehten Flufseisen-Quadratfäben, welche zur Aufnahme des Putzes auch unter den Trägern angebracht sind, zeigt Fig. 283. Die von der *Ransome Concrete-Floor-Gesellschaft*²²¹⁾ in einem neuen nordamerikanischen Strafsenbahnhofe ausgeführte Decke

142.
Ransome
Concrete-
Floors.

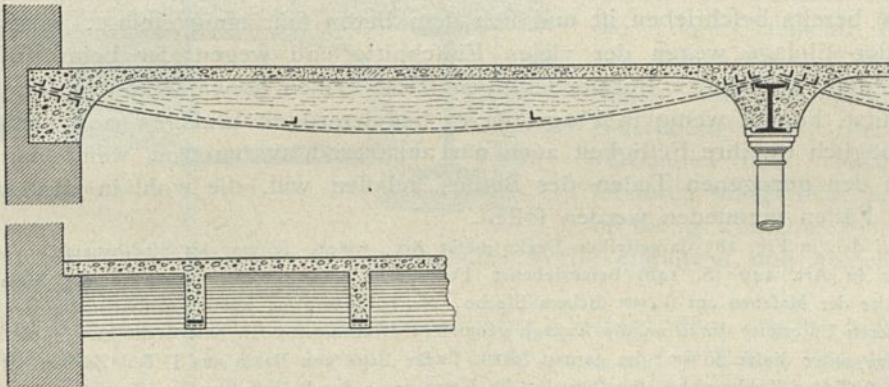
Fig. 283.



hat die Strafsenbahnwagen aufzunehmen, weshalb entsprechende Rillenschienen eingebettet sind.

Die Decke ist für 850 kg auf 1qm Verkehrslast bestimmt und hat 137 kg für 1qm Gewicht. Bei Belastungsproben trat als Beginn der Zerstörung das Loslöfen der unter den Quadrateisen liegenden Betonschicht ein, als die Last auf nahezu 6000 kg für 1qm gebracht war.

Fig. 284.



Die »Gurtträgerdecke« von *Möller* (Fig. 284) fügt²²²⁾ einer als Druckbalken wirkenden Betonplatte ein nach der Parabel- oder dem Kreisförmigen gekrümmtes Flachband als selbständige Zuggurtung hinzu, dessen kettenförmige

143.
Gurtträger-
decken von
Möller.

²²¹⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398.

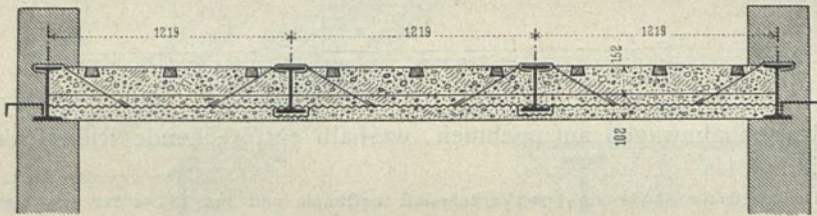
²²²⁾ Siehe: *Zeitschr. f. Bauw.* 1897, S. 143. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXX (1897), S. 145. — *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1897, S. 1006. — *Engineering news*, Bd. XLI (1899), S. 94.

Gestalt durch eine entsprechend geformte, mit der Druckplatte zusammenhängend ausgeführte Zementrippe unter der Platte gesichert wird. Diese Rippe ersetzt die Trägerwand und dient als folche zugleich zum Uebertragen der lothrechten Last von der Platte auf das Hängeband. Wenn das Flachband ganz in die Rippe eingebettet wird, so geschieht dies nur zur Erzielung von Schutz gegen Feuchtigkeit und Feuer. Zur Uebertragung der Zugkraft des Bandes an seinen Enden auf die Betonplatte bedient sich *Möller* nicht des zweifelhaften Haftens des Zements am Eisen, sondern er nietet kleine Abschnitte von Winkeleisen an die Bandeisenenden in solcher Länge und Zahl, daß der Zug des Bandes durch die abstehenden Schenkel der Winkeleisen als Druckflächen auf den Beton übertragen werden, ohne daß der Beton zerdrückt und die Winkeleisen abgesehert oder verbogen werden könnten. Ein Beispiel einer größeren Ausführung dieser Art bietet die Eindeckung der Pleiße vor dem Reichsgerichtshause in Leipzig.

144.
Rippen-
Kaffettendecke.

Die in Fig. 401 dargestellte amerikanische Kaffettendecke, in deren Rippen längs und quer verwundene Quadratischeisen²²³⁾ eingelagert sind, sucht gleichfalls eine hohe Tragfähigkeit dadurch zu erzielen, daß das auf Zug wirkende Eisen weit von der eine durchlaufende Platte bildenden Betondruckgurtung entfernt wird.

Fig. 285.



145.
Decke der
Manhattan
Construction
Co

Die Decke der *Manhattan Construction Co.*²²⁴⁾ in New-York (Fig. 285) wird mit der Einlage aus eingeschnittenem und dann aufgezogenem Flusseisenbleche (*Expanded metal, Metal déployé*²²⁵⁾ hergestellt, welche in Art. 115 (S. 119) zu Fig. 207 bis 209) bereits beschrieben ist und sich dem Beton sehr innig einfügt. Daß diese Form der Einlage wegen der vielen Einschnitte und wegen der beim Aufzerren eintretenden, zahlreichen Formänderungen selbst keinen hohen Grad von Tragfähigkeit besitzt, kommt wenig in Frage, da es bei derartigen Einlagen ja in der Regel nicht möglich ist, ihre Festigkeit auch nur annähernd auszunutzen, wenn man nicht Riffe in den gezogenen Teilen des Betons zulassen will, die wohl in den weitaus meisten Fällen vermieden werden sollen.

Bei der in Fig. 285 dargestellten Decke dieser Art, welche seitens des Stadtbauamtes von New-York der in Art. 146 (S. 146) beschriebenen Feuerprobe unterworfen wurde, ist die Einlage mit 76 mm Seite der Maschen aus 3,4 mm dickem Bleche, Nr. 10 B. W. G., auf die Unterflansche der Balken gelegt, deren Unterseite durch an die Einlage gebundene Drahtnetzstreifen unterdeckt ist. In die Einlage wurde eine unter dieser 25 mm, im ganzen 89 mm starke Lage von Beton aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 3 Teilen Kohlenasche eingestampft; die Netze unter den Balken wurden 13 mm stark eingeputzt, und dann wurde die ganze bündige Unterfläche 13 mm stark mit Kalk geputzt. Die Auffüllung bestand aus 1 Teil Zement und 10 Teilen Kohlenasche. Die Decke erlitt durch die Hitze keinen Schaden, bog

²²³⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 235.

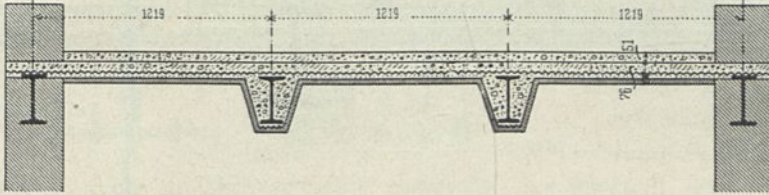
²²⁴⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 255.

²²⁵⁾ Erzeugt von: *Central Expanded Metal Co.* und *Expanded Metal Fireproof Construction Co.* in New-York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXVII (1897), S. 269. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXXVI (1900), S. 93. — *Engng.* 1900 — II, S. 331. — In Deutschland jetzt vertreten durch: *Schüchtermann & Kremer* in Dortmund.

sich unter 730 kg für 1 qm Last bei 4267 mm Lichtweite 52 mm durch und verlor den Putz und einen Teil des Betons unter der Einlage erst durch den starken, 15 Minuten wirkenden Wasserstrahl. Nach Abkühlung war die Durchbiegung 25 mm. Die Decke hatte also der abwechselnden Wirkung des Feuers und kalten Wassers nicht vollkommen widerstanden.

Eine zweite Form derartiger Decken zeigt Fig. 286²²⁴). Die Einlage ist oben über die Träger gespannt. Die Betonlage aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und

Fig. 286.

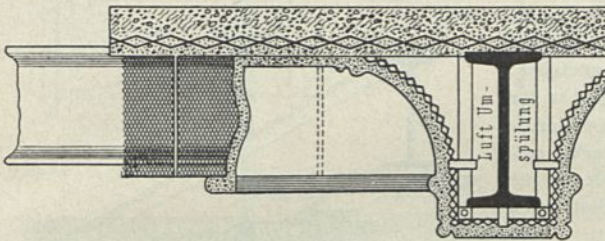


4 Teilen Kohlschlacke ist 76 mm dick und umhüllt die unten mit Drahtnetz unterspannten Träger. Auf dieser Decke liegen 51 mm Beton aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 8 Teilen Kohlschlacke zur Einbettung der Fußbodenlager. Die ganze Unterfläche ist mit *King's* Windfor-Asbestzement abgeputzt.

Auch diese Decke ist seitens der städtischen Bauverwaltung von New-York der öfter geschilderten Feuerprobe (siehe Art. 146, S. 146) unterworfen unter der Last von 730 kg für 1 qm; die Durchbiegung betrug 63 mm. Nach 15 Minuten Ueberflutung von oben und Anspritzung von unten zeigte sich wieder, daß Putz und Betonlage unter den Balken und der Einlage weggeschwemmt waren; da, wo der scharfe Wasserstrahl nicht gewirkt hatte, war auch die Unterfläche ganz unverletzt. Die Einwirkung des Feuers auf diese Decke ist eine stärkere als diejenige auf die in Fig. 285 dargestellte wegen der vertieft liegenden Balkenfelder.

Fig. 287 stellt einen Unterzug mit Balken dar, die oben eine Betondecke mit aufgezogener Blecheinlage tragen, übrigens feuerficher eingehüllt sind²²⁶). Um außer dem Schutze der Betonhülle noch den eines großen Luft-

Fig. 287.



raumes zu schaffen, sind auf die Träger zunächst Rahmen aus Bandeisen gehängt, mit denen kleine Klammern zur Befestigung des Blechgitters verbunden sind. Mittels des letzteren bringt man das Gitter in die gewünschte Form, und

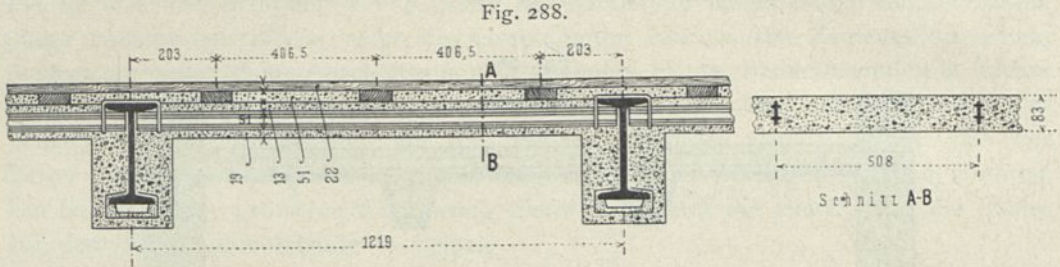
kann es dann von außen her in gewöhnlicher Weise einputzen und abziehen, da es hierzu hinreichend engmaschig ist.

Die Betondecke der *Columbian fireproofing Co.* (Fig. 288 u. 289²²⁷) besteht aus einer Betonlage aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 5 Teilen Steinschlag in irgend einer Höhe der I-Balken, in welche in 508 mm Teilung doppelte Kreuzeisen von 51 mm Höhe eingelegt sind, und zwar mit ihrer Mitte über die Mitte der 83 mm starken Betonplatte. Demnach ist hier die Eiseneinlage weniger zur Entlastung der Zugseite des Betons, als zur Erzielung einer selbständigen Trägerwirkung eingefügt. Die Doppelkreuzeisen werden vor dem Einbringen des Betons durch über die Balken

²²⁶) Siehe: *Revue technique*, Bd. XIX (1898), S. 265, 313.

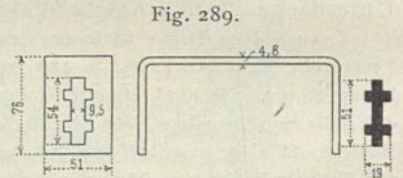
²²⁷) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 7.

gelegte Blechbügel mit entsprechender Lochung in der ihnen bestimmten Höhenlage angebracht. Die Betonhülle der Balken wird in ihrem Boden noch besonders durch auf die Unterflanke gehängte Drahtbügel getragen, zeichnet sich aber noch dadurch aus, daß sich dieser Boden nicht dicht unter den Balken legt, sondern

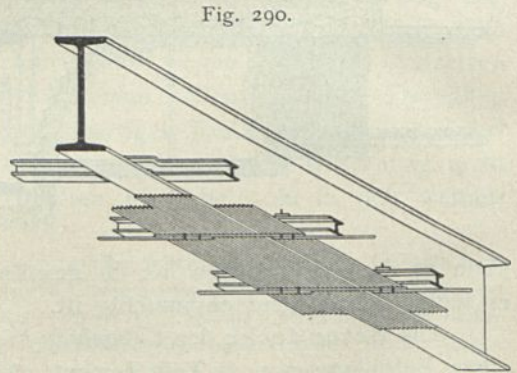


einen nicht unbedeutenden Luftraum unter dem Balken frei hält, der den Feuerchutz wesentlich erhöht; seine Form ist die beim Einstampfen entstehende unregelmäßige. Für die Füllung zwischen den Fußbodenlagern ist ein Beton aus 1 Teil Zement, 5 Teilen Sand und 10 Teilen Stein Splittern verwendet.

Die in Fig. 288 dargestellte Decke wurde 30 Tage alt mit 730 kg für 1 qm Eisenballast belastet. Sie war in einem Probegebäude seitens der städtischen Verwaltung von New-York hergestellt, in dessen unterem Teile die nötigen Rostanlagen zur dauernden Unterhaltung eines gut genährten Feuers angebracht waren. Das Feuer brachte schnell eine Wärme von 1150 Grad C. hervor, die dann mit geringen Schwankungen 5 Stunden lang erhalten wurde. Dann wurde die Decke von unten 15 Minuten mit kaltem Wasser bespritzt und von oben 5 Minuten lang ebenso überflutet. Der Spritzenstrahl war unter 4,2 Atmosphären Druck so stark, daß die Oberfläche der Wände stellenweise davon verletzt wurde. Bei der Prüfung zeigte sich, daß der Wasserstrahl die dünne Betonlage unter den Balken und Eiseneinlagen stellenweise weggewaschen hatte; sonst war die Decke unverletzt; nur hatte sie bei 487 cm Lichtweite in heißem Zustande 89 mm Durchbiegung angenommen, die mit der Abkühlung mit Wasser auf eine bleibende von 76 mm zurückging. Eine Woche später wurde ein Feld mit 3000 kg für 1 qm belastet, wobei sich die Träger 13 mm durchbogen, ohne daß eine Verletzung der Decke entstand. Die Wirkung der Wärme wurde durch die Kaffettenform und durch das Fehlen jedes schützenden Putzes besonders scharf gemacht.



Nach Patent *Holzer* führen *Wayss & Freytag* in Neustadt a. d. H. eine Betondecke²²⁸⁾ aus, welche als Eiseneinlagen kleine, 2 cm hohe I-Eisen erhält (Fig. 290). Diese liegen in 25 cm Teilung, an den Enden etwas aufgebogen, auf den Unterflanschen der Balken bündig mit deren Unterfläche, wenn eine ebene Decke entstehen soll; sie können jedoch zur Bildung einer Kaffettendecke auch in höhere Lage gebracht werden. Die zulässige Balkenteilung wird für gewöhnliche Verhältnisse zu 2,50 m angegeben. Unter jede Einlage wird mittels Draht und mit etwa 1,5 cm Zwischenraum je ein Rundeisen gehängt, welches



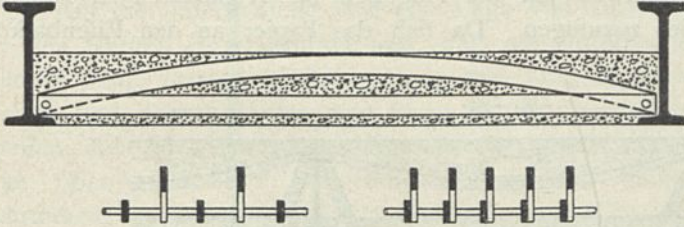
147.
Betondecken
von *Holzer*.

228) Siehe: Deutsche Bauz. 1895, S. 144.

zur sicheren Unterstützung von einzelnen Putzrohrstengeln oder Putzrohrmatten benutzt wird, die fomit auch gleich die Balkenunterflansche eben und sicher unterdecken.

Angegeben wird, daß diese Konstruktion bestimmt sei, die Ausführung der Betonplatte ohne Einrüstung zu ermöglichen, da die Putzträger bei nur 25 cm Trag-

Fig. 291.

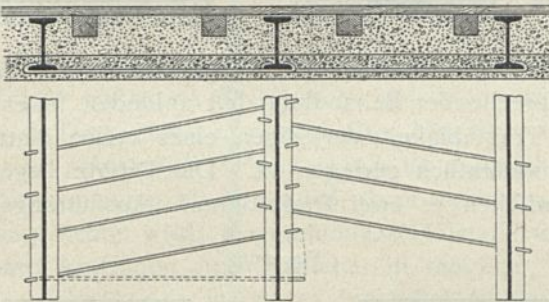


länge stark genug seien, um das Einfüllen der frischen Betonlage zu gestatten; nachher soll der Putz dann von unten angeworfen werden. Bei dieser Art der Ausführung erscheint aber der Umstand bedenklich, daß die

Putzrohrstengel auch in Mattengewebe vereinigt zu schwach sind, um kräftiges Einstampfen des frischen Betons zu ertragen, ohne das eine tragfähige und dichte Decke nicht zu erzielen ist und das auf einem engmaschigen, gut befestigten Drahtnetze zur Not ausführbar ist. Soll eine dichte Decke erzielt werden, so wird man den erforderlichen Widerstand für das Stampfen auf irgend eine Weise doch schaffen müssen.

Bei der Decke von *C. B. T. Wilkens*²²⁹⁾ erhält der Beton nach Fig. 291 vollständige, aus Bandeisen gebildete Bogenträger mit Bandeisenzugstange als Ein-

Fig. 292.



lage. Bogen und Zugstange liegen entweder dicht bei einander oder sind gleichmäßig auf die Länge der Betonplatte verteilt. In allen Fällen sind sie untereinander mittels lang durchlaufender, durch Löcher der Bandeisenden gesteckter Rundstangen verbunden.

Daß in gleicher Weise auch als Ketten wirkende Einlagen aus nach unten gekrümmten Bandeisen verwendet werden können, wird gelegentlich der Besprechung von Fachausfüllungen aus Backsteinen unter b, 4, β noch erörtert werden.

*W. Chrometzka*²³⁰⁾ in Breslau bringt in der Weise Rundeiseneinlagen

Fig. 293.



in die tiefsten Schichten von Betonplatten und erzeugt zugleich eine Verspannung der Balken gegeneinander, daß er die Enden von Rundeisenstücken zu Haken so umbiegt, daß sie für die Fachbreite etwas zu lang bleiben, diese rechtwinkelig zu den Balken unter (Fig. 292) oder über (Fig. 293) diese streckt und sie dann so weit dreht und antreibt, daß sie sich fest auf die Trägerflansche klemmen.

Daß man so eine tragende Betontafel sowohl über den Balken, als auch zwischen deren unteren Teilen herstellen kann, zeigen Fig. 292 u. 293. Erstere

²²⁹⁾ Siehe: *Baugwks.-Zeitg.* 1897, S. 1477.

²³⁰⁾ *D. R.-G.-M.* 80434. — Siehe auch: *Baugwks.-Zeitg.* 1897, S. 1477.

^{148.}
Decken von
Wilkens.

^{149.}
Decken von
Chrometzka.

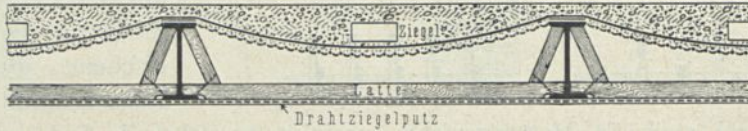
Konstruktion ist dann von der *Koenen'schen* Voutenplatte (siehe Fig. 267 u. 268, S. 137) in keinem wesentlichen Punkte verschieden.

Aehnlich dieser Konstruktion ist auch die »Spanneifendecke« von *Zöllner*²³¹⁾.

150.
Terrastdecken
von
Lilienthal.

Der Terrasteftrich²³²⁾ der Terrastbaugesellschaft nach *Lilienthal* kann, wie zwischen Holzbalken (siehe Art. 53, S. 64), auch zwischen Eifenträgern (Fig. 294) angebracht werden. Unter Hinweis auf die Angaben für Holzbalken in Art. 53 (S. 64) ist hier nur folgendes zuzufügen. Da sich das Papier an den Eisenbalken

Fig. 294.

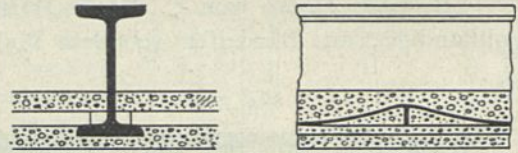


nicht befestigen läßt, so wird hier die Ausführungsweise mit zu unterst liegendem ersten Drahtnetze die Regel bilden. Die Drahtnetze werden mit Bindedrähten an die Trägerflansche gehakt. Die Pappstreifen über den Balken fallen weg.

151.
Decken von
Bramigk.

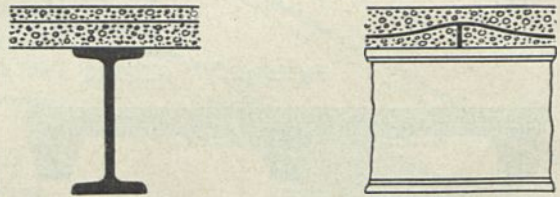
Um das Gewicht solcher gestampfter Betondecken mit Eifendrahteinlagen oben und unten zu verringern, legt *Bramigk*²³³⁾ in Dessau in der Richtung der Tragdrähte Reihen von Drainrohren ein, welche oben und unten je eine kräftige Betongurtung mit Drahteinlagen und zur Verbindung beider Gurtungen dünne Zementstege zwischen sich stehen lassen. Da der Beton an die Drainrohre bei zweckentsprechender Behandlung fest anbindet, so entsteht ein geschlossenes Gefüge, dessen Tragfähigkeit derjenigen einer vollen Platte kaum nachgibt, dessen Gewicht aber wesentlich geringer ist. Die Drähte liegen immer in den dreieckigen Zwickeln zwischen je zwei Drainrohren. Ausführungen solcher Decken sind bis 4^m Weite ohne Trägerstützung vorgenommen.

Fig. 295.



Auch die »Framdecke« von *Fansen*²³⁴⁾ mit eine Juteeinlage enthaltender Mörtelplatte (siehe Art. 120, S. 127) wird als Ausfüllung für eiserne Balkenlagen vorgeschlagen. Zwei derartige Beispiele sind in den Fig. 295 u. 296 dargestellt. Diese Konstruktion weicht von der für Holzbalken (siehe Fig. 107 u. 108, S. 63 u. 64) beschriebenen nicht wesentlich ab; nur soll Zementbeton der Mischungen 1:5 bis 1:10 verwendet werden, und die Auflagerung auf die Balken ist unter Benutzung der oberen oder unteren Flansche der Balken eine ersichtlich bessere als bei Holzbalken.

Fig. 296.



152.
Framdecken
von
Fansen.

Zwei derartige Beispiele sind in den Fig. 295 u. 296 dargestellt. Diese Konstruktion weicht von der für Holzbalken (siehe Fig. 107 u. 108, S. 63 u. 64) beschriebenen nicht wesentlich ab; nur soll Zementbeton der Mischungen 1:5 bis 1:10 verwendet werden, und die Auflagerung auf die Balken ist unter Benutzung der oberen oder unteren Flansche der Balken eine ersichtlich bessere als bei Holzbalken.

231) D. R.-G.-M. 80 434. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1899, S. 524. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1897, Wochausg., S. 758.

232) D. R.-P. 100 194. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1900, S. 193.

233) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 144. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1900, Wochausg., S. 207.

234) Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 188.

2) Plattenförmige, fertig in den Bau gebrachte Körper.

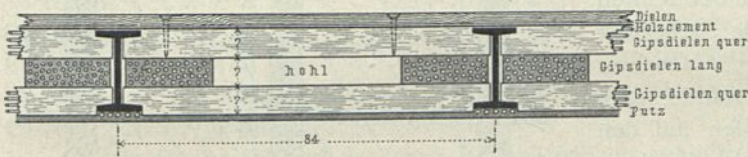
a) Ohne Einlagen.

Eine sehr gute Fachauffüllung dieser Art wird nach Patent *Wayfs*²³⁵⁾ mit *Mack's* Gipsdielen (vergl. Art. 42, S. 58 u. Art. 61, S. 71) hergestellt, wie in Fig. 297 gezeigt ist.

Auf die Unterflanke wird eine Lage von Gipsdielen quer gelegt, nachdem sie an den Kanten so ausgenutzt sind, daß die Unterfläche mit derjenigen der Träger bündig wird; hierauf werden entlang den Trägern je zwei Reihen Gipsdielen längs gelegt und darauf wieder eine Lage in der Querrichtung. Die Dicke wird so bemessen, daß die oberste Lage oben wieder bündig mit den Trägern liegt. Man kann nun oben den etwa notwendigen Fußboden unmittelbar auf die Gipsdielen schrauben, nachdem alle Fugen sorgfältig mit Gips gedichtet sind, und die rauhe Unterfläche kann unmittelbar geputzt werden.

Diese Decke ist sehr dicht für Wärme und Schall, reichlich tragfähig für die Lasten gewöhnlicher Wohnräume und vergleichsweise sehr leicht; sie nimmt wenig Höhe in Anspruch und besitzt auch einige Widerstandsfähigkeit gegen Feuer, da die

Fig. 297.



Gipsdielen selbst nach Zerfallen des Gipses in der Hitze noch einigen Zusammenhalt bewahren. Sorgfalt bedingt hier die Unterputzung der Trägerflanke, welche sich leicht durch

Risse auszeichnet; in Fig. 297 ist angenommen, daß der Putz durch unter die Träger gespannte Rohrgewebe gehalten wird.

Die Gefahren mangelhafter Füllstoffe entfallen; Gerüste zum Einbringen sind nicht erforderlich; Feuchtigkeit ist ausgeschlossen; die Dichtigkeit gegen größere Wassermengen ist namentlich dann vollkommen, wenn die oberste Lage mit Zement eingedichtet wird; eingeschlossene Holzteile sind nicht vorhanden. Auch das unmittelbare Auftragen eines Estriches ist möglich.

Der Preis der in Fig. 297 dargestellten, für 6 m Weite berechneten Decke ist 17,8 Mark für 1 qm, wobei aber in das Gewicht fällt, daß die geringe Dicke Ersparungen in den Wänden ergibt.

Die Belastungsproben ergaben bei einer Auflast von 4250 kg für 1 qm keinerlei erkennbare Wirkung. Ein Gewicht von 55 kg, aus 2 m Höhe fallend, erzeugte oben einen 5 mm tiefen Eindruck und kleine Risse an der Unterseite der oberen Dielenlage; ähnliche Erfolge erzielte ein aus der Höhe von 3 m fallendes Gewicht von 25 kg. Die Deckenfläche ist hier also ganz besonders gut gegen Verletzungen von oben her geschützt.

Wenn auch Eisen in Form von untergespannten Drähten bei ihr zur Verwendung kommt, so ist doch die Decke mit *Katz'* Spreutafeln²³⁶⁾ hier anzuführen, weil die Drähte keine Einlage bilden, sondern nur zum Zwecke des Verlegens der Tafeln untergespannt werden. Die Konstruktion entspricht ganz der in Art. 43 (S. 58) zu Fig. 95 u. 96 und in Art. 62 (S. 71) besprochenen mit Holzbalken. Die Ausbildung für Eisenbalken ist in Fig. 298 dargestellt.

Um hier die Drähte, welche das Auflager der Spreutafeln bilden, anbringen zu können, sind zunächst Holzbohlen *b* zwischen die Träger eingesetzt, welche die

²³⁵⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 65.

²³⁶⁾ Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 172, S. 186) dieses »Handbuchs«.

Nägel für die gerade oder im Zickzack in 10 cm Teilung gespannten verzinkten Drähte d_1 und d_2 aufnehmen. Unter die Bohlen wie unter die Träger find dann durch Streifen Dachpappe von den Holz- und Eisenflächen gefonderte, schmale Rohrgewebe rg gespannt, die Spreutafeln s dann verlegt und mit Gips gedichtet, auf der rauhen Unterseite unmittelbar unterputzt und mit Füllung bedeckt. Die Bohlenstücke b dienen erforderlichenfalls oben zugleich zur Befestigung der Fußbodenbretter, welche also parallel zu den Eisenbalken laufen. In Fig. 298 ist auf einem solchen Blindboden dann ein Stab- oder Parkettboden angedeutet.

Da hierfür volles Auflager des Fußbodens auf der Füllung mit ihren Gefahren notwendig ist, eingeschlossene Holzteile nicht umgangen werden können, das Gewicht auch nicht unbeträchtlich größer ist, so ist diese Deckenkonstruktion, obwohl sie sonst ähnliche Vorzüge besitzt, doch nicht als so vollkommen zu bezeichnen wie die vorige. Was die Sicherheit der Deckenfläche anlangt, so waren einige Arbeiter nicht im stande, dem Deckenputze durch Hüpfen auf den unabgedeckten Spreutafeln sichtbare Verletzungen beizubringen. Uebrigens lieferten Belastungsversuche ähnliche Ergebnisse, wie die in Art. 43 (S. 58) zu Fig. 95 u. 96 angegebenen.

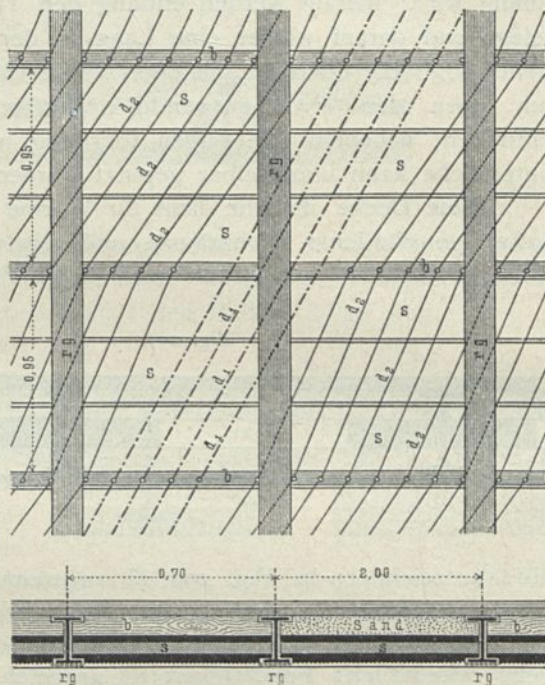
155.
Decken aus
Steinplatten.

Vereinzelt kommen in Gegenden, wo in großen Platten brechende Gesteinsarten billig sind, auch natürliche Steinplatten als Fachausfüllung zur Verwendung. Diese Anordnung wird jedoch schon dadurch schwierig, daß nur wenige Gesteinsarten die Herstellung solcher auf Biegung beanspruchter Platten erlauben. Aber selbst geeignetem Steine muß eine bedeutende Stärke gegeben werden, wenn man ähnliche Tragfähigkeit, wie diejenige von Wölbungen oder auch Mörtelplatten erzielen will. Die Decken werden daher teuer und schwer und geben beim Vorhandensein verborgener Risse selbst im besten Gesteine keine große Sicherheit. Betrachtet man die Steinplatten nur als Fachausfüllung und überträgt die Lasten durch Lagerbalken auf die Träger, so werden die Kosten noch ungünstiger.

Ein Beispiel solcher Deckenbildung zeigt die steinerne Kassettendecke der Eingangshalle im *Lycée Janson de Sailly* zu Paris²³⁷⁾.

Hier sind zwischen die 26 cm hohen Träger zur Bildung von 107 cm weiten quadratischen Kassettenfeldern zunächst eiserne Querträger von 13 cm Höhe gelegt. Jedes Feld ist dann zunächst durch in die Trägerhöhlungen eingepaßte Randsteine eingefaßt, welche innen die Randprofilierung der Kassette und oben einen Falz zur Aufnahme der 10 cm starken, steinernen Deckplatte tragen; oben wird die Kassette durch diese Platte geschlossen. Die unteren Gurtungen der Träger sind in die profilierten Randsteine bündig eingelassen.

Fig. 298.



²³⁷⁾ Siehe: *Le génie civil* 1885, Bd. VII, S. 19.

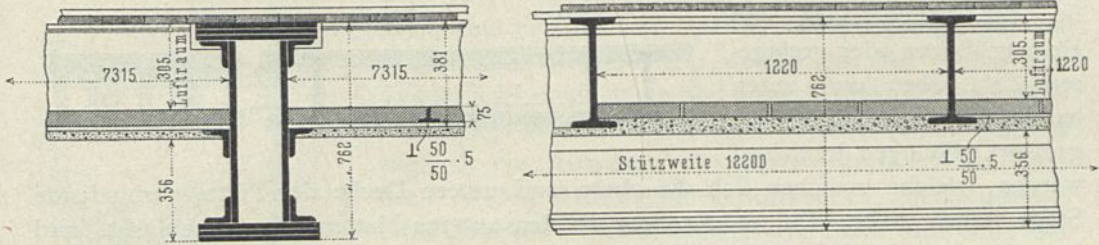
Man hat jedoch hier die Steinplatten nicht zur Aufnahme der Fußbodenlast benutzt, sondern Lagerbalken über die Träger gestreckt, welche also die Steinplatten völlig entlasten.

In einigen Fällen, z. B. über den feithlichen Hallen des *Trocadero*-Palastes zu Paris, hat man in die durch die eisernen Träger gebildeten Kassettenfelder eigens zu diesem Zwecke angefertigte Terrakottaplatten gelegt.

Diese letzterwähnte Fachausfüllung ist nach Fig. 299 auch im Gebäude der *Manhattan-Savings-Institution*²³⁸⁾ in New-York verwendet, wobei man jedoch der

156.
Decken aus
gebrannten
Thonplatten.

Fig. 299.



Tragfähigkeit dieser Thonplatten wenig zugemutet hat. Zwischen die an genietete Unterzüge angeschlossenen Balken sind auf deren Unterflansche kleine **L**-Träger gelegt, welche die ganz unbelasteten Platten aufnehmen. Der Deckenputz ist in solcher Stärke unter die Platten gebracht, daß er die Balken und **L**-Träger unterdeckt. Der Fußboden liegt hohl und ist aus doppelter Dielenlage in rechtwinkliger Ueberkreuzung gebildet.

Diese Decke, bezüglich deren Feuerficherheit man große Erwartungen gehegt hat, hat sich in dieser Beziehung nicht bewährt, wie in Kap. 7 noch erörtert werden wird.

β) Mit Einlagen.

Nachdem sich die aus Mörtelarten mit verschiedenen Beimengungen hergestellten künstlichen Platten in der Gestalt z. B. von Korkplatten, Gipsdielen, Spreitafeln schnell die Stellung von beliebten Bauteilen erworben haben, besonders weil sie ganz trocken in den Bau gelangen, ist man von verschiedenen Seiten darauf ausgegangen, den wesentlichen Mangel dieser Fachausfüllungsmittel — ihre geringe Tragfähigkeit — abzustellen. Dies ist gelungen einerseits durch Verwendung festerer Mörtelarten, andererseits durch Einfügen von Eiseneinlagen. Dabei ist die durch Verwendung festerer Mörtelarten bedingte Gewichtsvermehrung bald durch Vergrößerung der vorgesehenen Hohlräume, bald durch Beschränkung der schwereren Stoffe auf das statisch unbedingt nötige Dickenmaß abgeschwächt; im letzteren Falle wird dann die wegen Undurchlässigkeit gegen Schall und Wärme erforderliche Gesamtdicke durch leichtere Stoffe, wie Bimsand, hergestellt.

Die Herstellung von Betonplatten an Ort und Stelle zwischen den vorher verlegten eisernen oder hölzernen Tragkörpern ist umständlich, erfordert besondere Vorkehrungen — meist eine volle Einrüstung der Decke mit Schalung — zum Tragen des noch nicht abgeordneten Betons und schafft die Gefahr, daß die unter nicht besonders bequemen Verhältnissen zu verrichtende Arbeit nicht das denkbar beste Ergebnis liefert; schließlich ermöglicht die Beförderung fertiger Teile in den

²³⁸⁾ *Scientific American*, Suppl., 1897, S. 17536.

Bau gegenüber dem Einbringen und Verarbeiten von Rohstoffen Ersparungen an Förderkosten und namentlich an Bauzeit. Alle diese Punkte befördern die Verwendung solcher »Zementdielen« oder »Zementbretter«²³⁹), von denen wir hier die folgenden Ausführungsformen beschreiben.

157.
Stegzement-
dielen von
Stolte.

Die Stegzementdielen von *Stolte*²⁴⁰) werden in verschiedenen Breiten und Stärken so hergestellt, daß sie der Länge nach von einer größeren oder geringeren Zahl oben und unten halbkreisförmig geschlossener, großer Oeffnungen durchsetzt

werden, welche zwischen sich die obere und untere Decke der Platte verbindende Stege stehen lassen. Da wo der Steg an den unteren Plattenboden anschließt, wird jedes zweite oder jedes dritte Mal ein hochkantig stehendes Bandeisen eingegossen, welches der Unterfläche möglichst nahe gerückt ist.

Jede Diele hat an einer Flanke eine flache Nut, an der anderen einen entsprechenden Spund, so daß die Tafeln ineinander eingreifen und die Last aufeinander übertragen.

Die Dielen werden von 5 cm an in verschiedenen Dicken hergestellt. Die stärksten haben nur zwei Hohlräume, die schwächsten deren sechs. Die Dielenbreite nimmt mit wachsender Dicke ab; die Zahl der Eiseneinlagen wird wie der Gesamtquerschnitt der verlangten Tragfähigkeit angepaßt. Als Baustoffe werden Zement und Quarzsand für große Tragfähigkeit, Bimsand bei geringeren Lasten verwendet, wenn man zur Befestigung von Fußboden und Decke unmittelbar Nägel in die Dielen einschlagen will.

Für Fachausfüllungen zwischen Holzbalken ist die Verwendung in Art. 45 (S. 60) zu Fig. 97 bis 101 beschrieben.

Als Beispiele der Einlagerung zwischen Eisenbalken werden die folgenden angeführt.

Fig. 300 stellt eine Decke mit 25 cm breiten Dielen dar, die bei 8 bis 10 cm Stärke 4,8 bis 5,1 Mark für 1 qm kosten. In Fig. 301 nehmen die Dielen die ganze Trägerhöhe ein; die Nagelung der Holzteile auf Bimsandbeton wird gezeigt. Fig. 302

Fig. 300.

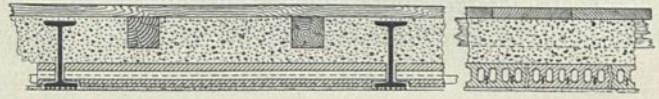


Fig. 301.

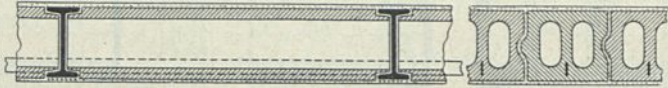


Fig. 302.

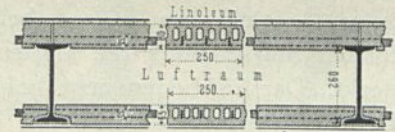
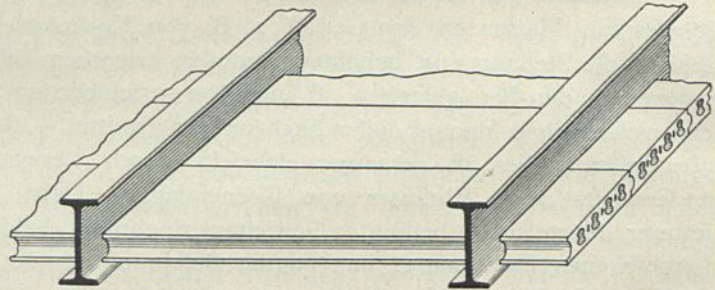


Fig. 303.



²³⁹) Von *J. Wygafsch* in Beuthen (siehe auch: Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 164) und *J. Simonis* in Köln a. Rh.

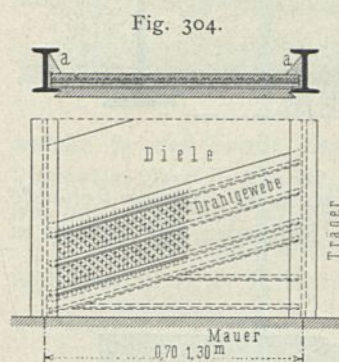
²⁴⁰) Geliefert von: Zementbau-Aktiengesellschaft zu Hannover; Deutsche Zementbau-Gesellschaft in Berlin. — D. R.-P. 71 351, 87 014, 91 654. — D. R.-G.-M. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006. — Oesterr. Monatschr. f. d. öf. Baudienst 1896, S. 455. — Deutsche Bauz. 1894, S. 62.

gibt die Konstruktion einer doppelten Decke mit zwischenliegendem Hohlraum an. In allen Fällen werden die Dielen zum Zwecke der Erzielung ebenen Deckenputzes bei der Formung für die Lagerung auf die Trägerflansche ausgeklinkt.

Den vorbeschriebenen ähnlich sind die *Roesler'schen*²⁴¹⁾ Zementdielen (Fig. 303).

Die in Fig. 304 u. 305 dargestellten Zementdielen von *Ambrosius*²⁴²⁾ haben eine vierteilige, aber zweckmäßige Zusammensetzung, welche erhebliche Tragfähigkeit verspricht. Jede 33 cm breite Platte hat eine obere Gurtung aus Zementmörtel

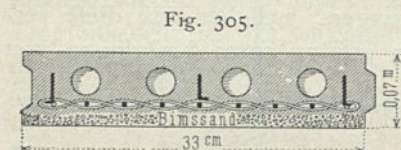
158.
Zementdielen
von *Roesler*
und von
Ambrosius.



(Fig. 305); vier kreisförmige Öffnungen ergeben in der Mitte eine entschiedene, an die obere Gurtung gut anschließende Stegbildung, welche in den gezogenen Teilen sachgemäß durch drei aufrecht stehende, ungleichschenkelige Winkel verstärkt wird. Diese Winkel dienen zugleich zur Aufnahme des die Zuggurtung der Platte nach beiden Richtungen verstärkenden, quadratischen Drahtgewebes. Unten schließt die Platte mit einer bei der Herstellung gleich eingegoffenen Schicht groben Bimsandes ab, welcher die nötige Rauigkeit zum Haften des Deckenputzes liefert. Jede Platte hat einerseits eine Nut, andererseits eine gleiche Nafe, so daß

sich die verlegten Platten gegenseitig unterstützen.

Die untere Bimsandschicht fehlt an den kurzen Rändern (Fig. 304), so daß der Beton der unteren Gurtung unmittelbar auf den Trägerflanschen liegt. Der Deckenputz kommt so tief genug zu liegen, um das Anbringen eines der üblichen Befestigungsmittel unter den Trägerflanschen zu gestatten, so daß das Reißen unter den Trägern vermieden werden kann.



Nach Fig. 304 sollen die Tafeln schiefwinkelig geformt und schräg zwischen die Balken gelegt werden. Dies scheint keine Verbesserung zu sein; denn die Lastübertragung wird dadurch eher verschlechtert als verbessert; dreieckige Endtafeln

werden erforderlich, und die Stützlänge der Winkel und damit der Platte wird vergrößert. Der rechteckigen Gestaltung und dem geraden Einlegen steht nichts im Wege.

Durch dreieckige Putzleisten *a* (Fig. 304) werden die Tafeln zwischen den Trägern der Höhe nach unbeweglich festgelegt.

Die Platten von *F. N. Kröger* bestehen aus Asbestzement von *Kühlewein* oder Kuntsteinmasse von *Kröger* mit Eifeneinlage. Die Art der Verwendung ergibt sich aus Fig. 306 u. 307. Die Platten werden mit Zementmörtel verfetzt, der sie mittels der wechselweise geeigneten Dübelnuten *c* in den Stoszfugen besonders innig verbindet und zur Lastübertragung von Tafel zu Tafel beiträgt. Die Platten haben 25 cm Breite und Stärken von 5 cm an. Ihr Gewicht beträgt bei 5 cm Stärke 50 bis 60 kg für 1 qm.

159.
Asbestzement-
platten von
Kröger.

Beide Grundstoffe erlauben das Einschlagen von Nägeln und das Eindrehen von Schrauben, wie in Holz. Bei entsprechend tiefer Gestaltung der Nuten *d* kann

241) Erzeugt von: *A. Rösler & Co.*, Chemnitz.

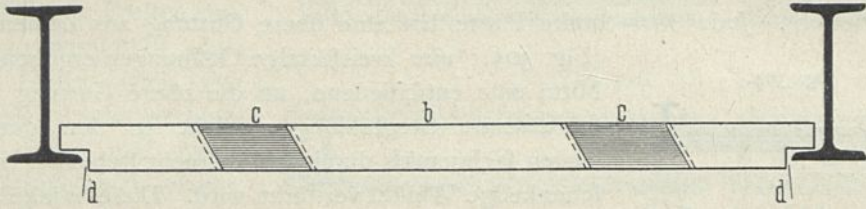
242) Erzeugt von *Schmidt & Langen*, Minden in Westfalen. — D. R.-G.-M. 61437.

man die Unterfläche tief unter die Trägerflansche bringen; da das Unternageln von Haftmitteln für den Putz ohne weiteres möglich ist, so entsteht eine verhältnismäßig sichere Deckung der Trägerunterflächen.

160.
Horizontal-
decken
von Weyler.

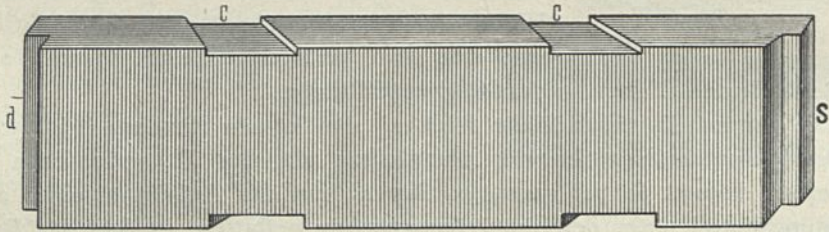
Bei der »Horizontaldecke« von Weyler²⁴³⁾ haben die schmalen Platten verschiedener Dicke aus Beton oder Kunststein auf selbständige Trägerwirkung berechnete

Fig. 306.



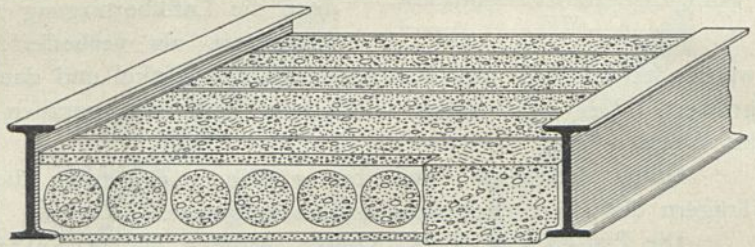
Einlagen aus geflansstem Eisenbleche (Fig. 308). Die großen, in hochkantig stehende Blecheinlagen geflanszten Löcher ergeben ein sehr sicheres Einbinden der Einlage in

Fig. 307.



die Platte und lassen oben und unten eiserne Gurtungen, zwischen sich diese verbindende Stege stehen. Das Anreihen der Platten erfolgt unter Einbringen von Zementmörtel in die Fugen. Bei 1 m Plattenlänge für entsprechend weite Balkenteilung ergab die Decke bis zum Bruche bei Versuchen eine Tragfähigkeit von mehr als 3000 kg für 1 qm.

Fig. 308.



3) Dünnwandige Thon- oder Mörtelkaften.

a) Ohne Einlagen.

161.
Französische
Gipskaften.

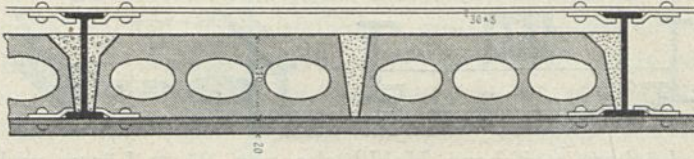
Hier sind zuerst die in Frankreich gebräuchlichen Gipskaften aufzuführen, von denen in Fig. 309 ein Beispiel dargestellt ist. Solche hohle Gipsblöcke trugen bei Versuchen Oudry's²⁴⁴⁾, bei 16 cm Höhe, 100 cm Trägerentfernung, Füllung der Fugen mit Gips und 30 Vomhundert Hohlraum, durch 6 Wochen 3000 kg auf 1 qm, ohne Spuren des Nachgebens zu zeigen. Ein Gewicht von 200 kg, welches 3 m hoch mitten auf

²⁴³⁾ C. Weyler in Heilbronn. — D. R.-G.-M.

²⁴⁴⁾ Siehe: *Annales industrielles*, Bd. 7 (1883), S. 5.

eine 70 cm weite und 16 cm starke Ausfüllung fiel, sowie ein folches von 370 kg, welches auf dieselbe Ausfüllung, aber mit untergelegten Querstäben nach Fig. 309 in 50 cm Teilung von 1 m Höhe schlug, brachten keine Formänderung hervor. *Ginain* erzielte auf 12 cm hohen Ausfüllungen mit 3140 kg Last auf 1 qm ebenfowenig Zerstörungen; dabei zeigten die nur schwach versteiften Träger keinerlei seitliche Ausweichung.

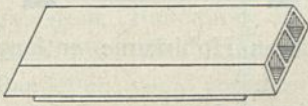
Fig. 309.



welche in der Fabrik *Derain & Dinz* bei Châlons-sur-Saône in Längen von 55 bis 70 cm, bei 20 cm Fufsbreite, angefertigt werden, haben bei Versuchen im *Conservatoire des arts et métiers* zu Paris eine Tragfähigkeit von über 2000 kg für 1 qm gezeigt.

Ganz ähnliche Formen sind in neuerer Zeit auch von deutschen Ziegeleien²⁴⁵⁾, und zwar in beträchtlichen Abmessungen von $4 \times 20 \times 50$ cm bis $10 \times 25 \times 90$ cm nach Fig. 311 hergestellt, welche bestimmt sind, ein Balkenfach in einer Länge zu decken, deren Fugen daher mit wenig tragfähigem Mörtel gedichtet werden können. Die Kasten lagern an den Enden frei auf den Balkenflanschen. Da diese dann aber ganz ungeschützt bleiben, so werden die Kasten an den Enden schräg abgeschnitten,

Fig. 310.



um sie dann mit Hilfe der in Fig. 312 dargestellten Randstücke zwischen die Träger lagern zu können. Da die Lagerung der schräg abgeschnittenen Kasten gegen die schräge Fläche der Randstücke einen Seitenschub liefern würde, der zwar für die Tragfähigkeit des Kastens günstig wirkt, wegen der meist geringen Seitensteifigkeit der Träger und Wände aber oft recht unbequem ist, hat das Kämpferstück einen wagrechten Ansatz erhalten, auf den der Thonkasten frei aufgelagert wird, nötigen-

Fig. 311.

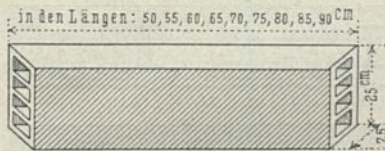
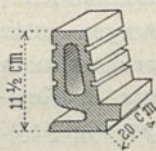


Fig. 312.



falls mit etwas weiter Fuge, um kleine Unterschiede in der Fachweite auszugleichen; doch beruht die ganze Tragfähigkeit dann auf der Scherfestigkeit dieses Ansatzes und kann daher kaum diejenige des einzelnen Kastens erreichen.

Diese Kasten werden auch gekrümmt geliefert für den Fall, daß man trotz der plattenartigen Wirkung eine gekrümmte Unterfläche zu haben wünscht. Die Unterfläche wird geriefelt, um Gelegenheit zum Einbinden des Putzes zu bieten. Die gekrümmten Stücke sind auch rechtwinkelig abgeschnitten wie ein Gewölbe zwischen die Randstücke zu setzen, wenn man den Schub vertragen kann; der Ansatz der Randstücke ist dann unbelastet. Das in Fig. 312 dargestellte Randstück liefert nach unten einen balkenartigen Vorsprung; es kann jedoch auch für ganz glatte Decken geformt werden. Die Riefelungen des Randstückes befördern das Einbinden des Mörtels.

²⁴⁵⁾ Erzeugt von: *H. Breuning* in Stuttgart; *T. Sponagel*, Industriequartier, Zürich; Aktiengesellschaft Dampfziegelei in Waiblingen.

Ein weiteres Beispiel solcher von Balken zu Balken reichender Hohlkästen wieder französischen Ursprunges, wobei besondere Randstücke zur Trägerdeckung dienen, zeigt Fig. 313.

Auch die *Frohnecke'schen* Hohlstücke²⁴⁶⁾ (siehe Art. 39, S. 56) werden bei Eisenbalken nach Fig. 314 in verschiedenen Spannweiten mit einer Oeffnung oder mehreren und 5 bis 25 cm Länge ohne Fugen so verwendet, daß die Unterkante mit den Balken bündig ist.

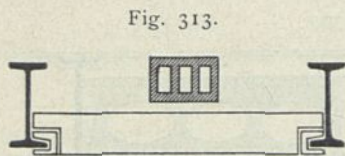


Fig. 313.

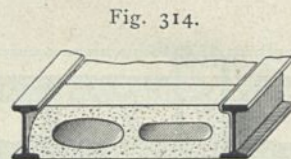


Fig. 314.

*Pulda*²⁴⁷⁾ in Dresden

formt mit zwei rechteckigen Löchern versehene Hohlstücke von 25 cm Länge und 14 cm Höhe aus Beton, giebt ihnen im Querschnitte durch die Längslöcher nicht rechte, sondern Winkel von 70 Grad. Entsprechende Kämpferstreifen werden in die Träger geputzt, so daß die schiefwinkligen Steine einen scheinbaren Bogen bilden. Jedes Lager hat zwei kräftige Rillen, um die Schichten durch den Mörtel fest zu verbinden. Schließlich wird der in der Mitte verbleibende, oben breitere Keilstreifen mit Beton ausgestampft und so die Platte geschlossen, deren Hohlräume entlang den Trägern liegen.

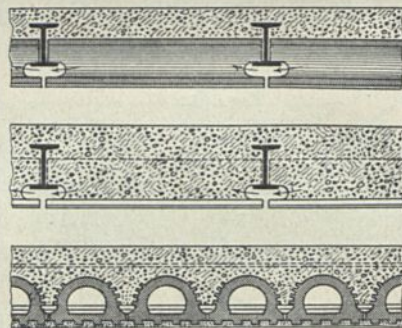
Fig. 315.



In Nordamerika sind dünnwandige Thonkästen, dicht und infolge Zusatzes von bis zu 30 Vomhundert Sägemehl beim Formen löcherig, in großem Maßstabe schon früh, z. B. 1872 im Postdienstgebäude zu New-York, verwendet²⁴⁸⁾. Eine der ältesten Formen ist die von *W. L. Drake* (1873) in Chicago angegebene. Von da an haben diese Decken unter der Wirkung billiger, maschinenmäßiger Herstellung der Kästen in Nordamerika schnelle Verbreitung gefunden.

Eine große Zahl derartiger amerikanischer Muster von Hohlkästen teilt *v. Emperger* unter Angabe ihrer Leistungen mit²⁴⁹⁾, darunter auch die oben erwähnte aus dem Postamt in New-York von *Johnson & Kreisler* von 1872 (Fig. 315). Uebrigens wird auf die zahlreichen derartigen Ausführungen verwiesen, die schon unter a, 2 auf S. 97 bis 105 besprochen sind.

Fig. 316.



Eine besondere Form von Thonkästen amerikanischen Ursprunges sind die *Fawcett lintels* (Fig. 316²⁵⁰⁾. Sie sind bestimmt, nach oben mit Beton in innigen Verband zu treten, unten den Deckenputz in Schwalbenschwanznuten aufzunehmen. Sie können bei geeignetem Anbringen der Flanschnuten so tief auf die Trägerflansche gehängt werden, daß die großen Kanäle quer unter den Trägerflanschen

²⁴⁶⁾ D. R.-G.-M. 82331. — Siehe auch: *Baugwks.-Zeitg.* 1897, S. 1571.

²⁴⁷⁾ Siehe: *Baugwks.-Zeitg.* 1899, S. 543.

²⁴⁸⁾ In: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. XXXIV (1895), S. 521.

²⁴⁹⁾ Siehe: *Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst* 1896, S. 1, 38.

²⁵⁰⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 235. — *Engineer* 1899 — I, S. 606. — *Engng.* 1901 — I, S. 173.

hin in Verbindung bleiben, und somit durch Anbringen von Luftzügen in den Wänden eine wirksame Kühlung der Trägerunterflansche bewirken, die dann zwar nur einen dünnen Thonkörper mit Putz, außerdem aber noch einen erheblichen Luftraum unter sich haben.

β) Mit Eifeneinlagen.

Da die dünnwandigen Kastenformen an sich schon aus der Absicht hervorgegangen sind, Fachausfüllungen großer Tragfähigkeit zu erzielen, so sind derartige Konstruktionen mit verstärkenden Eifeneinlagen selten, um so mehr, als letztere sich den großen Körpern auch weniger leicht einfügen lassen, als dem Beton oder Platten aus vielen kleinen Stücken. Immerhin liegen auch solche Ausführungen

163.
Hohlkästen
mit
Eifeneinlagen.

Fig. 317.



vor, wie die in Fig. 317 dargestellte nordamerikanische Decke älterer Entstehungszeit erkennen läßt²⁵¹⁾. Die quer gefetzten Hohlkästen fassen ziemlich starke Zementmörtel-

fugen zwischen sich, die, in tiefe Nuten der Kastenwände eindringend, diese fest verbinden und zugleich eingedrückte, hakenförmig um die oberen Trägerflansche gebogene Bandeisen aufnehmen, welche die Zugseite der Platte entlasten. Der auch unter dem Bandeisen befindliche Mörtel ist in Fig. 317 nicht dargestellt. Jedes Bandeisen wird vor dem Anreihen der nächsten Kastenreihe vor die vorhergehende gehängt; dann wird Mörtel angeworfen und nun die folgende Reihe angedrückt. Die ziemlich verwickelte Ausführungsart findet sich neuerdings kaum noch, da die Erfahrungen mit Hohlkästen auch ohne Einlagen durchaus befriedigende sind.

4) Gewöhnliche oder besonders geformte Voll-, Loch-, Leicht- oder Porensteine.

α) Ohne Einlagen.

Diese Fachausfüllungen, welche sich ohne weiteres auf Einschalung oder Hängerrüstung aus den auch in den Wänden verwendeten Baustoffen zwischen verhältnismäßig schwachen, weil von Seitenschüben freien Trägern herstellen lassen, würden in ihrer einfachsten Gestalt, dem Aussetzen der Trägerfäche mit Steinreihen in gutem Mörtel, eine schnelle und weite Verbreitung gefunden haben, wenn man ihnen nicht bei dem in Deutschland verhältnismäßig lange beibehaltenen Brauche des Mauerns in Kalkmörtel eine zu geringe Tragfähigkeit vorgeworfen hätte, die sich bei Versuchen mit langsam bindenden und losen Mörtelarten in der That als schlecht erwies. Nachdem man sich nun aber allmählich an den anderen Ländern längst geläufigen Gedanken gewöhnt hat, daß die Mehraufwendung für den Zusatz oder die ausschließliche Verwendung von Zement wegen der erzielten wesentlich besseren Ergebnisse eine wirtschaftlich vernünftige Maßregel sei, hat sich dieses Verhältnis geändert, und Versuche, die Fachausfüllungen bloß aus Reihen gewöhnlicher leichter Vollsteine oder Lochsteine herzustellen, bei denen noch dazu bloß die kurzen Kopffugen in den Reihen, nicht die langen Fugen zwischen den Reihen mit Mörtel gefüllt wurden, haben sich bewährt.

²⁵¹⁾ Siehe: Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 4.

In dieser Weise sind die Kopp'schen Decken gebildet, die Musterschutz²⁵²⁾ erlangt haben (Fig. 318). Die Steinreihen, deren Länge durch Einsetzen einzelner Quersteine jedem Abstände der Balken angepaßt werden kann, werden auf einer im Gegenfatze zu Fachausfüllungen mit Formsteinen nötigen Schalung ohne Mörtel mit 1 cm weiten Stofsfugen dicht aneinander gefetzt und in diesen Stofsfugen, sowie am Trägerfuge mit schnell bindendem Zementmörtel vergossen. Die Unterfläche wird unmittelbar geputzt, nachdem die Träger unten mit Zement berappt sind. Die Steinunterfläche wird in die dazu nötige Tiefenlage gebracht, indem man die letzten Steine mit geneigter Lage auf die Trägerflansche greifen läßt (Fig. 318). Nach Angabe Kopp's soll der Deckenputz so unter den Trägern genügend haften, auch an den Trägerkanten nicht reißen; doch scheint dies sehr zweifelhaft. Uebrigens sind hier die üblichen Mittel zum Halten des Putzes unter den Trägern ebenso leicht anzubringen, wie in anderen Fällen.

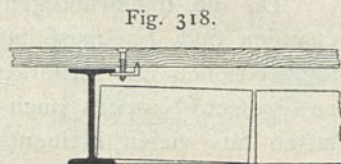


Fig. 318.

Das Gewicht der Fachausfüllung mit rheinischen Schwemmsteinen beträgt bei gewöhnlicher Steingröße rund 100 kg, bei vollen Backsteinen 250 kg für 1 qm.

Bei Trägerabständen unter 0,80 m sind solche Fachausfüllungen auch schon mit flach liegenden Steinen ausgeführt.

Bei Versuchen, die mit solchen Fachausfüllungen aus gewöhnlichen Vollsteinen 14 Tage nach der Mauerung angestellt wurden, ergaben sich bei 97 cm Trägerabstand die ersten Risse bei 2000 bis 2500 kg auf 1 qm Belastung; eine Last von 12500 kg für 1 qm wurde noch ohne Einsturz ertragen. Bei 80 cm Trägerabstand zeigten sich die ersten Risse bei 3000 bis 4000 kg für 1 qm Belastung. Der Bruch erfolgte bei rund 25000 kg für 1 qm Belastung.

Hiernach ist als festgestellt anzusehen, daß es zum Aussetzen der Trägerfache mit Steinreihen selbst unter hohen Lasten gar keiner besonderen Hilfsmittel bedarf, daß das sorgfältige Vergießen oder Vermauern der Steine mit Zementmörtel vollständig genügt. Durch Füllung auch der Reihenfugen mit Zementmörtel wird gegenüber der Kopp'schen Ausführungsart noch eine Erhöhung der Tragfähigkeit zu erzielen sein. Bei den beträchtlichen, so zu erzielenden Ersparungen und der befriedigenden Dichtigkeit solcher Decken empfiehlt es sich, ihre Leistungsfähigkeit durch ausgedehntere Anwendung baldigst weiter zu erproben.

1,50 m weite, schiefechte Fachausfüllungen aus löcherigen Lochsteinen und ohne jede Eifeneinlage sind in einem fünfgeschossigen Gebäude mit Eisenbalken zu Posen ausgeführt²⁵³⁾ wobei die Lochsteine auch keine Keilform hatten; eine baupolizeilich angestellte Belastungsprobe hat keine Anstände ergeben. Auch diese Ausführung beweist also, daß man sehr wohl in der Lage ist, weite Fachausfüllungen mit gutem Erfolge herzustellen, deren Tragwirkung neben der Druckfestigkeit von Stein und Mörtel in erster Linie auf der Haftkraft zwischen Mörtel und Steinen gegen Zugwirkung beruht, ohne daß dabei Eifeneinlagen mitwirkten.

Eine ähnliche Anordnung beträchtlicher Tragfähigkeit aus längs den Balken gefetzten gewöhnlichen Lochsteinen, bei denen die unmittelbare Lagerung der Steine auf die Träger ganz aufgegeben ist, um die Steine unten bündig mit den Trägern setzen zu können, bei der also auch die Lagerung auf den Trägern nur auf dem Anbinden des Mörtels an die Steine beruht, zeigt Fig. 319. Die hier oben und

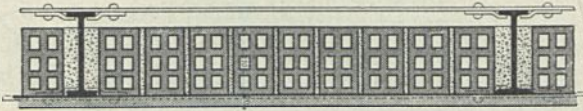
²⁵²⁾ D. R.-G.-M. 31574. — Erzeugt von: E. Pufe in Duisburg. — Siehe auch: Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1896. S. 456.

²⁵³⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1895, S. 648.

unten dargestellten Bandeisen mit Haftklammern sind nicht als Einlagen gedacht, sondern haben den Zweck, einen von der Platte etwa gegen die Träger ausgeübten Schub innerhalb des Feldes auszugleichen, ein Punkt, der in Art. 85 (S. 96) bereits besprochen und im nachstehenden noch näher erörtert werden soll.

Trotzdem nun diese Aussetzung der Balkenfache mit gewöhnlichen Steinformen in gutem Mörtel sehr einfache und billige Decken liefert, hat man doch eine sehr

Fig. 319.

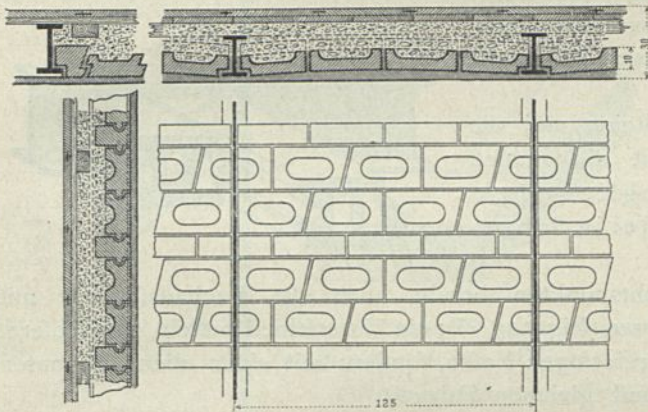


große Zahl von verwickelteren Formen erdacht, zunächst in dem noch nicht überwundenen Gefühle der Aengstlichkeit gegenüber dem planmäßigen Ausnutzen des Anhaftens des Mörtels am Steine

gegen Zugspannung, dann vielfach in dem Bestreben, Decken auszubilden, deren Fache ohne Einrüstung auszusetzen sind, und schließlich auch wohl in dem nur aus Geschäftsrückichten entstehenden Streben nach dem Besitze eines Patentes. Es ist nicht möglich, die Zahl der verschiedenen Formen hier zu erschöpfen; doch soll eine größere Anzahl vorgeführt werden.

Hierher gehört zunächst die Aussetzung der Trägerfache mit Doppelkeilziegeln nach *Schneider*, die in Fig. 320²⁵⁴⁾ in zwei verschiedenen Anordnungen dargestellt

Fig. 320.



ist. Möglichste Leichtigkeit ist angestrebt dadurch, daß man die plattenartigen, nur etwa 10 cm dicken Ziegel von oben her topfartig aushöhlt. Die Stücke greifen mit schräg geschnittenem Falze oder mit Halbkreisnut und Feder allseitig ineinander, wobei für das Aufsetzen auf die Trägerflanke entweder besondere Formstücke verwendet oder gewöhnliche Stücke ausgeklinkt werden.

165.
Doppel-
keilziegel von
Schneider.

Der etwa angeordnete Pfeil wird so flach gewählt, daß die Konstruktion einem scheinbaren Bogen nahe kommt und somit unmittelbares Putzen der Decke auf der rauhen Steinunterfläche gestattet. Um aber die Tragfähigkeit zu erhöhen, werden in gewissen Abständen, in Fig. 320 nach je zwei Topfreiheiten, stärkere Rippen aus hochkantig stehenden vollen Stücken eingesetzt, welche mit den flachen Teilen auch durch Falzung oder Nut und Feder in Verbindung stehen.

Das Gewicht der Ziegel beträgt für 1 qm etwa 200 kg; die Kosten sind 6,25 Mark.

Die in Wien vorgeschriebene Belastungsprobe der Wohnräume mit 400 kg für 1 qm hält die Decke ohne erkennbare Formänderung aus. Abgesehen von der wagrechten Verbindung der Schichten untereinander ist diese Fachauffüllung einem schwachen scheinbaren Bogen aus Vollsteinen wohl nicht überlegen.

Das neuerdings meist verwendete Mittel der Verbindung der Steinreihen miteinander ist, wie bei den *Schneider*'schen Platten, das Ineinanderfalzen der Längs-

²⁵⁴⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXV (1890), S. 129. — *Deutsche Bauz.* 1889, S. 542.

feiten bei Verwendung von Hohlsteinen, so daß die Reihen gegenseitig ineinander greifen oder durch eine den Spund bildende Mörtelleiste verbunden sind. Viele der Vertreter dieses Gedankens wollen die Verfalzung zur Ausführung ohne Rüstung benutzen, indem sie immer die Stücke der folgenden Reihe mit dem Falz in die Nut der vorher geschlossenen hängen; doch scheint es bedenklich, den frischen Mörtel so zu beanspruchen.

166.
Maffivdecken
von
Förster.

Bei der Förster'schen »Maffivdecke«²⁵⁵⁾ erhält jeder Stein auf einer Langseite eine dreieckige Rille, auf der anderen eine ebenfolche Nafe

(Fig. 321). Die nebeneinander gereihten Schichten unterstützen sich also gegenseitig, so daß jede ihre Last auf die beiden Nachbarreihen und durch diese weiter überträgt. Diese Uebertragung ist jedoch für jede Schicht nach der Seite, an welcher die Nafe unten wagrecht aufliegt, wirkfamer als nach der anderen, an der nur eine Lagerung mittels der oberen steilen Keilfläche eintritt.

167.
Mecklenburgische
Kunztiegel.

Bis auf die Größe der Steine und die Einzelausbildung stimmen damit die hohlen Kunztiegel der großherzoglich mecklenburgischen Kunztiegelei in Schwerin überein (Fig. 322²⁵⁶⁾).

168.
Omegaformsteine
von Heyer.

Auf ganz gleichen Gesichtspunkten beruht auch die Fachaussetzung mit Omegaformsteinen nach L. Heyer (Fig. 323²⁵⁷⁾; ein Unterschied besteht nur insofern, als die Steinflanken nicht mit dreieckigen Nasen, sondern mit einer oben und unten entgegengesetzt gekrümmten, sonst gleichen Falzung versehen sind. Legt man bei zwei benachbarten Steinreihen wechselweise dieselbe Seite nach oben und unten, so passen die aus zwei gleichen Hälften bestehenden Steine dicht schließend so ineinander, daß keine Reihe nach unten herausfallen kann und daß die Lastübertragung von jeder Reihe nach beiden Seiten gleichmäßig erfolgt. Die Zusammenfetzung übertrifft also diejenige der Förster'schen Decke noch an Einfachheit. 28 der 10 cm hohen Steine decken 1 qm und wiegen 82 kg.

Fig. 321.

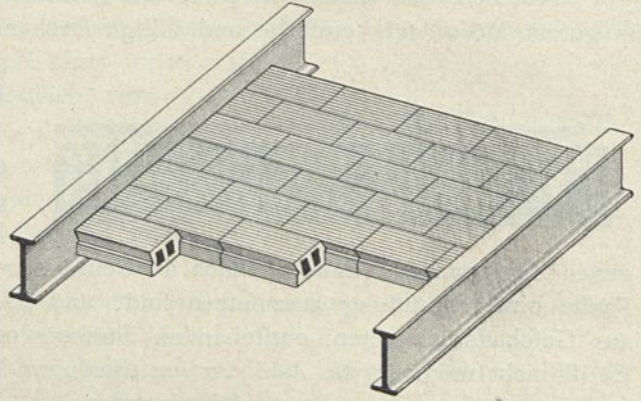


Fig. 322.

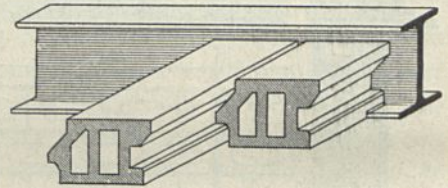
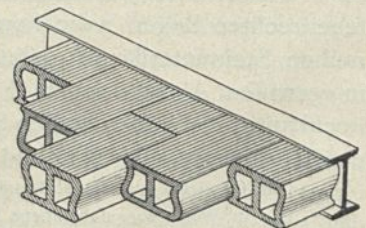


Fig. 323.

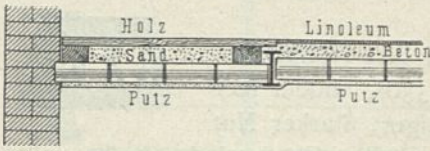


²⁵⁵⁾ Preisgekrönt in Berlin 1896. — Bezug von H. Förster in Langenweddingen. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 578. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news* 1898, Febr., S. 114. — HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 181.

²⁵⁶⁾ D. R.-G.-M. 91523.

²⁵⁷⁾ Erzeugt von: L. Heyer, Ziegelei in Boksberg bei Sarfstedt, Hannover. — D. R.-G.-M. 98902.

Fig. 324.

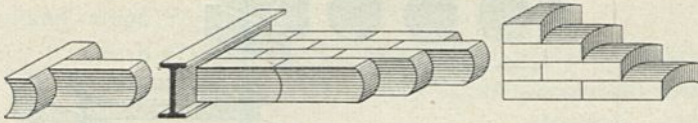


Oben und unten sind die Steine mit eingeriffenen Furchen versehen, um sicheres Haften des Putzmörtels zu gewährleisten.

In Fig. 324 sind zwei Konstruktionen einer Zwischendecke mit Eisenbalken aus Omegasteinen angegeben. Bei 1 m Balkenteilung sind Belastungsversuche bis über 2000 kg für 1 qm getrieben, ohne dass merkliche Zerstörungen eingetreten wären.

Auch die Fachauffüllung aus *Eggert's* Wölbsteinen (Fig. 325²⁵⁸) erzielt denselben Erfolg. Hier greifen ebenfalls ganz gleich gefaltete Cylinderringstücke dicht schließend ineinander;

Fig. 325.



ein Unterschied besteht nur darin, dass Vollsteine verwendet sind; doch würden sich auch gleiche Hohlsteine ohne Schwierigkeit herstellen lassen.

Bei dem von *G. H. Blunck*²⁵⁹) in Wiemersdorf eingeführten Hohlsteine mit zwei großen Öffnungen greifen die Reihen mit starker trapezförmiger Nut und Feder tief ineinander. Die Unterseite der Steine hat über den Halbkreis hinaus vertiefte Rillen, welche das Anbinden des Mörtels sichern. Die Steine sind den in Fig. 322 dargestellten Stücken sehr ähnlich.

Fig. 326.

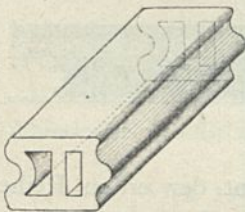
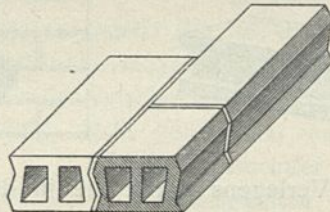
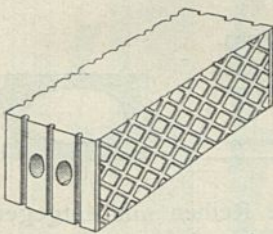


Fig. 327.



der, stets in gleicher Lage verwendet, eine vergleichsweise kräftige Falzung giebt. Ebenso gehören die Falzhohlsteine von *Ligocki*²⁶²) in Bromberg hierher, welche Abmessungen von 25 × 12,5 cm bei 9 und 12 cm Dicke aufweisen.

Fig. 328.



Beispiele von Steinen, bei denen die Verbindung der Reihen auf einer Spundung durch den Mörtel beruht, zeigt zunächst der »Universalstein mit Mittelsteg« (Fig. 328²⁶³), der im Lager und Kopfe genutet eine innige Verbindung mit dem Mörtel liefert; dann der Formstein von *H. Froelich* in Berlin (Fig. 329²⁶⁴), dessen Flanken dreieckige Nuten enthalten und oben so abgeflacht sind, dass man die weiten Fugen bequem

²⁵⁸) Erzeugt von: *H. Eggert*, Bleckendorf bei Magdeburg.

²⁵⁹) Siehe: *Baugwks.-Zeitg.* 1897, S. 1522. — Ueber viele ähnliche Hohlsteine siehe: *Schweiz. Bauz.*, Bd. 37 (1901), S. 113.

²⁶⁰) D. R.-G.-M. 105019. — Erzeugt von: *R. Webel* in Görlitz.

²⁶¹) D. R.-G.-M. 105052.

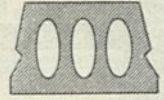
²⁶²) Siehe: *Baugwks.-Zeitg.* 1899, S. 562.

²⁶³) Erzeugt von: *Kumpf & Rethwisch* in Stuttgart. — D. R.-G.-M.

²⁶⁴) D. R.-G.-M. 118544. — Siehe auch: *Centralbl. d. Bauverw.* 1899, S. 524.

von oben mit Mörtel füllen kann, und dafs viel Zementmörtel in den Druckteil der Platte kommt.

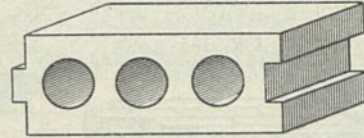
Fig. 329.



172.
Hohlsteine
von
v. d. Borne.

Befonders ausgebildet ist die Verfalzung bei den Hohlsteinen von Dr. G. v. d. Borne²⁶⁵⁾ in Berneuchen (Fig. 330), indem hier nicht blofs die Reihen untereinander mit rechteckiger, starker Nut und Feder verbunden werden, sondern auch die äufsersten Stücke jeder Reihe unten eine Quernut zum Aufschieben an den unteren Trägerflansch haben. Diese Flanschstücke erhalten dadurch zwar eine verwickelte Gestalt; indes wird einige Deckung der Träger gegen Feuer von unten erzielt.

Fig. 330.



173.
Hohlsteine
von
Thiemicke.

Mit den vorgenannten stimmen auch die Deckensteine von Thiemicke in Halberstadt in allen wesentlichen Punkten überein (Fig. 331 u. 332). Die 10 cm dicken, 25 cm langen Steine werden porig gebrannt. Sie gestatten unter ziemlich beträchtlicher Last die Eindeckung von 1,25 m

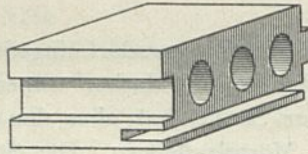


Fig. 331.

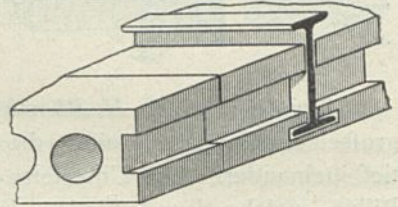
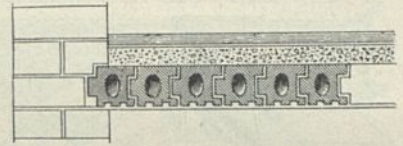
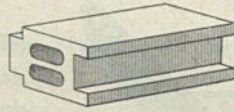


Fig. 332.

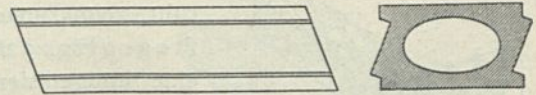
breiten Balkenfachen ohne Schalung und Rüstung, da die erste Reihe nach Fig. 332 in die Wand greift, und die folgende, wie bei den früheren Decken, während des Verlegens durch die in die Nut der ersten Reihe greifende Feder getragen wird. Als Mörtel soll verlängerter Zementmörtel gebraucht werden.



174.
Decken
von Otte.

Eine besonders durchgebildete Decke dieser Art ist diejenige von Otte²⁶⁶⁾. Hier ist jeder Stein an der Längsseite auf irgend eine Weise, z. B. nach Fig. 333, so gefalzt, dafs er mit einem beliebigen Lager nach oben gelegt immer richtig in den Nachbar greift. Um nun einen gewissen Längsdruck in der entstehenden Platte zu erzielen, sind die Steine nicht rechtwinkelig, sondern schräg abgeschnitten, und dieser Schräge entsprechend werden Lagerkörper in die Träger geputzt. Setzt man nun je zwei aufeinander folgende Reihen mit entgegengesetzter Neigung der Endschrägen und thunlichst in Verband zwischen die Träger (Fig. 334), so stemmt sich zwar nicht jede Reihe keilig zwischen die Putzleisten; aber je ein Reihenpaar hat jederseits die halbe Anlagefläche, was bei der sicheren Verbindung der Reihen untereinander zu beiderseits keiliger Lagerung führt, ohne

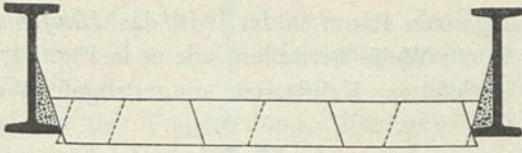
Fig. 333.



265) D. R.-G.-M. 82877. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

266) D. R.-P. angemeldet.

Fig. 334.



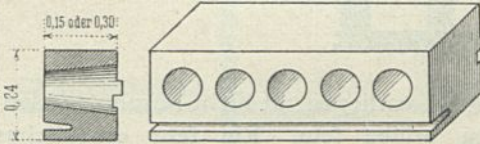
dafs besondere Formstücke nötig würden; es kommt nur ein auf der Strangpresse herzustellender Stein zur Verwendung; das an einem Ende jeder Reihe verbleibende Dreieck wird mit Mörtel geschlossen.

Fängt man mit dem Verfetzen jeder Reihe an der Seite an, an der die Schräge auf der Putzleiste ruht, so ruht jedes Stück nicht blofs mit dem Falz in der vorhergehenden Reihe, sondern auch mit einer Endschräge auf dem Vorgänger derselben Reihe, wodurch das Gefüge der Platte noch ficherer und das Verfetzen ohne Rüstung erleichtert wird.

Dafs man diese Fachausfüllung leicht unter die Trägerflansche vorragen lassen kann, zeigt Fig. 334.

Die Keilsteindecke von *Kapferer*²⁶⁷⁾ in Biebrich für Eisenbalken unterscheidet sich von der in Art. 39 (S. 55) besprochenen ähnlichen Decke für Holzbalken

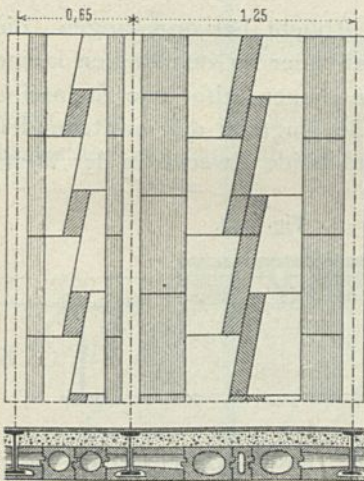
Fig. 335.



dadurch, dafs hier zum Ansetzen an die Träger erst besondere rechteckige Hohlstücke von 15 cm oder 30 cm Breite benutzt werden, in denen die Hohlräume quer laufen, in deren unterem Boden ein dem halben Balkenflansch entsprechender Schlitz vorgesehen ist, und welche am anderen Kopfe den Falzvorsprung und die Falznut tragen (Fig. 335), in welche die früher in Fig. 83 bis 87 (S. 54 u. 55) dargestellten Keil- und Dübelstücke eingeschoben werden.

Auch hier können die verschiedensten Fachweiten mit wenigen Arten verschiedener Hohlstücke völlig dicht geschlossen werden; auch stößt die Ausfüllung schief geformter Balkenfache nicht auf wesentliche Schwierigkeiten. Fig. 336 zeigt zwei Beispiele gerader Balkenfache.

Fig. 336.



Die Reihen an den Eisenbalken werden in Zementmörtel verfetzt, da dieser zugleich den besten Schutz für die Balken liefert; die übrigen Stücke können dann trocken, wie bei den Holzbalken, oder auch unter Verwendung von Mörtel eingefetzt werden.

Die Balkenunterflächen bedürfen keiner besonderen Vorbereitung für das Putzen und sind gegen Feuer gut geschützt. Der Deckenputz kann unmittelbar unter die Hohlstücke oder in unter diese genagelte Putzmatten eingebracht werden.

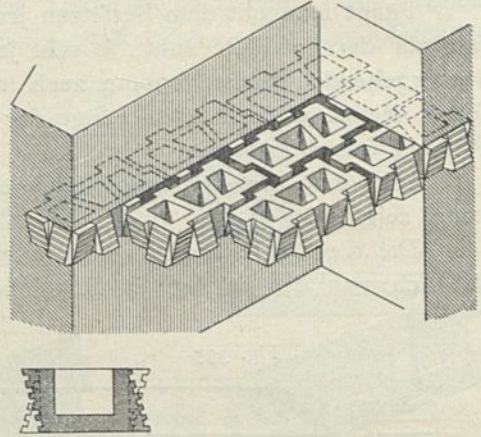
Die Abbildungen lassen ohne weiteres erkennen, dafs diese Fachausfüllung bei einigem Geschicke der Arbeiter und nicht zu großer Breite der Balkenfache ohne stützende Einrüstung eingebracht werden kann. Das Gewicht dieser Fachausfüllungen für Eisenbalken beträgt etwa 125 kg für 1 qm, der Preis 3,5 Mark für 1 qm.

²⁶⁷⁾ Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 187; 1898, S. 46. — D. R.-P. 91360.

176.
Balkenlofe
Hohlsteindecken.

Eine Decke aus Hohlformen ganz ohne Eifen- oder Holzbalken, welche ein scheinrechtes Gewölbe über den ganzen Raum bildet, will das *Hanson's fire-proof syndicate, limited*, in London²⁶⁸⁾ in der Weise herstellen, wie es in Fig. 337 dargestellt ist. Die an jeder Seite mit geriefelten Keilflächen entgegengesetzter Neigung, im Grundrisse trapezförmigen, topfartigen Vertiefungen, unten aber mit vollem Boden versehenen Stücke greifen so ineinander, dafs, wenn sie auf Schalung versetzt und mit Zement vergossen sind, keines für sich nach oben oder unten bewegt werden kann. Um gutes Vergiessen zu sichern, nehmen die Keilflächenanfätze nicht die ganze Seite ein, sondern lassen zwischen sich lotrechte Eingufsöffnungen für den Mörtel frei. Diese Konstruktion ist sinnreich; ob aber grofse Weiten für erhebliche Lasten so einzudecken sind, erscheint zweifelhaft; man wird auf eine plattenartige Wirkung rechnen müssen. Das Wandauflager wird durch Einmauern der letzten Reihen gebildet.

Fig. 337.



Ob schon erhebliche Ausführungen dieser Art vorliegen, ist nicht bekannt; jedenfalls dürfte der Gedanke durch Versuche zu prüfen sein. Ein sehr erhebliches Hindernis für die Verbreitung dieser eigenartigen Konstruktion, auch wenn sie sich statisch bewähren sollte, wird immer der hohe Preis der auf der Strangpresse nicht herstellbaren Stücke bleiben. Das allseitige und vollständige Ineingreifen aller Stücke ist mit einem gewöhnlichen, billigen Strangsteine auch in der *Otte'schen* Anordnung nach Fig. 333 erreicht.

β) Mit Einlagen.

177.
Eintheilung.

Die Decken dieser Art sind zum Theile aus der Absicht hervorgegangen, die Fachausfüllung ohne Einrüstung herzustellen, indem man quer zu den Balken kleine Eifen streckt, die als Träger der Steine beim Verlegen dienen, also jede Steinreihe für sich unterstützen, zum Theile aus dem Bestreben, die Zugseite der entstehenden Platte durch Eiseneinlagen zu verstärken. Bei vielen sind beide Zwecke in der Weise vereinigt, dafs die während des Verlegens als Träger wirkenden Eifen in der fertigen Decke ganz in Mörtel gehüllte Einlagen bilden.

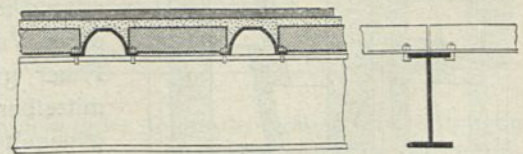
Zunächst mögen Beispiele der ersteren Gruppe aufgeführt werden.

178.
Belageisen-
decken.

Eine im Brückenbau häufiger als im Hochbau verwendete Deckenan-

ordnung ist die in Fig. 338 dargestellte aus Belageisen²⁶⁹⁾ und Backstein-Flach- oder -Rollschichten²⁷⁰⁾. Die auf die Träger gelegten Belageisen werden, um jede Lochung

Fig. 338.



268) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 312. — D. R.-P. 97369.

269) Siehe: Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abschn. A, Kap. 6) dieses »Handbuches«.

270) Eine derartige Decke mit Holzüberdeckung in Asphalt siehe in: Deutsche Bauz. 1883, S. 397.

der ersteren zu vermeiden, mittels kleiner Hakenschrauben in solchen Entfernungen voneinander befestigt, daß die Zwischenräume mit Backsteinen überdeckt werden können. Um die Ungleichförmigkeiten in der Lastverteilung auf die Träger infolge Durchlaufens der Belageisen zu vermeiden, mache man die Länge der letzteren gleich der Trägerteilung. Für gewöhnliche Verhältnisse genügt die Ueberdeckung durch die Länge flach gelegter Ziegel oder besser Hohlsteine; für schwerere Lasten muß man die Ziegel hochkantig stellen, und nur unter aufsergewöhnlichen Verhältnissen sind die Belageisen auf Steinbreite zusammenzurücken, wobei dann die Deckung wieder mittels Flachschicht oder Rollschicht aus Zweiquartieren erfolgen kann. Diese Decke erhält zunächst noch eine Ueberfüllung aus Sand oder, zur Verhinderung des Durchrieselns, besser aus ganz magerem Mörtel oder Schlackenbeton, welche dann jede Art von Fußboden aufnehmen kann.

Die Ueberdeckung der Zwischenräume erfolgt jetzt statt mit Backsteinen zweckmäßiger mittels Beton.

Eine ebene, geputzte Decke ist bei dieser Konstruktion wegen der Höhlungen der Belageisen nur mittels der später (in Kap. 6) zu erörternden besonderen Hilfsmittel

herzustellen. Dagegen kann man die Träger bei nicht zu bedeutender Höhe in der Ueberdeckung verschwinden lassen, wenn man die Belageisen auf den unteren Trägerflansch legt.

Fig. 339.

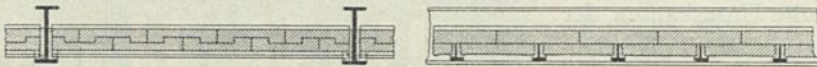


Für besser ausgestattete Räume ist diese Anordnung wegen der schwierigen, an sich unschönen Deckenausbildung nicht zu empfehlen.

Die Czarnikow'sche Decke, nach Angabe von Mofsner²⁷¹⁾ ausgebildet, zeigt gewöhnliche Lochsteine mit löcherigen Wandungen in Gesamtdicken von 8, 10 und

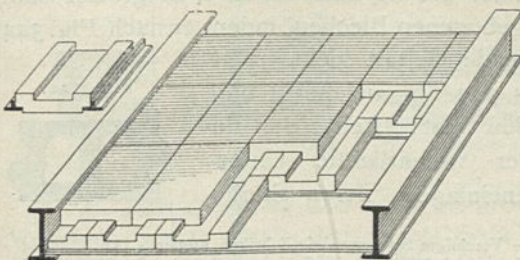
179.
Decken von
Czarnikow.

Fig. 340.



12 cm (Fig. 339). Die Flanken der Steine sind gefalzt und abgechrägt, so daß eine bequeme Lagerung auf den Unterflanschen von I-Balken in einer Höhenlage möglich wird, welche die Durchführung des Putzes unter den Balken ermöglicht.

Fig. 341.



Die »Herkulesdecke« (Fig. 340 u. 341²⁷²⁾ wird aus Rinnensteinen auf kleinen L-Trägern zwischen den Balken hergestellt, auf die eine zweite Lage gleicher Rinnensteine umgekehrt aufgestülpt wird. Die Fachweite soll unter gewöhnlichen Verhältnissen bis 3,00 m gehen. Zu 1 qm der Decke gehören 24 Steine. Da die L-Eisen nur mit dem

180.
Herkulesdecken.

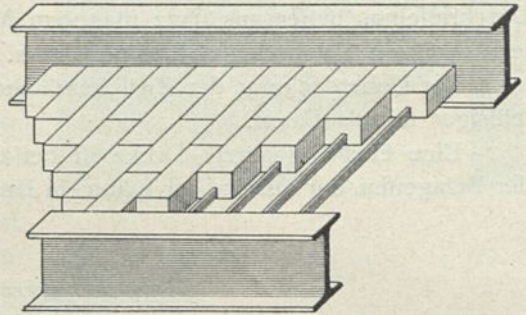
²⁷¹⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1896, S. 135.

²⁷²⁾ Erzeugt von: Häusler & Geppert, Breslau. — Gebr. Borchmann, Berlin. — Scagliolfabrik Schückler & Co., Wien.

Stege in den Fugenmörtel greifen, so wird auf ihre Wirkung als Zugglieder nicht in erheblichem Maße zu rechnen sein.

Die der Decke eigentümlichen Rinnensteine werden ein der Kostenerhöhung entsprechendes Ergebnis nicht liefern; denn verlegt man sie trocken, so beruht die Tragfähigkeit der Decke lediglich auf derjenigen der Steine von **L**-Eisen zu **L**-Eisen; verlegt man sie in gutem Mörtel, so beruht die Tragfähigkeit der Platte auf Anbinden desselben an die Steine. Man wird also in beiden Fällen durch Verwendung von in Verband verlegten Flachschichten, etwa aus besonders dünnen Steinen, nahezu dasselbe erreichen. In geringem Maße kommt das hakenartige Ineinandergreifen der Schichten der Tragkraft allerdings zu gute.

Fig. 342.



181.
Univerfumdecke
von
Beny.

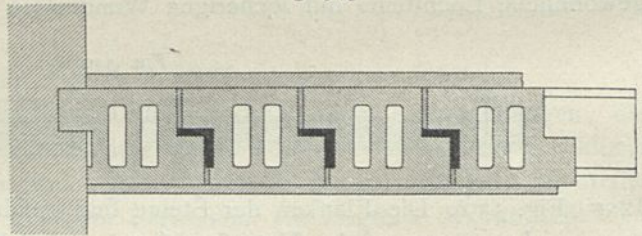
Die meisten Decken dieser Art legen die kleinen Eisenträger in die Fugen; die *Beny'sche* Decke, »Univerfum« (Fig. 342²⁷³), dagegen spart mitten in der Unterfläche der Steine eine Rille aus, mittels deren die Steine auf zwischen die Balken gestreckten Bandeisen reiten; die Rillen werden vorher mit Mörtel gefüllt. Die Belastung ist bei 1,80 m Trägerteilung bis 5000 kg für 1 qm getrieben.

Rüftungen sind zur Herstellung dieser Decke nicht nötig.

182.
Decken
von
Donath.

Bei der Hohlsteindecke von *Donath*²⁷⁴), aus Hohlformsteinen mit gefalzten Fugen (Fig. 343) und **T**-Eisen oder **L**-Eisen in den Falzen, wird das Eisen für die Tragwirkung weniger entschieden ausgenutzt, da es der Dickenmitte nahe liegt.

Fig. 343.



Die Decke wird so verlegt, daß die Unterkanten der Fugeneisen auf die Trägerflanche zu liegen kommen. Der Einrüftung bedarf diese Decke für ihre Herstellung nicht.

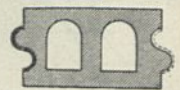
Bei einem in Charlottenburg ausgeführten Belastungsversuche trug ein 1,50 m breites Balkenfach 7480 kg für 1 qm.

*Donath*²⁷⁵) benutzt ferner Falzhohlsteine, wie sie unter b, 4, a in großer Zahl angegeben sind, zum Einlegen von **S**-förmig gebogenen Blechen, indem er nach Fig. 344 den Falzen die dieser Blechform entsprechende Gestalt giebt.

183.
Decken
von
Mueller.

Die Decke von *Mueller* (Fig. 345 bis 349²⁷⁶), welche in und bei Berlin vielfach Verwendung gefunden hat, steht der in Fig. 343 dargestellten sehr nahe. Der wesentlichste Unterschied besteht darin, daß die Winkeleiseneinlagen, deren Stärke

Fig. 344.



²⁷³) Erzeugt von: *F. A. Beny*, Oppenheim a. Rhein. — Vereinigte Schwemmstein-Fabriken Engers a. Rh.

²⁷⁴) Siehe: *Deutsche Bauz.* 1838, S. 339. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXX (1897), S. 144. — *Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing.* 1897, S. 1006. — *Centralbl. d. Bauverw.* 1897, S. 578. — Ueber viele ähnliche Hohlsteine siehe: *Schweiz. Bauz.*, Bd. 37 (1901), S. 113.

²⁷⁵) Erzeugt von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: *Deutsche Bauz.* 1900, S. 69.

²⁷⁶) Erzeugt von: *F. W. & M. Mueller* in Berlin.

zwischen $15 \times 15 \times 3 \text{ mm}$ und $60 \times 60 \times 8 \text{ mm}$ schwankt, durch entsprechende Formung der Falze an den Flanken der Hohlsteine der Unterkante näher gerückt, somit besser als Zugglieder der Platte ausgenutzt werden. Für stark belastete Decken kommen auch Einlagen von Γ -Gestalt zur Verwendung (Fig. 347). Bei geringer Belastung oder Traglänge werden die Eifen nur in jede zweite Fuge eingelegt.

Um die Eifen als Zugglieder wirksam zu machen, wird auf zweckentsprechende Bestimmung und genaue Ausführung ihrer Höhenlage großer Wert gelegt, damit sie

Fig. 345.

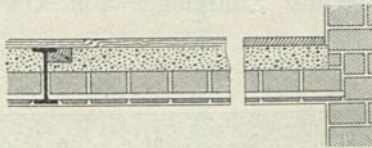
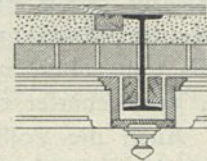
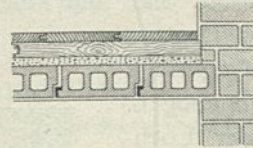


Fig. 346.



zwar noch gut in Mörtel eingehüllt werden, aber zugleich möglichst weit unter die Plattenmitte zu liegen kommen. Nun sollen diese Einlagen aber zugleich die Ausführung ohne Einrüstung ermöglichen; sie müssen also schon in ihrer richtigen Lage

angebracht sein, bevor die in sie eingreifenden Steine verlegt sind. Da die Einlagen der genau bestimmten Höhenlage wegen nicht ohne weiteres auf die Flanschseiten gelegt werden können, so werden entsprechend gelochte Bandeisenbügel auf die Träger gehängt (Fig. 349) oder im letzten Felde der Decke in einer Mauerfuge befestigt. Die Lochung dieser Haken ist in mehreren Höhen vorgenommen, so daß man die Eifen in verschiedenen Höhen anbringen kann.

Fig. 347.

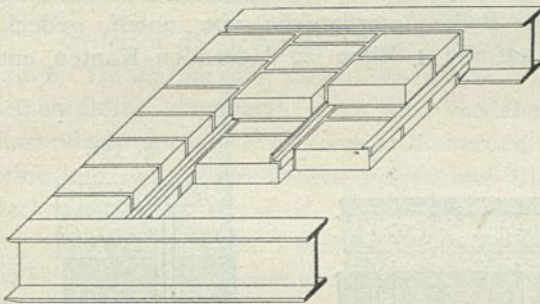


Fig. 345 zeigt die einfache *Mueller'sche* Fachauffüllung, Fig. 346 das Anbringen einer Dielenverchalung der vorspringenden Träger, Fig. 348 eine doppelte derartige Decke, Fig. 347 die Decke mit doppelter Flachschicht und Γ - oder Γ -Einlagen, Fig. 349 die Einzelausbildung der Blechhaken für die Einlagen.

Fig. 348.

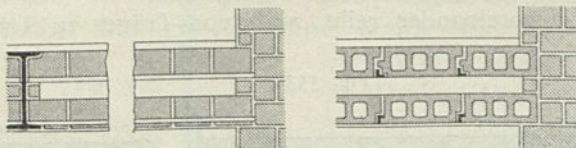
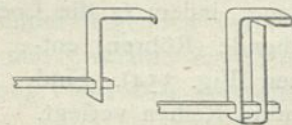


Fig. 349.



Als zulässige Belastung einer Decke von 10 cm Stärke und 140 cm Balkenteilung bei Einlegung eines Winkeleisens von $15 \times 15 \times 3 \text{ mm}$ in jede zweite Fuge werden 450 kg für 1 qm angegeben; dieser Wert steigert sich bei einer 13 cm dicken Decke von 500 cm Balkenteilung mit Winkeleisen von $60 \times 60 \times 8 \text{ mm}$ in jeder Fuge auf 750 kg für 1 qm und für eine 13 cm dicke Decke von 440 cm Balkenteilung und derselben Eiseneinlage auf 1000 kg für 1 qm .

184.
Decken
von
Rapp
und von
Katz.

Nach dem Patente *Rapp*²⁷⁷⁾ werden aus Schwarzblech Nr. 14 kleine Fugenträger Ω -förmig 45 mm hoch und zwischen den Rändern 38 mm breit zusammengebogen und in 26 cm Mittenabstand auf die Unterflansche der I-Balken gelegt. Die Teilung entspricht der Steinlänge, so daß nun Bahnen von Backsteinen flach oder hochkantig mit den Köpfen auf die abgebogenen Ränder gelegt werden können. Ueber den Backsteinen werden die Balkenfache mit Beton gefüllt.

In der unten²⁷⁷⁾ angegebenen Quelle ist eine Feuerprobe einer derartigen, unten mit Drahtnetz unter den Trägern abgeputzten Decke beschrieben, bei der sich eine gute Widerstandsfähigkeit ergab.

Diese Konstruktion stimmt nahezu genau mit den Betondeckenträgern von *Katz* (Fig. 350 u. 351) überein; nur sind diese behufs Eintreibens von Haken-nägeln zur Befestigung des Deckenputzes von unten in die Trägerfuge (Fig. 352) schärfer zusammengebogen.

Auch die Vollstein- oder Lochsteindecke von *Maucher*²⁷⁸⁾ zeigt dieselbe Art der Unterstützung; nur sind von Balken zu Balken kleine \perp -Eisen gelegt, auf deren Flanschen die Steine flach oder hochkantig, der Länge oder der Breite nach, mit Mörtel verlegt werden.

Sollen die \perp -Eisen oder gar die Balkenunterflansche von unten gedeckt werden, so müssen die Steine an den auf die \perp -Eisen zu lagernden Kanten entsprechend tief ausgeklinkt werden.

Fig. 350.

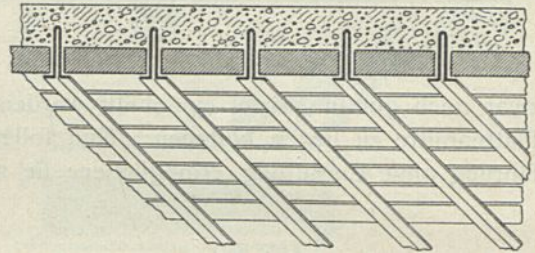


Fig. 351.

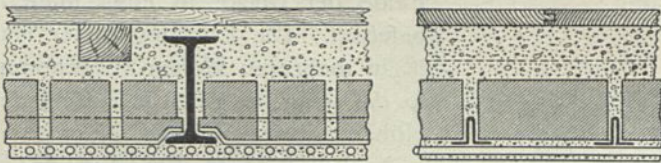
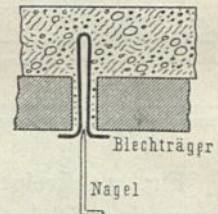


Fig. 352.

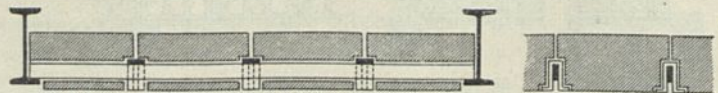


185.
Decken
von
Kreisel
und von
Demski

Bei der Bauart *Kreisel* (Fig. 353²⁷⁹⁾ liegen Flacheisen zwischen den Balken hochkantig in den Fugen, über welche die gebogenen kleinen Blechhaken zur Aufnahme der Steine gehängt werden.

*Demski*²⁸⁰⁾ in Wien versteht die Fachausfüllung aus Lochsteinen mit Eisenanlage, indem er die Lochsteine so voreinander reiht, daß von Träger zu Träger reichende Röhren entstehen (Fig. 354). Sind mehrere Reihen verlegt, so werden die etwa 1,5 mm dicken und 3 cm hohen

Fig. 353.



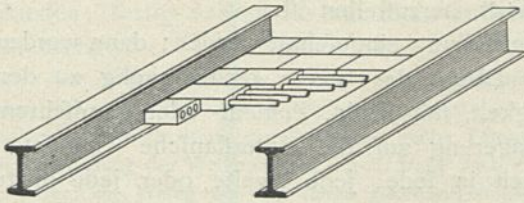
277) Erzeugt von: *Rapp Sheet Metal Works* in New York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 287.

278) Siehe: *Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst* 1896, S. 456.

279) Siehe ebendaf., S. 4.

280) Siehe ebendaf., S. 222.

Fig. 354.

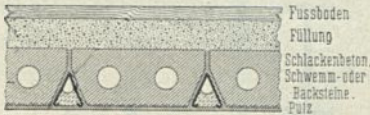


trug die Decke 3500 kg für 1 qm; auch wurde sie von einem 72 kg schweren, aus 2,20 m Höhe fallenden Steine nicht durchgeschlagen. Die Tragfähigkeit kann durch die Zahl der mit Eisenband versehenen Hohlräume geregelt werden. Die Kosten dieser Fachausfüllung werden mit Deckenputz zu 5,1 Mark für 1 qm angegeben.

Die Zwischendecke »Germania« (Fig. 355²⁸¹) zeigt eine durch das Fehlen der gewöhnlichen Balken eigenartige Zusammenfassung.

Die Balken werden durch dreieckig zusammengebogene, unten umgefaltete Bleche ersetzt, die, in 25 bis 33 cm Teilung verlegt, weniger als selbständige Balken, denn als

Fig. 355.



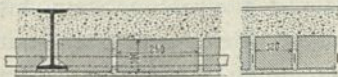
Zugglied in der ganzen Deckenplatte wirken sollen. Der Innenraum des Dreieckes wird mit Zementmörtel ausgeputzt, der auf den Börtelrändern sicher aufruhet, die dünnen Bleche aussteift, den Feuerschutz für diese erhöht und das Putzen der Trägerunterflächen ermöglicht.

Zwischen die schrägen Flanken dieser Dreiecke werden entsprechend keilig gestaltete Hohlsteine aus Schlackenzement, Tuffmörtel oder gebranntem Thone mit Zementmörtel eingesetzt. Auf der entstehenden Platte können die gewöhnlichen Fußbodenarten fämtlich hergestellt werden. Rillen in der Unterfläche der Hohlsteine und der Mörtel in den Fugen und Blechdreiecken sichern das Anhaften des Deckenputzes.

Als Beispiele der zweiten Gruppe der hierher gehörenden Decken, bei denen die Einlagen in die Steinfugen weniger zur Ermöglichung der Eindeckung ohne Rüstung als zur Bildung einer Zuggurtung dienen, sind neben den in der ersten Gruppe bereits als nach dieser Richtung wirkend bezeichneten die folgenden, im Wefen ihrer Wirkung übereinstimmenden, doch aber meist patentierten Anordnungen aufzuführen.

Donath²⁸²) führt Hakenhohlsteine ein, bei denen sich eine in jedem Steine halbkreisförmige Erweiterung der Längsfugen zum Einlegen je eines starken Drahtes in jede Fuge nahe der Steinunterkante findet. Die Steine sind auf der Strangpresse herzustellen. Bei ihnen ist der Mangel der beiden Anordnungen nach Fig. 343 u. 344 vermieden, daß nämlich die Eiseneinlagen der Mitte der Dicke zu nahe rücken und daher trotz ihrer großen Stärke wenig wirken. Die tief unten liegenden und gut eingehüllten Drähte bilden nun wirkfame Zugglieder der Decke. Die Fachausfüllung wiegt 85 kg und kostet 3,5 bis 4,5 Mark für 1 qm.

Fig. 356.



Die Kleine'sche Decke (Fig. 356²⁸³) gehört zu den meist verwendeten dieser Art, weil sie keinerlei

²⁸¹) Erzeugt von: Carl Pötsch in Minden i. W. — D. R.-G.-M. — D. R.-P. angemeldet. — Auslandspatente.

²⁸²) Falz- und Nutendecke. Deutsche Bauz. 1900, S. 544.

²⁸³) Erzeugt von: F. F. Kleine & Stapf in Berlin. — D. R.-P. 71 102. — Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 240; 1894, S. 360; 1895, S. 197; 1897, S. 38. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1006. — Deutsche Bauz. 1894, S. 238.

186.
Germania-
decken.

187.
Hakenstein-
decken von
Donath.

188.
Kleine'sche
Decken.

befondere Einzelformen verlangt, fordern aus allen vollkantigen Steinen und Band-eisen, gewöhnlich von 2×25 mm Querschnitt, herzustellen ist.

Die Decke muß zum Zwecke der Herstellung eingefacht werden; dann werden hochkantig stehende Steinreihen mit der Länge der Steine rechtwinkelig zu den Balken, je nach der verlangten Tragfähigkeit, mit Kalk-, Zement- oder gemischtem Mörtel zwischen die Balken unter Auflagerung auf die Unterflansche eingesetzt, wobei je nach der verlangten Tragfähigkeit in jede, jede zweite oder jede dritte Fuge ein Bandeisen hochkantig, möglichst nahe der Fugenunterkante, in den Fugenmörtel so eingedrückt wird, daß noch vollständige Umhüllung durch den Mörtel, auch unten, erzielt wird. Bei Verwendung besserer Mörtelarten kann die Schalung gleich nach Vollendung der Mauerung beseitigt werden. Der Putz haftet ohne weiteres an der Unterfläche.

Die Bandeiseneinlagen sind neuerdings von *Stapff*²⁸⁴) nach Art der Wellblech-schienen mit Buckeln versehen (siehe Fig. 162 u. 163, S. 90 u. 91), um das Haften im Mörtel zu verbessern; zugleich sind sie gekrümmt und unter Verdrehung der Enden um die obere Trägerflansche gehakt, wie die Einlagen der *Koenen'schen* Voutenplatte (siehe Fig. 267 u. 268, S. 137). Diese Ausbildung ist in Fig. 357 für Betonumhüllung gezeichnet, kann aber ebenso auch für Backsteinplatten verwendet werden.

Sollen auch die Träger unterputzt werden, so bringe man die Schalung entsprechend tief unter den Trägern an und klinge die Lager der letzten Steine an den Trägern so weit aus, daß sie auf die Schalung zu stehen kommen.

Man erhält dann eine Rille unter den Trägern, in die man den Putzstreifen mittels der üblichen Mittel einbringen kann.

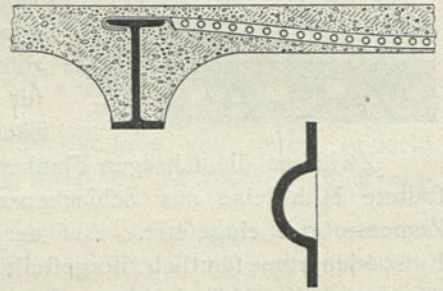
Ein Mangel dieser Konstruktion ist jedoch, daß die Bandeisen, deren Enden auf den Trägerflanschen bleiben müssen, in den Fugen der Oberkante näher rücken, womit eine Abminderung der Aufnahme der Zugspannungen entsteht. Dieser Mangel kann gehoben werden, wenn man die Bandeisen über die hohe Kante so biegt, daß sie mitten zwischen den Balken der Unterkante wieder nahe rücken, wie z. B. in Fig. 357.

Diese Decke ist sehr verbreitet und unter den gewöhnlichen Verkehrslasten öffentlicher Gebäude bis zu 5 m Weite ausgeführt, so daß z. B. 5 m breite Verbindungsgänge überhaupt keine Balken erhalten haben.

Selbst bei beträchtlichen Balkenteilungen besitzt die Decke eine Tragfähigkeit, die den gewöhnlichen Anforderungen sogar in Lagerhäusern reichlich gewachsen ist.

Eine Schwäche dieser Konstruktion liegt darin, daß der einzelne Stein bis zum Abbinden des Mörtels dem Herausdrücken nach unten oder auch oben nur sehr geringen Widerstand entgegensetzt, weshalb die Verwendung guter Mörtelarten auch hier anzuraten ist. Diesen Uebelstand schwächt die in Art. 83 (S. 90) zu Fig. 162 u. 163 beschriebene Decke von *Simmernann-Schürmann* ab, da die geringe zwischen den »Gewölbeträger«-Wellenschienen entwickelte Gewölbewirkung

Fig. 357.



^{189.}
Wellenschienen-
decken.

²⁸⁴) Erzeugt von: A. Stapff in Berlin. — D. R.-G.-M. 98 737. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1398, S. 52, 636.

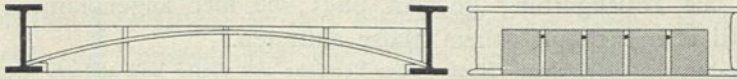
das Herausdrücken einzelner Steine erschwert. Hierin sind die beiden Decken verschieden; fertig wirken sie mit allen anderen Plattenformen mit Eiseneinlagen ganz gleichartig.

Die Patente sind also nur auf verhältnismäßig unbedeutende Nebeneigenschaften begründet und haben daher zu zahlreichen Streitigkeiten geführt, die bezüglich der beiden hier nebeneinander gestellten Decken schliesslich durch den Uebergang beider Patente in eine Hand geschlichtet sind, woraus sich auch die Verwendung der Wellenschiene durch *Staff* nach Fig. 357 erklärt. Welche Uebelstände die Erteilung so vieler, im Wesen mit den schon gleichartigen Patenten *Rabitz* und *Monier* und unter sich übereinstimmenden Patente nach sich zieht, wurde schon in Art. 77 (S. 83) erörtert. Auch die im folgenden anzuführenden Beispiele sind wieder nur in Aeusserlichkeiten, nicht im Wesen von den vorstehenden verschieden.

Die »Viktoriadecke« der Gesellschaft »*Hansa*« in Bremen²⁸⁵⁾ besteht wie die vorhergehenden aus nebeneinander gestellten Steinreihen, hat aber Rundeiseneinlagen in Bogenform in den Mörtelfugen. Zweck ist, das Gewicht der Steine und die Last

190.
Viktoriadecken.

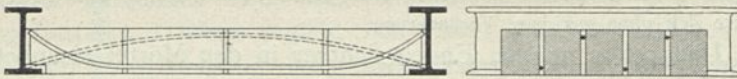
Fig. 358.



nicht blofs durch gerade Trägerformen wie bei den Decken von *Kleine* und *Schürmann*, sondern durch die kräftigere Wirkung des Bogens bei nach oben, und der Kette bei nach unten gekrümmten Rundeisen aufzunehmen.

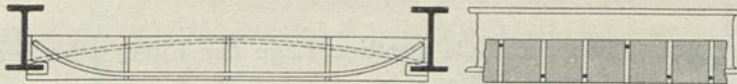
Die älteste Form (Fig. 358) zeigt ausschliesslich nach oben gekrümmte Einlagen. Diese sind, durch den Mörtel vor dem Ausknicken geschützt, zwar im Stande,

Fig. 359.



eine erhebliche Bogenwirkung zu leisten, wenn die Balken den Schub aufnehmen können; es fällt aber sogleich auf, dass hier derjenige Teil des Steinquerschnittes durch Eisen verstärkt wird, der dessen am wenigsten bedarf: der obere. Der Zug in den unteren Teilen, soweit die Eisenbogen solchen entstehen lassen, muss allein vom Mauerwerke aufgenommen werden, und so bilden bei dieser Form wesentlich

Fig. 360.



nur die Eisenbügel das Tragwerk; das Mauerwerk dient überwiegend blofs zur Ausfüllung.

Um nun die hohe Druckfestigkeit des Mauerwerkes wie bei den früher beschriebenen Decken zur Erhöhung der Tragwirkung heranzuziehen, ist bei einer zweiten Form der Viktoriadecke abwechselnd je ein nach oben und ein nach unten gekrümmter Bügel eingelegt (Fig. 359). Ersterer behält die oben geschilderte Wirkung; letzterer unterstützt das Mauerwerk bei der Aufnahme der Zugspannungen. Da letztere Unterstützung die wichtigere ist, so wird die Decke auch nach Fig. 360

²⁸⁵⁾ Siehe: HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 148. — D. R.-P. 81 135 u. 82 941. — Erzeugt von: B. T. Wilckens in Bremen.

mit je zwei nach unten und je einem nach oben gekrümmten Bügel gebildet. Die Konstruktion in Fig. 361 trägt dem Umstande Rechnung, daß man die volle Leistung des Mauerwerkes auf Druck bei derartigen gemischten Bauweisen nicht ausnutzen kann, ohne die Zugspannungen zu hoch werden zu lassen, wenn man der Decke überall gleiche Stärke giebt. Durch Anreihen von drei flachen Steinreihen an zwei

Fig. 361.



hochkantig stehende hat man das Mauerwerk überwiegend dahin gebracht, wo Zug aufzunehmen ist und hier auch durch die überwiegenden Hängebügel noch besonders verstärkt, während die schmalen, nach oben vorstehenden Rippen mit der einen Bogeneinlage als Druckgurtung gedacht sind; die hier angenommene Spannungsverteilung wird aber nicht in vollem Maße auftreten.

Nach Angaben der Gesellschaft »Hanfa« über Versuche mit dieser und anderen Decken soll sie den zum Vergleiche herangezogenen an Tragfähigkeit bei 1,00 m Fachbreite mit mehr als 6000 kg für 1 qm mindestens gleichstehen, an Widerstandsfähigkeit gegen Stöße jene übertreffen. Während andere Decken von einem Schläge mit 25 kg und zweien mit 50 kg aus 3,60 m Höhe in der Regel durchgeschlagen wurden, hielt eine Decke nach Fig. 358 diese Stöße ohne wesentliche Verletzung aus. Eine solche nach Fig. 359 wurde mit gleichem Erfolge noch zwei Schlägen mit 100 kg aus derselben Höhe ausgesetzt. Diese beiden Decken trugen dann noch 2000 kg für 1 qm Last durch längere Zeit ohne merkbare Veränderung.

Fig. 362.



Um die Hängeeisen an den Enden sicherer in den Mörtel einzubetten, werden ihre Enden auch wohl lotrecht oder wagrecht abgebogen (Fig. 362).

Fig. 362 zeigt ferner, daß es mittels der Hängebügel leicht ist, die Steinunterkante unter die Trägerkante zu senken und so wirksamen Feuerchutz für

Fig. 363.



letztere zu erzielen, ohne dabei die günstige Lage der Eisen nahe der Unterkante in der Fachmitte aufgeben zu müssen.

Schließlich zeigt Fig. 363 eine Ausbildung dieser Decke, bei der für jede Fuge ein Bogen und ein Hängebügel aus einem Rundeisen zusammengebogen sind, so daß beide Wirkungen in jeder Fuge erzielt werden.

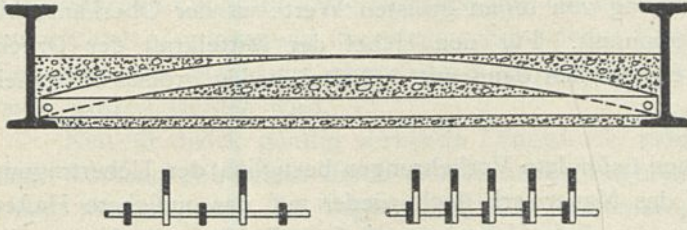
Eine Decke wieder wesentlich gleicher Wirkung und ähnlicher Konstruktion giebt C. B. T. Wilkens in Bremen²⁸⁶⁾ an. Er verwendet statt der Rundeisen, wie Kleine und Schürmann, Flacheisen, krümmt diese aber zur Bogen- oder Kettenform, und setzt, wenn er sie als Bogen verwendet, in den unteren Fugenteil ein gerades Bandeisen als Zugband ein, das mittels durchlaufender Rundeisen mit den Bogenenden verbunden ist; Bogen und Zugeisen liegen dabei entweder beide in jeder

292.
Decken
von
Wilkens.

286) D. R.-G.-M. 80 129. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

Fuge oder wechselfn in größeren Abständen ab, wie in Fig. 364 für Betondecken gezeigt ist. Für Backsteinausfüllungen ist hauptsächlich die in Fig. 365 dargestellte Anordnung bestimmt, bei der die Bandeisen als Ketten wirken, welche ihren Zug

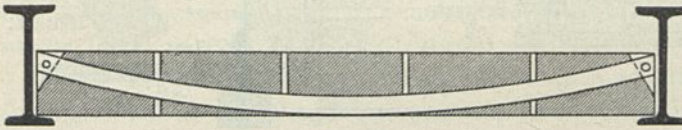
Fig. 364.



mittels durch die Enden gesteckter, in Mörtel gebetteter Rundeisen auf die Backsteinausfüllung als Druckbaum übertragen. Auf beide Weisen entstehen sehr tragfähige Fugeeinlagen.

Alle diese Konstruktionen sind aus der mehr oder weniger entschieden zu erkennenden Absicht hervorgegangen, durch das vollständige Einbetten des Eisens in den Fugenmörtel aus Stein, Mörtel und Eisen geschlossen wirkende Verbundkörper herzustellen, deren Bestandteile Zug und Druck

Fig. 365.



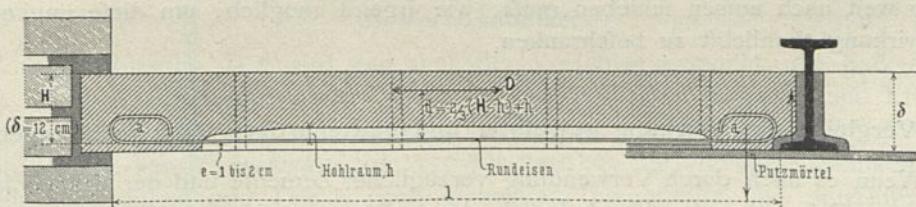
in jedem kürzesten Platten-teile durch gegenseitige Beeinflussung durch Scherspannungen ausgleichen sollen, wobei auf die chemische oder mechanische Verbindung des Eisens

mit dem Mörtel gerechnet wird. Bei den mit hochkantig gestellten Bandeisen-einlagen ausgestatteten Decken ergibt sich dabei, daß die Einlagen nicht reinen Längszug, sondern, der Biegung der ganzen Platte folgend, ein erhebliches Maß von Biegungsspannung aufzunehmen haben; bei den mit Rundeisen ausgestatteten fällt diese Biegung wegen des geringen Widerstandsmoments nicht in das Gewicht.

Um nun einerseits von den sehr berechtigten Zweifeln an der chemischen Verbindung der Teile und der Zuverlässigkeit des Haftens des Eisens im Mörtel frei zu werden, andererseits die Beanspruchung des Eisens sicher auf reinen Längszug zu beschränken, haben Szarbinowski & Kaufmann²⁸⁷⁾ die in Fig. 366 bis 368 dar-

192.
Decken von
Szarbinowski &
Kaufmann.

Fig. 366.



gestellte Deckenanordnung durchgebildet. Beim Vermauern der Steine wird durch Einlegen von Sandleisten in die untersten Fugenteile dafür geforgt, daß diese von Mörtel völlig frei bleiben (Fig. 368), nachdem vorher an den Enden öfenartig zugebogene Rundeisen in jede Fuge eingelegt sind. Nur etwa in der Längen-

287) D. R.-G.M. 91032. — Patenterteilung steht zu erwarten.

ausdehnung dieser Oefen werden die Fugen ganz bis unten mit Mörtel gefüllt (Fig. 366). Da nun der trockene Sand beim Ausrüften herausfällt oder doch leicht zu beseitigen ist, so entstehen völlig selbständige Zugeisen in den Fugen, deren Kraftangriff unzweifelhaft bestimmt liegt, während der selbständige Steinkörper oben mit Sicherheit etwa in der Weise als auf Druck beansprucht in Rechnung gestellt werden kann, dafs die Spannung von ihrem grössten Werte an der Oberkante bis Mörtelunterkante auf Null abnimmt. Für den Hebel der Mittelkraft der Druckspannungen im Mauerwerke ergibt sich dann mit verhältnismäfsig grosser Sicherheit das Mafs $\frac{2H+l}{3}$ (Fig. 366).

Nun wäre man aber ohne besondere Vorkehrungen bezüglich der Uebertragung der Kraft vom Zugeisen auf das Mauerwerk doch wieder auf das unsichere Haften beider aneinander angewiesen; für diese Uebertragung sind die Oefen bestimmt, die

Fig. 367.

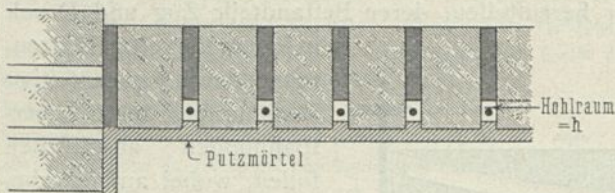
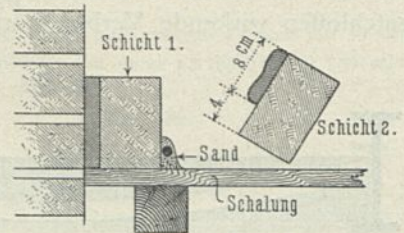


Fig. 368.



einen Mörtelkern a (Fig. 366) von solcher Flächenausdehnung umschliessen, dafs die Scherspannung dieser Fläche mittels des sicheren Anhaftens des Mörtels an den Steinen die Zugkraft des Eisens auf das Mauerwerk überträgt. So entsteht innerhalb der Plattendicke ein klar wirkendes Gewölbe mit Zugverankerung.

Bei der statischen Betrachtung mufs berücksichtigt werden, dafs der Angriff der wagrechten Kraft wegen der erforderlichen Gröfse der Schleife nicht in die lotrechte Stützungslinie am Träger oder an der Mauer fällt, und dafs hieraus ein besonderes Biegemoment erwächst, weil man den Stützpunkt des verankerten Plattenteiles da annehmen mufs, wo die wagrechte Kraft angreift, etwa in der Mitte der Schleifenfläche a ; in Fig. 366 ist diese Wirkung auskragender Lagerung rechts durch Pfeile angedeutet. Es leuchtet ein, dafs man die Schleifen so kurz machen und so weit nach ausen schieben mufs, wie irgend möglich, um diese ungünstige Lagerwirkung thunlichst zu beschränken.

c) Vergleich der Wirkung gewölbter und plattenartiger Fachauffüllungen.

Wenn es auch durch Verwendung vorzüglicher Zemente und der Eiseinlagen in neuerer Zeit gelungen ist, lediglich durch Biegungswiderstand wirkende Tragplatten hoher Tragfähigkeit herzustellen, welche die alte Anschauung, dafs Mauerwerks- und Mörtelkörper überhaupt keinen Zugspannungen ausgesetzt werden dürften, als eine nicht mehr zutreffende erscheinen lassen, so zeigen doch die vorstehenden Erörterungen, dafs auch diese neuen Konstruktionen immer noch nicht gestatten, solche Körper Zugspannungen gegenüber mit demselben Grade von Sorglosigkeit zu behandeln wie beim Auftreten von Druck, und dafs selbst die besten trotz der an-

geführten Mittel noch nicht Gleichheit der Leistungsfähigkeit gegen Zug und gegen Druck schaffen, die sich z. B. beim Eisen findet.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, muß man auch heute noch die Wölbung als der Platte überlegen bezeichnen, da sie bei richtiger Gestaltung alle Teile des ganzen Körpers der günstigeren Druckbeanspruchung aussetzt, indem der dem Schube entsprechende Längsdruck die aus auch hier fast immer wirkenden Biegemomenten erwachsende Zugspannung überwiegt. Ein solcher Längsdruck ist geradezu als eine Entlastung der Stein- und Mörtelkörper aufzufassen, wie bei ihrer Berechnung später noch erörtert werden wird.

Nun ist dieser günstig wirkende Längsdruck jedoch keineswegs an eine wirkliche Wölbung gebunden; durch entsprechende Lagerung oder Gestaltung kann man einen solchen auch bei wagrechten, also plattenartigen Körpern erzeugen, wie z. B. bei den in den Fig. 83 bis 87, 194, 333, 334 u. 335 dargestellten.

Dafs man nun diese für die Tragfähigkeit der Fachausfüllungen günstige »Einspannung« nicht stets zur Anwendung bringt, liegt lediglich daran, dafs man den Höhenverbrauch und die unebene Unterfläche der Wölbungen in vielen Fällen zu scheuen hat, und dafs man diese Einspannung in allen Fällen eben nur durch die Gegenkraft eines Schubes gegen Balken oder Wände erzeugen kann. Dafs aber die Aufnahme eines solchen Schubes oft auf beträchtliche Schwierigkeiten stößt, wurde schon in Art. 85 (S. 94) erörtert.

Als Ergebnis ist also festzustellen, dafs man stets streben soll, die Fachausfüllungen neben den Biegemomenten auch einem Längsdrucke auszusetzen, dafs man hierzu aber in vielen Fällen nicht in der Lage ist, weil die unterstützenden Bauteile, Träger oder Wände, nicht die zur Aufnahme des entstehenden Schubes erforderliche Seitensteifigkeit besitzen. Auch bei Platten kann man diese »Einspannung« stets erzielen, wenn man die Ränder an den Trägern keilig begrenzt, entsprechende Keilleisten in die Träger putzt und die Balken in der in Art. 85 (S. 94) erörterten Weise mit Verankerungen versieht. Letztere Maßregel ist aber oft so teuer, dafs die Mehrkosten der Verankerung denjenigen an den Fachausfüllungen erzielten Gewinn überwiegen. So wird man denn in sehr vielen Fällen auf die Vorteile der »Einspannung«, d. h. der Erzeugung eines Längsdruckes, verzichten und sich mit der alleinigen Wirkung durch den Biegungswiderstand bei entsprechend stärkerer Konstruktion der Platten begnügen müssen.

d) Verbundbalken.

In allerjüngster Zeit wird nun auch der Vorschlag gemacht, die Balken selbst nicht in Holz oder Eisen, sondern auch als Verbundbalken in Beton und Eisen mit eingebetteten Zuggliedern auszubilden. In gewissem Sinne entsprechen schon die Anordnungen von *Hennebique* (Fig. 277 bis 279, S. 141) diesem Gedanken; doch bilden hier Balken und Decke noch gemeinsam hergestellte und untrennbar verbundene Körper.

Unter anderen schlägt *Buffo v. Busse*²⁸⁸⁾ vor, rechteckige Betonbalken ganz selbstständig zu stampfen, in deren Unterseite gewöhnliche Gelenkketten aus Flacheisenstäben mit Augenköpfen und Bolzenverbindung eingebettet werden. Solche Balken können dann zu ebener Erde fertig gemacht und nach dem Abbinden wie

194.
Verbundbalken.

²⁸⁸⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1901, S. 71. — Oest., Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1901, S. 103.

Holzbalken verlegt werden. Zugleich kann man ihnen einen für das Einbringen und Lagern bequemen Querschnitt geben; man kann ihre Höhe dem Wechsel der Biegemomente anpassen, und schliesslich kann man ihnen durch fettliche Einlagen eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen fettliche Belastung (etwa durch Kappenschübe) geben.

Nach den bisherigen Erfahrungen mit den Verbundkörpern dürfte sich die Verfolgung dieses Gedankens in geeigneten Fällen wohl empfehlen.

5. Kapitel.

Balkendecken in Eisen.

195.
Decken
mit
Wellblech.

Der für ganz in Eisen konstruierte Balkendecken, d. h. für Decken, die eine ununterbrochene Eisensfläche in den Balkenfachen zeigen oder bei denen doch das Eisen allein alle Tragwirkungen übernimmt, am meisten verwendete Baustoff ist das Wellblech, welches je nach der Form der Wellen in zwei Arten: flaches Wellblech und Trägerwellblech gefondert wird²⁸⁹). Die Wellen der ersten Art bestehen aus flachen, mit gemeinsamer Berührender aneinander schliessenden Kreisbogen; diejenige der zweiten bestehen aus Halbkreisen, welche unmittelbar zusammenschliessen oder durch kurze lotrechte Stegstücke verbunden sind. Die Abmessungen und Widerstandsmomente der Wellbleche verschiedener Werke werden in Kap. 9 mitgeteilt werden²⁹⁰).

Die tragenden Balken sind gewöhnlich gewalzte I-Eisen, auf deren untere Flansche die Bleche gelagert werden. Letztere kommen gerade oder gebogen (bombiert) zur Verwendung; die Biegung sollen sie bei der Herstellung, nicht auf der Baustelle erhalten, obwohl dadurch der Preis etwas erhöht wird. Ueberall, wo irgend welche Feuchtigkeit auf die Bleche wirken kann, sollen verzinkte Bleche verwendet werden. In geschützter Lage genügt es, wenn die Bleche nach der Abnahme im Werke gereinigt und mit Bleimennige gestrichen, nach dem Verlegen einmal mit Bleimennige und zweimal mit Oelfarbe nachgestrichen werden.

196.
Gebogene
Wellbleche.

Gebogene Wellbleche, als Bogen verwendet, gestatten in der Regel wegen der hier vorwiegenden Beanspruchung des Bleches auf Druck die Verwendung leichterer Bleche; dagegen sind die Träger, da Seitenschübe auf sie ausgeübt werden, stärker zu wählen.

Zur Ueberfüllung verwendet man mageren Mörtel, noch besser Beton. Für hölzerne Fußböden werden die Lagerhölzer in letzteren eingestampft; Estriche und Plattenbeläge können darauf ohne weiteres verlegt werden. Nach unten kann das Eisen sichtbar bleiben, oder man kann an die Eisenträger eine Deckenschalung anhängen, welche man erforderlichenfalls auch zu putzen in der Lage ist.

In sehr geschickter Weise wurden im Museum für Völkerkunde zu Berlin derart konstruierte Decken zur Ausführung gebracht.

²⁸⁹) Siehe auch Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abschn. 1, Kap. 6) und Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 240 u. 241, S. 304 [2. Aufl.: Art. 237 u. 238, S. 277], sowie Art. 251, S. 314 [2. Aufl.: Art. 248, S. 288]) dieses »Handbuchs«. — Eisenbahn, Bd. 24, S. 46.

²⁹⁰) Siehe auch über die Profile Nr. I bis VI der »Actien-Gesellschaft für Verzinkerei und Eisenconstruction, vorm. Jacob Hilgers« in Rheinbrühl: Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 241, S. 305; 2. Aufl.: S. 279) dieses »Handbuchs«.

Die 15^m tiefen, durch schmiedeeiserne Unterzüge auf gusseisernen Säulen in der Mitte unterstützten Decken der Ausstellungsfäle bestehen aus gewölbtem und fauber verzinktem, zwischen gewalzten Trägern gefpanntem Wellblech, auf welches Beton aufgetragen ist; letzterer ist mit Mettlicher Thonfliesen belegt. Die verzinkten Bleche erhielten zum Schutze gegen Blindwerden, gleich nachdem sie aus dem Metallbade gekommen waren, einen Ueberzug, der aus einer Mischung von Damaralack und holländischem Standöle bestand. Die unteren Flansche der Walzträger sind an den sichtbaren Unterflächen mit gepressten Messingriefen geschmückt; auch diese wurden mit Firnis überzogen, welcher sie vor dem Oxydieren schützt und ihnen eine goldähnliche Färbung verleiht²⁹¹⁾.

Fig. 369.

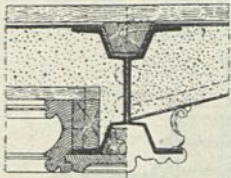
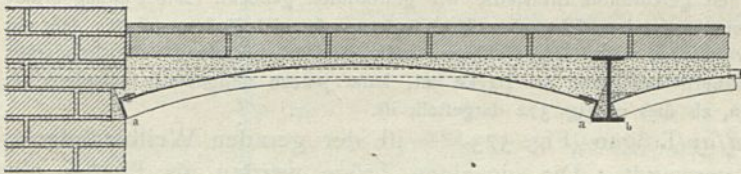


Fig. 369 u. 370 zeigen Decken aus Wellblechbogen. Besonders zweckmäfsig ist diese Anordnung zur Ueberdeckung langer schmaler Räume (Flurgänge u. dergl.). Man legt hier — bei zur Aufnahme des Schubes ungenügender Wandstärke miteinander verankerte — schwache L- oder C-Eisen in die Wand, welche den Druck des Bogens unmittelbar an die Mauern abgeben und bei Verankerung die Schübe zwischen den Ankern aufzunehmen haben; man wähle daher im letz-

teren Falle Eisen mit großer Seitensteifigkeit, etwa flach gelegte L-Eisen oder ungleichschenkelige C-Eisen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Kämpferanordnung der Blechbogen. Der Einfachheit wegen hat man das Blechende stumpf gegen die Fläche von erhärtetem fettem Zementbeton

Fig. 370.



(b in Fig. 370) oder auch ohne weitere Vorichtsmafsregeln unmittelbar gegen das Eisen der Träger (Fig. 369 rechts) gesetzt. Der scharfe Blechrand frist

sich dann aber leicht ein, und es ist daher besser, die Kämpferfläche erst mit schwachem Blech zu belegen oder, wie bei a in Fig. 370, ein Kämpfer-L-Eisen am Blech zu befestigen. Die Verankerung, welche hier wegen des meist geringen Gegen Schubes der unbelasteten Oeffnung gewöhnlich in allen Fachen anzubringen und in je zwei Nachbarfachen behufs Anbringens der Muttern an jedem

Fig. 371.



Träger um ein Geringes wagrecht zu versetzen ist (Fig. 370), liegt hier, wie bei Wölbungen, am geschütztesten über dem Bogenscheitel, kann jedoch auch unter das Blech gelegt werden, wenn dieses hinreichend hoch in den Trägern ruht. In den Wänden erhalten die Anker die gewöhnlichen Splinte oder Druckplatten.

Eine einfachere und wirksame Verankerung ist auch hier durch über, bzw. unter die Träger gelegte Flacheisen mit Klammern nach Fig. 174 u. 175 (S. 96) oder auch, bei ebener Deckenausbildung, durch nach Fig. 255 (S. 131) angebrachte *Monier*-Platten zu erzielen.

Wellblech, insbesondere Trägerwellblech, wird zu Decken auch noch in der Weise verwendet, dass man die tragenden Walzbalken weglässt und nur bei größeren Spannweiten einen Unterzug anordnet.

Eine gerade Wellblechdecke aus Trägerwellblech von großer Weite, daher mit eisernem Unterzuge, unten geputzt, ist in Fig. 372 dargestellt, welche zeigt, wie

197.
Gerade
Wellblech-
decken.

²⁹¹⁾ Siehe: Zeitfchr. f. Bauw. 1887, S. 48.
Handbuch der Architektur. III. 2, c, α. (2. Aufl.)

gering die durch solche Decken eingenommene Höhe ist. Das Blech ist behufs ganz gleichmäßiger Auflagerung am Ende in ein Winkeleisen, etwa mit jeder dritten Welle, eingetiftet, welches auf, bzw. in der Wand ruht.

An den Wänden, welche mit den Wellen gleiche Richtung haben, ist die letzte abgebogene Welle in eine Fuge der Wand gesteckt, um Dichtung zu erzielen. Auf dem Unterzuge sind die unbefestigten Tafeln etwa 8 cm übereinander gelegt und in den Bergen durch kleine Stifte verbunden. Zur Aufnahme des

hölzernen Fußbodens sind Lagerleisten in Abständen von etwa 75 cm in die Wellen eingepaßt²⁹²⁾; der Zwischenraum zwischen Fußboden und Blech ist mit Füllstoff so geschlossen, daß die Bretter thunlichst ganz voll aufliegen. Behufs Anbringens der Deckenschalung für den Putz sind auch von unten

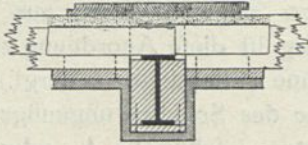
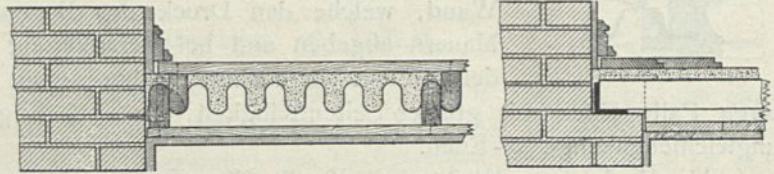


Fig. 372.



Leisten eingepaßt und mit schwachen Bolzen an den Wellenbergen befestigt; auch der Unterzug ist rings in Holzleisten gehüllt, um ihn putzen zu können. Oben ist die Fuge zwischen Fußboden und Wandputz durch eine auf Dübel in der Wand geschraubte Stofsleiste wie gewöhnlich gedeckt. Die Füllung erhält auch hier zweckmäßig durch Beimengen eines schwachen Mörtelzusatzes so viel Zusammenhalt, daß ein Schub gegen die Wellenwände vermieden wird. Der Hohlraum zwischen Deckenschalung und Blech trägt zugleich zur Dichtigkeit und Feuerbeständigkeit der Decke bei, kann jedoch nötigenfalls unbedenklich noch mehr eingeschränkt werden, als dies in Fig. 372 dargestellt ist.

Die Decke aus *Lindsay*-Trögen (Fig. 373²⁹³⁾ ist der geraden Wellblechdecke in jeder Beziehung nahe verwandt. Die einzelnen Tröge werden als Platten mit

verstärktem Mittelteile gewalzt, dann rund oder kantig in die Trogform gebogen und nach Fig. 374 vernietet. Bei runden Trögen entsteht so eine Wellendecke mit Verstärkungen in den Wellenscheiteln. Der wesentlichste Unterschied gegenüber der Wellblechdecke ist die beträchtlich größere Tragfähigkeit, welche selbst

unter schweren Lasten bei Verwendung der stärksten Querschnitte dieser Art die Anordnung von Spannweiten bis zu 12 m ohne zwischengelegte Unterzüge gestattet.

Die Troghöhlungen werden mit Schlackenbeton ausgestampft, in welchen man die Lager für hölzerne Fußböden einstampft. Den Uebelstand, daß man für die Befestigung des Deckenputzes irgend welcher Art die Trogböden anbohren muß, hat diese Decke mit der Wellblechdecke gemein.

Eine gute Eigenschaft der Wellblech- und der Trogdecke ist die gleichförmige Verteilung der Last auf die ganze Länge der stützenden Mauern, welche die Schwierigkeiten der Auflageranordnung der nur an einzelnen Punkten Lasten abgebenden Balken und Träger beseitigt.

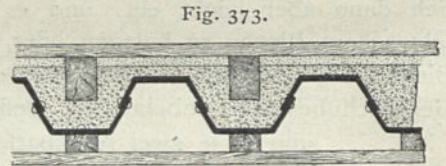


Fig. 373.

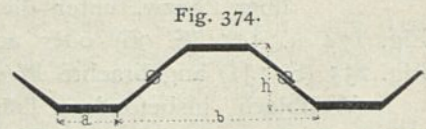


Fig. 374.

²⁹²⁾ Siehe: Gerade Wellblechdecke mit Holzbelag in Asphalt. Deutsche Bauz. 1883, S. 397.

²⁹³⁾ Siehe: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289. — *Engng.*, Bd. 44 (1887), S. 209. — *Centralbl. d. Bauverw.* 1887, S. 389.

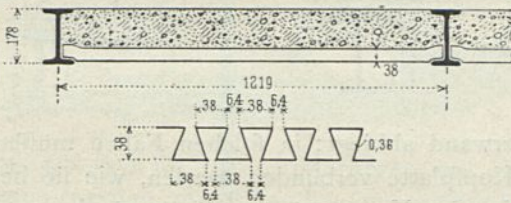
Die Abmessungen der *Lindsay*-Tröge ergeben sich mit Bezug auf Fig. 374 aus nachstehender Zusammenstellung:

Nr.	<i>h</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>G</i> für 1 qm Grund- fläche	<i>W</i> für zwei vernietete Quer- schnitte	Nr.	<i>h</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>G</i> für 1 qm Grund- fläche	<i>W</i> für zwei vernietete Quer- schnitte	
D	1	305	229	584	234	B	8	152	127	406	122	265
	2	305	229	584	171		9	152	127	406	107	235
	3	305	229	584	136		10	152	127	406	97	200
C	4	178	152	508	166	A	11	127	115	356	94	152
	5	178	152	508	133		12	127	115	356	78	126
	6	178	152	508	112	O	13	102	102	203	75,5	101
	7	178	152	508	102		14	102	102	203	63	89
						15	102	102	203	53,5	70	
Millim.			Kilogr.			Millim.			Kilogr.			
			bezogen auf Centim.						bezogen auf Centim.			

Außer den eckigen Trögen in Fig. 373 u. 374 werden auch Halbwellen hergestellt²⁹⁴⁾, welche, ebenso wie die Tröge vernietet, einen Wellenquerschnitt mit verstärkten Scheiteln, ähnlich den Trägerwellenblechen, liefern.

Der Wellblechdecke verwandt ist die Decke von *Bailey* (Fig. 375²⁹⁵⁾. Diese besteht aus einer zu Trapezzähnen zusammengebogenen Unterlage aus Eisenblech von 0,36 mm Dicke. Die Ueberfüllung wird aus 1 Teil natürlichem Zement (Rosendale), 2 Teilen Sand und 4 Teilen Schlacke gemischt. Unter die Decke wird ein Kalkmörtelputz mit Zusatz von Haaren oder Asbest gebracht, welcher infolge Eindringens in die Trapeznuten mit zahlreichen Schwalbenschwanzleisten fest unter der Decke haftet und die

Fig. 375.



Balken mit Hülfe eingeleger Drahtnetzstreifen unterdeckt.

Bei einer Feuererprobung durch die städtische Baubehörde von New-York unter 730 kg für 1 qm Belastung mit folgender Abschreckung, welche ganz so ausgeführt wurde, wie es in Art. 146 (S. 146) zu Fig. 288 beschrieben ist, blieb die Decke unverfehrt; erst der Wasserstrahl schwemmte den Putz teilweise ab. Die Durchbiegung betrug bei 487 cm Lichtweite in heißem Zustande etwa 70 mm, nach Abkühlung noch etwa 50 mm. Die Decke erwies sich nach der Probe als wasserdicht.

Weiter haben die »Buckeye-Trogdecke«²⁹⁶⁾ und die Decke von *Homan & Rodgers*²⁹⁷⁾, welche einander fast vollständig gleichen (Fig. 376), Aehnlichkeit mit Wellblechdecken. Auf die Unterflanke der Balken werden dreieckige Trogträger gestellt, welche nach der erst angeführten Quelle aus Blech gebogen, nach der letzteren auch aus Thon gepreßt und gebrannt sind; in beiden Fällen ist auch Gufeisen in Anwendung. In die Vertiefungen der Decke wird Beton gestampft, der

²⁹⁴⁾ Vergl.: *Engineering*, Bd. 44 (1887), S. 209.

²⁹⁵⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 15.

²⁹⁶⁾ Erzeugt von: *Youngstown Iron & Steel Roofing Co.* in Youngstown, Ohio. — Siehe auch: *Engineering news* 1896 — II, S. 18.

²⁹⁷⁾ Erzeugt von: *Homan & Rodgers* in London. — Siehe auch: *Deutsche Bauz.* 1895, S. 284.

199.
Blechdecken
von
Bailey.

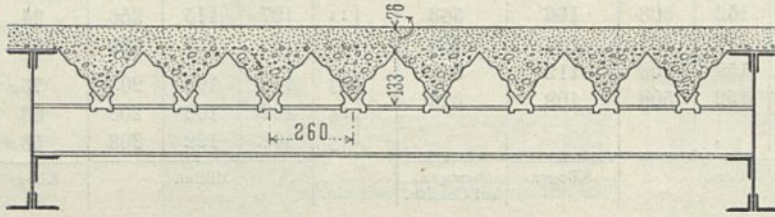
200.
Decken von
Buckeye
und von
Homan & Rodgers.

oben über den Trägern geschichtet wird. Je tiefer die Tröge in die Betonfüllung einschneiden, desto grösser wird ihre Tragfähigkeit und desto geringer gleichzeitig das Deckengewicht.

201.
Decken
mit
Tonnen-
blechen.

Selten im Hochbau²⁹⁸⁾, jedoch sehr häufig im Brückenbau ist die Decke aus Tonnenblechen (Fig. 377) auf eisernen Trägern, für welche hier kurz die wichtigsten Gesichtspunkte angegeben werden sollen. Die Bleche werden bis zu 4 qm Grösse bei den verschiedensten Längen- und Breitenverhältnissen und gewöhnlich 4 bis 10 mm Stärke mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ Pfeil, und zwar meist nach unten gebogen, verwendet. Be-

Fig. 376.



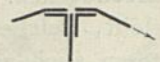
fonders wichtig ist hier wieder die Lagerung auf den Trägern. Diese wird meist mittels umgebogenen Randes der Tafel nach *a* in Fig. 377 ausgeführt, wobei aber das Umbiegen des Randes unbequem und die Lochung der Träger unvorteilhaft ist; besonders muss man sich vor Befestigungen, wie in Fig. 378 hüten, weil dabei der

Fig. 377.



Zug der Platten die L-Eisen von der Trägerwand abbiegt; in solchen Fällen müssen die L-Eisen erst durch eine durchgehende Kopfplatte verbunden werden, wie sie bei *b* in Fig. 377 dargestellt ist. Sie vermeidet das Umbiegen der Plattenränder und braucht nicht mit den Trägern vernietet zu sein, beseitigt somit die Schwächung gewalzter Träger, wie sie bei *a* in Fig. 377 eintrat. Die Stärke der Kopfplatte wähle man etwas grösser, als die der Bleche. Besondere Sorgfalt verlangt auch die Nietung der schwachen Bleche; sie muss zur Vermeidung zu grosser Lochlaibungspressungen in enger Teilung, mit Nieten von 10 bis 15 mm Durchmesser, erfolgen. Da die unbelastete Oeffnung hier nur einen sehr geringen Gegenzug zur Entlastung der Träger vom Zuge der belasteten liefert, so müssen zahlreiche Steifen zwischen die Träger eingefetzt werden. Am unmittelbarsten erfolgt die Aufhebung der Züge durch Aufnieten der Steifen auf die Kopfplatte mit unten verfenkten Nieten (*b* in Fig. 377); kann man diese Steifen jedoch der Fusbodenkonstruktion wegen nicht anbringen, so müssen sie (*a* in Fig. 377) unter die Bleche gesetzt werden, können auch aus T-Eisen gebildet, gekrümmt unter die Bleche genietet und dann zur Verlastung der Plattenstöße benutzt werden.

Fig. 378.



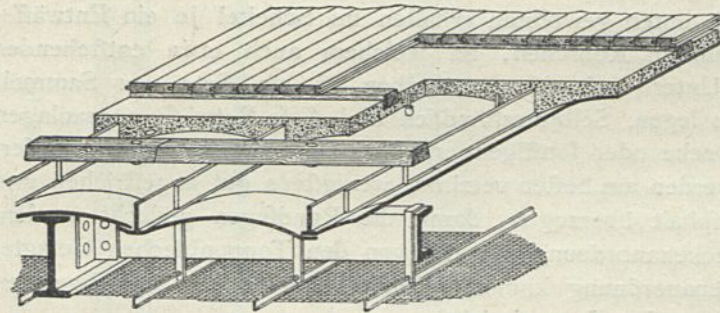
²⁹⁸⁾ Siehe: Decke des Güterbahnhofes St. Pancras der Midland-Eisenbahn, London. Organ f. d. Fortchr. d. Eisenbahnw. 1888, S. 92, 157.

Werden die Bleche mit Beton überdeckt, so niete man kleine L-Eisen mit aufrecht stehendem, in den Beton greifendem Schenkel auf den Plattenrand; die Druckfestigkeit der zwischen diesen Winkelschenkeln gefassten Betonplatte hebt den Zug der Tonnenbleche in jedem Balkenfache für jede Belastungsart unmittelbar auf, so dass für die Träger bei allen möglichen Belastungen nur lotrechte Kräfte aufzunehmen bleiben und besondere eiserne Absteifungen überflüssig werden.

Die Wölbung der Bleche nach oben zu legen (c in Fig. 377), ist zwar für die Auflagerung auf die Träger günstig, in welcher man so die Nietung ganz entbehren kann, wenn der Rand gut am Stege anliegt; da aber die leicht verbiegbaren Bleche in dieser Lage namentlich der zum Scheitel unsymmetrischen Belastung nur schlecht widerstehen, so müssen sie jedenfalls durch Betonüberbettung versteift sein. Diese steife Ueberbettung kann dann, wie bei den Wellblechbogen, zur Verschwächung der Trägerverankerung ausgenutzt werden.

Eine Ausführungsform einer Tonnenblechdecke mit nach oben gewölbten Blechen führt *Theo Kandeler* in Chicago unter dem Namen »Chicagodecke«²⁹⁹) ein, eine Konstruktion, in welcher magerer Beton in dünner Lage nur zur Erzielung von

Fig. 379.



Feuersicherheit verwendet wird (Fig. 379). Die Blechdecke wird an den miteinander unmittelbar vernieteten Rändern der

Tonnenbleche durch hochkantstehende Band-eisen verstärkt. Diese Decke wird in Abschnitten von 3 m Länge und 1,50 m Breite fertig genietet angeliefert und

loose auf den Rost von Unterzügen und Trägern gelagert. In das Bett von Magerbeton werden die schwalbenschwanzförmigen, auf die Flacheisenrippen gebolzten Lagerhölzer eingebettet.

Da die Betondecke nur dünn ist, wird das ganze Gefüge bei geringem Gewichte sehr tragfähig. Der Feuerchutz von unten wird durch eine selbständig untergehängte Decke hergestellt. Wird der eingeschlossene Raum gut gelüftet, so kann beträchtliche Widerstandsfähigkeit gegen Feuer erzielt werden.

Zum Schutze gegen Rosten werden die Tonnenbleche meist verzinkt, mindestens gut angefruchtet und außerdem gewöhnlich mit einer dünnen Lage von weichem Asphalt überzogen. Die Ueberdeckung erfolgt allgemein am besten mit magerem Mörtel oder Beton, in oder auf welchem dann jeder Fußbodenbelag befestigt werden kann. Deckenschalung ist nur mittels Anhängens an die Träger möglich.

Kann Feuchtigkeit in die Decken dringen, so muss für Entwässerungslöcher in den Scheiteln hängender oder in den Rändern stehender Platten gesorgt werden; ein Mangel der nach oben gewölbten Platten ist das Zusammenführen des Wassers nach den Trägern.

Noch feltener sind im Hochbau die Buckelplattendecken (Fig. 380) aus *Mallet-*schen Platten. Ihre Form ist die eines nach der Mitte zu allmählich in eine Kugel-

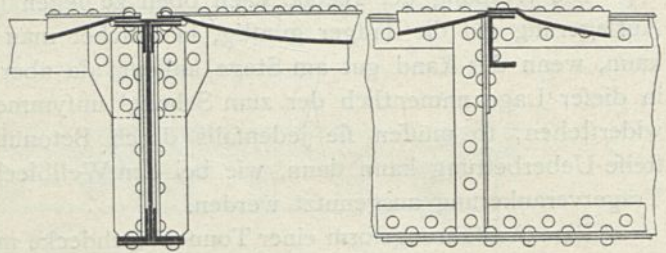
202.
Decken mit
Buckelplatten.

²⁹⁹) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 23.

kappe übergehenden Klostergewölbes. Die gebräuchlichen Einzelabmessungen werden in Kap. 9 mitgeteilt werden.

Die Buckelplatten werden stets mit wagrecht abgebogenem Rande versehen und müssen auf allen vier Seiten voll aufliegen und vernietet werden. Sie bedürfen daher eines Rostes von Trägern, dessen Maschen ihrer Grundform genau entsprechen. In Fig. 380 ist ein weit gespannter Hauptträger dargestellt, an welchen kleine Querträger aus C-Eisen anschließen. Durch diese Rostanordnung erfolgt zugleich die Aussteifung der Träger gegen die wagrechten Züge der Platten in wirksamer Weise. Diese Platten widerstehen nach oben oder unten gewölbt etwa gleich gut; die nach oben gewölbt verlegten schränken die Masse der Ueberfüllung ein, haben aber in feuchter Lage wieder den Mangel, daß sie das Wasser nach den Trägern führen. Die nach unten gewölbt erhalten im Scheitel je ein Entwässerungsloch mit eingeschraubtem Röhrchen, an welchem auch etwa entstehendes Schwitzwasser abtropft. Unter diese Abzugsröhrchen ist ein Netz von Sammelrinnen mit Abfallrohren zu legen. Selbstverständlich sind diese Entwässerungsanlagen nur bei freier Lage der Decke oder sonstigem erheblichem Wasserandrang erforderlich. Auch diese Platten werden am besten verzinkt, wenigstens gut angefrischt und zweckmäßig oben mit Asphalt überzogen, damit die Randfugen gedeckt werden. Ueber Fußboden- und Deckenanordnung gilt das von den Tonnenblechen Gefagte.

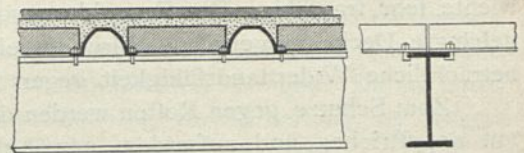
Fig. 380.



Diese Art der Deckenanordnung kommt jedenfalls nur in den am schwersten belasteten Gebäuden, etwa großen Lagerspeichern, vor.

Sollen die Balkenfache mit Belageisen ausgefüllt werden (Fig. 381), so werden letztere zweckmäßig auf allen Trägern gestoßen, damit aus der Kontinuität nicht Ueberlastungen einzelner Träger entstehen. Will man jedoch die Vorteile der Kontinuität für die Belageisen ausnutzen, so muß man die Träger den vergrößerten Auflagerdrücken des kontinuierlichen Belageisens entsprechend bemessen. In der Regel ist es also nur nötig, das Gewicht der Ueberfüllung genau zu ermitteln und nach diesem, sowie der Nutzlast die Belageisen als Träger auf zwei Stützen zu berechnen. Für die Zwecke des Hochbaues wird es in fast allen Fällen genügen, zur Deckung der Zwischenräume zwischen den Belageisen quer oder höchstens lang gelegte Flachziegel zu verwenden. Sicherer ist die Ausfüllung mit Beton, wobei man jedoch zum Einbringen kleiner Schalungen zwischen den Belageisen bedarf.

Fig. 381.



Die Decke von *Pease* in Stockton-on-Tees für Räume mit feuergefährlichen Betrieben wird sowohl mit Holzbalken und eiserner Fachausfüllung (siehe Art. 76, S. 83), als auch ganz in Eisen ausgeführt.

203.
Fachausfüllung
mit
Belageisen.

204.
Decken
von
Pease.

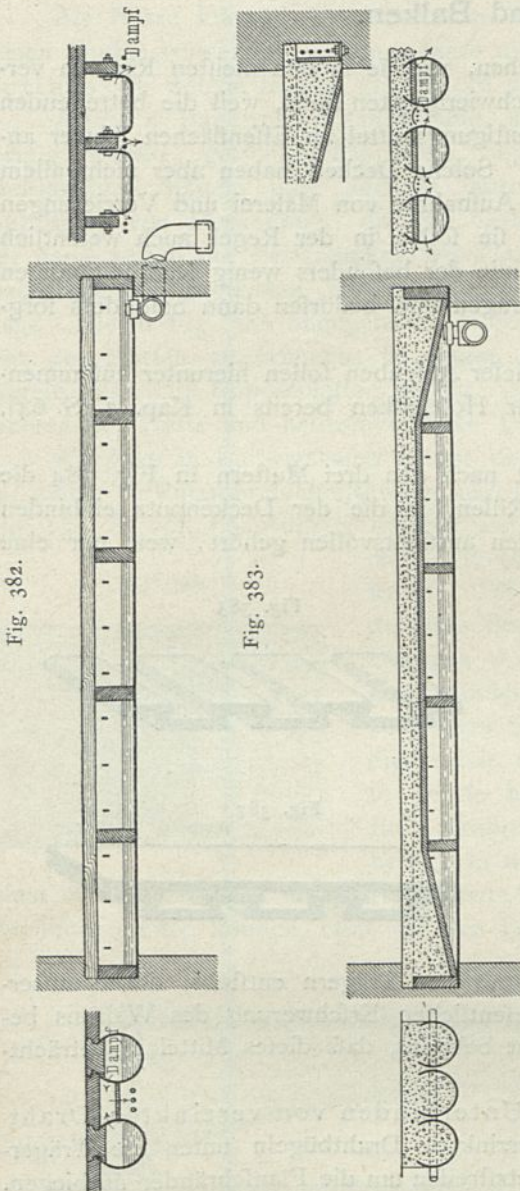
Bei Decken bis zu 30 cm Dicke besteht das Tragwerk aus Blechtrögen, die etwa drei Viertel des vollen Cylinders bilden und mit den Rändern eingefschobene Schwalbenfchwanzbohlen tragen (Fig. 382 links), die zur Befestigung des Fußbodens dienen. Bei größerer Stärke werden

Bohlenbalken verwendet, zwischen deren untere Teile flache Blechtröge mit den aufgebogenen Rändern als Fachausfüllungen eingebolt werden (Fig. 382 rechts). Die runden Tröge sind noch durch zwischengesetzte Pafsbohlen abgesteift, mittels deren zugleich ein abgeschlossener Hohlraum zur Aufnahme von Dampf zwischen den Trögen entsteht. Im Falle einer Feuersbrunst wird das stets in den Trögen bis zu bestimmter Höhe gehaltene Wasser in Dampf verwandelt, währenddem aber durch die in Kap. 7 zu beschreibende Einrichtung selbstthätig neues Wasser eingelassen, so das erst der Dampf, später frisches Wasser die Ausbreitung des Feuers durch die Decke verhindert.

In den Konstruktionen nach Fig. 383 ist das Holz vermieden und durch Beton ersetzt. Bei sehr geringer Gesamtdicke bis zu 23 cm werden die runden Blechtröge dicht aneinander gereiht und mit Beton ausgestampft (Fig. 383 links). Alle Tröge sind quer von gelochten Wasserrohren durchzogen, denen bei Feuersbrunst im Raume mittels der in Kap. 7 zu beschreibenden Einrichtung sofort frisches Wasser zugeführt wird. Dieses kühlt die Decke.

Bei größerer Deckenstärke wird die Konstruktion in Fig. 383 rechts gewählt. Die Tröge sind oben mit dünnen Brettern, die Zwischenräume mit Streifen gebogenen Bleches geschlossen; auf diesen wird Beton eingestampft. So

bleibt auch hier Platz für einen ständigen Wasservorrat unter dem Beton, welcher Erhitzung zu Beginn einer Feuersbrunst ausschließt und dann sofort selbstthätig ergänzt wird.



6. Kapitel.

Herstellung selbständiger Decken im engeren Sinne unter eisernen Trägern und Balken.

205.
Allgemeines.

Dafs die Herstellung ebener Putzflächen, wie sie in den meisten Räumen verlangt werden, unter eisernen Balken auf Schwierigkeiten stößt, weil die betreffenden Baustoffe nicht am Eisen haften und Befestigungsmittel an Eisenflächen schwer anzubringen sind, wurde mehrfach erörtert. Solche Decken haben aber nicht allein die Aufgabe, ebene obere Abschlüsse zur Aufnahme von Malerei und Verzierungen für die unterliegenden Räume zu bilden; sie sollen in der Regel auch wesentlich zum Schutze der ganzen Decke, in erster Linie der besonders wenig feuerbeständigen Eisenbalken, gegen Feuer von unten beitragen und bedürfen dann besonders sorgfältiger Durchbildung und Anbringung.

Die vorhandenen Mittel zur Lösung dieser Aufgaben sollen hierunter zusammengestellt werden, nachdem das Gleiche für Holzbalken bereits in Kap. 2 (S. 64), unter c geschehen ist.

206.
Rillen an
den Träger-
unterflanschen.

A. A. Chocarne in Paris³⁰⁰⁾ versteht nach den drei Mustern in Fig. 384 die Unterflächen der Trägerunterflansche mit Rillen, in die der Deckenputz einbinden soll. Das Mittel, das an sich nicht zu den ausrichtsvollen gehört, weil nur eine

Fig. 384.

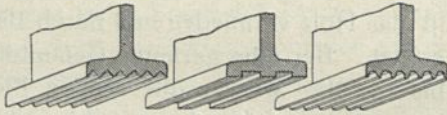


Fig. 385.



Fig. 386.



Fig. 387.



wenig verlässliche Verbindung des Putzes mit den Trägern entsteht, dürfte außerdem den Preis der Träger wegen der wesentlichen Erschwerung des Walzens beträchtlich erhöhen. Es ist denn auch nicht bekannt, dafs dieses Mittel in beträchtlichem Umfange verwendet wäre.

207.
Unterbinden
von
Drahtnetz-
streifen.

Ein besseres Mittel besteht in dem Unterbinden von verzinkten Drahtnetzstreifen mittels Zinklech- oder verzinkten Drahtbügeln unter die Trägerflansche; auch kann man die Ränder der Netzstreifen um die Flanschränder aufbiegen. Zwischen Netz und Flanschkanten werden zwei kleine Holz- oder besser Eisenleisten mit eingebunden, damit der Putzmörtel sicher zwischen Netz und Träger eindringen und sich hinter den Netzmaschen gut schliefsen kann.

Dieses namentlich von *W. Vollmann*³⁰¹⁾ in Gevelsberg ausgebildete Verfahren ist auch nach älteren günstigen Erfahrungen weit verbreitet.

300) D. R.-P. 78 859. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1895, S. 236.

301) Siehe: Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 455.

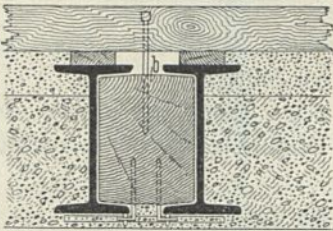
Befinden sich Fachausfüllungen in den Balkenfachen, an die man leicht mit Bindedraht anschließen kann, z. B. Mörtelplatten mit Drahteinlagen, bei denen die Drahtenden vorstehen, so kann man die Ränder der Netzstreifen auch an diesen so fest machen, daß zwischen Trägerunterfläche und Netz der nötige Raum bleibt.

Als Netze können die bereits in Art. 57 (S. 67) u. 77 (S. 118) beschriebenen Muster verwendet werden, ebenso auch die Drahtziegel von *Staufs & Ruff* in Cottbus³⁰²⁾, welche in Fig. 113 (S. 68) dargestellt sind.

Fischer's Patentbautafeln (Fig. 385 bis 387³⁰³⁾, durch Pressen trapezförmig gewellte, getränkte Papptafeln, eignen sich, etwa mit krumm gefchlagenen breitköpfigen Nägeln oder anderen Mitteln an die Trägerflansche gehakt, zum Anbringen von Deckenputz, da ihre Gestalt festes Einbinden des Mörtels ergibt, der dann wegen der Beständigkeit der Platten gegen Feuchtigkeit und wegen ihrer Nachgiebigkeit gegenüber kleinen Formänderungen wenig Neigung zum Reissen zeigt. Die in Fig. 386 angegebenen Holzleisten haben den Zweck, die Tragfähigkeit der Platten zu erhöhen; sie tragen auch zur Verbesserung des Haftens von Nägeln bei. Die Doppelplatten in Fig. 387 ergeben offen bleibende Lufträume im Inneren der Platte und besitzen erhöhte Tragfähigkeit.

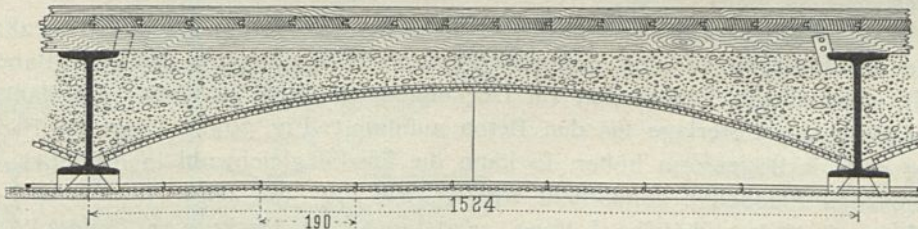
Kirchhoff in Ludwigshafen bringt den Putz unter Eisenbalken nach Fig. 388 an, indem er Putzrohrabschnitte quer unter seine Doppelbalken legt (siehe Art. 70 u. Fig. 136, S. 76), Längsdrähte darüber zieht und diese durch Eintreiben von Haken-

Fig. 388.



nägeln in die Holzeinlagen zwischen den Balken befestigt. Die Unterfläche kann dann mit der ange deuteten Betondecke eben überputzt werden. Da die Einlagen *b* aus einzelnen Abschnitten mit offenen Zwischenräumen bestehen (siehe Art. 70, S. 76), die nach dem Schwinden oben aufgenagelter Fußbodendielen mit diesen zusammengetrieben werden sollen, so würde hierbei der Putz leicht verletzt werden. Beim Anbringen von Holzfußboden ist es deshalb besser, in den unteren Teil des Zwischenraumes zwischen den Trägern erst eine durchlaufende Bohle zu legen, auf der die oberen Holzabschnitte gleiten können, ohne die den Putz haltenden Nägel mitzunehmen.

Fig. 389.



Die Decke von *Roeb ling*³⁰⁴⁾ schützt die Träger von unten völlig; sie kann an Holz-, wie an Eisenbalken angebracht und ohne Einrüstung von unten hergestellt werden. In Fig. 389 ist sie für das Anbringen unter Eisenbalken dargestellt.

³⁰²⁾ Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 454.

³⁰³⁾ D. R.-G.-M. 36883. — Siehe auch: Deutsche Bauz. 1894, S. 451; 1895, S. 384. — HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1897, S. 12.

³⁰⁴⁾ Erzeugt von: *John A. Roeb ling's Sons Co.* in Trenton N. J.

208.
Gewellte
und
getränkte
Papptafeln.

209.
Deckenputz
nach
Kirchhoff.

210.
Decken
von *Roeb ling*
und von
Weyhe.

Befondere Keilhafter (Fig. 390 u. 391³⁰⁵) werden bei Eisenbalken mittels Umbiegens von Drahthaken um den Unterflansch, bei Holzbalken durch Nagelung befestigt. In diese werden Rundeisen eingeschoben und mit Muttern ange-spannt (Fig. 391), welche dann zum Einnähen von Drahtnetzen dienen. Der Putz wird mittels Rutschbohlen, welche auf unter die Balken gehängten Führungsleisten laufen, feldweise in das Netz geschlagen, so daß er unten gleich eben ist. Bedingung für diese Herstellungsart ist hinreichender Zwischenraum zwischen den Netzen einerseits und der Fachausfüllung und den Balken andererseits, der durch seine Weite einen guten

Fig. 390.

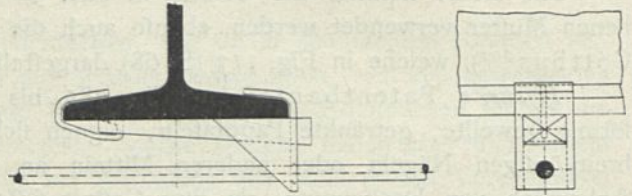
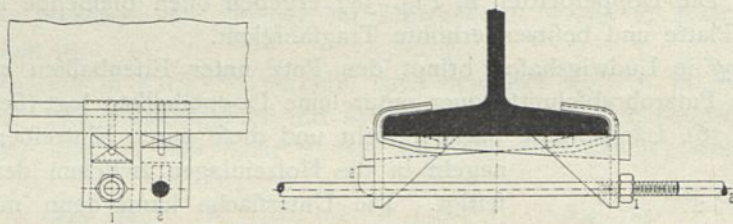


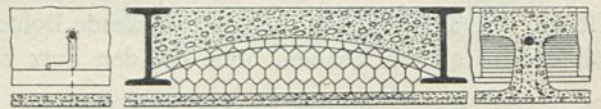
Fig. 391.



Feuerschutz für die Balken liefert und mittels entsprechender Wahl der Länge der Keilhafter unter allen Umständen leicht genügend offen zu halten ist.

Eine ganz ähnliche selbständige Deckenbildung zeigt die Konstruktion von Weyhe³⁰⁶ in Bremen (Fig. 392), bei der ein wagrechtes Drahtnetz mittels lotrechter Netzwände an zwischen die Balken gespannte Rundeisenbügel gehängt und dann mit allen diesen Teilen zugleich auf leichter Hängerrüstung eingeputzt wird, so daß eine sehr kräftige Rippenplatte entsteht.

Fig. 392.



Bei der Rippendecke von Möbers (siehe Art. 141, S. 142 u. Fig. 280 bis 282³⁰⁷), welche als Einlagen in eine gerippte Betonplatte hochkantig stehende Bandeisen enthält, wird mittels Drahthaken ein Deckennetz an diese gehängt, das dann den Putz zugleich als Unterlage für den Beton aufnimmt (Fig. 393). Liegt die Fachausfüllung etwa in Bogenform höher, so kann die Decke gleichwohl in derselben Weise mit einzelnen Flacheisen angebracht werden, wie Fig. 394 zeigt.

Im wesentlichen dieselbe Lösung zeigt auch die Decke von Donath³⁰⁸, bei der wieder der in ein untergebundenes Drahtnetz gebrachte Putzmörtel die Unterlage für die Betonfachausfüllung bildet (Fig. 395).

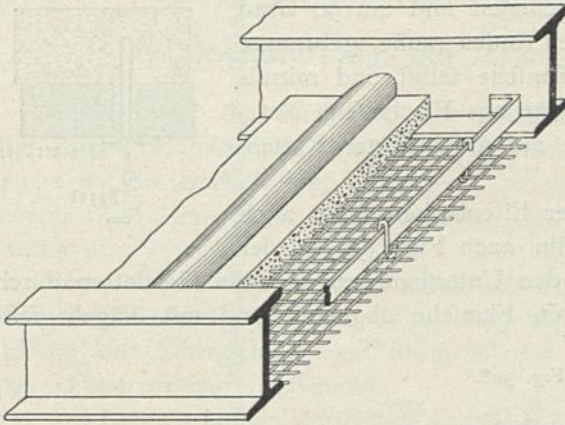
³⁰⁵ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 323.

³⁰⁶ Siehe: *Deutsche Bauz.* 1895, S. 439. — D. R.-P. 81656 u. 87638.

³⁰⁷ Erzeugt von: *Karl Möbers & Wilhelm Wirtz* in Düsseldorf.

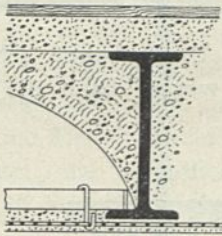
³⁰⁸ Siehe: *Centralbl. d. Bauverw.* 1897, S. 49. — *Schweiz. Bauz.*, Bd. XXX (1897), S. 145. — *Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing.* 1897, S. 1006.

Fig. 393.



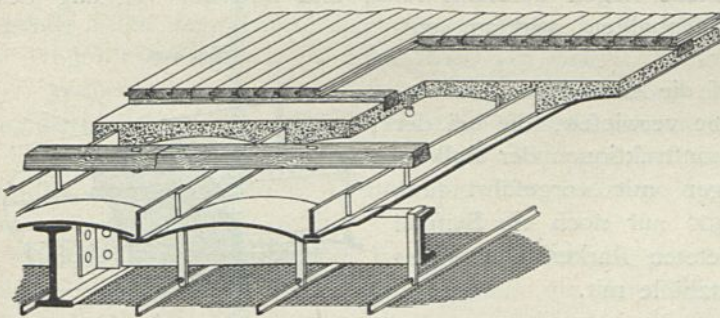
oder mit sonstigen Mitteln zur Anheftung des Putzes versehen zu können, giebt *Katz* feinen aus Blech zusammengebogenen Trägern die in Fig. 397 dargestellte Gestalt. Beim Einbringen des Deckenkörpers werden die beiden Flanken dieser

Fig. 394.



Träger fest zusammengedrückt, so daß man nachher von unten Hakennägel in die geschlossene Fuge mit Gewalt hineintreiben kann, die hierauf das Heftmittel für den Putz unmittelbar oder mittels untergezogener Drähte tragen.

Fig. 396.



nach unten herausgezogen werden können. Unten sind die Bleche gelocht und reichen so tief herab, daß durch die Lochung gesteckte, hochkantig stehende Flacheisen tief genug zu liegen kommen, um als Träger für die Decke dienen zu können. Unter

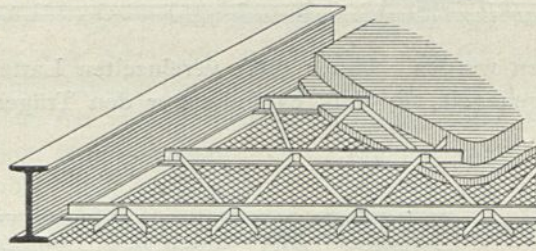
*Theo Kandeler*³⁰⁹⁾ in Chicago hängt unter die C-Eisenbalken feiner »Chicagodecke« mittels angebolzter kleiner Bandeisen ganz kleine C-Eisen so tief auf (Fig. 396), daß sie noch erheblich unter den tiefsten Teilen des Eisenwerkes liegen, schnürt Drahtnetze unter sie und bringt den Deckenputz in letztere ein, so daß erhebliche Lufträume, welche gut gelüftet werden, alle wichtigen Tragteile vor Feuer schützen.

Um glatte Unterflächen von Stein- oder Betondecken zu bohren

212.
Decken
von
Kandeler.

213.
Decken
von *Katz*.

Fig. 395.



Die selbständige feuerlichere Putzdecke von *Merrick*³¹⁰⁾ entsteht auf folgende Weise (Fig. 398). In die Kämpferfuge der Fachausfüllung werden Bleche, durchlaufend oder in Abschnitten, eingelegt, deren oberster Rand hakenartig um die Wölbstücke greift, so daß sie nicht

214.
Decken
von
Merrick.

³⁰⁹⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 23.

³¹⁰⁾ Erzeugt von: *Merrick fireproofing Co.* in New-York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 221.

diese Flacheisen wird ein Drahtnetz gehängt. Die unter die Balkenflansche reichenden Enden der Flacheisen sind um 90 Grad verdreht und tragen auf den verdrehten Enden rauhe, gebrannte Thonfliesen, welche die Balkenunterflansche selbst und mittels eines Luftraumes decken. In das Gefüge aus Flacheisen, Netz- und Thonfliesen wird der Deckenputz auf angehängter Rutfschalung eingebracht.

215.
Terrastdecken.

Eine selbständige Putzdecke unter Eisenbalken führt auch die Terrastbaugesellschaft in Berlin nach Fig. 399 in der Weise aus, daß in weiter Teilung auf den Unterflanschen liegende Holzlatten durch kleine Klemmfreben gegen die oberen Flansche abgekeilt und mit Nägeln fest-

Fig. 397.

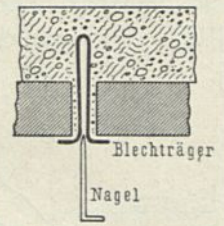
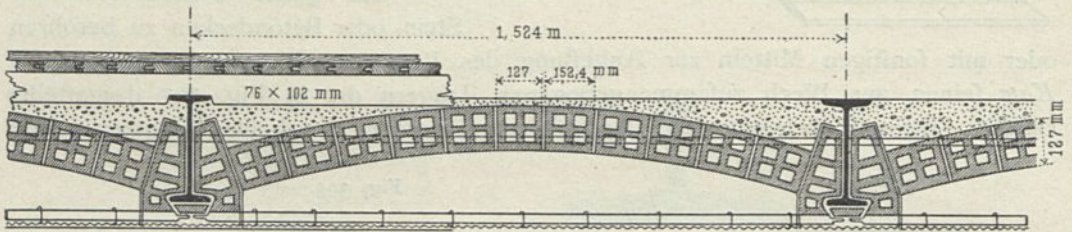
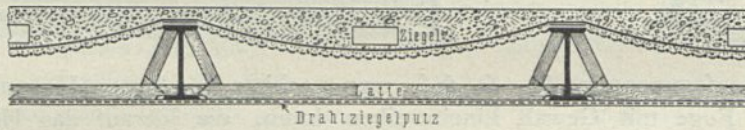


Fig. 398.



gehalten werden. Unter diese vereinzelt Latten wird ein Drahtgewebe gebunden oder genagelt, so daß es frei unter den Trägern hängt, worauf dann die völlig

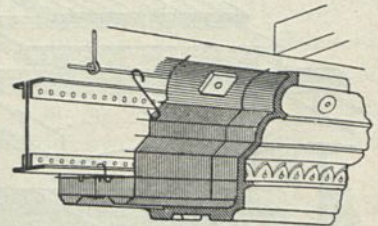
Fig. 399.



gleichmäßige Putzung der ganzen Deckenfläche auch unter den Trägern hin erfolgen kann. Die wenigen Holzteile liegen durchaus luftig und sind der Wirkung des Feuers, wie auch die Eisenbalken, wirksam entzogen.

Im übrigen wird auf die zahlreichen Deckenbildungen im engeren Sinne verwiesen, die bei der Besprechung der Gesamtkonstruktionen der Balkenlagen und Fachausfüllungen mit vorgeführt sind. Hier teilen wir in Fig. 400 nur noch ein Beispiel der Schützung eines genieteten starken Unterzuges durch eine Draht- und Putzhülle mit.

Fig. 400.



7. Kapitel.

Beeinflussung der Decken durch Feuer.

Wenn auch die Sicherung der Gebäude gegen Feuer ein besonderes Kapitel dieses »Handbuches« bildet, so ist doch die Erörterung der Einwirkung des Feuers auf die Decken hier nicht ganz zu umgehen, weil dieser Gesichtspunkt in neuerer Zeit einer der maßgebendsten für die Konstruktion der Decken geworden ist.

Insbesondere sind hier die Erfahrungen der städtischen Bauverwaltungen von Bedeutung, da diese Behörden Gelegenheit haben, sichere Erfahrungen über die Einwirkung der Formgebung und Stoffwahl der Decken auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Feuerwirkung zu sammeln.

Bei Erörterung der Vorschläge von *Stolz* für die Ausbildung feuerficherer Decken aus Beton und Eisen in Art. 129 (S. 135) sind solche Erfahrungen bereits besprochen; es ist namentlich festgestellt, daß vertiefte Deckenfelder die Feuerwirkung erheblich begünstigen, daß man also bestrebt sein soll, den Decken thunlichst vollkommen ebene Unterflächen zu geben, ja selbst nicht einmal die Unterzüge vorspringen zu lassen.

Ganz besondere Sorgfalt wird der Frage der Widerstandsfähigkeit der Decken seitens der städtischen Bauverwaltung von New-York zugewendet, die fast alle für Neubauten vorgeschlagenen Deckenkonstruktionen vor der Genehmigung einer scharfen Feuer- und Löschprobe unterzieht. Die Art und Weise der Anstellung dieser Proben ist für eine Reihe verschiedener Decken bereits in Art. 145 u. 146 (S. 144 u. 146) angedeutet; die wesentlichen Ergebnisse einer großen Zahl solcher Proben werden von *H. B. Seely*³¹¹⁾ in den folgenden Grundfätzen für Deckenkonstruktion zusammengefaßt:

1) Alle der Wirkung des Feuers ausgesetzten Teile müssen sich ausdehnen und zusammenziehen können und auszubessern sein, ohne daß dabei der Fußboden oder die Eisenteile wesentlich in Mitleidenschaft gezogen werden.

2) Alle die Außenflächen bildenden Körper müssen das Feuer, wie den Spritzenstrahl ertragen; sie müssen schlechte Wärmeleiter sein, damit das dahinter liegende Eisen nicht erheblich erwärmt werden kann; die äußerste Erwärmung soll für Träger 150 Grad C., für Freistützen 315 Grad C. nicht übersteigen.

3) Die Erwärmung von Eisenteilen soll gleichmäßig erfolgen, was durch Schaffung entsprechend angeordneter Luftzüge erreicht werden kann.

Seely giebt an, daß Flußeisen und Stahl auf 300 Grad C. erwärmt 10 Vom Hundert, bei 400 Grad C. Erwärmung aber schon 50 Vom Hundert ihrer Festigkeit einbüßen.

Er führt den frühzeitigen Einsturz von Betonkappen beim Beginne von Feuersbrünften hauptsächlich darauf zurück, daß die dem Feuer teilweise ausgesetzten Träger starke Durchbiegungen annehmen und dabei die Kappen zerbrechen.

Als wirklich feuerfeste Einhüllungen sind nach *Seely* bloß der gewöhnliche Backstein und Zementputz mit Drahteinlage oder Beton mit Drahteinlage anzusehen. Beide halten Feuer und Wasser aus; Mäntel mit Drahteinlage können auch stets so

³¹¹⁾ Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 234, 250, 322.

angebracht werden, daß sie von den Eifenteilen und diese von ihnen fast ganz unabhängig bleiben, was bei Backsteinen sehr viel schwieriger zu erreichen ist. Er verwirft alle dünnen Thon- und Mörtelkörper, welche den Trägerflansch oder sonstige Eifenteile untergreifen und, wenn zerstört, das Eisen freilassen, darunter z. B. auch Konstruktionen wie in Fig. 401 u. 402, obwohl hier die Trägerverankerung durch Backsteine ganz eingeschlossen ist. Große Luftkanäle mit verhältnismäßig schwachen deckenden Körpern, wie z. B. in Fig. 403 u. 404, erklärt er für wirksam, wenn für ungestörte und leichte Luftbewegung in den Kanälen gesorgt wird. In dieser Beziehung hebt er die in Fig. 405 dargestellte Konstruktion als ein Mittel hervor, um Anordnungen zu schützen, bei denen sonst die Trägerunterflächen frei sind, und die deshalb nicht als feuerficher bezeichnet werden können.

Nach diesen Erfahrungsergebnissen besitzen viele Deckenkonstruktionen, die als feuerficher angepriesen werden, diese Eigenschaft thatsächlich nicht.

Ein Beispiel einer neueren Decke in der *Manhattan-Savings Institution*³¹²⁾ zu New-York, auf welche man große Erwartungen gesetzt hatte und die sich selbst gegenüber einem Feuer, welches durch die strahlende Wärme einer Feuersbrunst auf der anderen Straßenseite entstand, nicht bewährte, zeigt Fig. 406. Das im November 1895 zerstörte, erst wenige Jahre vorher errichtete Gebäude hatte kastenförmige Unterzüge und gegen diese stoßende I-Balken, welche auf den Unterflanschen leichte I-Eisen trugen. In diese waren 76 mm dicke Platten aus gebranntem Thone gelegt, deren Unterseite den auch die Balken unterdeckenden Putzmörtel trugen; die Kastenunterzüge ragten aber frei nach unten vor. Oben trugen Balken und Unterzüge nur einen doppelten Dielenfußboden; die Fache waren ganz leer. Die sehr geringe Widerstandsfähigkeit ergab sich daraus, daß sich die unten erhitzten Unterzüge beim Beginne des Feuers stark durchbogen, die sie unterstützenden Wandpfeiler umwarfen oder lockerten und den Thonplattenbelag so weit öffneten, daß die Hitze in den Hohlraum der Decke ungehindert eindrang und nun den Fußboden des oberen Geschosses auf der ganzen Fläche in Brand setzte. So wurden in kurzer Zeit mehrere Geschosse von unten nach oben zerstört.

Eine Konstruktion von Decken für besonders feuergefährliche Räume, welche beim Ausbruche des Feuers zunächst schnelle Erhitzung verhindern und dann durch selbstthätige Löschvorrichtungen gesichert werden soll, giebt *Pease* in Stockton-on-Tees an. Die aus eisernen Blechträgern

Fig. 401.

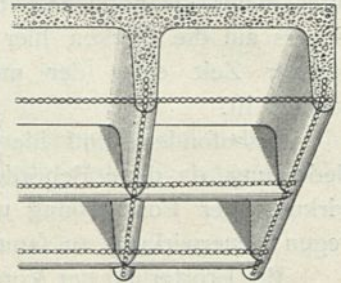
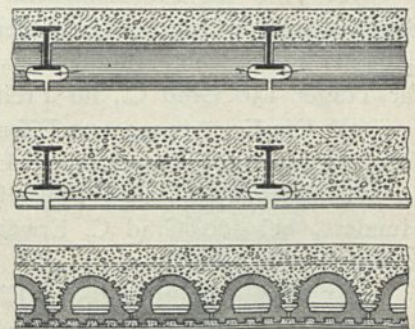


Fig. 402.



Fig. 403.



³¹²⁾ Siehe: *Scientific American*, Suppl. 1897-I, S. 17536. — Neuherstellung mit Thonkasten: *Engineering record*, 1900-I, S. 108.

als Träger gebildete Deckenkonstruktion verschiedener Ausführung ist bereits in Fig. 382 u. 383 (S. 183) dargestellt und auf S. 182 beschrieben.

Die in gewisser Höhe seitlich durchlochten Tröge dieser Decken stehen durch Leitungen mit einem Wasserbehälter in Verbindung, in dem der Spiegel durch ein

Fig. 404.

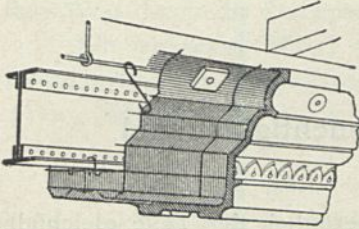
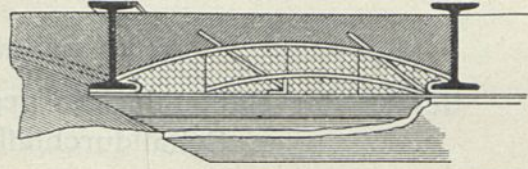
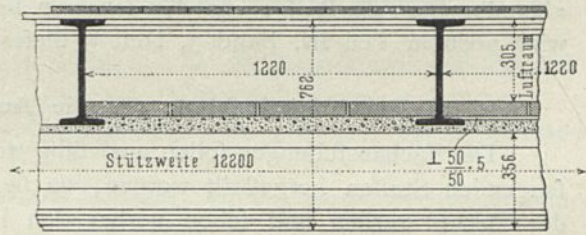
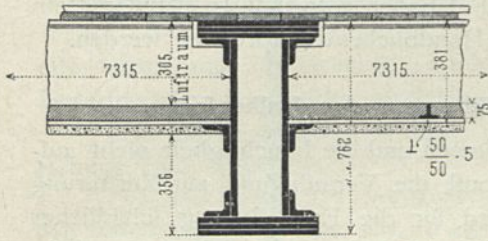


Fig. 405.



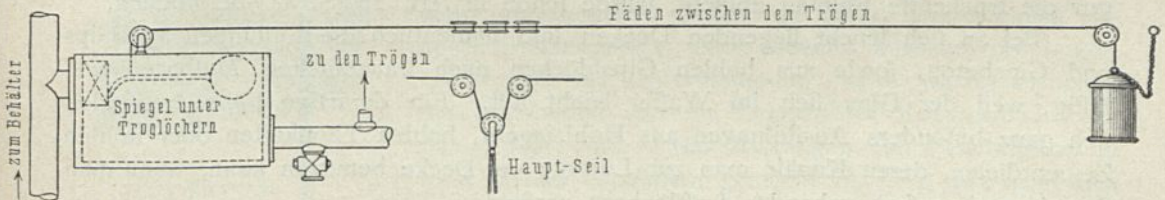
von einem Hauptseile mit Gewicht am anderen Ende geschlossenes Ventil mit Gewichtshebel so tief gehalten wird, daß das in die Tröge tretende Wasser ihre Wanddurchlochungen nicht erreicht (Fig. 407). Zwischen den Trögen sind in kurzen Abständen starke, aber leicht verbrennende Schnüre gezogen, deren jede mittels zweier

Fig. 406.



fefter und einer losen Rolle an einer Längswand durch ihre Spannung in das schwer verbrennliche Hauptseil zwischen zwei festen Rollen eine Schleife straff nach oben aufzieht. Unter der Wirkung aller Schnüre wird das Hauptseil so angezogen, daß es das Befestigungskettchen des Gewichtes an einem Ende schlaff hebt, durch das

Fig. 407.



Gewicht Spannung erhält und so mit dem anderen Ende das Kastenventil gegen feines eigenes Gewicht geschlossen hält. Entsteht ein Feuer, so verhindert zunächst die geringe in der Decke enthaltene Wassermenge das Heißwerden; sobald aber auch nur eine der Schnüre durchgebrannt ist, wird das Hauptseil von den drei Rollen so weit nachgelassen, daß sich erst das Gewicht an seinem Kettchen aufhängt, dann der Ventilhebel niederfällt, das Ventil öffnend und Wasser in den Kasten und von

da in die Tröge einlassend, so dafs neben dem Dampfe aus ihren Wandöffnungen bald ein Regen ausfließt.

Durch Schliesen des Ventils und Wiederanknüpfen der Schnüre kann die Vorrichtung wieder in den Bereitchaftstand gebracht werden.

8. Kapitel.

Schutz der Balkendecken gegen Feuchtigkeit und Schalldurchlässigkeit.

Die Schutzmittel gegen Feuchtigkeit³¹³⁾ sollen bezüglich der Teile gleichfalls einzeln besprochen werden, nämlich:

- a) für die Ausfüllungen der Balkenfache,
- b) für die Träger und Balken und
- c) für die Freistützen.

Vom Schutze der Fußböden gegen aufsteigende Feuchtigkeit war bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 12, unter a, 1, γ) dieses »Handbuches« die Rede; von den ferneren bei Fußböden notwendigen Schutzmitteln wird noch in Teil III, Band 3, Heft 3 dieses »Handbuches« gesprochen werden.

a) Feuchtigkeitsschutz für die Ausfüllungen der Balkenfache.

Die Fachausfüllungen sollen aus völlig trockenen und die Feuchtigkeit nicht aufsaugenden Stoffen hergestellt werden, da sie sonst die Veranlassung zur Zerstörung der Decke werden und schon vorher den Herd für die Entwicklung schädlicher Gase und Pilze bilden. Bei der Ausfüllung hölzerner Balkenfache sollen vor allem organische Beimengungen vermieden werden; man hat daher auf völlige Reinheit des sonst gut zu diesem Zwecke zu verwendenden Bauschuttes von Holzspänen, Zeugresten, Papierstücken, Stroh u. dergl., sowie auf vollständige Fernhaltung von Humus aus Sandfüllungen zu achten. Füllungen aus Sägespänen, Torfgruß, Moos u. dergl. sind, abgesehen von ihrer großen Feuergefährlichkeit, völlig trocken und nur da zu verwenden, wo sie auch dauernd keiner Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Dafs Kiefelgur die trockenste Füllung abgibt, wurde schon in Art. 28 (S. 44) besprochen.

Bei an sich feucht liegenden Decken sind namentlich die Füllungen aus Gips und Gipsbeton, sowie aus hohlen Gipsblöcken nach französischen Mustern unzulässig, weil der Gips sich im Wasser leicht löst. Für derartige Fälle empfehlen sich ganz besonders Ausfüllungen aus Hohlziegeln, hohlen Thonkasten oder hohlen Zementdielen, deren Kanäle man zur Lüftung der Decke benutzen kann, wenn man sie mit nach außen gehenden Luftlöchern versieht.

Eine Reihe der neueren Zwischendeckenkonstruktion sind in erster Linie mit Rücksicht auf völlige Trockenheit durchgebildet, so die Korksteine, Gipsdielen und Spreutafeln, welche infolge ihrer Zusammensetzung an sich wasserbeständig sind und durch die vielen Hohlräume gute Gelegenheit zum Verdunsten etwa eingedrungener Feuchtigkeit geben.

³¹³⁾ Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (S. 410 ff.; 2. Aufl., S. 388 ff.) dieses »Handbuches«.

Als Mittel, um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fachausfüllung überhaupt zu verhindern, empfiehlt sich die wasserdichte Herstellung des Fußbodens durch Beläge oder Kalfatern; die wegen Verhinderung des Aufsteigens von Staub durch die Fußbodenfugen zu empfehlende Abdeckung der Fachausfüllung mit Dachpappe kann die hier gestellte Aufgabe nur unvollkommen lösen, da die einmal durch den Fußboden gedrungene Feuchtigkeit nur langsam verdunstet und schließlich auch den Weg durch die Dachpappe finden wird.

Ein wirkfames Mittel zur Trockenlegung und Warmhaltung von Decken, auch sonstiger Bauteile, sind *Fischer's Patentfalzbautafeln*³¹⁴⁾ »Kosmos« (Fig. 408 bis 411). Sie bestehen aus schwalbenschwanzförmig gewellten Dachpapp tafeln, bilden

Fig. 408.



Fig. 409.



Fig. 410.



Fig. 411.



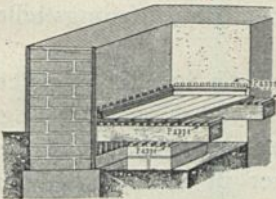
eine luftige und hinreichend tragfähige Unterlage, z. B. für Lagerhölzer auf feuchter Unterstützung, für Balken in Balkenkammern, für Dielen auf Balken u. f. w.

Die Tafeln werden 1^m breit, 3^m lang geliefert, in kleineren Mafsen auf Bestellung auch abgepaßt.

Um den Tafeln als Unterlage grössere Tragfähigkeit zu geben, werden sie auch mit Holzeinlagen in den Falzen angefertigt (Fig. 409).

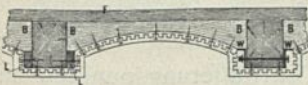
Um ebene Oberflächen zu erzielen, wird eine pulverförmige Estrichmasse nebst Klebstoff zu den Tafeln geliefert, die in feuchtem Zustande wie Mörtel nach Bestreichen der Tafeln mit dem Klebstoffe aufgetragen wird³¹⁵⁾. Dieser Estrich eignet sich jedoch wegen der Nachgiebigkeit der Pappe nur für sehr leicht belastete Decken, besser für Dachdeckungen.

Fig. 412.



Zwei Verwendungsbeispiele solcher »Kosmos«-Bautafeln zeigen Fig. 412 u. 413. In Fig. 412 ist ein nicht unterkellertes Fußboden eines Erdgeschosses dadurch trocken gelegt, daß zunächst zwischen die Lagerhölzer und ihre Untermauerung, dann wieder zwischen den Fußboden und die Lagerhölzer Kosmostafeln eingelegt sind, und so das Aufsteigen von Feuchtigkeit an zwei Stellen unmöglich gemacht ist. Fig. 413 zeigt den Abschluß eines feuchten Raumes gegen eine darüber liegende hölzerne Balkenlage. In die Fache sind die Lehrhölzer *B* mittels der Leisten *L* eingesetzt, so daß

Fig. 413.



³¹⁴⁾ Erzeugt von: *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh., Falz-Baupappen-Fabrik in Rawitsch. — D. R.-P. 72880. — D. R.-G.-M. 15081. — Siehe auch: *HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw.* 1897, S. 132. — *Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Bau-dienst* 1896, S. 455.

³¹⁵⁾ Vergl. auch »Papyrolith« von *Otto Krauer* in Einsiedel bei Chemnitz. — *HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw.* 1897, S. 131.

immer eine Lehre mit der Fuge der unterzunagelnden Bautafel zusammentrifft und ihren Stofs vermittelt; sonst ist die Teilung der Lehren 25^{cm}. Rechts sind die Leisten *L* durch angebolzte Winkeleisen ersetzt. Man sieht, wie der Putz mit Schwalbenschwanzleisten in die Pappe greift, und das die Pappe an der Oberseite erhebliche Luftkanäle am Holze freiläfst, so das dieses gegen Nässe und Feuer gut geschützt wird.

218.
Beläge
und
Anstrichmittel.

Als Beläge und Anstrichmittel zum Trockenlegen von Decken und als Mittel gegen Schwammbildung werden angezeigt:

Pinöl von *H. Guerdan & Co.* in Rorschach, ohne weiteres mit kaltem Wasser verdünnt aufzutreichen;

Kautschukleim, auch auf Papier gestrichen, geliefert von *Busse*, Chemische Fabrik in Hannover-Linden;

Mycelid, geruchloses Carbolium, von *R. Fretzdorf & Co.* in Berlin;

Asphalt-Isolierplatten der Theerproducte-Fabrik »Biebrich« *Stephan Mattar* in Biebrich;

Schmiegfame Asphalt-Isolir-Platten von *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh.;

Pachytek-Asphaltplatten von *C. F. Beer Söhne* in Köln a. Rh.;

Asphalt-Isolirplatten von *C. P. Schunck* in Mülheim a. Rh.;

Abfonderungsplatten der Lobfaun-Asphalt-Gesellschaft in Sulz unterm Wald;

Torgament, trockener, feuerficherer Belag von *F. Lehmann & Co.* in Leipzig;

Papyrolith von *Otto Crauer* in Eintriedel.

In die Fachausfüllung gebettete Eisenteile werden, wenn nicht jedes Eindringen von Feuchtigkeit mit völliger Sicherheit ausgeschlossen ist, angestrichen, geteert oder am besten verzinkt, da in feuchten Fachausfüllungen ein ganz außerordentlich starkes Rosten stattfindet, namentlich wenn es durch fauere Beimengungen der Ausfüllung, wie bei Kohlenasche, unreinem Bauschutte, befördert wird.

Besonders wichtig ist die Sicherung dünner Bleche, also der Wellblech-, Tonnenblech- und Buckelplattendecken. Diese Teile sollen, nachdem sie vollkommen fertig für das Verlegen vorbereitet sind, verzinkt werden, und wenn die Verzinkung durch die Verlegungsarbeiten, z. B. durch Nietten, verletzt wird, so sollen die verletzten Stellen durch Aufträufeln flüssigen Lotes gesichert werden. Ferner ist es zweckmäßig, diese Blechkörper über der Verzinkung noch mit einem dünnen Ueberzuge von weichem Asphalt oder Asphaltlack, heiß aufgetragen, oder mit Oelfarbenanstrich zu versehen. Dieser Ueberzug giebt zugleich das beste Mittel ab, die Nietungen und Fugen in den Auflagerungen auf den Trägern zu decken und so mit Gefälle zu versehen, das das Wasser von hier leicht und schnell nach den Entwässerungsstellen laufen kann.

Die Entwässerungsstellen sind bei hängenden Buckelplatten die Scheitel, in welche Entwässerungsröhrchen vor dem Verzinken eingeschraubt werden, bei nach oben gewölbten Buckelplatten die vier Ecken, welche aber dicht an den Nähten und den Trägern liegen und viermal so viele Löcher erfordern; daher ist diese Anordnung überall da mangelhaft, wo erheblichere Mengen Feuchtigkeit zu erwarten sind, und es ist dann eine ganz besonders sorgfältige Entwässerungsanlage nach den Ecklöchern mittels Asphalt-schichten mit möglichst starkem Gefälle nötig.

Tonnenbleche hängen stets nach unten, müssen also im Scheitel entwässert werden. Um Längsgefälle des Scheitels nach bestimmten Entwässerungspunkten zu erhalten, bilde man die Tonnenbleche aus etwas trapezförmigen Blechen, so das sie zwischen die parallelen Träger gebracht, an einem Ende stärkeren Pfeil als am anderen erhalten. In die tiefsten Punkte werden auch hier vor dem Verzinken Entwässerungsröhrchen eingesetzt. Laschen auf der Innenseite der Bleche sind nur in

den höchsten Punkten dieser Entwässerung zulässig; sonst dürfen sie nur einseitig aufsen angebracht werden, weil sie sonst kleine Dämme für die Entwässerung bilden würden.

Wellbleche können Gefälle nach bestimmten Punkten erhalten, wenn man entweder die sie tragenden Balken verschieden hoch legt oder das Wellblech auf den Balken verschieden hoch auffüttert. Die Ueberdeckung der Tafeln muss mit der Gefällrichtung laufen. Besonders wichtig ist das völlige Vermeiden der Anbringung von Nieten oder Schrauben in den Wellenthälern, da diese den Wasserabzug in den Thälern hindern und die zugehörigen Löcher gewöhnlich den ersten Angriffspunkt für den Rost bilden.

b) Feuchtigkeitschutz für Träger, Balken und Lagerhölzer.

Hölzerne Balken und Lagerhölzer sind diejenigen Teile der Decken, welche des sorgsamsten Schutzes gegen Feuchtigkeit bedürfen. Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Auflagerung.

219.
Hölzerne
Balken
und
Lagerhölzer.

1) Bei Fachwerkwänden treten die Balkenköpfe frei zu Tage, sind also mit ihrem Hirnholze dem Wetter ausgesetzt. Als Schutzmittel werden hier verwendet:

α) Ueberhängende Gestaltung der Balkenköpfe, welche oben mit stark geneigtem Wasserfchlage, darunter Wassernase, beginnt.

β) Benageln mit Blechkappen. Dabei soll das Blech nicht unmittelbar auf dem Hirnholze liegen; damit sich das Wasser nicht zwischen Blech und Holz festfaugt, das Holz nun dauernd anfeuchtend.

γ) Benageln mit Hirnbrettern. Auch hier sollen zwischen die Balken und die Hirnbretter Luftklötze gebracht werden, damit die Luft die Poren des Hirnholzes frei umspülen kann; der so entstandene Zwischenraum wird nach oben durch ein Schutzbrett mit Wasserfchlag geschlossen.

δ) Befreichen der Hirnenden mit Teer oder sonstigen wasserdichten Decken ist bedenklich, weil man in solcher Weise leicht die Feuchtigkeit im Balken einschließt und diesen zum Stocken bringt.

2) Bei maffiven Wänden lässt man die Balkenköpfe nicht bis zur Aufsfläche durchgreifen, sondern lagert sie nur in die Wand, um sie nach aufsen durch maffive Vormauerung zu schützen. Da letztere aber bei den gewöhnlichen Wanddicken nur schwach sein kann und dann Feuchtigkeit in großen Mengen durchlässt, so ist auf das sorgsamste darauf zu halten, dass der in der Wand liegende Balkenkopf, abgesehen vom Unterlager, von allen Seiten von der Luft frei umspült werden kann (Fig. 414). Vor der Hirnfläche soll eine wenigstens 2^{cm} weite Luftkammer frei bleiben, und die an die Seiten- und Oberfläche stossenden Steine sollen, wie auch etwaiger Wandputz, 1^{cm} vom Balken entfernt bleiben, erstere wenigstens ohne Mörtel gegen den Balken gesetzt sein. Sehr gefährlich ist es, die Ummauerung in Mörtel gegen den Balken zu setzen, weil man so der Luftkammer die Lüftung nimmt.

Behufs künstlicher Lüftung der Balkenkammern wird empfohlen³¹⁶⁾, ein eisernes Rohr in die Mauer zu legen, so dass es alle Balkenkammern berührt, und in jeder

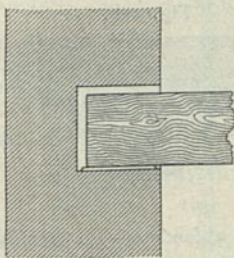


Fig. 414.

³¹⁶⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1890, S. 551.

einige Male anzubohren, andererseits diese Rohre in ein stark ziehendes Lüftungs- oder Rauchrohr münden zu lassen und so dauernd die Luft aus den Balkenkammern anzufaugen.

Wirksamer Schutz der Balkenköpfe ist nach Fig. 415 mittels *Fischer's* »Kosmos«-Bautafeln zu erreichen, welche, an sich wasserdicht, den Balkenkopf auch noch mit zahlreichen Hohlräumen fogar im Unterlager umgeben; in Fig. 415 ist zugleich eine Lüftung der Balkenkammer nach aufsen angegeben.

Zweckmäfsig ist auch die Auflagerung auf eine wasserdichte Zwischenlage, Blech, Zement- oder Asphaltlage, Dachpappe, Dachfilz u. dergl. und das Auskleiden der ganzen Balkenkammer mit einem Teer- oder Pechanstriche oder einer Asphaltlage. Unzulässig ist auch hier das wasserdichte Befreichen des Balkenkopfes; dagegen ist in gefährlicher feuchter und dumpfer Lage das Tränken der ganzen Balken mit fäulnishindernden Stoffen sehr zu empfehlen.

Werden die Balken vor der Wand aufgelagert (Fig. 416 u. 417), so ergibt sich die Lüftung der Köpfe von selbst; hier bedarf höchstens das Lager auf Stein eines Schutzes gegen aufsteigende Feuchtigkeit.

3) Zwischenwände werden von den Balken ganz durchdrungen; hier soll auch trockene Ummauerung oder ein Luftraum um den Balken und nötigenfalls Wasserchutz des Lagers verwendet werden.

Die aufsteigende Mauerfeuchtigkeit ist namentlich bei tiefer Lage der Balken zu fürchten, weshalb besonderer Schutz der Lagerflächen in Balkenkellern, sowie der über nicht ganz trockenen Kellerkappen eingebetteten Lagerhölzer die Regel bilden sollte.

Eine auch unter ungünstigen Verhältnissen völlig gegen Feuchtigkeit gesicherte Fußbodenlagerung in schlechter Bettung nach *Klette*³¹⁷⁾ ist in Fig. 418 dargestellt.

In gut angestrichene Belageisen Nr. 6, welche in die Bettung gelegt sind, lagert man trapezförmige Holzlager *l* so ein, daß sie nach oben etwas gegen die Belageisen vorstehen, indem man sie in eine Füllung *m* aus heißem, weichem Gufsasphalt eindrückt; den vorquellenden Asphalt streicht man über den Flanschen der Belageisen aus und drückt in den thunlichst noch weichen Asphalt eine die ganze Bettung abdeckende Lage *k* von Asphaltfilz ein, deren Ränder gegen die Asphaltfüllung *m* noch durch einen heißen Anstrich aus Pech und Erdharz abgedichtet werden. Die auf die Holzlager genagelten Bretter liegen auf der Lage *k* von Asphaltfilz nicht völlig auf, so daß noch eine dünne absondernde Luftschicht überbleibt. Die Ränder des Fußbodens werden gegen die unter den hier gedachten Verhältnissen wohl auch feuchten Wände mittels Asphaltfuge abgefondert, und so ruhen alle Holzteile in einem für die Feuchtigkeit vollkommen undurchdringlichen Bette.

Auch die in Fig. 412 dargestellte Abfonderung durch Einlagen von »Kosmos«-Bautafeln bildet ein für diesen Zweck wirksames Mittel.

Fig. 415.

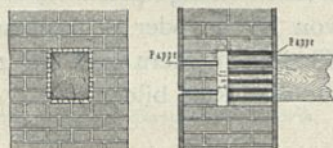


Fig. 416.

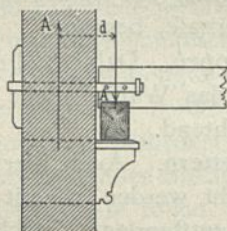


Fig. 417.

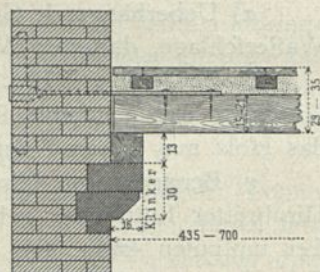
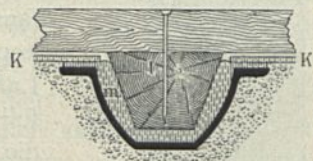


Fig. 418.

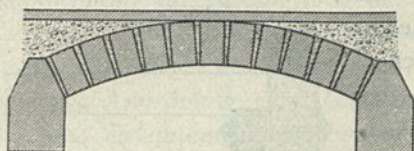


317) D. R.-P. Nr. 51263 u. 36769.

Die Holzbalken sollen auf ihre ganze Länge thunlichst trocken und luftig liegen; hieraus hauptsächlich erklärt sich das oben gestellte Verlangen nach reiner, trockener und poriger Ausfüllung der Balkenfache. Hat man vollkommen befriedigenden Füllstoff nicht zur Verfügung, so ist das Anstreichen der vier Balkenseiten mit Holzteer oder Carbolinum zu empfehlen. Bei Balkenlagen des nicht unterkellerten Erdgeschosses muß aus gleichem Grunde ein 0,80 m bis 1,00 m hoher, durch die Grundmauern nach außen gelüfter Hohlraum unter der Balkenlage geschaffen werden; in den Erdboden gelagerte Balken faulen ohne besondere Vorichtsmaßregeln nach ganz kurzer Zeit. Auch bei Balkenkellern muß wegen des vergleichsweise hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Kellerluft für dauernde Lüftung gesorgt werden.

Unforgfältige Behandlung der Balkenlagerung bildet meist den Grund zur Entwicklung des Hauschwammes³¹⁸⁾, dessen Beseitigung nach dem einmal eingetretenen Entstehen sicher nur durch völligen Umbau der angegriffenen Teile zu erreichen ist. Der sicherste Schutz ist das Vorbeugen durch trockene luftige Lagerung; daher ist auch die massive Auswölbung der Balkenfache nach Fig. 419 nicht zu empfehlen.

Fig. 419.



Eiserne Träger sind den Einflüssen der Feuchtigkeit nicht in dem Maße unterworfen wie Holzbalken und sollen daher an ungünstigen Stellen diese ersetzen. Sie sind jedoch vor Rost durch wasserdichten Anstrich zu schützen, welcher am besten aus einer Deckung mit heißem Leinöl in der Fabrik, einem Grundanstrich mit Bleimennige nach der Abnahme, einem zweiten nach dem Verlegen und einem doppelten oder dreifachen Oelfarbanstrich nach Fertigstellung der Eisenkonstruktion besteht. Jedem Anstrich muß gründliche Reinigung vorangehen. In völlig gesicherter Lage unterbleibt der Anstrich. Da, wo die Träger dauernd der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, z. B. in mit Dämpfen gefüllten Räumen, ist dieser Schutz meist ungenügend; die Träger sollen dann verzinkt werden, ein Verfahren, das von vielen Fabriken jetzt bis zu 10 m Stücklänge ausgeführt wird. Die Verzinkung soll als letzte vorbereitende Arbeit vorgenommen werden, damit etwaige Nietungen, Lochungen u. dergl. den Zinküberzug mit erhalten. Hier mag noch das bei Maschinenteilen schon vielfach verwendete Verfahren von *Bower-Barff*³¹⁹⁾ erwähnt werden, nach welchem durch Zuführen von Wasserdampf und heißer Luft zu dem in einem Ofen erhitzten Eisen eine festhaftende und weitere Oxydation ausschließende Schicht von Magnetoxydul (Fe_4O_3) auf der Oberfläche gebildet wird. Die bisherigen Erfahrungen lassen daselbe auch für nicht weiter zu bearbeitende schwere eiserne Bauteile geeignet erscheinen; doch ist das Verfahren für lange Teile bislang wegen zu hoher Kosten ausgeschlossen.

Bezüglich der ganz in Zementmörtel oder Zementbeton eingelagerten Eisenteile, z. B. der Träger in Decken aus Zementbeton oder Zementmauerwerk, ist die Beobachtung gemacht worden, daß sie selbst in etwas feuchter Lage vor dem Rosten geschützt sind, wahrscheinlich weil sich das Rosten hindernde Verbindungen des Eisens mit den Bestandteilen des Zements, insbesondere der Kieselsäure, auf der

³¹⁸⁾ Siehe: Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Art. 147 [S. 176]; 2. Aufl.: Art. 214 [S. 210]) dieses »Handbuchs« — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 297 — endlich: Deutsche Bauz. 1888, S. 115.

³¹⁹⁾ Siehe: Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Art. 209 [S. 205]; 2. Aufl.: Art. 299 [S. 261]) dieses »Handbuchs« — ferner: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 141.

Eisenoberfläche bilden. Diese Erscheinung ist besonders wichtig für die Eisenteile der Verbundkörper. Man hat kein Bedenken getragen, eiserne Träger selbst dann in Beton vollkommen unzugänglich einzubetten, wenn sie auch nach ihrer Lage dauernd der Feuchtigkeit ausgesetzt sind; ja man hat bei bedeutenden Bauwerken in dieser vollständigen Einbettung das beste Mittel zum Schutze unangefrichener und nicht verzinkter Eisenteile vor dem Roste erkannt³²⁰⁾.

c) Feuchtigkeitsschutz für die Freistützen.

222.
Hölzerne
Freistützen.

Freistützen bedürfen eines Schutzes gegen Feuchtigkeit vorwiegend, wenn sie aus Holz bestehen. Kann ein erhebliches Maß von Feuchtigkeit den Stützenfuß erreichen, so ist die Verwendung von Holz ausgeschlossen. Da die Stützen meist steinerne Sockel erhalten, so sind sie der Einwirkung der im Mauerwerke stets enthaltenen Feuchtigkeit immer ausgesetzt, und zwar mit der unteren Hirnfläche, welche dafür besonders empfindlich ist. Man soll daher die Stützen nur unter günstigsten Verhältnissen unmittelbar auf den Stein setzen; im allgemeinen soll eine Zwischenlage zwischen beide gebracht werden, welche am besten aus einer Kupfer- oder Bleiplatte, weniger gut aus Dachpappe oder einem kurzen Stücke Querholz besteht.

Im Freien muß man für schnellen Abfluß des Tagewassers vom Fuße sorgen, daher die unterliegenden Steine vom Umfange des Holzes aus stark abschrägen und die Stütze nicht, wie es sonst die Regel bildet, in eine Vertiefung des steinernen Unterbaues stellen oder sie mit diesem verdollen, wie dies für geschützte Lage z. B. in Fig. 420 dargestellt ist.

223.
Eiserne
Freistützen.

Hohle eiserne Stützen können vom Wasser gefährdet werden, wenn sie, dem Froste ausgesetzt, als Abfallrohre benutzt oder so angeordnet sind, daß unbeabsichtigter Weise Wasser hineingelangen kann. Die Benutzung als Abfallrohr ist nicht zu empfehlen; läßt sie sich nicht umgehen, so setze man ein besonderes, wo möglich gußeisernes Abfallrohr in die Stütze, lasse diese unten völlig offen und durchbohre ihre Wandungen mit kleinen Löchern in nicht zu weiten Abständen, um bei etwaiger Undichtigkeit dem Wasser schnellen Abfluß und etwa sich bildendem Eise Gelegenheit zur Ausdehnung zu geben, da letzteres anderenfalls die Säule zerfprengt. Auch wenn keine Wasserabführung durch die Säule geht, bohre man Entwässerungslöcher so ein, daß zufällig, z. B. während des Baues, hineingelangesenes Wasser freien Abfluß findet³²¹⁾.

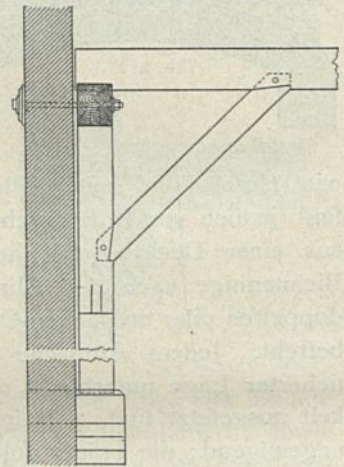


Fig. 420.

d) Schutzmittel gegen Schalldurchlässigkeit.

224.
Hell-
hörigkeit.

In den meisten Fällen ist die Verbreitung und Fortpflanzung des Schalles, die »Hellhörigkeit« der Decken, störend; am lästigsten dürfte sie wohl in Wohnhäusern sein, wenn die verschiedenen Geschosse von verschiedenen Familien bewohnt werden.

Bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 10, unter g) dieses »Handbuches« — bei Besprechung der Schalldurchlässigkeit von Wänden —

320) Siehe: M. AM ENDE. *Agricultural hall, London. Engineer*, Bd. 62, S. 399.

321) Siehe: *Deutsche Bauz.* 1890, S. 608.

wurde gefagt, dafs in der fraglichen Richtung verhältnismäfsig wenige Erfahrungen vorliegen; die Physik hat sich mit der Prüfung der Stoffe auf ihre Schalldurchlässigkeit noch wenig beschäftigt.

Am eufserft ungünstig find bezüglich der Schalldurchlässigkeit die am häufigften angewandten hölzernen Balkendecken mit darüber befindlichem Holzfufsboden, und unter diesen find es besonders die Balkenlagen ohne Ausfüllung der Fache, welche in diesem Sinne am störendften find. Allein auch bei gewissen eisernen Deckenkonstruktionen find Verbreitung und Fortpflanzung des Schalles sehr stark und ebenso bei Fufsböden, welche aus einfachen, dünnen, nicht durch unelastische Stoffe am Schwingen verhinderten Mörtelplatten bestehen.

Soweit die vorliegenden Erfahrungen ausreichen, giebt es — abgesehen von der Herstellung sehr schwerer und daher durch mäfsige Kräfte nicht in Schwingungen zu versetzender Decken, wie z. B. der ganze Windelboden bei Holzbalken (siehe Art. 31, S. 47) oder Ausrollen mit vollen Backsteinen (siehe Art. 38, S. 51) — vier Hauptmittel zur Bekämpfung der Schalldurchlässigkeit von Decken:

- 1) Abfonderung des Fufsbodens von der Balkenlage,
- 2) Abfonderung der Decke im engeren Sinne vom Gebälke,
- 3) Anordnung von Hohlräumen und
- 4) Zusammenfetzung voller Decken aus Lagen, welche sich gegenfeitig die Eigenschaft nachtönender Platten nehmen.

Durch das erste Mittel soll verhindert werden, dafs die Decke aus einem einzigen dichten, zusammenhängenden Körper bestehe; man soll vielmehr Fufsboden und Balkenlage durch geeignete Stoffe voneinander abfondern. Dies kann in zweifacher Weise gefchehen.

α) Man lege die Fufsbodenbretter nicht unmittelbar auf die tragenden Teile, sondern ordne über diesen zunächst eine aus einer porigen Masse bestehende Auffüllung an, verlege in diese thunlichft fatt besondere Lagerhölzer und befestige die Fufsbodenbretter erst auf diesen. Zu diesem Zwecke ist es notwendig, dafs man bei Holzbalkenlagen einen besonderen Bretterzwischenboden herstellt, auf dem die Auffüllung lagert. Dies kann entweder nach Art der Einschubböden (siehe Art. 33, S. 48) gefchehen oder in der in Oesterreich üblichen Konstruktionsweise der Decken; dort kommt auf die Tragbalken zunächst ein »Sturzboden« aus ungehobelten Brettern zu liegen, auf den die Auffüllung aufgebracht wird.

Für die Auffüllung empfiehlt sich Sand oder Steinkohlenlösch³²²⁾. Je höher diese Schicht ist, desto günstiger ist die Wirkung; unter 10^{cm} sollte man kaum gehen; doch wird man nur selten eine noch gröfsere Höhe wählen, weil sonst die Konstruktionshöhe, welche die Decke in Anspruch nimmt, eine zu bedeutende wird.

Muster von Anordnungen der hier vorgeführten Art für die verschiedenartigsten Deckenkonstruktionen zeigen Fig. 61 (S. 46), 118 (S. 69), 128 (S. 73), 130 (S. 130), 145 (S. 79), 155 (S. 83), 156 (S. 86) u. 256 (S. 133).

β) Will man die eben beschriebene, immerhin mit nicht unbedeutenden Kosten verbundene Anordnung umgehen, so kann man der Hellhörigkeit der Decken wohl auch dadurch begegnen, dafs man zwischen Fufsbodenbrettern und Gebälkoberkante Pappdeckel, Filz, Ifolierhaarfilz u. f. w. anbringt. Dieses Mittel ist allerdings weniger wirksam als das erstgedachte. Eine Anordnung dieser Art, unter vollständigem

225.
Abfonderung
des
Fufsbodens
von der
Balkenlage.

³²²⁾ Von den Kesselfeuerungen herrührende Schlacken und Steinkohlenafche, möglichft rufsfrei. — Vergl. hierüber auch Art. 28 (S. 44).

Wegfalle der Füllung, ist nach dem Muster leichter amerikanischer Holzhäuser in Fig. 92 (S. 57) dargestellt.

226.
Abfonderung
der Decke
im engeren
Sinne vom
Gebälke.

Das zweite der angegebenen Hauptmittel beruht darauf, daß man die Decke im engeren Sinne von der Balkenlage völlig abfonderet, mit anderen Worten, daß man zwischen beiden einen Hohlraum anordnet. Diese Abfonderung muß eine vollständige sein, d. h. die einzelnen Teile dieser beiden Schichten dürfen an keiner Stelle miteinander in Zusammenhang stehen; würde letzteres der Fall sein, so würde der Hohlraum nicht nur nicht vorteilhaft, sondern sogar schädlich auftreten; er würde den fortgepflanzten Schall verstärken. Aus gleichem Grunde müssen in den Deckenkonstruktionen überhaupt alle Hohlräume vermieden werden, welche eine gleiche Wirkung hervorbringen könnten; deshalb unterstopfe man auch die Fußbodenbretter auf das sorgfältigste. Eine vollständige Abfonderung von Gebälk und Decke wird man allerdings niemals erzielen können, weil die Wände, auf denen die Decken ruhen, stets eine gewisse Verbindung dieser beiden Schichten hervorrufen werden; man muß deshalb dahin trachten, daß dieselbe möglichst unschädlich sei.

Ein Verfahren, die in Rede stehende Abfonderung zu erzielen, würde bereits in Art. 21 (S. 39) mitgeteilt. Dort wurde aus anderen Gründen das in Fig. 44 (S. 39) dargestellte Verfahren als zweckmäßig bezeichnet, wonach die Deckenschalung nicht an die Unterflächen der eigentlichen Tragbalken, sondern an besondere Fehl- oder Blindbalken genagelt wird; die Unterfläche der letzteren liegt um einige Centimeter tiefer, als jene der ersteren³²³⁾.

Ein anderes Verfahren zu gleichem Zwecke, welches auch für eiserne Deckenkonstruktionen anwendbar ist, besteht darin, daß man in einigem Abstände unter dem Gebälke eine zweite, leicht ausführbare Decke, die wenig Konstruktionshöhe in Anspruch nimmt, anbringt. Hierzu sind *Rabitz*- und *Monier*-Decken (siehe Art. 60, S. 71) besonders geeignet, und dieses Mittel kann auch bei schon bestehenden Decken, welche stark schalldurchlässig sind, in Anwendung kommen.

Eine große Anzahl solcher selbständiger Deckenkonstruktionen ist in Kap. 6 (S. 184) erörtert.

Die Verwendung der *Rabitz*-Platte als nahezu vollständig unabhängigen Konstruktionsteiles unter einer Balkenlage ist durch Fig. 119 (S. 70) erläutert; auch die in erster Linie aus der Rücksicht auf Feuerficherheit hervorgegangene amerikanische Anordnung in Fig. 92 (S. 57) kann hier angeführt werden. Letztere kann jedoch ohne eine gewisse Verbindung der Decke im engeren Sinne mit den Balken durch die Nägel nicht bestehen, und auch eine ganz selbständige dünne *Rabitz*- oder *Monier*-Decke würde des starken Durchhängens wegen auf Schwierigkeiten stoßen, weshalb auch sie wenigstens durch Hängeschlingen aus Draht mit den Balken in Verbindung zu bringen sein wird (siehe Fig. 119, S. 70). Damit die untergehängte Decke dann nicht als Schallboden wirke, decke man sie mit einer dünnen Schicht eines schlechten Schalleiters (Sand, Asche, Kieselgur, Torfgrus) ab (siehe Fig. 145 u. 146, S. 79). Auch Samenflügel sind für diesen Zweck empfohlen³²³⁾; sie werden jedoch als organischer Stoff und wegen ihrer Feuergefährlichkeit von anderer Seite bekämpft³²⁴⁾.

227.
Anordnung
von
Hohlräumen.

Die Anordnung von Hohlräumen in einer sonst vollen Decke als drittes Mittel kommt namentlich bei den aus Thon gebrannten Kästen (Terrakotten) oder Hohlziegeln für die Fachausfüllungen nach den verschiedenen Mustern (siehe Fig. 47 [S. 40],

³²³⁾ Vergl.: Deutsche Bauz. 1892, S. 119.

³²⁴⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1892, S. 139.

78 bis 80 [S. 53], 181 [S. 98], 184 bis 195 [S. 101 bis 104] in Frage. Diese Hohlräume wirken in der besprochenen Richtung weniger unmittelbar als mittelbar dadurch, daß sie einerseits die Fußbodenlage von der Deckenlage in mehr oder weniger wirksamer Weise voneinander absondern, andererseits die Herstellung einer sehr dicken und dabei doch nicht allzu schweren Decke aus einem vergleichsweise schlechten Schalleiter ermöglichen. Neben der großen Dicke verhindern auch die die Gleichmäßigkeit des Gefüges störenden Fugen, welche die ganze Decke durchsetzen, eine Schallübertragung durch Schwingungen wie bei einem Schallboden.

Das vierte Mittel, die Zusammenfassung aus mehreren Lagen, kommt namentlich da zur Verwendung, wo die Fachausfüllungen aus plattenartigen Körpern bestehen, also namentlich bei den Betondecken. Platten von in sich gleichartigem Gefüge geben selbst bei ziemlicher Stärke gute Schallböden, namentlich bei großer Festigkeit. Man kann schalldämpfend auf sie einwirken, wenn man sie auf die ganze Ausdehnung in innige Berührung mit einer unelastischen, weichen Schicht bringt, welche das Entstehen regelmäßiger Schwingungen verhindert. Als ein für Wohnräume häufig schon ziemlich erfolgreiches Mittel ist hier das Belegen einer dünnen Plattendecke aus Beton mit Korkteppich aufzuführen.

In wirksamerer Gestalt tritt dieses Mittel auf, wenn die feste tragende und gewöhnlich stark schallende Platte zunächst mit einer losen, den Schall schlecht leitenden Schicht bedeckt wird, zu der man z. B. ganz mageren Schlackenbeton verwenden kann. Anordnungen solcher Art für verschiedene Deckenkonstruktionen zeigen Fig. 256 bis 259 (S. 133), 197 (S. 106), 265 (S. 136). Noch wirksamer wird dieses Mittel sein, wenn man die lose, dumpfe Schicht auch oben wieder mit einer festeren für die Fußbodenausbildung abdeckt, da dann die gegenseitige Störung der Schwingungen der dünnen Platten in zwei Ebenen stattfindet. Eine derartige Ausführung ist in Fig. 262 (S. 134) angedeutet.

228.
Zusammen-
setzung
aus mehreren
Lagen.

9. Kapitel.

Stärke der Deckenteile und -Unterstützungen.

a) Belastungen.

Die Abmessungen der tragenden Deckenteile hängen vom Eigengewichte der Decken und von der Größe der zu tragenden Nutzlast ab.

1) Eigengewicht der Decken.

Für die einfacheren Holzbalkendecken und Decken mit eisernen Trägern sind die Eigengewichte in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 359, S. 318³²⁵) dieses »Handbuches« bereits angegeben worden; dieser Tabelle wird hier noch hinzugefügt:

229.
Eigengewicht.

Es wiegt:	Kilogr.
1 cbm Gipsbeton	1400
1 cbm Füllsand	1600
1 cbm Backsteinbeton	1700
1 cbm Kiesbeton	2200

³²⁵⁾ 2. Aufl.: Art. 22, S. 17. — 3. Aufl.: Art. 23 u. 24, S. 18 u. 19.

Es wiegt:	Kilogr.
1 cbm Schlackenbeton (1 Teil Zement, 3 Teile Sand, 7 Teile Schlacke)	1000 bis 1100
1 cbm Schlackenbeton mit Weifskalk (4 : 1)	1235
1 cbm Korksteine	300
1 qm Spréutafeln von <i>Katz</i> (siehe Art. 43, S. 58)	50
1 cbm Tuffstein	800 bis 900
1 qm niedrige hohle Thonkaf ten (Terrakotten), z. B. Bauart <i>Laporte</i> (siehe Art. 39, S. 52)	80 bis 90
1 qm hohe hohle Thonkaf ten, amerikanische (siehe Fig. 185 bis 195, S. 101 bis 104)	100 bis 220
1 cbm Afche	850
1 cbm Bauschutt	1530
1 qm Gipsdielen von <i>Mack</i> für jedes Centimeter Dicke	6,5
1 qm Thonplattenwölbung, Bauart <i>Guaftavino</i> (Fig. 157 u. 158, S. 87)	170 bis 195
1 cbm Mauerwerk aus hohlen Backsteinen	1250
1 qm hohle Gipsblöcke nach <i>Perrière</i> (siehe Fig. 310 u. 311, S. 155)	50
1 cbm Kiefelgur, etwas feucht	450
1 cbm Kiefelgur, trocken	300
1 cbm Kalkpulver	940
1 cbm Torftreu (Torfgrufs)	130
1 cbm Torftreu mit etwas Kiefelgur und Kalkpulver	300
1 cbm poriger, gebrannter Thonplatten (siehe Fig. 92, S. 57 u. Fig. 118, S. 69)	1100
1 cbm trockenes Eichenholz	750
1 cbm trockenes Kienholz	600
1 qm Dielenbelag von Tannenholz bei <i>d</i> Centim. Dicke mit Nägeln	6,5 <i>d</i>
1 qm <i>Monier-</i> oder <i>Rabitz-</i> Platten, 1,5 cm dick	35
3 " "	75
4 " "	90
5 " "	110
1 qm in Backstein zwischen Eifenträgern $\frac{1}{2}$ Stein stark gewölbter Decke, einchl. Fußbodenlager und Bretterfußboden	375
1 qm desgl. ohne Fußboden	325
1 qm desgl., $\frac{1}{4}$ Stein stark, mit Fußboden	250
1 qm desgl., $\frac{1}{4}$ Stein stark, ohne Fußboden	200
1 qm desgl., in Töpfen gewölbt, 10 cm Topfhöhe	93
13 " "	101
16 " "	131
18 " "	148
26 " "	196
1 qm einer 4,50 m weiten Spreutafeldecke mit Holzbalken, Fußboden, Ausfüllung und Deckenputz, 20 cm Gesamtdicke (nach Fig 95, S. 59)	275
1 qm desgl. mit Eisenbalken, 20 cm Gesamtdicke (nach Fig. 96, S. 59 u. Fig. 298, S. 150)	200
1 qm Gipsdielendecke mit Eisenbalken von 6 m Weite mit drei Lagen Gipsdielen, 23 cm Gesamtdicke (nach Fig. 121, S. 71 und 297, S. 149)	160
1 qm Decke mit Tuffiteinausrollung auf Holzbalken, 4,50 m weit, mit Fußboden, Ausfüllung und Deckenputz (nach Fig. 74, S. 51)	350
1 qm Gipsbetondecke, einchl. Träger und Holzfußboden, bei 70 cm Trägerteilung, Bauarten <i>Vaux</i> , <i>Thuasne</i> , <i>Rouffel</i> (siehe Fig. 147 u. 149, S. 80)	290
1 qm Decke mit gebogenen <i>Monier-</i> Platten, 5 cm dick, Schlackenbetonausfüllung, Fußboden und Deckenputz (siehe Fig. 255, S. 131), einchl. Träger	330
1 qm Balkendecke mit Tuffstein ausgerollt, mit Fußboden und Deckenputz	370
1 qm mit hohlen Gipsblöcken ausgefetzte Decke, einchl. Träger und Fußboden, bei 70 cm Trägerteilung (siehe Fig. 175, S. 96)	240
1 qm desgl. mit Hohlziegeln ausgefetzt (siehe Fig. 174, S. 96)	270

Es wiegt:	Kilogr.
1 qm Decke in Hohlziegeln gewölbt, einchl. Träger und Fußboden (siehe Fig. 160, S. 98)	260
1 qm Decke mit unten ebenen Thonkisten (siehe Fig. 181, S. 98, 185 u. 186, S. 101, 168, S. 93), einchl. Träger und Fußboden	220
1 qm desgl., unten gewölbt (siehe Fig. 182, S. 99)	220

Bei feltener vorkommenden Deckenkonstruktionen, für welche die Gewichte nach Erfahrung nicht feststehen, stellt man zweckmäßig eine genaue Gewichtsrechnung auf, indem man zuerst den Bodenbelag und die Deckenkonstruktion, dann die Fachauffüllung und schließlich das Tragwerk feststellt, für den unten liegenden Teil jedesmal das ermittelte Gewicht des aufruhenden mit in Rechnung stellend. Nach diesem Gedankengange sollen im folgenden die einzelnen Teile der Decken ihren Abmessungen nach besprochen werden.

2) Nutzlast.

Die Nutzlasten, welche die Decken zu tragen haben, sind bereits in Teil I, Band I, zweite Hälfte (Art. 359, S. 318³²⁶) dieses »Handbuches« angegeben worden. Hierzu sei noch bemerkt, daß die Lagerhäuser der Seehäfen jetzt in den unteren Geschossen mit 1500 kg und im obersten Geschosse mit 900 kg für 1 qm Deckenfläche berechnet werden; in den zwischenliegenden Geschossen läßt man die Belastung allmählich abnehmen; doch sind vereinzelt auch schon Deckenlasten von 2000 kg für 1 qm und darüber zu Grunde gelegt.

Nach einem von einem Ausschusse des Architekten-Vereines zu Berlin 1885 erstatteten Gutachten, betreffend den Schutz der Personen in öffentlichen Versammlungsräumen, sollen als Belastung durch Menschengedränge für 1 qm 6 erwachsene Personen zu je 75 kg, zusammen 450 kg, gerechnet werden.

b) Abmessungen der Deckenteile.

Mit Rücksicht auf die vielen Fehler, die bezüglich des Einsetzens der Einheiten in die Rechnungen gemacht werden, sei hier besonders hervorgehoben, daß auf die strenge Beibehaltung einmal eingeführter Maß- und Gewichtseinheiten nicht sorgfältig genug geachtet werden kann. Ist z. B. eine Belastung in Kilogramm für 1 qm eingeführt, so darf in der ganzen Berechnung keine andere Gewichtseinheit als Kilogramm und keine andere Längeneinheit als Meter vorkommen; Spannungen sind demnach dann gleichfalls in Kilogramm für 1 qm einzuführen. Ganz besonders gefährlich im Sinne des Begehens solcher Fehler sind die Elastizitätsziffern. Hat man einmal gewohnheitsgemäß für Eisen $E = 2000000$ eingesetzt, so ist damit das Kilogramm als Kraft und das Centimeter als Längeneinheit für die ganze Rechnung festgelegt. Brächte man Tonnen oder Meter in dieselbe Rechnung, so würden unsinnige Ergebnisse folgen. Obwohl das hier Gefagte selbstverständlich ist, so wird doch keine Regel so oft verletzt, wie gerade diese; sie kann daher nicht scharf genug betont werden.

1) Stärke der Fußbodenbeläge.

Die Stärke der Fußbodenbeläge entzieht sich in den allermeisten Fällen einer Berechnung. Wenn man bei den gewöhnlichen hölzernen Fußböden die Bretter

230.
Nutzlast.

231.
Hölzerne
Fußböden.

³²⁶) 2. Aufl.: Art. 24, S. 19 u. 20. — 3. Aufl.: Art. 27, S. 21.

so berechnet, daß sie sich bei einer zulässigen Beanspruchung von 80 kg für 1 qm als Träger auf zwei Stützen zwischen letzteren frei tragen können, so fallen die Bretterstärken für die gewöhnlichen Balkenteilungen mit Rücksicht auf Abnutzung und Durchbiegung zu gering aus. Nur in schwer belasteten Speichern, zumal bei der in Fig. 25 (S. 21) dargestellten Konstruktion ohne Balken, werden die Bohlen rechnermäÙig stärker. Hier empfiehlt es sich, die eigentlichen (unteren) Tragbohlen nach den berechneten MaÙen auszuführen, sie dann aber mit einer zweiten, erstere rechtwinkelig kreuzenden, mindestens 3 cm dicken Bohlenlage abzudecken, welche nach erfolgter Abnutzung allein ausgewechselt werden kann.

232. Estriche und Platten- und Beläge.
Estriche aus Gips, Zementmörtel oder Asphalt dürfen nicht als tragende Bauteile angesehen werden; sie bedürfen vielmehr als Unterstützung einer Fachauffüllung, welche die ganze Belastung aufzunehmen im stande ist; der Estrich nimmt nur die Abnutzung auf. Ebenso bilden die Beläge mit natürlichen Steinplatten, Thonfliesen etc. nur eine schützende, keine tragende Schicht; auch sie bedürfen daher einer durchlaufenden Unterstützung.

2) Stärke der Ausfüllungen der Balkenfache.

a) Stakung, Wellerung und Einschub.

233. Gewöhnliche Fachauffüllungen.
Die Wellerung oder Stakung und die Einschubdecke (siehe Fig. 62 u. 63 [S. 46], 64 [S. 47], 67 [S. 48], 69 u. 70 [S. 49]) sind nicht im stande, erhebliche Lasten aufzunehmen, bedürfen daher des Schutzes durch einen tragfähigen Fußboden; nur der gestreckte Windelboden (siehe Fig. 61, S. 46) wird in ländlichen Gebäuden wohl unmittelbar geringen Lasten, wie niedrigen Lagen von Futter oder Stroh, ausgesetzt. Ebenso wird auch der Dübelboden (siehe Fig. 58 bis 60, S. 43) in der Regel keinen Lasten ausgesetzt.

234. Fachausfüllungen mit künstlichen Steinen.
Ebene Fachauffüllungen mit Gipsdielen (siehe Fig. 121, S. 71), Spreutafeln (siehe Fig. 93 bis 96, S. 58 u. 59), Tuffsteinen (siehe Fig. 74, S. 51), gebrannten Thonplatten (siehe Fig. 92, S. 57), Gipsbeton (siehe Fig. 120 [S. 71], 147 u. 149 [S. 80]), Hohlziegeln (siehe Fig. 65, S. 48), porigen Ziegeln, hohlen Gipsblöcken (siehe Fig. 66, S. 48), hohlen Thonkaften (siehe Fig. 77 [S. 52], 78 [S. 53], 80 [S. 53], 181 bis 195 [S. 98 bis 104]) können zwar großenteils, namentlich bei Konstruktionen wie in Fig. 65 (S. 48), 80 (S. 53), 181 bis 195 (S. 98 bis 104), erhebliche Lasten tragen, deren Größe in den früheren Mitteilungen über Belastungsversuche angegeben ist; in der Regel erhalten sie jedoch keine Last, da diese von nur lose oder gar nicht auf der Ausfüllung ruhenden Hölzern oder Brettern auf die Balken oder Träger gebracht wird. Notwendig ist diese Entlastung bei den Konstruktionen in Fig. 77 (S. 52), 92 (S. 57), 120 (S. 71), 147 u. 149 (S. 80), da diese wenig Tragfähigkeit besitzen.

β) Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen.

235. Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen.
Die Tragfähigkeit der aus einzelnen Teilen — gewöhnlichen porigen oder hohlen Ziegeln, Gips- oder Thonkaften — zusammengesetzten Ausfüllungsplatten nach Kap. 4 (unter b, 3, α, S. 154 und b, 4, α, S. 157) hängt, da sie auf Biegung beansprucht werden, lediglich von der Zugfestigkeit des die Fugen füllenden Mörtels und vom Grade des Anhaftens des Mörtels an den die Platte bildenden Körpern ab. Die Dicke der Platte d ist bei der Trägerteilung b , der Nutzlast p für die Flächeneinheit, dem Gewichte g der Flächeneinheit des Fußbodens und der Ueberfüllung, dem

Gewichte γ der Raumeinheit der Platte und der zulässigen Beanspruchung s des Fugenmörtels auf Zug für die Flächeneinheit zu bestimmen nach der Formel:

$$d = \frac{3b^2}{2s} \left[\frac{\gamma}{4} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{4}\right)^2 + \frac{(p+g)s}{3b^2}} \right] \dots \dots \dots 1.$$

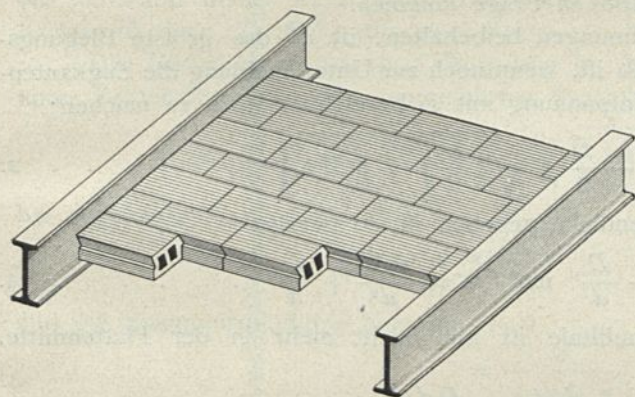
Beispiel. Ein hölzerner Bretterfußboden von 3 cm Dicke mit 8 cm Unterfüllung aus Schlackenbeton wiegt für 1 qm ($g =$) $0,03 \cdot 600 + 0,08 \cdot 1230 = 116$ kg und hat ($p =$) 500 kg Nutzlast auf 1 qm zu tragen. Die Teilung b der eisernen Träger sei 0,80 m und das Gewicht der Platte für Hohlziegel ($\gamma =$) 1250 kg für 1 cbm. Die Fugen werden in Zementmörtel der Mischung 1:3 ausgeführt, welchem mit Sicherheit nur ($s =$) 25 000 kg Zug auf 1 qm zugemutet werden dürfen. Alsdann muß sein

$$d = \frac{3 \cdot 0,8^2}{2 \cdot 25000} \left[\frac{1250}{4} + \sqrt{\left(\frac{1250}{4}\right)^2 + \frac{(500 + 116) 25000}{3 \cdot 0,8^2}} \right] = 0,122 \text{ m.}$$

Die oft erheblichen Hohlräume dieser Platten brauchen bei der Berechnung nicht berücksichtigt zu werden, da sie der Plattenmitte nahe liegen, ihre Ausfüllung also das Widerstandsmoment nur wenig vergrößern würde, und da immer in den lotrechten Stein- oder Kastenwandungen, sowie im Mörtel der Quertfugen genügend starke Stege verbleiben, um die obere und untere Stein- oder Mörteldecke als Plattengurtungen wirken zu lassen.

Aus besonderen statischen Erwägungen sind die neuerdings in großer Zahl eingeführten, mit den Längsseiten gegenseitig verzahnten Lochsteine nach Fig. 321, 322, 323, 327, 330, 331, 333 u. 344 (S. 160 bis 166) hervorgegangen, bei denen

Fig. 421.



die Stoszfugen in zwei aufeinander folgenden Reihen nach Fig. 334 (S. 163) u. 421 um halbe Steinlänge versetzt werden. Bei diesen Platten kann, wie auch nach Fig. 335 (S. 163) u. 337 (S. 164), aus der fertigen Platte kein einzelnes Stück herausgenommen werden, ohne mehrere andere zu zerstören, auch wenn die Fugen gar keinen Mörtel enthalten. Daraus folgt ohne weiteres, daß diese Platten eine gewisse, von der Festig-

keit der Steine, der Stärke der Falzrippen und dem genauen Ineinanderpaffen der Stücke abhängige Tragfähigkeit besitzen, auch wenn sie ganz trocken versetzt werden; dies ist auch in der That durch Belastungsversuche bewiesen. Es empfiehlt sich aber trotzdem nicht, die Belastungsfähigkeit solcher Platten durch Ersparung des Mörtels auf diese Umstände zu begründen oder auch die Stärkenberechnung auf ihnen aufzubauen; denn der Stoff gewöhnlicher Strangpressensteine ist zu ungleichmäßig, um sich auf seine Tragfähigkeit, namentlich in den zarten Falzrippen, allein verlassen zu können, auch werden die Falzfugen in der Regel nicht so genau paffend schliessen, daß nicht bis zum gegenseitigen Verspannen der Stücke Spielräume zu überwinden wären, was dann durch vergleichsweise starkes Durchhängen der Platte unter der Last in die Erscheinung treten würde. Bei in leidlich gutem Mörtel versetzten Platten ergeben Belastungsversuche aber stets gerade, glatte Brüche in der Plattenmitte in der Richtung der Balken, ebenso, wie in einer un-

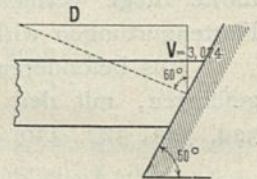
verfalzten Platte, und der dieser Zerstörung entsprechenden Beanspruchung wirkt die Verfaltung nicht entgegen. Daher empfiehlt es sich, die verfalzte Platte ebenso zu berechnen, wie die unverfalzte. Ein Vorteil erwächst aus der Verfaltung beim Mauern, das dabei in der Regel ohne Rüstung erfolgen kann (vergl. Art. 164 u. 165 S. 159), und dadurch, daß die gefalzten Fugen einen dichteren Schlufs und grössere Haftfläche des Mörtels ergeben.

Befonders wichtig ist für alle derartigen Platten die sorgfältigste Füllung der Stofsugen mit Mörtel, da diese Mörtelfüllung oben und unten unmittelbar Bestandteile der Druck- und Zuggurtung der Platte bilden, Unvollständigkeiten der Fugenfällung also der Befestigung gewisser Teile dieser Druck- und Zugquerschnitte gleichkommen.

236.
Platten ohne
Einlagen
mit
Längsdruck.

In Kap. 4 ist unter c (in Art. 193, S. 175 und in Art. 110, S. 116) bereits auseinander gesetzt, daß ein Längsdruck in der Vereinigung mit dem Bieugungsmoment günstig auf derartige Plattenkörper wirkt. Dieser kann in einfacher Weise z. B. dadurch erzielt werden, daß man die Platte mit schrägen Abschlußflächen verfiert und sie als Keil zwischen dreieckige in die Träger geputzte Lagerleisten setzt. Um zu verhindern, daß die Keilwirkung durch Anbinden des zur Erzielung fatten Aufsitzens nötigen Mörtels an die Lagerleiste aufgehoben oder beeinträchtigt wird, könnte hier das Einlegen dünner Bleche in die Lagerfuge, wie in Fig. 398 (S. 188) in Frage kommen.

Fig. 422.



Werden die obigen Bezeichnungen beibehalten, ist M das größte Bieugungsmoment und D der Längsdruck, so ist, wenn noch zur Unterscheidung die Zugkantenspannung mit s_z , die Druckkantenspannung mit s_d bezeichnet wird, zu machen:

$$d = \frac{1}{s_z} \left[-\frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + 6 M s_z} \right] \dots \dots \dots 2.$$

oder, wenn eine bestimmte Plattendicke gegeben ist, so beträgt

$$s_z = \frac{6M}{d^2} - \frac{D}{d} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{6M}{d^2} + \frac{D}{d} \dots \dots \dots 3.$$

Die Lage der Spannungsnulllinie ist nun nicht mehr in der Plattenmitte, sondern um

$$z = \frac{d}{2} \left(1 - \frac{D d}{6M} \right) \dots \dots \dots 4.$$

von der gezogenen Plattenkante entfernt.

Werden diese Formeln in Centim. als Einheit auf das vorstehende Beispiel angewendet, so ist die Last für 1qm der Decke festzustellen mit $0,01 \cdot 0,01 (116 + 500 + 0,122 \cdot 1250) = 0,07685 \text{ kg}$, wenn die oben berechnete Plattendicke vorläufig beibehalten wird, obwohl sich auf diese Weise ein etwas zu ungünstiges Gewicht ergibt.

Die auf einen Plattenstreifen von 1cm Breite kommende Last ist $80 \cdot 0,07685 \text{ kg} = 6,148 \text{ kg}$, der lotrechte Lagerdruck $3,074 \text{ kg} = V$. Wird das Lager unter 60 Grad gegen die Wagrechte geneigt, so entsteht $D = V \cdot \text{tg } 60^\circ = 3,074 \cdot 1,732$ (Fig. 422), als $D = 5,317 \text{ kg}$ und $M = \frac{0,07685 \cdot 80^2}{8} = 61,48 \text{ cmkg}$.

Demnach müßte nun bei $s_z = 25000 \text{ kg}$ für 1qm = 2,5 kg für 1qm nach Gleichung 2

$$d = \frac{1}{2,5} \left[-\frac{5,317}{2} + \sqrt{\left(\frac{5,317}{2}\right)^2 + 6 \cdot 61,48 \cdot 2,5} \right] = 11,1 \text{ cm} = \infty 11 \text{ cm}$$

fein, und dann würde an der Oberseite nach Gleichung 3 ein Druck von $s_d = \frac{6 \cdot 61,48}{11^2} + \frac{5,317}{11}$

= 3,53 kg für 1 qcm entstehen. Die Nulllinie liegt nach Gleichung 4 um $z = \frac{11}{2} \left(1 - \frac{11 \cdot 5,317}{6 \cdot 61,48} \right) = 4,62$ cm über der Plattenunterkante.

Wäre die Stärke von 12,2 cm beibehalten, so wäre die Zugspannung nach Gleichung 3 auf $s_z = \frac{6 \cdot 61,48}{12,2^2} - \frac{5,317}{12,2} = 1,99$ kg für 1 qcm herabgegangen.

Aus diesen Zahlen leuchtet der Vorteil der Erzeugung des Längsdruckes für die Platte ohne weiteres ein. Es ist aber zu betonen, daß nun auch die unterstützenden Balken im Stande sein müssen, den aus der Verkehrslast und am Rande der Balkenlage auch den aus der Eigenlast der Decke folgenden, wagrechten Druck aufzunehmen, daß also der günstigeren Bildung der Platte Mehraufwendungen in der Balkenlage gegenüberstehen. Diese Frage der feintlichen Belastung der Balken wird bei der Berechnung der letzteren erörtert werden.

Den angegebenen Formeln liegen die Annahmen zu Grunde, daß die Elastizitätsziffer des Plattenkörpers sowohl für verschiedene Größe, als auch für verschiedenen Sinn der Spannungen unveränderlich sei. Dies trifft nun beides nicht streng zu³²⁷⁾; jedoch kann bei den verhältnismäßig geringen, tatsächlich vorkommenden Spannungen die erstere Annahme der Unabhängigkeit der Elastizitätsziffer von der Größe der Spannung hier als genügend genau angesehen werden.

Merklicher ist dagegen die Veränderlichkeit der Elastizitätsziffer mit dem Sinne der Spannung, für deren Berücksichtigung die obigen Gleichungen wiederholt werden sollen. Die Elastizitätsziffer für Zug wird mit E_z , diejenige für Druck mit E_d und das Verhältnis beider $E_z : E_d$ mit α bezeichnet; für die meisten in Frage kommenden Körper ist dann $E_z < E_d$, also $\alpha < 1$.

Die Dicke einer nur auf Biegung in Anspruch genommenen Platte folgt unter Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnungen nach

$$d = \frac{3(1 + \sqrt{\alpha})b^2}{4s_z} \left[\frac{\gamma}{4} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{4}\right)^2 + \frac{2(p+g)s_z}{3(1 + \sqrt{\alpha})b^2}} \right]; \quad \dots \quad 5.$$

bei gegebener Plattendicke ist

$$s_z = \frac{3(1 + \sqrt{\alpha})M}{d^2} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{s_z}{\sqrt{\alpha}}, \quad \dots \quad 6.$$

und die Spannungsnulldlinie liegt um

$$z = \frac{d}{1 + \sqrt{\alpha}} \quad \dots \quad 7.$$

von der gezogenen Aufsenkante entfernt aufserhalb der Mitte.

Werden hier wieder die Zahlen des Beispiels auf S. 205 eingeführt: $\gamma = 1250$ kg für 1 cbm, $g = 116$ kg für 1 qm, $p = 500$ kg für 1 qm, $b = 0,80$ m und wird noch angenommen, daß für die verwendeten Stoffe $\alpha = 0,75$ sei, was für viele Fälle etwa zutrifft, so ist $\sqrt{\alpha} = 0,866$, $1 + \sqrt{\alpha} = 1,866$, also nach Gleichung 5

$$d = \frac{3 \cdot 1,866 \cdot 0,8^2}{4 \cdot 25000} \left[\frac{1250}{4} + \sqrt{\left(\frac{1250}{4}\right)^2 + \frac{2(116 + 500)25000}{3 \cdot 1,866 \cdot 0,8^2}} \right] = 0,1167 \text{ m,}$$

und dann wäre $s_d = \frac{25000}{0,866} = 28900$ kg für 1 qm.

Würde die Dicke $d = 0,122$ m des obigen Beispiels beibehalten, so würde nach Gleichung 6 für $M = \frac{61,48 \cdot 100}{100}$ mkg: $s_z = \frac{3 \cdot 1,866 \cdot 61,48}{0,122^2} = 23050$ kg und $s_d = \frac{23100}{0,866} = 26600$ kg für 1 qm, und die

Nulllinie liegt nach Gleichung 7: $z = \frac{0,122}{1,866} = 0,0653$ m über der Unterkante, also über der Plattenmitte.

³²⁷⁾ Siehe: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, S. 489; 1896, S. 1381, sowie mehrere spätere Aufsätze derselben Zeitschrift. — Ferner: Zeitchr. f. Arch. u. Ing. 1901, Heft 2.

Diese Zahlen zeigen, daß es für solche gebogene Körper mit niedrigen zulässigen Zugspannungen günstig ist, wenn die Elastizitätsziffer für Zug geringer ist als diejenige für Druck. Die Nulllinie rückt dann nach der gedrückten Seite; die Kantendruckspannung steigt, und die Zugspannung nimmt ab.

Wirkt nun aufser dem Moment eine Längskraft auf die Platte, so lassen sich bei gleichzeitiger Berücksichtigung verschiedener Elastizitätsziffern für Zug- und Druckspannung so einfache und geschlossene Formeln, wie in den früheren Fällen, nicht mehr aufstellen.

In einem derartigen Falle nehme man die Plattendicke d schätzend an und prüfe diese dann auf die auftretenden Spannungen nach folgendem Rechnungsgange (Fig. 423).

Zunächst bestimme man den Abstand z der Nulllinie von der gezogenen Kante nach

$$z^3 \frac{D}{6} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) - z^2 \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \left(M + \frac{Dd}{2} \right) + z \frac{Md}{\alpha} = \frac{d^2}{2\alpha} \left(M - \frac{Dd}{6} \right) \quad 8.$$

Fig. 423.

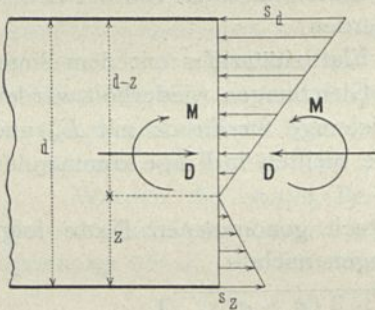
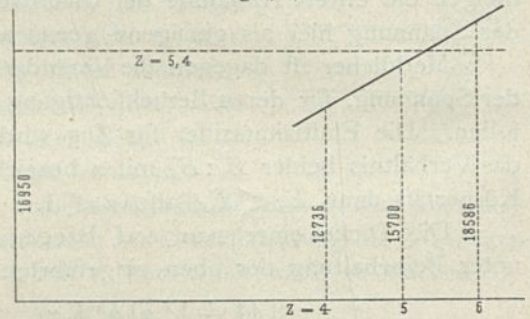


Fig. 424.



Die Lösung wird, da der Wert von z nicht weit von $\frac{d}{2}$ zu liegen pflegt, am besten durch Versuch hergestellt, wie im nachfolgenden Beispiele gezeigt wird. Ist z gefunden, so ist

$$s_z = \frac{2D}{(d-z)^2 - z} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{d-z}{\alpha z} s_z \quad \dots \quad 9.$$

Wird auch hier, wie zu Gleichungen 2 bis 4, das obige Beispiel in Centim. als Einheit beibehalten, demnach $d = 12,2$ cm eingeführt, so bleibt $M = 61,48$ cmkg, $D = 5,317$ kg, $\alpha = 0,75$, und es ist $\frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{3}$, $\frac{Dd}{2} = \frac{5,317 \cdot 12,2}{2} = 32,5$ und $\frac{Dd}{6} = \frac{5,317 \cdot 12,2}{6} = 10,8$. Demnach lautet Gleichung 8:

$$z^3 \frac{5,317}{6} \frac{1}{3} - z^2 \frac{61,48 + 32,5}{2 \cdot 3} + z \frac{61,48 \cdot 12,2 \cdot 4}{3} = \frac{12,2^2 \cdot 4}{2 \cdot 3} (61,48 - 10,8) \quad \text{oder}$$

$$z^3 - z^2 \cdot 53,0 + z \cdot 3380 = 16950.$$

Man setze, da z vermutlich zwischen 5 und 6 liegt, $z = 4$ cm, $z = 5$ cm und $z = 6$ cm und rechne jedesmal den Wert der linken Seite aus; dann ergeben sich die drei Zahlen 12736, 15700 und 18586. Man trage z wagrecht, die drei Zahlen entsprechend lotrecht auf (Fig. 424), lege durch die drei Punkte eine Linie und bringe diese zum Schnitte mit der Wagrechten, die um 16950 über der Grundlinie gezogen ist (Fig. 424). Dieser Schnittpunkt liefert mit $z = 5,4$ cm die Lösung, also $d - z = 12,2 - 5,4 = 6,8$ cm und nach Gleichung 9

$$s_z = \frac{2 \cdot 5,317}{6,8^2 \cdot 4} = 1,77 \text{ kg} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{6,8 \cdot 4}{3 \cdot 5,4} 1,77 = 2,97 \text{ kg für } 1 \text{ qcm.}$$

Durch die keilige Lagerung, also die Erzeugung von Längsdruck, und die Berücksichtigung der Verschiedenheit der Elastizitätsziffern für Zug und Druck ist demnach die größte Zugspannung von 2,5 kg auf 1,77 kg für 1 qcm herabgegangen, die größte Druckspannung von 2,5 auf 2,97 kg für 1 qcm gesteigert, so daß die Platte also erheblich leistungsfähiger erscheint. Soll die Zugspannung von 2,5 kg für 1 qcm beibehalten werden, so kann die Platte dünner sein; man hätte also die Rechnung mit einer neuen Annahme für d , etwa gleich 11 cm, zu wiederholen und zu prüfen, ob Gleichung 9 mit dem aus Gleichung 8 zu entnehmenden z nun für s_z 2,5 kg für 1 qcm liefert.

Uebrigens ist zu betonen, daß der Wert $\alpha = E_s : E_d$ erst für wenige Baustoffe und ihre Zusammensetzungen mit einiger Sicherheit festgestellt ist; auf diesem Gebiete bleibt noch viel zu thun übrig.

Da das gleichzeitige Auftreten von Momenten und Längskräften bei den Wölbungen die Regel bildet, so wird bei ihrer Berechnung auf die Gleichungen 2 bis 4 u. 8, 9 zurückgegriffen werden.

Ebene Betonplatten (Fig. 256 bis 259, S. 133³²⁸) unterscheiden sich hinsichtlich der Stärkenbestimmung von den eben besprochenen Fachausfüllungen nicht, welche nach Gleichung 1 bis 9 erfolgt. Da jedoch der Beton infolge des gleichmäßigen Gefüges mehr Sicherheit gegen Zugbeanspruchung besitzt als eine Platte aus einzelnen durch Fugen getrennten Körpern, für welche nicht eigentlich die Zugfestigkeit des Mörtels, sondern nur das von mancherlei Zufälligkeiten abhängige Anhaften des Mörtels an den Steinen in Frage kommt, so kann die zulässige Zugbeanspruchung s_z hier höher — bei den fetteren Betonarten und guter Herstellung bis 40 000 kg für 1 qcm — angenommen werden. Eine Ueberfüllung aus Schlackenbeton (Fig. 256 u. 257, S. 133) kann, wenn sie unmittelbar auf der ganz frischen Betondecke eingestampft ist, als mit zur berechneten Plattendicke gehörend angesehen werden, da die wegen der geringen zulässigen Zugspannungen einzuhaltenden niedrigen Druckspannungen auch von diesem mangelhafteren Baustoff reichlich aufgenommen werden können. Es ist aber darauf zu halten, daß im Bereiche z (Fig. 423) der Zugspannungen stets nur bester und dichter Beton liegt. Deshalb ist bei den obigen Formeln auch die Lage der Spannungsnulllinie als Begrenzung von z angegeben.

238.
Ebene
Betonplatten.

γ) Mauerwerks- und Mörtelplatten mit Eifeneinlagen; Verbundkörper.

In Kap. 4, unter a, 3, β (Art. 104 [S. 110] bis 112 [S. 118]) sind die allgemeinen Ziele des Einlegens von Eisen und das Zusammenwirken der Baustoffe eingehend erörtert. Dort wurde festgestellt, daß man die Berechnung je nach der Unzulässigkeit oder Zulässigkeit des Entstehens feiner Risse oder auch nach den neuesten Erfahrungen unter Berücksichtigung der Streckung der gezogenen Konstruktionsteile auf verschiedenen Grundlagen aufzubauen hat:

239.
Platten
mit Eisen-
anlagen.

im ersten Falle unter Einhaltung der zulässigen Zuggrenze der Umhüllung für die größte Zugspannung s_{ms} unter Einführung einer geringen Dehnungsziffer $1/E_m$ oder hohen Elastizitätsziffer E_m und bei der Unmöglichkeit, die Spannung s_e des Eisens auf die sonst übliche Höhe zu bringen;

im zweiten Falle unbekümmert um die Höhe der in der Umhüllung entstehenden Zugspannungen bloß unter Einhaltung der zulässigen höchsten Druckspannung s_{md} der Umhüllung, unter Einführung einer höheren Dehnungsziffer $1/E_m$ oder niedrigerer Elastizitätsziffer E_m behufs voller Ausnutzung der zulässigen Spannung s_e des Eisens.

Streng genommen müßte im ersten Falle noch auf die in Kap. 4 unter a, 3, β (Art. 104, S. 113) und in Kap. 9, unter b, 2, β (Art. 237, S. 207) betonte Verschiedenheit der Elastizitätsziffern E_{ms} und E_{md} für Zug und Druck in der Umhüllung Rücksicht genommen werden; doch werden dadurch die an sich schon nicht

³²⁸) Vergl.: Art. 126 (S. 132) — ferner: ENGESSER, F. Ueber die Festigkeit von Beton-Bogen. Deutsche Bauz. 1881, S. 580. Handbuch der Architektur. III. 2, c, α. (2. Aufl.)

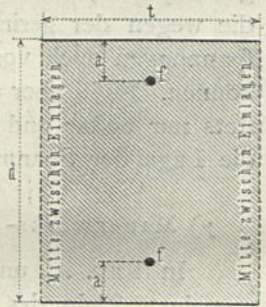
ganz einfachen Untersuchungen zu sehr erschwert, und der bei dem vergleichsweise geringen Einflusse dieses Umstandes erzielte Erfolg entspricht dem an dieser Stelle anzutrebenden Grade von Schärfe nicht mehr. Die neuere Litteratur enthält übrigens eine sehr große Anzahl von Bearbeitungen dieser Fragen, auf die wir hier verweisen³²⁹⁾. Für die dritte Grundlage der Berechnung: die Ausnutzung der Spannung in den gezogenen Konstruktionsteilen bis zur Streckgrenze (siehe Art. 105, S. 113), werden weiter unten noch besondere, von den hier eingeführten etwas abweichende Bezeichnungen eingeführt werden.

a) Die Platte nimmt nur Biegemomente auf; Entstehen von Rissen ist unzulässig.

Für die Längeneinheit des Plattenquerschnittes ist das Moment M , für die Teilung t der Einlagen, also tM aufzunehmen; bezüglich der Eiseneinlagen des Einzelquerschnittes f wird keine besondere Annahme über die Form, übrigens bloß die gemacht, daß der Querschnitt im Vergleiche mit der Platte nur geringe Höhe hat, so daß gleichmäßige Spannung des Eisenquerschnittes vorausgesetzt werden kann; bei hochkantig gestellten Bandeseisen ist dies beispielsweise schon nicht mehr zulässig, da diese erhebliche Biegungen erleiden und daher nicht in allen Teilen ihrer Höhe dieselbe Spannung aufnehmen. Da wegen der Forderung der Freiheit von Rissen gleiche Längenänderungen des Eisens und der Umhüllung gewahrt bleiben müssen, so müssen sich gemäß $s_e : E_e = s_m : E_m$ die Spannungen s_e des Eisens und s_m der Umhüllung verhalten, wie die Elastizitätsziffern E_e und E_m . Wird $E_e : E_m = n$ gesetzt, so ist also $s_e : s_m = n$ oder $n s_m = s_e$. Die Leistung des Eisens ist $f s_e = f n s_m$, d. h., nimmt man auch für das Eisen die Spannung s_m der Umhüllung an, so ist die Größe des Eisenquerschnittes mit $n f$ einzuführen; hiernach kann gerechnet werden, wie wenn dieser neu zusammengesetzte Querschnitt allein aus dem Stoffe der Umhüllung bestände.

Wird der Teil des Plattenquerschnittes zwischen zwei Einlagen noch $F = dt$ (Fig. 425) und der Abstand des Schwerpunktes der Eiseinlage von der Außenkante a genannt, sind ferner zwei gleichweit von der Mitte liegende Einlagen da, so sind Widerstandsmoment W''

Fig. 425.



240.
Platte nur
gebogen;
Risse
unzulässig.

241.
Platte
mit zwei
Einlagen.

³²⁹⁾ WAYSS, G. A. Das System Monier etc. Berlin 1887.

Deutsche Bauz. 1886, S. 297.

Recherches sur la théorie des ciments armés. Sonderchrift von PLANAT. Paris 1894.

Annales des travaux publics de Belgique 1898, Bd. III, S. 487.

Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 190; 1886, S. 462; 1900, S. 83, 93.

Schweiz. Bauz., Bd. XXV (1895), S. 31; Bd. XXIX (1897), S. 61; Bd. XXXIII (1899), S. 41, 49; Bd. XXXV (1899), S. 235; Bd. XXXVI (1900), S. 129.

Nov. annales de la constr. 1899, S. 1; 1898, S. 12 ff.

Revue industr. 1898, S. 48; 1899, S. 28, 108, 119.

Le génie civil, Bd. XXXIV (1899), S. 213, 229, 244, 260.

Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., S. 897, S. 314.

Oesterr. Monatschr. f. d. öff. Baudienst 1896, S. 465.

Gewölbericht des österreichischen Ingenieur- u. Architekten-Vereines. Zeitschrift dieses Vereines 1895, Nr. 20 bis 34. Auch als Sonderabdruck im Selbstverlage des Vereines.

Zeitschr. des öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 365, 305, 593, 606; 1897, S. 351, 364; 1899, S. 539; 1901, S. 97, 117.

Annales des ponts et chaussées, Serie 7, Ed. IX (1895), S. 604.

Wochschr. des öst. Ing.- und Arch.-Ver. 1890, S. 209 u. 224.

Bauing.-Ztg. 1901, S. 9.

Revue technique de l'exposition universelle de 1900. Teil 1, Bd. 2. Paris 1900. S. 36 ff.

Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1901, S. 134.

Allg. Bauz. 1901, S. 19.

und die Kantenspannung der Umhüllung (Fig. 425) sowohl auf der Zug-, als auch auf der Druckseite bei der angenommenen Plattendicke d

$$W'' = \frac{Fd}{6} + nf \left(d - 4a \frac{d-a}{d} \right), \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W''}, \quad s_e = ns_m \frac{d-2a}{d}. \quad 10.$$

Die Lösung nach d ist in geschlossener Form nur für den meist zutreffenden Fall herzustellen, daß a gegen d klein, also $\frac{d-a}{d} = 1$ zu setzen ist; dann ergibt sich bei p Kilogr. bleibender Auflast, g Kilogr. Verkehrslast auf der Flächeneinheit und γ Kilogr. Eigenlast der Inhaltseinheit der Platte, ferner bei der Stützweite b der Näherungswert

$$d = \frac{3}{t} \left[\frac{\gamma b^2 t}{8 s_{mz}} - nf + \sqrt{\left(\frac{\gamma b^2 t}{8 s_{mz}} - nf \right)^2 + \frac{t}{3} \left(8 n f a + \frac{(p+g) b^2 t}{4 s_{mz}} \right)} \right]. \quad 11.$$

Soll z. B. eine Platte mit $s_{mz} = 40000$ kg auf 1 qm für 120 kg auf 1 qm Fußbodengewicht, 1000 kg auf 1 qm Verkehrslast und 1 m Balkenteilung unter Einlegen von je zwei 1 cm starken Drähten in 4 cm Teilung, 1,5 cm mit den Mitten von der Ober- und Unterfläche aus Beton von 2200 kg auf 1 cbm Gewicht gebildet werden, ist dabei $E_m = 200000$ kg und $E_e = 2000000$ kg auf 1 qcm, also $n = 10$, so ist $f = \frac{0,01^2 \pi}{4} = 0,000785$ qm, und annähernd

$$d = \frac{3}{0,04} \left[\frac{2200 \cdot 1^2 \cdot 0,04}{3 \cdot 40000} - 10 \cdot 0,000785 + \sqrt{\left(\frac{2200 \cdot 1^2 \cdot 0,04}{8 \cdot 40000} - 10 \cdot 0,000785 \right)^2 + \frac{0,04}{3} \left(8 \cdot 10 \cdot 0,000785 \cdot 0,015 + \frac{(120+1000) 1^2 \cdot 0,04}{4 \cdot 40000} \right)} \right] = 0,134 \text{ m.}$$

Da die Formel für d nur näherungsweise richtig ist, so empfiehlt es sich, nachzurechnen, welche Spannung nach Gleichung 10 im Beton entsteht. Es ist

$$M = \frac{(120 + 1000 + 2200 \cdot 0,134) \cdot 1^2}{8} = 177 \text{ mkg für 1 m Platte, } F = 0,04 \cdot 0,134 = 0,00535 \text{ qm, also}$$

$$s_{mz} = \frac{177 \cdot 0,04}{\frac{0,00535 \cdot 0,134}{6} + 10 \cdot 0,000785 \left(0,134 - 4 \cdot 0,015 \frac{0,134 - 0,015}{0,134} \right)} = 39000 \text{ kg auf 1 qm.}$$

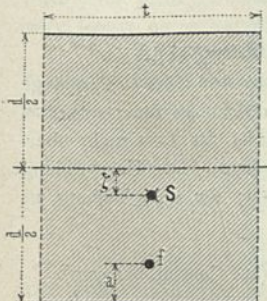
Gleichung 11 liefert demnach die Plattendicke um ein Geringes zu groß.

Ohne die Eiseneinlagen hätte die Platte nach Gleichung 1

$$d = \frac{3 \cdot 1^2}{2 \cdot 40000} \left[\frac{2200}{4} + \sqrt{\left(\frac{2200}{4} \right)^2 + \frac{(120+1000) \cdot 40000}{3 \cdot 1^2}} \right] = 0,167 \text{ m}$$

stark fein müßen. Sehr erheblich ist also der Gewinn durch die Eiseneinlagen nicht, wie bei der sehr geringen Ausnutzung des Eisens nach Gleichung 10 mit nur $s_e = 40000 \cdot 10 \frac{0,134 - 2 \cdot 0,015}{0,134} = 310000$ kg auf 1 qm = 31 kg auf 1 qcm Spannung zu erwarten war.

Fig. 426.



Wird die Platte dagegen für die Aufnahme von Biegemomenten nur in einem Sinne bloß auf der Zugseite einseitig mit Drähten ausgestattet, so ergibt sich die größte Zugspannung s_{mz} in der Betonkante, wenn zu den früheren Bezeichnungen noch $F : f = r$ eingeführt wird (Fig. 426) nach

$$W' = \frac{F \left[\frac{d^2}{3} \left(1 + \frac{r}{n} \right) + (d - 2a)^2 \right]}{2 \left(d \frac{r}{n} + 2a \right)}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W'}, \quad 12.$$

242.
Platte mit
Einlage
auf der
Zugseite.

und der Abstand ζ des Gesamtschwerpunktes von der Plattenmitte nach

$$\zeta = \frac{d - 2a}{2 \left(1 + \frac{r}{n}\right)} \dots \dots \dots 13.$$

Wird unter Beibehaltung der Zahlenwerte des letzten Beispiels für eine 0,134 m dicke Platte die Spannung für die Ausbildung mit einseitiger Einlage ausgerechnet, so folgt, unter Einsetzung von W' in s_{mz} für $r = 0,00535 : 0,0000785 = 68,2$, nach Gleichung 12

$$s_{mz} = \frac{2 \cdot 0,04 \cdot 177 \left(0,134 \frac{68,2}{10} + 2 \cdot 0,015\right)}{0,00535 \left[\frac{0,134^2}{3} \left(1 + \frac{68,2}{10}\right) + (0,134 - 2 \cdot 0,015)^2\right]} = 43500 \text{ kg auf } 1 \text{ qm.}$$

Soll also $s_{mz} = 40000 \text{ kg auf } 1 \text{ qm}$ beibehalten werden, so ist die Platte bei dieser Ausbildung etwas dicker zu machen.

Die für eine Platte ohne Einlage ausgerechnete Stärke von 0,167 m giebt für das Moment

$$M = \frac{(120 + 1000 + 2200 \cdot 0,167) \cdot 1^2}{8} = 186 \text{ mkg,}$$

und bei Anordnung einer einseitigen Einlage

$$s_{mz} = \frac{2 \cdot 0,04 \cdot 186 \left(0,167 \frac{68,2}{10} + 2 \cdot 0,015\right)}{0,00535 \left[\frac{0,167^2}{3} \left(1 + \frac{68,2}{10}\right) + (0,167 - 2 \cdot 0,015)^2\right]} = 35500 \text{ kg auf } 1 \text{ qm.}$$

Die Konfruktion mit einseitigen Einlagen liegt also etwa mitten zwischen denjenigen mit zwei und ohne Einlagen, jedoch etwas näher an ersterer; man würde mit ihr etwa bei $d = 0,145 \text{ m}$ auf $s_{mz} = 40000 \text{ kg auf } 1 \text{ qm}$ kommen. Dabei betrüge der Schwerpunktsabstand ζ nach Gleichung 13

$$\zeta = \frac{0,145 - 2 \cdot 0,015}{2 \left(1 + \frac{68,2}{10}\right)} = 0,0073 \text{ m.}$$

Haben die Einlagen folche Form und Querschnittsgröße f , daß ihr eigenes Trägheitsmoment i von Einfluß wird, so ist für Platten mit zwei Einlagen (Fig. 425) das Widerstandsmoment für eine Teilung t der Einlagen

$$W'' = F \frac{d}{6} + n f \left(d - 4a \frac{d-a}{d}\right) + \frac{4n \cdot i}{d}, \quad s_{mz} = \frac{M t}{W''} \dots \dots 14.$$

zu setzen, wobei der Schwerpunkt in der Mitte liegt; für Platten mit einseitiger Einlage (Fig. 426) wird das Widerstandsmoment für eine Teilung t

$$W'' = \frac{F \left[\frac{d^2}{3} \left(1 + \frac{r}{n}\right) + (d - 2a)^2\right] + 4n i \left(1 + \frac{r}{n}\right)}{2 \left(d \frac{r}{n} + 2a\right)}, \quad s_{mz} = \frac{M t}{W''} \dots \dots 15.$$

Der Schwerpunktsabstand ζ von der Mitte folgt nach Gleichung 13.

Hiernach möge die Tragfähigkeit einer *Klein'schen* Decke von 12 cm Dicke und 100 cm Traglänge mit Bandeiseneinlagen an der Unterseite in $t = 7,5 \text{ cm}$ Teilung, 3,5 cm Höhe und 0,3 cm Dicke für $a = 2,75 \text{ cm}$ berechnet werden für den Fall, daß die Zugspannung s_{mz} im Mauerwerke 2,5 kg für 1 qm nicht überschreiten soll und die Elastizitätsziffer $E_m = 100000 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}$ gefetzt werden kann. Die Ueberfüllung wiegt $g = 0,012 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}$ und das Mauerwerk nebst Eifen 0,0018 kg für 1 cbcm; für eine Teilung ist $F = 12 \cdot 7,5 = 90 \text{ qcm}$, $f = 3,5 \cdot 0,3 = 1,05 \text{ qcm}$, also

$$r = \frac{90}{1,05} = 85,7, \quad n = \frac{210000}{100000} = \frac{E_c}{E_m} = 21, \quad i = 0,3 \frac{3,5^3}{12} = 1,08 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

also nach Gleichung 15

$$W' = \frac{90 \left[\frac{12^2}{3} \left(1 + \frac{85,7}{21} \right) + (12 - 5,5)^2 \right] + 4 \cdot 21 \cdot 1,08 \left(1 + \frac{85,7}{21} \right)}{2 \left(12 \frac{85,7}{21} + 5,5 \right)} = 241 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Angriffsmoment für die Breite t ist

$$tM = 7,5 \frac{(g + p + d\gamma) 100^2}{8} = 7,5 \frac{(0,012 + p + 12 \cdot 0,0018) 100^2}{8},$$

und dieses muß gleich $s_{mz} W'$ sein; demnach $0,012 + p + 12 \cdot 0,0018 = \frac{8 \cdot 2,5 \cdot 241}{7,5 \cdot 100^2}$ oder $p = 0,0294 \text{ kg}$ für 1 qcm oder 294 kg für 1 qm. Bei einer den obigen Grundlagen entsprechenden Ausführung in Zementmörtel etwa der Mischung 1 : 5 wäre unter dieser Belastung das Entstehen von Rissen noch ausgeschlossen.

ζ wird für diesen Fall nach Gleichung 13

$$\zeta = \frac{12 - 2 \cdot 2,75}{2 \left(1 + \frac{85,7}{21} \right)} = 0,59 \text{ cm.}$$

b) Die Platte nimmt aufser dem Biegemoment auch Längsdruck auf; Entstehen von Rissen ist unzulässig.

Hat die Platte zwei gleich weit von der Mitte liegende Einlagen (Fig. 425), so ermittle man W'' nach Gleichung 10 oder 14; dann ist die größte Spannung im Mauerwerke:

$$s_{mz} = \frac{Mt}{W''} - \frac{Dt}{F + nf}; \quad s_{md} = \frac{Mt}{W''} + \frac{Dt}{F + nf} \quad \dots \quad 16,$$

244.
Platte
gebogen und
gedrückt;
Risse
unzulässig.

Hat die Platte nur eine Einlage (Fig. 426) auf der Zugseite, so berechne man zuerst W' nach Gleichung 12 oder 15 und hierauf ζ nach Gleichung 13; dann folgen die größten Spannungen genau genug aus

$$s_{mz} = \frac{Mt + tD\zeta}{W'} - \frac{Dt}{F + nf}; \quad s_{md} = \frac{Mt + tD\zeta}{W'} + \frac{Dt}{F + nf} \quad \dots \quad 17.$$

Würde z. B. die zu Gleichung 15 unterfuchte *Kleine'sche* Platte unter der ausgerechneten Last von 0,0294 kg für 1 qcm nach Fig. 422 gelagert, so wäre $M = (0,012 + 0,0294 + 12 \cdot 0,0018) \frac{100^2}{8} = 79,0 \text{ cmkg}$ für 1 cm Platte, der Lagerdruck $\frac{1}{2} (0,012 + 0,0294 + 12 \cdot 0,0018) 100 = 315 \text{ kg}$; folglich D nach Fig. 422 gleich $3,15 \cdot 1,732 = 5,44 \text{ kg}$, somit nach Gleichung 17 für das oben ausgerechnete $\zeta = 0,59 \text{ cm}$ und $W' = 241$ für 1 qcm

$$s_{mz} = \frac{79 \cdot 7,5 + 5,44 \cdot 0,59 \cdot 7,5}{241} - \frac{5,44 \cdot 7,5}{90 + 21 \cdot 1,05} = 2,56 - 0,365 = 2,195 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Demnach würde die Platte nun über das oben berechnete Maß hinaus belastet werden können, ohne daß Risse zu erwarten wären. Die Tragfähigkeit der Platte ist hiermit für den Fall, daß feine Risse nicht gefeucht werden, bei weitem nicht ausgenutzt; ihre Leistungsfähigkeit für diesen Fall wird weiter unten untersucht werden.

Da das Zusammenwirken von Momenten und Längskräften bei den Wölbungen die Regel bildet, so wird auf die Gleichungen 12, 13, 15, 16 u. 17 bei der Erörterung der Berechnung gewölbter Fachausfüllungen zurückverwiesen werden.

c) Die Platte nimmt nur Biegemomente auf; die Möglichkeit des Entstehens feiner Risse braucht nicht ausgeschlossen zu werden.

In diesem Falle kann die Einlage der Zugseite voll ausgenutzt werden, ebenso die volle zulässige Druckspannung s_{md} des Plattenkörpers. Einlagen in der Druckseite

245.
Platte nur
gebogen;
feine Risse
zulässig.

find hier von sehr geringem Einflusse und sollen daher selbst für den Fall vernachlässigt werden, dass mit Rücksicht auf wechselnden Sinn der Angriffsmomente zwei gleich weit von der Mitte entfernte Einlagen ausgeführt werden.

Werden die früheren Bezeichnungen beibehalten, außerdem die Höhe des sich nicht öffnenden, unter Druck liegenden Fugenteiles gleich z (Fig. 427), das

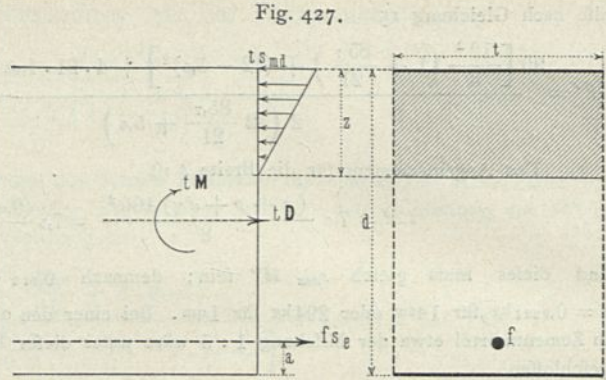


Fig. 427.

Verhältnis $\frac{s_e}{s_{md}} \frac{E_m}{E_e} = m$ und wie früher $E_e : E_m = n$ gesetzt, so kann es sich zunächst darum handeln, eine Platte für eine gegebene Last, also ein gegebenes Moment und bestimmte Spannungswerte einzurichten, d. h. von den in Fig. 427 angegebenen Größen d , t und z zu berechnen. Für diesen Fall gilt der Gleichungssatz:

$$t = f s_e \sqrt{\frac{2(2+3m)}{3 s_{md} M}}; \quad d = a + \frac{2 f s_e (1+m)}{t s_{md}}; \quad z = \frac{d-a}{1+m} \quad 18.$$

Soll dagegen bestimmt werden, welche Spannung s_{md} ein Plattenstreifen bekannter Breite t unter der Wirkung eines gegebenen Moments, also gegebener Last, erleidet und wie dick diese Platte sein muss, sind also s_{md} , d und z zu bestimmen, so benutze man:

$$s_{md} = \frac{f s_e}{t} \left[\frac{2}{3} \frac{f s_e}{M t} + \sqrt{\frac{2 s_e}{M} \left(\frac{1}{n} + \frac{2 f^2 s_e}{9 M t^2} \right)} \right]; \quad d \text{ und } z \text{ wie in Gleichung 18.} \quad 19.$$

Soll schließlich ermittelt werden, welches Moment M , d. h. welche Last eine gegebene Platte bei bestimmtem s_{md} tragen kann und wie groß dabei s_e wird, so folgen z , s_e und M aus:

$$z = \frac{n f}{t} \left[\sqrt{1 + \frac{2 t}{n f} (d-a)} - 1 \right]; \quad s_e = \frac{s_{md} z t}{2 f}; \quad M = \frac{s_{md} z}{2} \left(d - a - \frac{z}{3} \right). \quad 20.$$

Wird z. B. bei der zu Gleichung 15 als Beispiel untersuchten *Kleine'schen* Platte das Entstehen feiner Risse zugelassen, s_{md} mit 10 kg für 1 qcm festgesetzt und bestimmt, wieviel die Platte nun statt der oben gefundenen 294 kg für 1 qm tragen darf, so ergibt sich nach Gleichung 20

$$z = \frac{21 \cdot 1,05}{7,5} \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 7,5}{21 \cdot 1,05} (12 - 2,75)} - 1 \right] = 5 \text{ cm}; \quad s_e = \frac{10 \cdot 5 \cdot 7,5}{2 \cdot 1,05} = 179 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$M = \frac{10 \cdot 5 (12 - 2,75 - \frac{5}{3})}{2} = 189,5 \text{ cmkg}.$$

Die aufzunehmende Verkehrslast p folgt dann aus $\frac{(0,012 + p + 12 \cdot 0,0018) 100^2}{8} = 189,5$ mit $p = 0,118$ kg für 1 qcm oder 1180 kg für 1 qm, wobei das Einlageeisen mit 179 kg für 1 qcm noch sehr schwach ausgenutzt ist.

Soll dagegen eine 150 cm weite Platte aus Beton mit $s_{md} = 25$ kg für 1 qcm für 3000 kg für 1 qm Nutzlast unter Benutzung von 1-Eisen $3 \times 3 \times 0,4$ cm mit $f = 2,24$ qcm als Einlagen bei der Elastizitätsziffer $E_m = 150000$ kg für 1 qcm und $s_e = 800$ kg für 1 qcm, also $m = \frac{800 \cdot 150000}{25 \cdot 2100000} = 2,28$ unter Zulassung feiner Risse auf der Zugseite mit $a = 2,0$ cm durchgebildet werden, welche noch $g = 0,02$ kg für 1 qcm Fußbodenlast zu tragen hat, so ist zunächst das Eigengewicht der für diesen Zweck mit 15 cm Dicke eingeführten Platte bei 2200 kg für 1 cbm Gewicht des Betons mit $15 \cdot 0,0022 = 0,033$ kg für 1 qcm zu

schätzen und das Moment mit $M = \frac{1}{8} (0,02 + 0,3 + 0,033) 150^2 = 995 \text{ cmkg}$ festzusetzen; dann wird nach Gleichung 18

$$t = 2,24 \cdot 800 \sqrt{\frac{2(2 + 3 \cdot 2,28)}{3 \cdot 25 \cdot 995}} = 27,5 \text{ cm}; \quad d = 2 + \frac{2 \cdot 2,24 \cdot 800 (1 + 2,28)}{27,5 \cdot 25} = 17,1 \text{ cm}$$

$$\text{und } z = \frac{17,1 - 2}{1 + 2,28} = 4,6 \text{ cm}.$$

Man wird hier also die obersten 4,6 cm der 17,1 cm dicken Platte mit besonderer Sorgfalt und aus bestem Beton zu bilden haben, während der untere Beton in 12,5 cm Dicke etwas magerer sein kann; doch darf keine das Anbinden störende Trennungsfuge zwischen beiden Lagen liegen.

Die Rechnung zu wiederholen, weil die Plattendicke für die Gewichtsbestimmung mit 15 cm eingeführt, später aber mit 17,1 cm ermittelt wurde, ist erst bei größeren derartigen Abweichungen erforderlich.

Befonders ist noch hervorzuheben, daß nach den Gleichungssätzen 18 bis 20 auch *Hennebique*-Decken (siehe Fig. 277 u. 278, S. 141), Decken nach Fig. 270 u. 271 (S. 138), sowie *Moeller'sche* Decken (siehe Fig. 284, S. 143) und solche von *Szarbinowski* (siehe Fig. 366 bis 368, S. 173) berechnet werden können, wenn man unter z die Stärke der oberen durchlaufenden Platte, unter d die Gesamtdicke dieser und der Verstärkungsrippen, unter t die Teilung der Verstärkungsrippen, unter f den ganzen in einer Rippe enthaltenen Eisenquerschnitt und unter a den Abstand des Schwerpunktes dieses Eisenquerschnittes von der Rippenunterkante versteht.

b) Die Platte nimmt Biegemomente und Längsdruck auf; die Möglichkeit des Entstehens feiner Risse braucht nicht ausgeschlossen zu werden.

Zu den früheren Bezeichnungen kommt hier der Längsdruck D (Fig. 427). Wie früher wird $E_e : E_m = n$ und $s_e E_m : s_{md} E_e = m$ gesetzt.

Soll die Plattenstärke aus der Belaftung bestimmt werden, werden also d , z und t gesucht, so benutze man folgenden Gleichungssatz:

$$\left. \begin{aligned} \text{Hilfsgrößen: } \alpha &= a + \frac{3 D (1 + m)^2}{2 s_{md} (2 + 3 m)}, \quad \beta = 6 \frac{(M - D a) (1 + m)^2}{s_{md} (2 + 3 m)} - a^2, \\ d &= \alpha \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\beta}{\alpha^2}} \right), \quad z = \frac{d - a}{1 + m}, \quad t = \frac{2 f s_e}{-2 D + s_{md} z}. \end{aligned} \right\} 21.$$

Da der Gleichungssatz 21 auf der Annahme beruht, daß sich der Zugspannungen ausgesetzte Teil des Querschnittes des Verbundkörpers wegen Ueberschreitung der Zugfestigkeit geöffnet habe, also keine Spannung mehr aufnimmt, so gelten die Gleichungen nicht, wenn der Längsdruck D so groß wird, daß dieses Ueberschreiten der Zugfestigkeit nicht eintritt oder daß gar der ganze Querschnitt unter Druckspannung bleibt. Letzterer Fall tritt ein, wenn unter Einfügen der nach Gleichung 21 ermittelten Werte d und z

$$D > \frac{s_{md} z}{2} \dots \dots \dots 22.$$

wird, weil sich dann t negativ ergibt, was beweist, daß die ganze Zugspannung des Eisens durch Druck überwogen wird. Ob die etwa auftretende Zugspannung unter der Zugfestigkeit bleibt, ist durch Lösung der Gleichung 16 oder 17 nach D zu ermitteln, wenn man hier für s_{ms} die Zuggrenze s_{gr} und für die übrigen Größen die bei der vorläufigen Berechnung nach Gleichung 21 erhaltenen Werte unter beliebiger Wahl eines positiven t einführt. Dann lautet die Bedingung dafür, daß der Gleichungssatz 21 nicht mehr verwendet werden darf,

246
Platte
gedrückt und
gebogen;
feine Risse
zulässig.

bei Platten mit zwei Einlagen:

$$D \geq \left(\frac{M}{W''} - \frac{s_{max}}{t} \right) (F + n f), \dots \dots \dots 23.$$

bei Platten mit einer Einlage:

$$D \geq \left(\frac{M}{W'} - \frac{s_{max}}{t} \right) : \left(\frac{1}{F + n f} - \frac{\zeta}{W'} \right) \dots \dots \dots 24.$$

Wird die Bedingung der Gleichung 22 oder die dem Falle entsprechende der Gleichungen 23 oder 24 erfüllt, so kann der Gleichungssatz 21 nicht auf den Fall angewendet, vielmehr muß nach Gleichung 16 oder 17 gerechnet werden.

Uebrigens liefert der Gleichungssatz 21 wegen der Vernachlässigung der auch bei Eintreten feiner Risse in einem gewissen Querschnittsteile auftretenden, günstig wirkenden Zugspannungen, auch für die Fälle, in denen er verwendbar ist, etwas zu starke Werte, so daß man sie unbedenklich nach unten abrunden kann.

Soll die zulässige Leistung einer gegebenen Platte ermittelt werden, sind also M , D und z zu berechnen, so benutze man die Gleichungen:

$$z = \frac{d - a}{1 + m}; \quad D = -\frac{f s_e}{t} + \frac{s_{md} z}{2}; \quad M = \frac{f s_e (d - a - z/3)}{t} + \frac{D}{6} (3d - 2z) \dots 25.$$

Beispiel. Wäre die zu Gleichung 18 ausgerechnete Verbundplatte außer dem Moment von 995 kg für 1 cm Länge auch noch dem Längsdrucke $D = 40$ kg ausgesetzt, so folgten die bei fast unveränderten Grundlagen nun nötigen Abmessungen nach Gleichung 21 mit:

$$\alpha = 2 + \frac{3 \cdot 40 (1 + 2,28)^2}{2 \cdot 25 (2 + 3 \cdot 2,28)} = 4,925, \quad \beta = 6 \frac{(995 - 40 \cdot 2) (1 + 2,28)^2}{25 (2 + 3 \cdot 2,28)} - 2^2 = 263;$$

also

$$d = 4,925 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{263}{4,925^2}} \right) = 21,8 \text{ cm}, \quad z = \frac{21,8 - 2}{1 + 2,28} = 6,05 \text{ cm},$$

$$t = \frac{2 \cdot 2,24 \cdot 800}{-2 \cdot 40 + 25 \cdot 6,05} = 50,2 \text{ cm}.$$

Diese Platte ist somit wegen des Längsdruckes um 4 cm stärker geworden. Dies ist erklärlich, weil, auf die Zugspannungen im Mörtel gar nicht mehr gerechnet wurde, der Längsdruck also die Druckspannungen erhöht und die Eifeneinlagen entlastet. Daher ist die Teilung der letzteren auch von 27,5 cm auf 50,2 cm gewachsen; an Eisen wird demnach durch den Längsdruck gespart.

Hätte man die Leistungsfähigkeit der so festgestellten Platte mit $d = 21,8$ cm, $t = 50,2$ cm, $f = 2,24$ qcm $e_e = 800$ kg, $s_{md} = 25$ kg, $E_m = 150000$ kg und $E_e = 2100000$ kg für 1 qcm, also $n = \frac{210000}{150000} = 14$ und $m = 2,28$, $a = 2,0$ cm zu ermitteln gehabt, so würde diese aus Gleichung 25 folgen mit

$$z = \frac{21,8 - 2}{1 + 2,28} = 6,05; \quad D = -\frac{2,24 \cdot 800}{50,2} + \frac{25 \cdot 6,05}{2} = 40 \text{ kg};$$

$$M = \frac{2,24 \cdot 800 \left(21,8 - 2 - \frac{6,05}{3} \right)}{50,2} + \frac{40}{6} (3 \cdot 21,8 - 2 \cdot 6,05) = 995 \text{ cmkg}.$$

Für sehr große Drücke D wird t nach Gleichung 21 negativ; dies beweist dann vollständige Entlastung der Eifeneinlagen. t wird ∞ für $D = \frac{s_{md} z}{2}$; dieser Druck macht dann die Einlagen gerade unnötig.

e) Die Zugspannungen im gezogenen Plattenteile werden bis zur Streckgrenze s_{st} der Umhüllung als wirksam eingeführt.

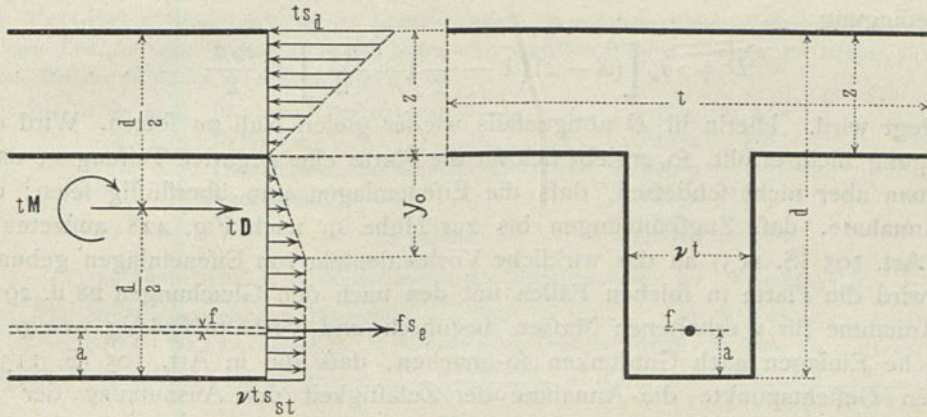
Der Zustand der Platte, welcher sich auf dieser in Art. 105 (S. 113) besprochenen Grundlage entwickelt, ist in Fig. 428 dargestellt. Für diesen Fall werden in möglichster Uebereinstimmung mit den früheren die folgenden Bezeichnungen

247.
Zug-
spannungen
bis zur
Streckgrenze
berücksichtigt.

eingeführt: E_e Elastizitätsziffer des Eisens, E_d der Umhüllung für Druckspannung, E_z der Umhüllung für Zugspannungen bis zur Streckgrenze s_{st} ; s_d grösste Druckspannung in der Umhüllung und s_e Spannung in den Einlagen.

Die Plattenmasse gehen aus Fig. 428 hervor; der Allgemeinheit wegen ist gleich die durch Rippen verstärkte Decke zu Grunde gelegt, wie sie nach Fig. 267

Fig. 428.



u. 268 (S. 137), 270 u. 271 (S. 138), 277 bis 279 (S. 141), 283 u. 284 (S. 143), 286 (S. 145), 288 (S. 146) u. 293 (S. 147) in der verschiedenartigsten Weise zur Ausführung gelangen. t ist dabei die Rippenteilung, f der Querschnitt sämtlicher Einlagen einer Rippe und vt die Rippenbreite. Ist die Platte unten glatt, so ist $v=1$ zu setzen, und t bezeichnet dann die Teilung der einzelnen Einlagen, jede des Querschnittes f .

M ist wieder das Biegemoment, D der Längsdruck für die Tiefeneinheit der Platte, und zwar wird D als in der Mitte der Gesamtdicke d wirkend eingeführt; wirkt es um δ ausserhalb dieser Mitte, so füge man D in der Dickenmitte positiv und negativ hinzu und schlage das Moment $\pm D\delta$ zu dem aus den Lasten ermittelten M , dann mit Recht D als in der Dickenmitte wirksam einführend.

Nun führe man die folgenden vorweg zu berechnenden Hilfsgrößen ein, indem man für v eine zweckmässig erscheinende Annahme macht:

$$r = \frac{s_{st}}{s_e} \frac{E_e}{E_z}, \quad n = \frac{s_d}{s_e} \frac{E_e}{E_d}, \quad \dots \quad 26.$$

$$N = \frac{1}{2(1+n)^2} \left\{ s_d \frac{n(2n+3)}{3} - v s_{st} \left[1 - r \left(1 - \frac{r}{3} \right) \right] \right\} \dots \quad 27.$$

Die Abmessungen der Platte sind dann zu bestimmen nach

$$d = a + \frac{1}{N} \left[\frac{D}{4} + \sqrt{\left(\frac{D}{4} \right)^2 + N \left(M - \frac{a}{2} (D + v a s_{st}) \right)} \right] \dots \quad 28.$$

$$z = \frac{n}{1+n} (d - a) \dots \quad 29.$$

$$t = \frac{f s_e}{s_d \frac{z}{2} - D - v s_{st} \left[(d - z) \left(1 - \frac{r}{2} \right) + \frac{ar}{2} \right]} \dots \quad 30.$$

Wirkt M allein ohne Längsdruck D , so ist D in diesen Gleichungen 28 u. 30

gleich Null zu setzen. In allen Fällen ist der Abstand y_0 der Stelle, an der die Streckgrenze s_{st} erreicht wird, von der Nulllinie (Fig. 428)

$$y_0 = r(d - a - z) \dots \dots \dots 31.$$

Bei den Rippenplatten, für die $\nu < 1$ ist, wird die obere Druckplatte mit der Dicke z ausgeführt.

Auch diese Gleichungen haben einen bestimmten Gültigkeitsbereich, der durch die Bedingung

$$D + \nu s_{st} \left[(d - z) \left(1 - \frac{r}{2} \right) + \frac{ar}{2} \right] < \frac{s_d z}{2} \dots \dots \dots 32.$$

festgelegt wird. Hierin ist D nötigenfalls wieder gleich Null zu setzen. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, so ergibt sich für die Platte eine negative Teilung t ; daraus darf man aber nicht schließen, daß die Eifeneinlagen nun überflüssig seien; denn die Annahme, daß Zugspannungen bis zur Höhe s_{st} nach Fig. 428 auftreten, ist nach Art. 105 (S. 113) an das wirkliche Vorhandensein von Eifeneinlagen gebunden. Man wird die Platte in solchen Fällen mit den nach den Gleichungen 28 u. 29 und der Annahme für ν erhaltenen Mäßen ausführen und verhältnismäßig wenige und schwache Einlagen nach Gutdünken so machen, daß die in Art. 105 (S. 113) erörterten Gesichtspunkte die Annahme der Zulässigkeit der Ausnutzung der Zugspannungen bis zur Höhe s_{st} berechtigt erscheinen lassen.

Ergibt die gemachte Annahme für ν unzuweckmäßige Abmessungen, so wiederhole man die Rechnung mit einer zweckmäßigeren Annahme für dieses Verhältnis.

Beispiel 1. Ein 2,50 m weites Balkenfach soll mit einer Verbundplatte gedeckt werden, welche unten glatt ist ($\nu = 1$). Die Decke trägt:

Estrich mit Linoleum	50 kg für 1 qm
Deckenputz	40 kg „
Eigengewicht der Platte, geschätzt	350 kg „
Verkehrslast	500 kg „
im ganzen	940 kg für 1 qm.

Die Last für 1 qcm beträgt also: $0,01 \cdot 0,01 \cdot 940 = 0,094$ kg für 1 qcm.

Die einzufetzenden Spannungen sind für den verwendeten guten Beton $s_d = 30$ kg für 1 qcm, $s_{st} = 4$ kg für 1 qcm, für das Eisen $s_e = 800$ kg für 1 qcm, die Elastizitätsziffern $E_d = 150\,000$ kg für 1 qcm, $E_z = 70\,000$ kg für 1 qcm und $E_e = 2\,100\,000$ kg für 1 qcm. Alsdann ist nach Gleichung 26

$$r = \frac{4 \cdot 2\,100\,000}{800 \cdot 70\,000} = 0,15, \quad z = \frac{30 \cdot 2\,100\,000}{800 \cdot 150\,000} = 0,525$$

und nach Gleichung 27

$$N = \frac{1}{2 \cdot 1,525^2} \left\{ 30 \frac{0,525(1,050 + 3)}{3} \left[-1,41 - 0,15 \left(1 - \frac{0,15}{3} \right) \right] \right\} = 3,72;$$

fomit nach Gleichung 28

$$d = 1,5 + \frac{1}{3,72} \sqrt{3,72 \left(\frac{0,094 \cdot 250^2}{8} - \frac{1,5^2}{2} \cdot 1,4 \right)} = 1,5 + 14 = 15,5 \text{ cm,}$$

wenn die Drahtmitte $a = 1,5$ cm von Unterkante gelegt wird. Der Draht hat 6 mm Durchmesser, also $f = \frac{0,6^2 \pi}{4} = 0,282$ qcm.

Weiter folgt aus Gleichung 29

$$z = \frac{0,525}{1,525} (15,5 - 1,5) = 4,8 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0,282 \cdot 800}{30 \frac{4,8}{2} - 1,4 \left[(15,5 - 4,8) \left(1 - \frac{0,15}{2} \right) + \frac{1,5 \cdot 0,15}{2} \right]} = \frac{225}{72 - 40} = 7,05 \text{ cm.}$$

Nach Gleichung 31 ist $y_0 = 0,15 (15,5 - 1,5 - 4,8) = 1,38$ cm; demnach tragen die unteren $15,5 - 4,8 - 1,38 = 9,32$ cm der Dicke die volle Streckgrenzenspannung $s_{st} = 4$ kg für 1 qm.

D ist überall gleich Null gesetzt.

Die Bedingung der Gleichung 32 ist erfüllt, wie sich schon aus dem Positivwerden von t ergibt.

Die Platte ist also 15,5 cm dick zu machen; jedoch kann bei guter Herstellung der obere Efrisch in diese Dicke mit eingerechnet werden. Sie erhält 6 mm dicke Einlagen in 7,05 cm Teilung mit der Mitte 1,5 cm von der Unterkante. Das Gewicht der Platte ist bei 2200 kg für 1 cbm Gewicht des Betons mit Eisen $0,155 \cdot 2200 = 341$ kg für 1 qm, während 350 kg für 1 qm eingeführt sind.

Beispiel 2. Ein 7,50 m breiter Ausstellungsfaal, in welchem 600 kg Verkehrslast auf 1 qm aufzunehmen sind, soll eine Verbunddecke mit unten vorspringenden Rippen erhalten; die Rippen sollen etwa ein Sechstel der Saallänge einnehmen; $\nu = 0,17$.

Die Lasten sind: Blind- und Parkettboden	70 kg für 1 qm
Deckenputz	40 kg „
Durchschnittliches Gewicht der Decke	390 kg „
Verkehrslast	600 kg „
im ganzen	1100 kg für 1 qm

oder $p = 1,1$ t für 1 qm. Demnach ist das aufzunehmende Biegemoment für 1 m Saallänge $M = \frac{1,1 \cdot 7,5^2}{8} = 7,75$ mt. Für sorgfältig ausgeführten Beton wird $s_d = 350$ t für 1 qm, $s_e = 50$ t für 1 qm, $E_d = 1800000$ t für 1 qm, $E_e = 750000$ t für 1 qm eingeführt. s_e wird für guten Draht = 16000 t für 1 qm, $E_e = 21000000$ t für 1 qm gesetzt. Nach Gleichung 26 ist $r = \frac{50 \cdot 21000000}{16000 \cdot 750000} = 0,0875$, $u = \frac{350 \cdot 21000000}{16000 \cdot 1800000} = 0,255$;

nach Gleichung 27: $N = \frac{1}{2 \cdot 1,255^2} \left\{ 350 \frac{0,255 \cdot 3,51}{3} - 0,17 \cdot 50 \left[1 - 0,0875 \left(1 - \frac{0,0875}{3} \right) \right] \right\} = 30,7$.

In jede Rippe werden 6 Drähte von 1,6 cm Durchmesser eingelegt mit der Mitte um $a = 0,02$ m von Unterkante; f ist also $6 \frac{0,016^2 \pi}{4} = 0,00121$ qm.

Nach Gleichung 28 ist demnach für $D = 0$

$$d = 0,02 + \frac{1}{30,7} \sqrt{30,7 \left(7,75 - \frac{0,02^2}{2} \cdot 0,17 \cdot 50 \right)} = 0,02 + 0,502 = 0,522 \text{ m,}$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0,255}{1,255} (0,522 - 0,02) = 0,102 \text{ m}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0,00121 \cdot 16000}{350 \cdot \frac{0,102}{2} - 0,17 \cdot 50 \left[(0,522 - 0,102) \left(1 - \frac{0,0875}{2} \right) + \frac{0,02 \cdot 0,0875}{2} \right]} = 1,34 \text{ m.}$$

Die Rippenbreite beträgt $\nu t = 0,17 \cdot 1,34 = 0,228 = \infty 0,23$ m.

Die durchschnittliche Plattendicke ist $0,102 + \frac{0,228 \cdot (0,522 - 0,102)}{1,34} = 0,173$ m, also das Gewicht $2200 \cdot 0,173 = 380$ kg für 1 qm; eingeführt sind 390 kg für 1 qm; die Bedingung der Gleichung 32 ist erfüllt.

Nun ist zu prüfen, ob die obere Platte mit $z = 0,102$ cm Tragdicke genügt, um die Lasten nach den Rippen hin zu übertragen.

Die Last ist hier: Fußboden und Deckenputz	110 kg für 1 qm
Plattengewicht $0,102 \cdot 2200$	225 kg „
Verkehrslast	600 kg „
im ganzen	935 kg für 1 qm

oder 0,935 t für 1 qm; also ist das negative Moment im Anschlusse der Platte an die Rippe bei $1,34 - 0,23 = 1,11$ m Lichtweite als Endein Spannungsmoment $\frac{0,935 \cdot 1,11^2}{12} = 0,096$ mt. Hier werden Drähte von

6 mm Dicke mit $f = \frac{0,006^2 \cdot \pi}{4} = 0,000282$ qm in $a = 0,015$ m Mittenabstand von Unterkante der glatten Platte eingelegt, für die also $\nu = 1$ ist. Demnach ist nach Gleichung 28 die erforderliche Stärke der oberen Platte

$$d = 0,015 + \frac{1}{30,7} \sqrt{30,7 \left(0,096 - \frac{0,015^2}{2} \cdot 1 \cdot 50 \right)} = 0,015 + 0,049 = 0,064 \text{ m};$$

dabei wäre nach Gleichung 29

$$z = \frac{0,255}{1,255} (0,064 - 0,015) = 0,01 \text{ m}$$

Fig. 429.

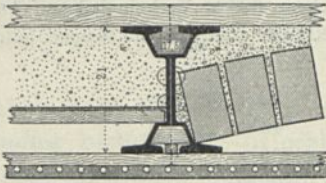
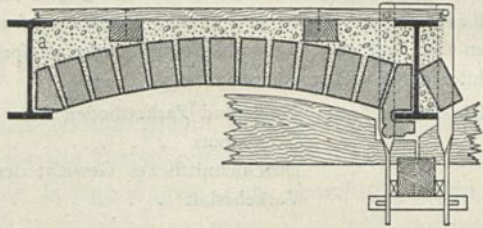


Fig. 430.



und nach Gleichung 30

$$t = \frac{16000 \cdot 0,0000282}{350 \frac{0,01}{2} - 1 \cdot 50 \left[(0,064 - 0,01) \left(1 - \frac{0,0875}{2} \right) + \frac{0,015 \cdot 0,0875}{2} \right]} = -0,53 \text{ m}.$$

Hier tritt also der Fall ein, daß die Bedingung der Gleichung 32 nicht erfüllt ist; die Drähte sind somit nach Gutdünken zu verteilen. Da die Platte aber als Druckgurtung der ganzen Decke außerdem noch statt 0,064 m nach obiger Rechnung 0,1102 m stark gemacht werden muß, so ist sie für die Übertragung der Last nach den Rippen reichlich stark. Man wird ihr Drähte quer zu den Rippen in etwa 20 cm Teilung einlegen. Da die Zugseite dieser oberen Platte mitten in den Feldern unten, über den Rippen oben liegt, so müssen die Einlagedrähte so geschlängelt werden, daß sie über den Rippen der Oberkante, in den Feldmitten der Unterkante nahe treten.

Die Gleichungen 21 bis 32 werden später für die Berechnung von Wölbungen mit Eifeneinlagen herangezogen werden, da bei solchen das gleichzeitige Auftreten von Momenten und Längsdrücken die Regel bildet. Hier wird dann auch die Verwendung der Gültigkeitsbedingungen (Gleichungen 22 bis 24 u. 32) durch weitere Beispiele erläutert werden.

Fig. 431.

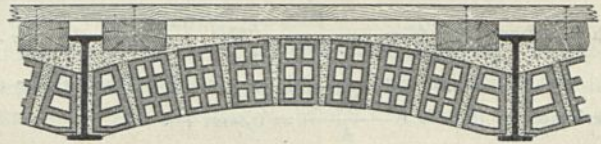


Fig. 432.

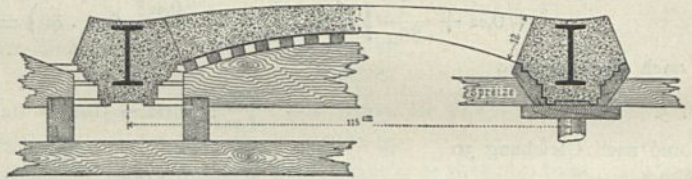


Fig. 433.

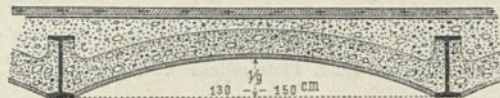


Fig. 434.

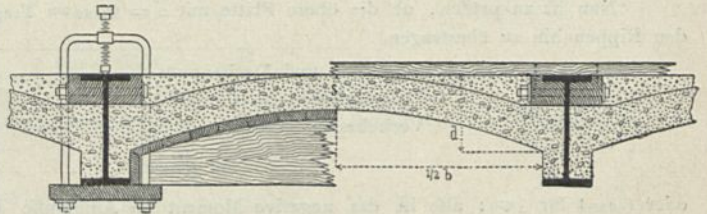
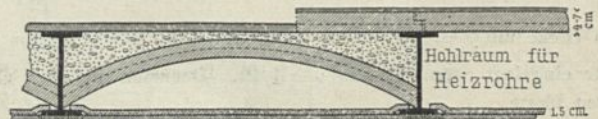


Fig. 435.



δ) Auswölbungen der Trägerfache.

Die Auswölbung hat den grundsätzlichen Vorteil, daß dabei stets Längsdruck neben den Biegemomenten erzeugt wird, auf dessen günstige Wirkung für die Fachausfüllungen schon wiederholt hingewiesen wurde.

248.
Vorteile
und
Einteilung.

Bei den gewölbten Fachausfüllungen ist zu unterscheiden zwischen solchen, die ohne Einlagen mit verhältnismäßig großen Stärken auf breiter Kämpferfuge stehen und eben wegen des Mangels von Zuggliedeinlagen thunlichst so durchgebildet werden, daß sie auch bei einseitiger Belastung nur Druckspannungen aufzunehmen haben, und solchen, die mit Zugeinlagen, aus besten Stoffen in geringer Dicke ausgebildet, als in den Kämpfern frei verdrehbar angefaßt werden können, und bei denen einseitige Belastung auf der belasteten Seite unten, auf der unbelasteten oben Zugspannungen hervorruft.

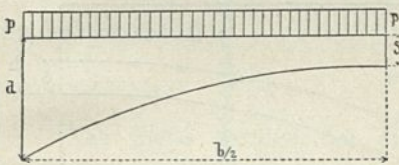
Beispiele der ersten Art geben Fig. 429 bis 435 für verschiedene Backstein- und Betonwölbungen; ein solches der zweiten Art zeigt Fig. 434 eine *Monier*-Fachausfüllung, bei der jedoch die dargestellte Mitteleinlage besser durch zwei nahe an den Außenflächen liegende Einlagen ersetzt wird.

2) Wölbungen aus Mauerwerk oder Beton ohne Einlagen.

Die Auswölbung der Balkenfache ohne Uebermauerung im Scheitel ist üblich bei Betonwölbung (siehe Kap. 4, unter a, 3, α, S. 105 und a, 4, α, S. 130³³⁰), jedoch auch bei Backsteinwölbung (siehe Kap. 4, unter a, 1, S. 85 und a, 2, S. 97) verwendbar. Als Weite *b* der Wölbung wird in der Regel die Trägerteilung anzusehen sein; doch kann man, genau genommen, auch das Lichtmaß zwischen den Kanten der Trägerflanschen einführen (Fig. 431, 432 u. 434).

249.
Auswölbung
ohne
Einlagen
und ohne
Scheitel-
übermauerung.

Fig. 436.



Sind für eine derartige Wölbung (Fig. 436) die zulässige Beanspruchung auf die Flächeneinheit des Kappenquerschnittes *s*, das Gewicht der Kappe und der Schenkelübermauerung *γ* für die Raumeinheit, die gleichförmig verteilte Nutzlast *p* für die Flächeneinheit, so sind in der Regel *p*, *γ*, *b* und *s* gegeben, und die ganze Wölbhöhe *d*, die Scheitelstärke *δ* und der wagrechte Schub *H'* folgen aus

$$d = \frac{b^2 (6p + 5\gamma\delta) + 16s\delta^2}{24s\delta - \gamma b^2}; \dots \dots \dots 33.$$

$$\delta = 0,75 d - \frac{5}{32} \frac{\gamma b^2}{s} - \sqrt{\left(0,75 d - \frac{5}{32} \frac{\gamma b^2}{s}\right)^2 - \frac{b^2}{16s} (\gamma d + 6p)}; \dots \dots 34.$$

$$H' = \frac{s\delta}{2} \dots \dots \dots 35.$$

Der wagrechte Widerstand, welchen ein unbelastetes Gewölbe einem benachbarten, voll belasteten höchstens leisten kann, beträgt

$$H'' = \frac{\sqrt{9s^2(d-2\delta)^2 + \gamma s b^2(d+5\delta)} - 3s(d-2\delta)}{8} \dots \dots 36.$$

In gewissen Fällen, namentlich bei großem *δ* und kleinem *d*, kann sich nach

³³⁰) Siehe: ENGESSEK, F. Ueber die Festigkeit von Beton-Bogen. Deutsche Bauz. 1881, S. 580.

diesen Formeln H'' gröfser als H' ergeben, was widersinnig wäre. In solchen Fällen ist dann $H'' = H'$ anzunehmen.

Beispiel. Für einen Speicherboden seien die Trägerteilung ($b =$) 1,60 m, die Belastung ($p =$) 750 kg auf 1 qm, das Gewicht des verwendeten Betons 2200 kg für 1 cbm und die zulässige Beanspruchung (s) für die Betonmischung mit Rücksicht auf vorkommende Stöfse 30 000 kg für 1 qm; schliesslich soll der Scheitel die Stärke von 10 cm erhalten, sonach $\delta = 0,10$ m sein. Dann ist nach Gleichung 33 die ganze Wölbhöhe

$$d = \frac{1,6^2 (6 \cdot 750 + 5 \cdot 2200 \cdot 0,1) + 16 \cdot 30\,000 \cdot 0,1^2}{24 \cdot 30\,000 \cdot 0,1 - 2200 \cdot 1,6^2} = 0,228 \text{ m,}$$

und der Schub des Gewölbes für 1 m Länge nach Gleichung 35

$$H' = \frac{30\,000 \cdot 0,1}{2} = 1500 \text{ kg;}$$

ferner der Widerstand des unbelasteten Gewölbes nach der Gleichung 36

$$H'' = \frac{\sqrt{9 \cdot 30\,000^2 (0,228 - 2 \cdot 0,1)^2 + 2200 \cdot 30\,000 \cdot 1,6^2 (0,228 + 5 \cdot 0,1)} - 3 \cdot 30\,000 (0,228 - 2 \cdot 0,1)}{8} = 1110 \text{ kg.}$$

Wäre z. B. wegen bestimmter Höhe der ganzen Decke von vornherein $d = 0,30$ m vorgeschrieben, so wäre nach Gleichung 34

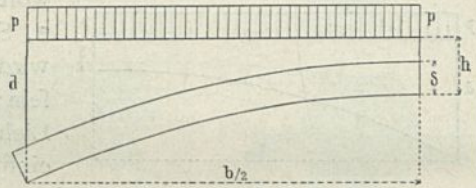
$$\delta = 0,75 \cdot 0,3 - \frac{5}{32} \frac{2200 \cdot 1,6^2}{30\,000} - \sqrt{\left(0,75 \cdot 0,3 - \frac{5}{32} \frac{2200 \cdot 1,6^2}{30\,000}\right)^2 - \frac{1,6^2}{16 \cdot 30\,000} (2200 \cdot 0,3 + 6 \cdot 750)} = 0,092 \text{ m}$$

zu machen.

250.
Auswölbung
ohne Einlagen
mit
Scheitel-
übermauerung.

Die Auswölbung mit Uebermauerung im Scheitel (Fig. 430, 433) wird namentlich bei Backsteinwölbungen verwendet, ist jedoch auch bei Betonwölbungen verwendbar, wenn man eine Wölbung aus fetter Mischung von der mageren Ueberfüllung gefondert herstellt (Fig. 433). Das Gewicht der Uebermauerung kann in der Regel gleich dem der Wölbung γ gesetzt werden. Bei Backsteinwölbungen ist hier δ gegeben, nämlich der gewählten Steinstärke gleich zu setzen (siehe Fig. 430). Uebermauerung und Scheitel haben zusammen die Stärke h .

Fig. 437.



Mit Bezug auf Fig. 437 sind hier bei den obigen Bezeichnungen

$$d = \frac{8 s \delta (3 h - \delta) + b^2 (6 p + 5 \gamma h)}{24 \delta s - \gamma b^2}, \quad \dots \quad 37.$$

$$\delta = 0,5 \sqrt{9 (d - h)^2 + \frac{b^2}{s} \left[\frac{\gamma (d + 5 h)}{2} + 3 p \right]} - \frac{3}{2} (d - h), \quad \dots \quad 38.$$

$$H' = 0,5 s \delta, \quad \dots \quad 39.$$

und der größtmögliche Gegen Schub des unbelasteten Gewölbes

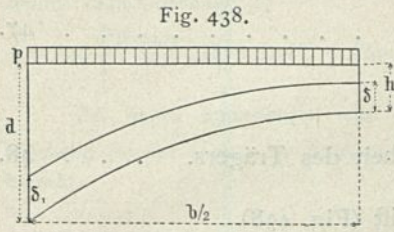
$$H'' = 0,125 \left[\sqrt{9 s^2 (d - h - \delta)^2 + \gamma s b^2 (d + 5 h)} - 3 s (d - h - \delta) \right] \quad \dots \quad 40.$$

Würde hiernach $H'' > H'$, so wäre $H'' = H'$ anzunehmen. Bei durch die Trägerverhältnisse festgesetztem d und angenommenem δ kann h bestimmt werden aus

$$h = \frac{8 s \delta (3 d + \delta) - b^2 (6 p + \gamma d)}{5 \gamma b^2 + 24 s \delta} \quad \dots \quad 41.$$

Eine üble Eigenschaft aller Kappenwölbungen ist die durch sie erzeugte wagrechte Belastung der sie aufnehmenden Träger, da diese in seitlicher Richtung nicht viel Widerstand leisten können, selbst wenn man besondere, teure Trägerquer-

schnitte — etwa nach *Gocht*, *Klette* oder *Lindsay* (vergl. Art. 85, S. 95) — verwendet. Auf die entsprechende Trägerberechnung wird später eingegangen werden.



Die Kappen lassen sich jedoch so bemessen, daß die unbelastete im Stande ist, ohne Ueberschreitung der zulässigen Beanspruchung einen dem Schube der benachbarten, belasteten Kappe gleichen Widerstand zu leisten, wobei dann auf die Träger keine seitliche Belastung, sondern nur ein geringes Verdrehungsmoment einwirkt, das jedoch in der Trägermitte bei voller Belastung den Wert Null

251.
Kappen
mit gleichem
Schube auf
der
belasteten
und
unbelasteten
Seite.

hat und nach den Enden hin anwächst, von den Trägern daher in der Regel leicht aufgenommen wird.

Die Abmessungen solcher Kappen gleichen Schubes sind nach den Gleichungen 42 bis 51 zu bestimmen, welche zugleich den Fall berücksichtigen, daß Kappe und Uebermauerung verschiedenes Einheitsgewicht γ und γ_1 haben (siehe Fig. 433 u. 438).

Zu unterscheiden sind noch die beiden Fälle, daß die Kappe überall gleich stark ist, oder daß sie so an Stärke zunimmt, daß überall die lotrechte Abmessung der geneigten Wölbflächen gleich δ wird.

Für beide Fälle ist (Fig. 438)

$$\delta_1 = \delta (1 + k), \quad 42.$$

und zwar im ersteren Falle

$$k = 8 \left(\frac{d-h}{b} \right)^2, \quad 43.$$

im letzteren Falle

$$k = 16 \left(\frac{d-h}{b} \right)^2. \quad 44.$$

Die Pfeile werden bei diesen Kappen sehr flach. Die Werte für k folgen für einige der gewöhnlichsten Pfeilverhältnisse $\frac{d-h}{b}$ aus der nachstehenden Zusammenstellung.

$\frac{d-h}{b} =$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{22}$
Kappenstärke bleibt unverändert Gleichung 43: $k = 8 \left(\frac{d-h}{b} \right)^2$	0,055	0,036	0,025	0,020	0,0165
Kappenstärke wächst Gleichung 44: $k = 16 \left(\frac{d-h}{b} \right)^2$	0,111	0,072	0,050	0,040	0,033

Ein dem gerade vorliegenden Falle nach Schätzung entsprechender Wert für k ist zunächst anzunehmen; dann ergeben sich die übrigen Abmessungen nach dem aus äußeren Bedingungen von vornherein feststehenden h , wie folgt:

$$\delta = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{3p}{s(2+k)}}; \quad 45.$$

$$d = h + b \frac{6 [\gamma h (2 + k) + p (1 + 2k)] + (\gamma_1 - \gamma) \delta (6 + k) (2 + k)}{\sqrt{432 s p (2 + k) - \gamma b (2 + k)}}; \quad 46.$$

$$H' = H'' = \frac{\delta s}{2}. \quad 47.$$

Das Verdrehungsmoment für den Träger ist

$$M_t = \frac{s \delta^2 (1 + k)}{6} \text{ für die Längeneinheit des Trägers.} \quad 48.$$

Das Gewicht der Längeneinheit einer Kappe ist (Fig. 438)

$$G = b \left[\frac{\gamma}{3} (d + 2h) + (\gamma_1 - \gamma) \frac{\delta}{2} \left(1 + \frac{k}{3} \right) \right]. \quad 49.$$

Ist das Einheitsgewicht der Uebermauerung gleich dem der Kappe, also $\gamma = \gamma_1$, so bleiben die obigen Gleichungen bestehen; nur geht Gleichung 46 über in

$$d_{\gamma=\gamma_1} = h + b \frac{6 [\gamma h (2 + k) + p (1 + 2k)]}{\sqrt{432 s p (2 + k) - \gamma b (2 + k)}} \quad 50.$$

und Gleichung 39 in

$$G_{\gamma=\gamma_1} = \frac{\gamma b (d + 2h)}{3}. \quad 51.$$

Ergibt sich in bestimmtem Falle nach Gleichung 45 ein δ , welches gröfser ist als das zunächst angenommene h , so ist in den weiteren Formeln δ statt h einzuführen, und die Kappe erhält im Scheitel keine Uebermauerung.

Schliesslich ist zu prüfen, ob für die berechnete Kappe $\frac{d-h}{b}$, d. h. das Pfeilverhältnis, mit demjenigen übereinstimmt, welches dem zuerst angenommenen k -Werte nach Gleichung 43 oder 44 zu Grunde liegt. Ist dies nicht der Fall, so ist die Rechnung mit dem dem berechneten $\frac{d-h}{b}$ nach Gleichung 43 oder 44 entsprechenden k zu wiederholen. Da sich jedoch die Gröfzen δ und d mit erheblichen Abweichungen von k nur langsam ändern, so wird diese Berichtigungsrechnung nur selten erforderlich werden.

Beispiel. In einem Lagerhaufe sollen die Kappen zwischen Eifenträgern so gewölbt werden, dafs letztere, abgesehen vom Randträger, keinen Seitenschub erhalten. Die Dicke der Decke soll an den schwächsten Stellen, wegen Dichtigkeit gegen Kälte, mindestens ($h =$) 18 cm betragen. Die Kappen werden in hartem Backstein mit $\gamma_1 = 0,0018$ kg für 1 cbcm und mit Rücksicht auf Stöfse $s = 6$ kg für 1 qcm gewölbt, dann mit Schlackenbeton ($\gamma = 0,00123$ kg für 1 cbcm) überstampft; die Trägerteilung ist ($b =$) 150 cm und die zu tragende Verkehrslast ($p =$) 0,12 kg für 1 qcm.

Es ist zunächst bei Backsteinwölbung gleich bleibende Kappenstärke vorauszusetzen und daher nach der Zusammenstellung zu Gleichung 43, bei dem angenommenen Pfeilverhältnisse $\frac{d-h}{b} = \frac{1}{20}$, $k = 0,02$ einzuführen. Dann wird nach Gleichung 45

$$\delta = \frac{150}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,12}{6 \cdot 2,02}} = 12,92 \text{ cm} = \infty 13 \text{ cm},$$

und nach Gleichung 46

$$d = 18 + 150 \frac{6 (0,00123 \cdot 18 \cdot 2,02 + 0,12 \cdot 1,04) + (0,0018 - 0,00123) \cdot 12,92 \cdot 6,02 \cdot 2,02}{\sqrt{432 \cdot 6 \cdot 0,12 \cdot 2,02 - 0,00123 \cdot 150 \cdot 2,02}} = 24,72 \text{ cm} = \infty 25 \text{ cm};$$

ferner nach Gleichung 47

$$H' = H'' = \frac{12,92 \cdot 6}{2} = 37,8 \text{ kg für 1 lauf. Centim. Träger};$$

nach Gleichung 48

$$M_t = \frac{6 \cdot 12,02^2 \cdot 1,02}{6} = 170 \text{ cmkg für 1 lauf. Centim. Träger;}$$

endlich nach Gleichung 49

$$G = 150 \left[\frac{0,00123}{3} (25 + 2 \cdot 18) + (0,0018 - 0,00123) \frac{13}{2} \left(1 + \frac{0,02}{3} \right) \right] = 4,31 \text{ kg für 1 lauf. Centim. Träger.}$$

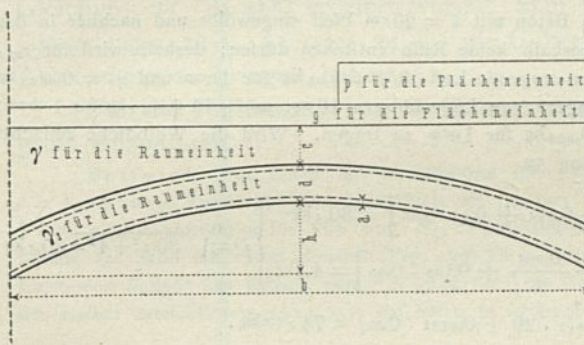
Bei diesen Abmessungen wird $\frac{d-h}{b} = \frac{25-18}{150} = \frac{1}{21,4}$; angenommen war $\frac{1}{20}$. Diese Abweichung hat auf k einen so geringen Einfluss, dass die Berichtigungsrechnung nicht ange stellt zu werden braucht.

B) Wölbungen mit Eifeneinlagen; gewölbte Verbundkörper.

Wölbungen mit Eifeneinlagen werden da verwendet, wo die Querschnitte auch Zugspannungen ausgesetzt sein können, also dieselben Anforderungen an die Wölbung gestellt werden wie bei den Platten. Dies tritt namentlich ein, wenn die Spannweite gegen die Gewölb dicke groß ist und eine starke Verkehrs last in beliebiger Verteilung bei großer Spannweite getragen werden soll. In solchen Fällen haben die gefährlichsten Querschnitte bei verschiedenen Laststellungen Biegemomente verschiedenen Sinnes und fast gleicher Größe aufzunehmen, so dass bald die äußere, bald die innere Laibung die gezogene ist und zwei Eifeneinlagen zu verwenden sind. Daneben tritt stets Längsdruck auf.

252.
Gewölbte
Verbundkörper.

Fig. 439.



In Fig. 439 ist der allgemeinste Fall einer solchen Verbundwölbung der Dicke d im Scheitel mit zwei Einlagen, der Uebermauerung c , der Fußboden- und Füllstofflast g und der Verkehrs last p bei der Spannweite b und dem Pfeile h angedeutet.

Die Wirkungen der Lasten sind zunächst zu bestimmen nach den Gleichungen für den Querschnitt im Viertel der Weite b :

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{b^2}{8h} \left[\gamma_1 d + \gamma \left(c + \frac{h}{5} \right) + g + 0,4 p \right]; \\ V &= b \left[\frac{\gamma_1 d}{4} + \gamma \left(\frac{c}{4} + \frac{h}{48} \right) + \frac{g}{4} + 0,108 p \right]; \\ D &= \sqrt{H^2 + V^2}; \quad M = b^2 (0,00078 \cdot \gamma h + 0,0162 p); \end{aligned} \right\} \dots 52.$$

für den Scheitelquerschnitt

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{b^2}{8h} \left[\gamma_1 d + \gamma \left(c + \frac{h}{5} \right) + g + 0,259 p \right]; \\ M &= b^2 (0,00417 \gamma h + 0,00463 p). \end{aligned} \right\} \dots 53.$$

Nach diesen Kraftwirkungen, zu deren Feststellung d zunächst innerhalb weiter Grenzen zu schätzen ist, erfolgt nun die Stärkenbestimmung des Verbundkörpers wie bei den Platten, wobei jedoch wieder zu unterscheiden ist, ob die Zugfestigkeit

der Umhüllung eingehalten werden muß oder überschritten werden darf, d. h. ob feine Riffe vermieden werden müssen, oder ob ihr Eintreten kein Bedenken hat, oder schließlich, ob nach den neuesten Erfahrungen die Ausnutzung der Zugspannungen bis zur Streckgrenze s_{st} zugelassen wird. Ferner ist zu unterscheiden, ob die Verbundwölbung überall gleiche Stärke haben oder ob die Stärke in den Schenkeln zunehmen soll; im ersteren Falle gilt nur Gleichung 52, in letzterem Gleichung 52 für den Querschnitt im Viertel, Gleichung 53 für den Scheitelquerschnitt.

253.
Riffe
ausgeschloffen;
Bogen überall
gleiche Stärke.

a) Die zulässige Zugspannung der Umhüllung s_{mz} darf nicht überschritten werden; die Wölbung erhält überall gleiche Stärke. Man bestimme D und M nach Gleichung 52, hierauf nach den anzunehmenden Verhältnissen je nach Art der Einlagen aus Gleichung 10 oder 14 die Größe W'' und dann nach Gleichung 10: s_{mz} . Bleibt diese Spannung unter der zulässigen, so war die angenommene Verbundwölbung zu stark; übersteigt sie die zulässige, so war die Wölbung zu schwach; die Rechnung ist zu wiederholen, bis genügende Uebereinstimmung erzielt ist.

Beispiel. In einem Verwaltungsgebäude soll ein Raum mit $b = 300$ cm breiten Balkenfachen in Verbundwölbung mit zwei Einlagen aus bestem Beton mit $h = 20$ cm Pfeil eingewölbt und nachher in der unteren Laibung mit Stuck verziert werden, weshalb keine Riffe entstehen dürfen; deshalb wird für s_{mz} die Grenze von 5 kg für 1 qcm festgesetzt. Die zu tragende Last ist $p = 0,05$ kg für 1 qcm und $\gamma_1 = 0,0022$ kg für 1 cbcm; die Ueberfüllung c beträgt zum Einlagern von Lagerhölzern 10 cm, und γ ist 0,0012 kg für 1 cbcm; weiter ist Parkett mit Blindboden mit $g = 0,004$ kg für 1 qcm zu tragen. Wird die Wölbstärke zunächst mit $d = 6$ cm angenommen, so ist nach Gleichung 52

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{300^2}{8 \cdot 20} \left[0,0022 \cdot 6 + 0,0012 \left(10 + \frac{20}{5} \right) + 0,004 + 0,4 \cdot 0,05 \right] = 30,4 \text{ kg} \\ V &= 300 \left[\frac{0,0022 \cdot 6}{4} + 0,0012 \left(\frac{10}{4} + \frac{20}{48} \right) + \frac{0,004}{4} + 0,108 \cdot 0,05 \right] = 4,0 \text{ kg} \end{aligned} \right\} D = \sqrt{30,4^2 + 4^2} = 30,6 \text{ kg;} \\ M &= 300^2 (0,00078 \cdot 0,0012 \cdot 20 + 0,0162 \cdot 0,05) = 74,3 \text{ cmkg.}$$

Wird der Verbundkörper mit Drähten von 1,0 cm Durchmesser $f = 0,785$ qcm in $t = 10$ cm Teilung bei $a = 1,5$ cm hergestellt, ist die Elastizitätsziffer des Betons $E_m = 200000$ kg für 1 qcm, diejenige des Eisens 2100000 kg für 1 qcm, also $n = E_s : E_m = 10,5$, so wird $F = 6 \cdot 10 = 60$ qcm, also nach Gleichung 10

$$W'' = \frac{60 \cdot 6}{6} + 10,5 \cdot 0,785 \left(6 - 4 \cdot 1,5 \frac{6 - 1,5}{6} \right) = 60 + 12,4 = 72,4,$$

und nach Gleichung 16

$$s_{mz} = \frac{74,3 \cdot 10}{72,4} - \frac{30,6 \cdot 10}{60 + 10,5 \cdot 0,785} = 10,25 - 4,5 = 5,75 \text{ kg und } s_{mz} d = 10,25 + 4,5 = 14,75 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Die Wölbung ist also zur Minderung der zu hohen Zugspannung etwa von 6 auf 6,5 cm zu verstärken, oder die Drahteinlagen sind enger zu legen, damit die Grenze von $s_{mz} = 5,0$ genau eingehalten wird.

254.
Riffe
ausgeschloffen;
Bogenschenkel
verstärkt.

b) Die zulässige Zugspannung der Umhüllung s_{mz} darf nicht überschritten werden; die Wölbung erhält in den Schenkeln wachsende Stärke.

In solchen Fällen ist zunächst die obige Untersuchung für den im Viertel der Spannweite liegenden Querschnitt nach Gleichung 52, 10 oder 14 u. 16 durchzuführen, dann unter Beibehaltung derselben Lasten, aber unter Annahme einer geringeren Wölbstärke d nach Gleichung 53, 10 oder 14 u. 16 für den Scheitel.

Beispiel. Sollte die zuletzt im Viertel der Weite berechnete Kappe im Scheitel verchwächt werden, so ist zunächst nach Gleichung 53

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{300^2}{8 \cdot 20} \left[0,0022 \cdot 6 + 0,0012 \left(10 + \frac{20}{5} \right) + 0,004 + 0,259 \cdot 0,05 \right] = 23,5 \text{ kg,} \\ M &= 300^2 (0,00417 \cdot 0,0012 \cdot 20 + 0,00463 \cdot 0,05) = 29,9 \text{ cmkg.} \end{aligned} \right.$$

Für $t = 10$, $n = 10,5$, $a = 1,5$ cm, $f = 0,785$ qcm (wie oben) und $d = 4$ cm ist $F = 4 \cdot 10 = 40$ qcm, also nach Gleichung 10

$$W'' = \frac{40 \cdot 4}{6} + 10,5 \cdot 0,785 \left(4 - 4 \cdot 1,5 \frac{4 - 1,5}{4} \right) = 28,8,$$

und nach Gleichung 16

$$s_{mz} = \frac{29,9 \cdot 10}{28,8} - \frac{23,5 \cdot 10}{40 + 10,5 \cdot 0,785} = 10,4 - 4,88 = 5,52 \text{ kg}, \quad s_{md} = 10,4 + 4,88 = 15,28 \text{ kg für } 1 \text{ qcm},$$

die Verbundwölbung ist demnach bei Einhaltung von $s_{mz} = 5$ kg für 1 qcm im Scheitel auf etwa $d = 4,5$ cm zu bringen.

c) Die Zugfestigkeit der Umhüllung darf wegen der Unbedenklichkeit feiner Risse überschritten werden; die Wölbstärke ist unveränderlich.

Für diesen Fall bestimme man zunächst M und D nach Gleichung 52, worauf dann die Abmessungen der Verbundwölbung, d. h. d , z und t nach dem Gleichungssatz 21 (S. 215) ermittelt werden. Da bei den Wölbungen D stets verhältnismäßig sehr hoch ausfällt, so tritt hier besonders häufig der Fall ein, daß Gleichungssatz 21 ungültig wird und durch Gleichung 16 oder 17 ersetzt werden muß, wie bei Gleichung 21 (S. 215) erörtert wurde; man wird daher hier die Bedingungen der Gleichungen 22 u. 23 oder 24 für die Gültigkeit von Gleichung 21 regelmäÙig zur Anwendung zu bringen haben.

Für die Festsetzung von D ist auch hier d zunächst schätzungsweise reichlich groÙ einzuführen.

Beispiel. Für einen mit $p = 2500$ kg für 1 qm beliebig zu belastenden Speicherboden sollen $b = 4,00$ m weite Fache von $h = 0,25$ m Pfeil mit porigen Thonkafen in Zementmörtel mit $\gamma_1 = 1200$ kg für 1 cbm, $s_{md} = 150000$ kg für 1 qm und $E_m = 1200000000$ kg für 1 qm eingewölbt werden. Die Ueberfüllung aus Sand mit etwas Zement (Fig. 439) ist $c = 0,12$ m stark und wiegt $\gamma = 1600$ kg für 1 cbm. Der Fußboden besteht aus Estrich von $g = 50$ kg für 1 qm Gewicht. Wird die Wölbstärke für die Berechnung der Laften zunächst mit $d = 0,40$ m geschätzt, so ist nach Gleichung 52

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{4^2}{8 \cdot 0,25} \left[1200 \cdot 0,4 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{5} \right) + 50 + 0,4 \cdot 2500 \right] = 14416 \text{ kg} \\ V &= 4 \left[\frac{1200 \cdot 0,4}{4} + 1600 \left(\frac{0,12}{4} + \frac{0,25}{48} \right) + \frac{50}{4} + 0,108 \cdot 2500 \right] = 1835 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} D &= \sqrt{14416^2 + 1835^2} = \\ &= 14500 \text{ kg;} \\ M &= 4^2 (0,00078 \cdot 1600 \cdot 0,25 + 0,0162 \cdot 2500) = 652 \text{ mkg.} \end{aligned}$$

Werden die Einlagen aus Flacheifen $4 \times 0,3$ cm mit $f = 0,00012$ qm und $a = 0,03$ m gebildet, $s_e = 8000000$ kg für 1 qm und $E_e = 21000000000$ kg für 1 qm eingeführt, so ist zu Gleichung 21

$$m = \frac{8000000 \cdot 1200000000}{150000 \cdot 21000000000} = 3,05,$$

und weiter

$$\alpha = 0,03 + \frac{3 \cdot 14500 \cdot (1 + 3,05)^2}{2 \cdot 150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3,05)} = 0,03 + 0,213 = 0,243;$$

$$\beta = 6 \frac{(652 - 14500 \cdot 0,03) (1 + 3,05)^2}{150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3,05)} - 0,03^2 = 0,0119;$$

$$d = 0,243 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{0,0119}{0,243^2}} \right) = 0,51 \text{ m}; \quad z = \frac{0,51 - 0,03}{1 + 3,05} = 0,119 \text{ m.}$$

Die Bedingung der Gleichung 22: $D > \frac{150000 \cdot 0,119}{2}$, also $D > 8920$ ist erfüllt, da $D = 14500$ kg ist;

folglich hat der Gleichungssatz 21 für diesen Fall keine Gültigkeit, und es muß nach Gleichung 16 gerechnet werden. Wird dazu nun $d = 0,40$ m, wie oben angenommen, beibehalten, t entsprechend der Breite der Thonkafen mit $0,20$ m eingeführt, so ist für Gleichung 10

$$F = 0,40 \cdot 0,20 = 0,08 \text{ qm}, \quad n = 21000000000 : 1200000000 = 17,50,$$

255.
Riffe zulässig;
Wölbstärke
unveränderlich.

also bei zwei Reihen von Einlagen

$$W'' = \frac{0,08 \cdot 0,4}{6} + 17,5 \cdot 0,00012 \left(0,4 - 4 \cdot 0,03 \frac{0,4 - 4 \cdot 0,03}{0,4} \right) = 0,00594,$$

und nach Gleichung 16 (S. 213) für Druck und Biegung bei zwei Einlagen

$$s_{mz} = \frac{652 \cdot 0,2}{0,00594} - \frac{14500 \cdot 0,2}{0,08 + 17,5 \cdot 0,00012} = 21900 - 35400 = -3500 \text{ kg für } 1 \text{ qm.}$$

An der vom Moment gezogenen Kante herrscht also noch ein geringer Druck von 0,35 kg für 1 qm. Der Druck an der gedrückten Kante ist nur $s_{md} = 21900 + 35400 = 57300 \text{ kg für } 1 \text{ qm} = 5,73 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}$; also ist die Wölbung mit 0,40 m erheblich zu stark angenommen. Die Rechnung nach Gleichung 10 u. 16 ist mit wesentlich geringerer Dicke, etwa $d = 0,30 \text{ m}$ zu wiederholen, wobei dann auch D nach Gleichung 52 etwas schwächer wird.

Diese Verhältnisse werden auch durch die Bedingung der Gleichung 23 angezeigt, nach welcher für $s_{max} = 80000 \text{ kg}$ auf 1 qm als Zugfestigkeit des Thonkaftenmauerwerkes

$$D > \left(\frac{652}{0,00594} - \frac{80000}{0,2} \right) (0,08 + 17,5 \cdot 0,00012), \text{ also } D > -23800 \text{ kg}$$

sein muß, wenn Gleichung 21 die Gültigkeit verlieren soll. Diese Bedingung ist durch $D = +14500 \text{ kg}$ weitaus erfüllt.

b) Die Zugfestigkeit der Umhüllung darf wegen der Unbedenklichkeit feiner Risse überschritten werden; die Wölbstärke nimmt in den Schenkeln zu.

In diesem Falle ist wieder auch der Scheitelquerschnitt nach den Gleichungen 53 u. 21 zu bestimmen und danach und nach der Ermittlung für den Querschnitt im Viertel der Weite die ganze Form des Gewölbes festzusetzen. Auch ist die Prüfung mittels Gleichung 22, bzw. 23 oder 24 durchzuführen.

Als Beispiel hierzu mag das zuletzt für den Querschnitt im Viertel der Weite durchgeführte auch auf den Scheitel derselben Verbundwölbung durchgeführt, dabei d nun aber wieder etwas zu ungünstig schon bei der Ermittlung der äußeren Kraftwirkungen mit dem verminderten Werte $d = 0,20 \text{ m}$ eingeführt werden. Nach Gleichung 53 ist für den Scheitel

$$D = \frac{4^2}{8 \cdot 0,25} \left[1200 \cdot 0,20 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{5} \right) + 50 + 0,259 \cdot 2500 \right] = 9672 \text{ kg,}$$

$$M = 4^2 (0,00417 \cdot 1600 \cdot 0,25 + 0,00463 \cdot 2500) = 212 \text{ mkg,}$$

und nach Gleichung 21

$$\alpha = 0,03 + \frac{3 \cdot 9672 (1 + 3,05)^2}{2 \cdot 150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3,05)} = 0,173;$$

$$\beta = 6 \frac{(212 - 9672 \cdot 0,03) (1 + 3,05)^2}{150000 (2 + 3 \cdot 3,05)} - 0,03^2 = -0,00548;$$

$$d = 0,173 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{0,00548}{0,173^2}} \right) = 0,33 \text{ m; } z = \frac{0,33 - 0,03}{1 + 3,05} = 0,074 \text{ m.}$$

Nach Gleichung 22 muß $D < \frac{150000 \cdot 0,074}{2}$, also $D < 5550 \text{ kg}$ sein, wenn die vorstehende Rechnung richtig sein soll. D ist aber größer als dieser Wert; folglich muß die Stärke der Wölbung nach Gleichung 10 u. 16 berechnet werden. Für das eingeführte $d = 0,20 \text{ m}$ ist nach Gleichung 10, wenn t mit 0,20 m beibehalten wird,

$$F = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ qm,}$$

$$W'' = \frac{0,04 \cdot 0,2}{6} + 17,5 \cdot 0,00012 \left(0,2 - 4 \cdot 0,03 \frac{0,2 - 0,03}{0,2} \right) = 0,00154 \text{ (auf Met. bezogen)}$$

und nach Gleichung 16

$$s_{sm} = \frac{212 \cdot 0,2}{0,00154} - \frac{9672 - 0,2}{0,04 + 17,5 \cdot 0,00012} = 27600 - 4600 = 23000 \text{ kg für } 1 \text{ qm.}$$

Dem angenommenen Mauerwerke aus Thonkaften in Zementmörtel können 80000 kg für 1 qm bis zum Zerreißen zugemutet werden, und statt der auftretenden Druckspannung von $27600 + 4600 = 32200 \text{ kg}$

für 1qm sind 150000kg für 1qm zulässig; also ist die Stärke $d = 0,20\text{ m}$ für den Scheitel gleichfalls noch zu groß, und die letzte Rechnung ist mit einem geringeren Werte zu wiederholen, bis die Spannungen $s_{mz} = 80000\text{ kg}$ für 1qm und $s_{md} = 150000\text{ kg}$ für 1qm erreicht werden.

e) Die Zugspannungen im gezogenen Plattenteile werden als bis zur Streckgrenze s_{st} wirksam eingeführt.

Für diesen Fall kommen die Gleichungen 26 bis 32 (S. 217 u. 218) zur Anwendung.

Als Beispiel wird das unter c und d behandelte, für besten Beton, aber mit $0,40\text{ m}$ Pfeil beibehalten, indem als durchschnittliche Dicke des Bogens das Maß von $0,10\text{ m}$ eingeführt und bestimmt wird, das ein Fünftel der Gewölbelänge rippenartige Verstärkungen mit $v = 0,2$ erhalten soll. Weiter ist dann für Gleichung 52: $d = 0,10\text{ m}$, $\gamma_1 = 2,2\text{ t}$ für 1 cbm, $c = 0,12\text{ m}$, $\gamma = 1,6\text{ t}$ für 1 cbm, $g = 0,05\text{ t}$ für 1qm, $h = 0,40\text{ m}$, $p = 2,5\text{ t}$ für 1qm, $b = 4\text{ m}$ und für die Benutzung der Gleichungen 26 bis 32: $s_d = 350\text{ t}$ für 1qm, $s_e = 10000\text{ t}$ für 1qm, $s_{st} = 50\text{ t}$ für 1qm, $E_d = 2000000\text{ t}$ für 1qm, $E_e = 21000000\text{ t}$ für 1qm, $E_z = 800000\text{ t}$ für 1qm.

Nach Gleichung 52 ist für das Viertel der Weite

$$H = \frac{4^2}{8 \cdot 0,4} \left[0,10 \cdot 2,2 + 1,6 \left(0,12 + \frac{0,4}{5} \right) + 0,05 + 0,40 \cdot 2,5 \right] = 7,96\text{ t},$$

$$V = 4 \left[\frac{2,2}{4} \cdot 0,1 + 1,6 \left(\frac{0,12}{4} + \frac{0,4}{48} \right) + \frac{0,05}{4} + 0,108 \cdot 2,5 \right] = 1,59\text{ t},$$

$$D = \sqrt{7,96^2 + 1,59^2} = 8,1\text{ t},$$

$$M = 4^2 (0,00078 \cdot 1,6 \cdot 0,4 + 0,0162 \cdot 2,5) = 0,656\text{ mt}.$$

Wird noch für jede Rippe eine Einlage von vier Drähten von $1,6\text{ cm}$ Durchmesser mit $f = 4 \frac{0,016^2}{4} \pi = 0,00081\text{ qm}$ und $a = 0,02\text{ m}$ von Unterkante vorgeföhren, so ist nach Gleichung 26

$$r = \frac{50 \cdot 21000000}{10000 \cdot 800000} = 0,131, \quad r = \frac{350 \cdot 21000000}{10000 \cdot 2000000} = 0,367;$$

nach Gleichung 27

$$N = \frac{1}{2 \cdot 1,367^2} \left\{ 350 \cdot \frac{0,367 \cdot 3,734}{3} - 0,2 \cdot 50 \left[1 - 0,131 \left(1 - \frac{0,131}{3} \right) \right] \right\} = 40,4;$$

nach Gleichung 28

$$d = 0,02 + \frac{1}{40,4} \left\{ \frac{8,1}{4} + \sqrt{\left(\frac{8,1}{4} \right)^2 + 40,4 \left[0,656 - \frac{0,02}{2} (8,1 + 0,2 \cdot 0,02 \cdot 50) \right]} \right\} \\ = 0,02 + 0,1795 = 0,1995 = \infty 0,2;$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0,367}{1,367} (0,02 - 0,2) = 0,0484\text{ m},$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0,00081 \cdot 10000}{350 \frac{0,0484}{2} - 8,1 - 0,2 \cdot 50 \left[(0,2 - 0,0484) \left(1 - \frac{0,131}{2} \right) + \frac{0,02 \cdot 0,131}{2} \right]} \\ = - \frac{8,1}{1,058} = - 7,66\text{ m}.$$

Der Längsdruck überwiegt bei der flachen Wölbung demnach so, das die Bedingung der Gleichung 32 eben nicht erfüllt ist. Man wird demnach die vorgeföhrenen Rippen nach Gutdücken in zweckmäßiger Teilung anbringen und dann immer eine reichlich starke Kappe erhalten. Die Wölbung wird $z = 4,8 = \infty 5\text{ cm}$ dick; die Rippen springen $d - z = 20 - 5 = 15\text{ cm}$ vor, und zwar nach oben und unten, weil das Moment fowohl im angenommenen, als auch im entgegengesetzten Sinne auftreten kann.

Jede der Rippen erhält das 0,2fache der Teilung als Breite und vier Drahteinlagen von $1,6\text{ cm}$ Durchmesser, mit der Mitte 2 cm vom Außenrande, und zwar fowohl oben wie unten. Die durchschnittliche Dicke der Kappe ist $5 + 2 \frac{1}{5} 15 = 11\text{ cm}$; also ist die anfänglich zur Gewichtsermittlung eingefetzte Dicke von $0,1\text{ m}$ genügend genau.

257.
Zugspannung
bis zur
Streckgrenze
berücksichtigt.

Im Scheitel wird die Anordnung schwächer. Wird hier schätzungsweise $d = 0,08$ m eingeführt, so ist nach Gleichung 53

$$D = \frac{4^2}{8 \cdot 0,4} \left[2,2 \cdot 0,08 + 1,6 \left(0,12 + \frac{0,4}{5} \right) + 0,05 + 0,259 \cdot 2,5 \right] = 5,98 \text{ t,}$$

$$M = 4^2 (0,00417 \cdot 1,6 \cdot 0,4 + 0,00463 \cdot 2,5) = 0,227 \text{ mt;}$$

nach Gleichung 28

$$d = 0,02 + \frac{1}{40,4} \left\{ \frac{5,98}{4} + \sqrt{\left(\frac{5,98}{4} \right)^2 + 40,4 \left[0,227 - \frac{0,02}{2} (5,98 + 0,2 \cdot 0,02 \cdot 50) \right]} \right\}$$

$$= 0,02 + 0,1298 = 0,1498 = \approx 0,15 \text{ m;}$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0,367}{1,367} (0,15 - 0,02) = 0,035 \text{ m,}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0,00081 \cdot 10\,000}{350 \cdot \frac{0,035}{2} - 5,98 - 0,2 \cdot 50 \left[(0,15 - 0,035) \left(1 - \frac{0,131}{2} \right) + \frac{0,02 \cdot 0,131}{2} \right]}$$

$$= -\frac{8,1}{0,948} = -8,55 \text{ m.}$$

Die Eifeneinlagen sind also wegen Flachheit der Kappe auch hier nicht auszunutzen; die Rippen springen hier $d - z = 15 - 3,5 = 11,5$ cm nach oben und unten vor, wozu oben in der Sandüberfüllung von 12 cm Platz ist, und jede Rippe erhält oben und unten vier Drähte von 1,6 cm Durchmesser. Die durchschnittliche Dicke ist $3,5 + 2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 11,5 = 8,1$ cm, so dass die anfängliche Schätzung für das Gewicht genau stimmt.

Um später den zulässigen Gegenschub einer unbelasteten Kappe berechnen zu können, soll hier festgesetzt werden, dass die Rippen in $t = 2,00$ m Teilung mit $r t = 0,20 \cdot 2 = 0,40$ m Breite mit je vier Drähten von 1,6 cm Durchmesser oben und unten $a = 0,02$ m von der Außenkante angeordnet werden.

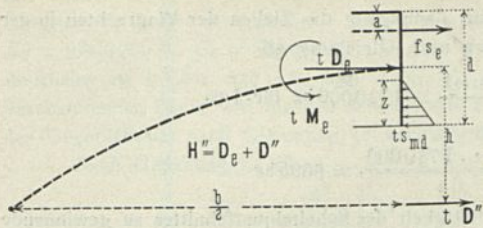
Die Ergebnisse dieser Berechnungen zeigen in Uebereinstimmung mit der allgemeinen Ueberlegung, dass der Erfolg der Eifeneinlagen für Wölbungen ein wesentlich geringerer ist, als für Platten namentlich dann, wenn der Längsdruck so groß wird, dass er die aus der Biegung entstehenden Zugspannungen überwiegt, wenn also die Bedingungen der Gleichungen 22 bis 24 erfüllt werden oder die Bedingung der Gleichung 32 nicht zutrifft. Dies ist nun hauptsächlich bei Wölbungen mit geringem Pfeilverhältnisse und voller Belastung der Fall; ein erheblicher Nutzen wird für Wölbungen aus den Eifeneinlagen also nur bei großem Pfeile und stark wechselnder Verkehrslast gezogen. Diese sind aber aus naheliegenden Gründen bezüglich der ersteren Bedingung bei der Ausfüllung der Fache von Balkendecken selten, und so ergibt sich, dass die Verbundwölbungen für Balkenfache überhaupt keine große Bedeutung haben. Man wird meist Verbundplatten oder Wölbungen ohne Eifeneinlagen zu wählen haben.

Ein merklicher Erfolg wird aber durch die Einlagen erzielt, wenn man die den Gleichungen 26 bis 30 zu Grunde liegende Ausnutzung der Zugspannungen bis zur Streckgrenze als zulässig erachtet, dann aber weniger unmittelbar durch die Einlagen als dadurch, dass man eben wegen des Vorhandenseins der Einlagen die Zugspannungen in so hohem Maße ausnutzen kann.

Die Gleichungen 26 bis 32 geben die sparfamsten Verbundkappen, auch wenn man mit den zulässigen Spannungen nicht so hoch geht, wie in den vorgeführten Beispielen geschehen ist.

Schließlich bleibt noch der durch die obigen Gleichungen noch nicht festgelegte Schub H' einer voll belasteten Verbundkappe gegen ihre Stützungen, sowie

Fig. 440.



der grösste zulässige Widerstand H'' einer von der Verkehrslast freien Verbundkappe anzugeben, Gröfsen, die für die Berechnung der Kappen meist keine, aber grofse Bedeutung für diejenigen der Balken haben.

Der grösste Schub einer voll belasteten Verbundkappe ist mit Bezug auf Fig. 439

$$H' = \frac{b^2}{8h} \left[\gamma_1 d + \gamma \left(c + \frac{h}{5} \right) + g + p \right], \dots \dots \dots 54.$$

und der grösste Widerstand H'' , der einer unbelasteten Verbundkappe zugemutet werden darf, folgt aus dem Gleichungssatze (Fig. 440)

$$D_e = \frac{b^2}{8h} \left[\gamma_1 d + \gamma \left(c + \frac{h}{5} \right) + g \right]; \quad M_e = 0,00417 \gamma h b^2. \dots \dots \dots 55.$$

Wird die Annahme gemacht, dafs keine Zugspannungen auftreten, so folgt der gefuchte Gegenschub auf den in Art. 246 (S. 215) u. 255 (S. 227) erörterten Grundlagen unter Benutzung der folgenden Gleichungen. Der zu Grunde liegende Spannungszustand ist in Fig. 440 dargestellt.

260.
Zugspannungen
nicht
berücksichtigt.

$$\left. \begin{aligned} z^3 + z^2 \cdot 3 \left(h - \frac{d}{2} \right) + z \cdot 6 \left[\frac{M_e - D_e \cdot h}{s_m d} + \frac{n f}{t} \left(h + \frac{d}{2} - a \right) \right] \\ = 6 \frac{n f}{t} \left(h + \frac{d}{2} - a \right) (d - a); \quad s_e = \frac{n s_m d (d - a - z)}{z}, \\ \text{und schliesslich} \quad H'' = \frac{s_m d z}{2} - \frac{f s_e}{t} \quad \text{und} \quad D'' = H'' - D_e. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 56.$$

Die Lösung der Gleichung für z erfolgt wieder leicht durch Ausrechnen dreier Werte und Auftragung wie bei Gleichung 8, da man die ungefähre Lösung für z mit etwa $\frac{d}{2}$ bis $\frac{d}{4}$ ftets kennt. Die Lösung wird in folgenden Beispielen vorgeführt.

Beispiel. Es soll festgestellt werden, wie viel Widerstand die in Art. 256 (unter b am Schluffe) berechnete Kappe mit $d = 0,20$ m, $t = 0,20$ m, $a = 0,03$ m, $f = 0,00012$ qm, $h = 0,25$ m, $b = 4,00$ m und $n = E_e : E_m = 17,5$ leisten darf, wenn die grösste Druckspannung $s_m d$ den Wert von 150 000 kg für 1 qm nicht überschreiten soll.

Zunächst ist der Schub aus dem Eigengewichte nach Gleichung 54

$$D_e = \frac{4^2}{8 \cdot 0,25} \left[1200 \cdot 0,2 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{5} \right) + 50 \right] = 4496 \text{ kg};$$

nach derselben Gleichung das Moment im Scheitel aus Eigengewicht $M_e = 0,00417 \cdot 1600 \cdot 0,25 \cdot 4^2 = 26,6$ mkg. Die Lösung der Gleichung 55 zunächst für z ergibt sich so:

$$3 \left(h - \frac{d}{2} \right) = 3 \left(0,25 - \frac{0,2}{2} \right) = 0,45,$$

$$6 \left[\frac{M_e - D_e h}{s_m d} + \frac{n f}{t} \left(h + \frac{d}{2} - a \right) \right] = 6 \left(\frac{26,6 - 4496 \cdot 0,25}{150000} + \frac{17,5 \cdot 0,00012}{0,2} \left(0,15 + \frac{0,2}{2} - 0,03 \right) \right) = -0,02376,$$

$$6 \frac{n f}{t} \left(h + \frac{d}{2} - a \right) (d - a) = 6 \frac{17,5 \cdot 0,00012}{0,2} \left(0,25 + \frac{0,2}{2} - 0,03 \right) (0,2 - 0,03) = 0,00342.$$

Demnach lautet die Gleichung 55 für z

$$z^3 + z^2 \cdot 0,45 - z \cdot 0,02376 = 0,00342.$$

Wird verfuhsweise $z = 0,05, 0,10, 0,15$ gesetzt, so nimmt die linke Seite die Werte $0,00006, 0,003124$ und $0,00992$ an. Diese Wertepaare sind in Fig. 441 aufgetragen; dann giebt das Ziehen der Wagrechten in der Höhe $0,00342$ die Lösung mit $z = 0,103$. Weiter folgt dann nach Gleichung 56

$$s_e = \frac{17,5 \cdot 150\,000 (0,2 - 0,03 - 0,103)}{0,103} = 1\,710\,000 \text{ kg für } 1 \text{ qm}$$

und schliesslich

$$H'' = \frac{150\,000 \cdot 0,103}{2} - \frac{0,00012 \cdot 1\,710\,000}{0,2} = 6\,695 \text{ kg}$$

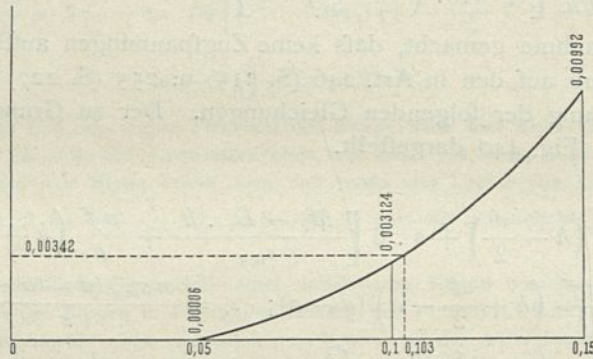
und, da $D_e = 4\,496 \text{ kg}$ war, beträgt der aus der Biegefestigkeit des Scheitelquerschnittes zu gewinnende Gegenschub $D'' = H'' - D_e = 2\,199 \text{ kg}$.

Der Schub der voll belasteten Kappe ist für $d = 0,20 \text{ m}$ nach Gleichung 54

$$H' = \frac{4^2}{8 \cdot 0,25} \left[1200 \cdot 0,2 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{5} \right) + 50 + 2500 \right] = 24\,496 \text{ kg,}$$

welcher die $0,20 \text{ m}$ starke Wölbung nicht bis zur zulässigen Grenze beansprucht.

Fig. 441.



261.
Zugspannungen
bis zur
Streckgrenze
berücksichtigt.

Wird dagegen angenommen, dass die Zugseite Zugspannungen bis zur Streckgrenze s_{st} leidet, also die Grundlage eingeführt, auf der die Gleichungen 26 bis 32 (S. 217 u. 218) beruhen und dessen Darstellung sich ergibt, wenn man die Spannungsverteilung Fig. 428 in Fig. 440 einträgt, so tritt an Stelle des Gleichungssatzes 56 nun der folgende:

$$\left. \begin{aligned} v &= \frac{s_{st}}{s_d} \frac{E_d}{E_e}; \\ z^3 \left\{ \frac{\nu s_{st}}{2} \left[1 + v \left(1 + \frac{\nu}{3} \right) \right] + \frac{s_d}{6} \right\} + z^2 \left\{ \left(h - \frac{d}{2} \right) \left[\nu s_{st} \left(1 + \frac{\nu}{2} \right) + \frac{s_d}{2} \right] \right\} \\ &\quad - z \left[D h - M_e - \frac{f}{t} \frac{s_d E_e}{E_d} \left(h + \frac{d}{2} - a \right) + \nu s_{st} d h \right] \\ &= \frac{f}{t} \frac{s_d E_e}{E_d} (d - a) \left(h + \frac{d}{2} - a \right); \quad s_e = \frac{s_d E_e}{E_d} \frac{d - a - z}{z}; \quad r = \frac{s_{st}}{s_e} \frac{E_e}{E_z}, \end{aligned} \right\} 57.$$

und schliesslich

$$H'' = s_d \frac{z}{2} - \frac{f}{t} s_e - \nu s_{st} \left[(d - z) \left(1 - \frac{r}{2} \right) + \frac{ar}{2} \right]; \quad D'' = H'' - D.$$

Bezüglich der Bezeichnungen wird auf die Erläuterungen zu Gleichung 26 bis 32 in Art. 247 (S. 216) verwiesen. Die Gleichungen 54 u. 55 behalten ihre Gültigkeit auch hier zur Bestimmung der äusseren Kraftwirkungen.

Als Beispiel soll der zulässige Gegenschub der am Schlusse des Beispiels zu e (Art. 257, S. 229) festgelegten Verbundkappe bestimmt werden. Der besseren Uebersicht halber wiederholen wir alle Mafs- und Gewichtsangaben in Metern und Tonnen als Einheiten.

$b = 4\text{ m}$, $h = 0,40\text{ m}$, $\gamma = 2,2\text{ t}$, d für die Gewichtsrechnung nach Gleichungen 54 u. 55 durchschnittlich $= 0,08\text{ m}$, $\gamma = 1,6\text{ t}$, $c = 0,12\text{ m}$, $g = 0,05\text{ t}$, $p = 2,5\text{ t}$, $s_{st} = 50\text{ t}$, $s_d = 350\text{ t}$, $E_e = 21000000\text{ t}$, $E_d = 2000000\text{ t}$, $E_g = 800000\text{ t}$, $v = 0,2$, d nach der Ausrechnung für den Scheitel am Schluffe des Beispiels zu e (Art. 257, S. 229) $= 0,15\text{ m}$, $f = 0,00081\text{ qm}$, $a = 0,02\text{ m}$ und $t = 2\text{ m}$. Die Dicke der durchlaufenden Platte war für den Scheitel mit $z = 0,035\text{ m}$ ermittelt, ein Maß, welches für die Bestimmung des Gegenschubes nach Gleichung 57 nachzuprüfen ist.

Nach Gleichung 55 ist

$$D_e = \frac{4^2}{8 \cdot 0,4} \left[2,2 \cdot 0,08 + 1,6 \left(0,12 + \frac{0,4}{5} \right) + 0,05 \right] = 2,73\text{ t}$$

und

$$M_e = 0,00417 \cdot 1,6 \cdot 0,4 \cdot 4^2 = 0,0428\text{ mt.}$$

Die Größen der Gleichung für z in Gleichung 57 sind:

$$v = \frac{50}{350} \frac{2000000}{21000000} = 0,0136,$$

$$\frac{v s_{st}}{2} \left[1 + v \left(1 + \frac{v}{3} \right) + \frac{s_d}{6} \right] = \frac{0,2 \cdot 50}{2} \left[1 + 0,0136 \left(1 + \frac{0,0136}{3} \right) + \frac{350}{6} \right] = 63,4,$$

$$\left(h - \frac{d}{2} \right) \left[v s_{st} \left(1 + \frac{v}{2} \right) + \frac{s_d}{2} \right] = \left(0,4 - \frac{0,15}{2} \right) \left[0,2 \cdot 50 \left(1 + \frac{0,0136}{2} \right) + \frac{350}{2} \right] = 60,1,$$

$$D_e h - M_e - \frac{f}{t} \frac{s_d E_e}{E_d} \left(h + \frac{d}{2} - a \right) + v s_{st} d h$$

$$= 2,73 \cdot 0,4 - 0,0428 - \frac{0,00081}{2} \cdot \frac{350 \cdot 21000000}{2000000} \left(0,4 + \frac{0,15}{2} - 0,02 \right) + 0,2 \cdot 50 \cdot 0,15 \cdot 0,4 = 0,9722,$$

$$\frac{f}{t} \cdot \frac{s_d E_e}{E_d} (d - a) \left(h + \frac{d}{2} - a \right) = \frac{0,00081 \cdot 350 \cdot 21000000}{2 \cdot 2000000} (0,15 - 0,02) \left(0,4 + \frac{0,15}{2} - 0,02 \right) = 0,088;$$

also lautet die Bestimmungsgleichung für z :

$$z^3 \cdot 63,4 + z^2 \cdot 60,1 - z \cdot 0,9722 = 0,088.$$

Die Lösung erfolgt, wie zu Fig. 441 in Art. 260 und wie zu Gleichung 8 (S. 208) beschrieben wurde, durch Einsetzen von Werten, die in der Nähe der wahrscheinlichen Lösung liegen, und durch Auftragen. Es folgt $z = 0,046\text{ m}$, für das die linke Seite den Wert 0,089 annimmt.

Weiter ist nach Gleichung 57

$$s_e = \frac{350 \cdot 21000000}{2000000} \frac{0,15 - 0,02 - 0,046}{0,046} = 6720\text{ t für } 1\text{ qm}; \quad r = \frac{50 \cdot 21000000}{6720 \cdot 800000} = 0,1955,$$

$$H'' = \frac{350 \cdot 0,046}{2} - \frac{0,00081}{2} \cdot 6720 - 0,2 \cdot 50 \left[(0,15 - 0,046) \left(1 - \frac{0,1955}{2} \right) + \frac{0,02 \cdot 0,1955}{2} \right]$$

$$= 8,05 - 2,71 - 0,958 = 4,38\text{ t};$$

der aus dem Widerstande des Scheitelquerschnittes zu gewinnende Gegenschub ist also

$$D'' = H'' - D_e = 4,38 - 2,73 = 1,65\text{ t.}$$

Da nach dieser Rechnung die durchlaufende Plattendicke im Scheitel $0,046\text{ m}$ betragen muß, während am Schluffe des Beispiels in Art. 257 (S. 229) nur $0,035\text{ m}$ ermittelt war, so ist das stärkere Maß für die Ausführung vorzuschreiben. Der Rippenvorsprung beträgt somit nun oben und unten $0,15 - 0,046 = 0,104\text{ m}$, statt $0,115\text{ m}$, wie im Beispiele in Art. 257 ermittelt war.

Der Schub einer voll belasteten Kappe ist nach Gleichung 54 für die Durchschnittstärke $d = 0,08\text{ m}$

$$H' = \frac{4^2}{8 \cdot 0,4} \left[2,2 \cdot 0,08 + 1,6 \left(0,12 + \frac{0,4}{5} \right) + 0,05 + 2,5 \right] = 15,23\text{ t.}$$

ε) Fachausfüllungen mit Tonnenblechen und Buckelplatten.

Sind die Balkenfache mit hängenden oder stehenden Tonnenblechen ausgefüllt (Fig. 442, 443 u. 444), so ist der wagrechte Zug oder Druck, welcher sich in einem Bleche der vollen Belastung q , des Pfeiles f (Fig. 443) und der Weite (Träger-Teilung) b entwickelt,

$$H' = \frac{q b^2}{8f}, \dots \dots \dots 58.$$

während der Gegenzug oder -druck des nur mit der Eigenlast g für die Einheit belasteten Nachbarbleches

$$H'' = \frac{g b^2}{8f} \dots \dots \dots 59.$$

beträgt. Nach H' könnte man nun das Blech der Dicke nach bemessen; jedoch ergeben sich auf diese Weise selbst bei flachen Pfeilen zu geringe Stärken. Die Bleche wurden früher mindestens 8 mm stark gemacht; nachdem durch die Verzinkung ein guter

Fig. 442.

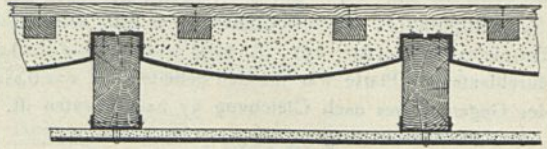
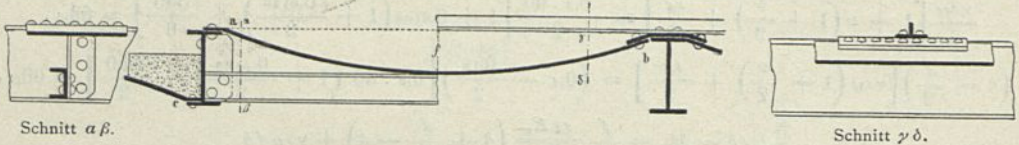
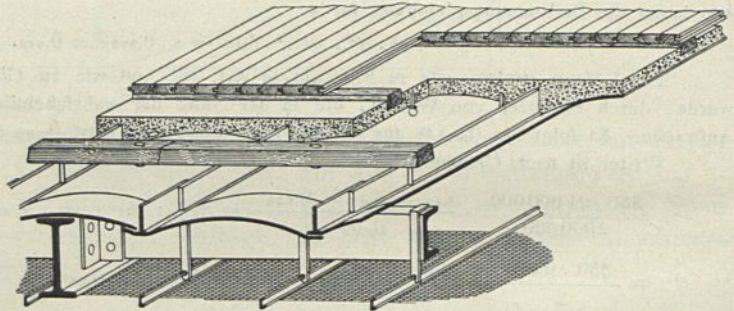


Fig. 443.



Schutz gegen Rosten geschaffen ist, geht man bis zu 4 mm herunter. Die übrigen Abmessungen der Bleche sind ziemlich beliebig; jedoch geht man in der Größe der einzelnen Bleche nicht gern über 4 qm hinaus; schmale und dünne Bleche sind erheblich kleiner. Werden die Bleche, was in der Regel geschieht, mit Beton überstampft, so kann man dessen Druckfestigkeit zum Ausgleichen des wagrechten Zuges der Platte ausnutzen, so dass ein solcher nie von einem Trägerfache auf das benachbarte übertragen wird.

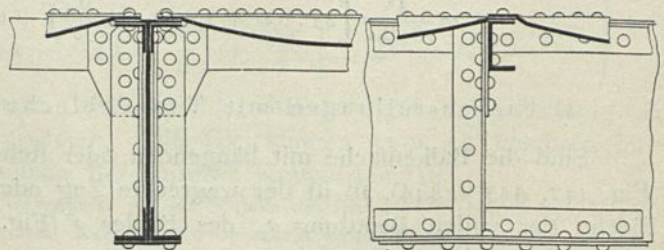
Fig. 444.



Die Vernietung erfolgt nach den in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abschn. 3, Kap. 2) dieses »Handbuches« gegebenen Regeln, und zwar ist der Nietberechnung für die Längeneinheit des Bleches bei der Befestigung nach Fig. 443 bei a die Kraft H' , bei Befestigung nach Fig. 443 bei b die Kraft $\sqrt{H'^2 + \frac{q^2 b^2}{4}}$ zu Grunde zu legen.

Wenn die Balkenfache mit Buckelplatten überdeckt sind (Fig. 445), so sind für die Stärkenabmessungen letzterer einfache Berechnungen wenig zuverlässig; man bestimmt ihre Tragfähigkeit am sichersten nach den Versuchsergebnissen, welche in der nachfolgenden Zusammen-

Fig. 445.



263.
Fachausfüllung
mit
Buckelplatten.

stellung angeführt sind. Die Randvernietung kann schwächer sein als bei den Tonnenblechen.

Buckelplatten von der Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.

L = Länge, B = Breite der Platte, b = Breite des geraden Randes, h = Pfeil des Buckels (in Millim.), G das Gewicht (in Kilogr.).

Nr.	B	L	b	h	G = Gewicht für 1 Stück bei einer Blechstärke von									
					6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10 mm	
1	1490	1490	78	130	104	112,5	121,5	130	139	147,5	156,5	165,5	173,5	
2	1140	1140	40	85	61	66	71	76	81	86	91	96	101	
3	1098	1098	40	75	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94	
4	1098	1098	78	78	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94	
5	1000	1000	60	72	47	51	54,5	58,5	62,5	66,5	70,5	74	78	
6	750	750	60	45	26,5	28,5	30,5	33	35	37	39,5	41,5	44	
7	500	500	60	27	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	
8	1630	1270	80	130	96,5	105	113	121,5	129,5	137,5	145,5	153,5	161,5	
9	1100	770	55	80	39,5	43	46	49,5	53	56,5	59,5	63	76	
10	1265	1265	80	100	75	81	87,5	94	100	106,5	112,5	118,5	124,5	

Millim.

Kilogr.

Bezeichnet P die zulässige gleichförmig verteilte Belastung von Buckelplatten von 0,90 bis 1,00 m freitragender Länge für 1qm, G das Gewicht für 1qm und d die Blechdicke, so ergeben sich die folgenden Zahlenbeziehungen:

d	G	P	d	G	P
2	14,8	560	5,0	38,6	3400
2,5	19,0	730	6,0	46,8	4900
3,0	23,2	1160	7,0	55,0	6300
4,0	31,0	2000	8,0	63,2	7700

Millim.

Kilogr.

Millim.

Kilogr.

Preis der Buckelplatten etwa 280 Mark für 1000 kg einchl. Verlegen.

§) Fachausfüllungen mit Wellblech.

Das Wellblech überdeckt schmale Räume ohne Träger (Fig. 446); über breiteren werden die Tafeln auf allen Trägern gestofsen. Das Blech wirkt also fast stets als

^{264.} Fachausfüllung mit Wellblech.

Träger auf zwei Stützen, und die Berechnung ist daher mit Hilfe der in den umstehenden Tabellen angegebenen Widerstandsmomente ($W = \frac{f^{331}}{e}$)

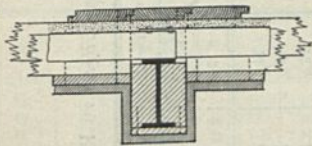
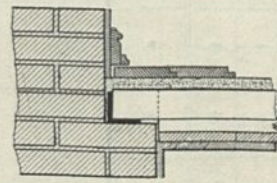
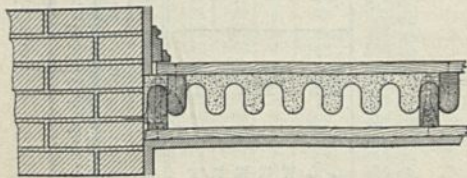


Fig. 446.



³³¹) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 299, S. 263; 2. Aufl.: Art. 89, S. 66) dieses »Handbuches«.

2) Fläche Wellbleche.

Hein, Lehmann & Co. zu Berlin.

In den Dicken von 1 bis 26 der deutschen Lehre.

Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.

h	b	d	B	L	G	W	Freitragende Länge (in Met.)				
							1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
							gleichf. vert. Belastung				
45	150	2,0	1,05	3,0	18,5	19	1140	507	285	182	127
75	230	3,0	0,92	3,0	29	52	3120	1387	780	499	347
75	230	3,5	0,92	3,0	34	60	3600	1600	900	576	400
75	230	4,0	0,92	3,0	39	67	4020	1787	1005	643	447
75	230	4,5	0,92	3,0	44	73	4380	1947	1095	701	487
75	230	5,0	0,92	3,0	49	80	4800	2133	1200	768	533
75	230	5,5	0,92	3,0	54	86	5160	2293	1290	826	573
75	230	6,0	0,92	3,0	59	92	5520	2453	1380	883	613
Millim.			Met.		Kg.		Kilogr.				

Preis des Wellbleches, einchl. Verlegen, etwa 290 Mark für 1000 kg.

L. Fr. Buderus, Germania bei Neuwied.

Nr.	h	b	d	G für 1 mm Dicke	L bis
Z	12	40	0,5-0,875	11	3,1
X	25	75	0,6-1,0	10,1	"
A	27	85	0,8-1,5	9,5	"
B	29	122	0,8-1,75	8,8	"
C	35	137	0,8-1,75	9,1	"
D	40	150	0,8-2	9,2	"
E	75	230	3-5	9,9	"
Millim.			Kilogr.		Met.

b Breite, h Höhe einer Welle, d Dicke des Bleches (in Millim.); B und L Breite und Länge (in Met.), bis zu welcher die Bleche geliefert werden; G Gewicht (in Kilogr.) für 1 qm; W Widerstandsmoment (bezogen auf Centim.) für 1 m Breite; größte Beanspruchung des Eisens 750 kg für 1 qm. (In einigen Tabellen ist W für die Breite b einer Welle angegeben, was im Kopfe der betreffenden Tabelle besonders bemerkt ist.)

Jacob Hilgers zu Rheinbrohl.

Nr.	h	b	G für 1 qm bei 1 mm Stärke	W bei 1 m Breite und 1 mm Stärke	
			Stärke	Stärke	
2 1/2	10	25	100	9,4	7,5
3	10	30	100	9,8	9,5
3 1/2	10	35	100	10,4	12
4	10	40	100	11,1	14
4 1/2	10	45	100	11,5	16
2 1/2	10	25	150	8,5	7
3	15	30	150	8,8	8,5
3 1/2	15	35	150	9,1	10
4	15	40	150	9,4	12
4 1/2	15	45	150	9,8	14
5	15	50	150	10,2	16
Millim.			Kilogr.		

Nr. der deutschen Blechlehre	d	G für 1 qm überdeckte Fläche, einchl. Ueberdeckungen				
		Profil I. b = 120 mm h = 25 »	Profil II. b = 135 mm h = 30 »	Profil III. b = 150 mm h = 40 »	Profil IV. b = 150 mm h = 45 »	Profil V. b = 76 mm h = 25 »
		Millim.	Kilogr.			
15	1,50	14,6	14,8	15,7	16,6	16,4
16	1,33	13,4	13,6	14,5	15,2	15,0
17	1,25	12,2	12,3	13,1	13,8	13,6
18	1,13	11,0	11,1	11,9	12,4	12,3
19	1,00	9,8	9,9	10,5	11,0	10,9
20	0,88	8,5	8,6	9,2	9,7	9,6
21	0,75	7,3	7,4	7,9	8,3	8,2
Millim.		Kilogr.				

Breeft & Co. zu Berlin.

L bis 4 m.

Nr.	b	h	d	G	B	Nr.	b	h	d	G	B			
A	200	80	4	68	0,45	C	180	60	2	30	0,55			
"	"	"	3	51	"	"	"	"	1,5	22,5	"			
"	"	"	2	32	"	"	"	"	1	15	"			
"	"	"	1	16	"	D	180	50	1	13	0,60			
B	180	70	2	32	0,55	E	150	45	1	9	0,60			
"	180	70	1,5	24	"	F	90	25	1	10	0,75			
"	"	"	1	16	"									
Millim.			Kilogr.			Met.			Millim.			Kilogr.		Met.

3) Trägerwellbleche.

Hein, Lehmann & Co. zu Berlin.

Nr.	h	b	G		Nr.	h	b	d	W	
			für 1 ^{qm} bei 1 mm Stärke rund	für 1 m Breite bei 1 mm Stärke					für 1 ^{qm} Stärke	für 1 m Breite = 10 Wellen bei 1 mm Stärke
1	15	40	10,7	5,1	5a	50	100	1-2	12,5	17
2	20	40	12,6	7,6	6	60	100	1-2	14,1	25,2
3	15	50	9,8	4,7	7	70	100	1-3	15,7	33
4	25	50	12,6	9,8	8	80	100	1-5	17,3	40,5
5	30	60	12,6	11,7	9	90	100	1-5	18,9	48,4
	Millim.	Kilogr.			10	100	100	2-5	20,5	56,5
					11	110	100	2-5	22,1	68

L. Fr. Buderus, Germania b. Neuwied.

Nr.	h	b	d	G		W
				für 1 ^{qm} bei 1 mm Stärke	für 1 m Stärke und die Breite b	
0	45	90	1-1 1/2	12		1,550
I	50	90	"	13		1,835
II	55	90	"	14		2,105
III	60	90	"	15		2,440
VII	60	100	1-3	14,25		2,617
VIII	65	100	"	15		2,980
IX	70	100	2-3	15,8		3,330
X	75	100	"	16,6		3,600
XI	80	100	"	17,5		4,050
XVI	80	120	2-5	14,64		4,461
XVII	90	120	"	16,55		5,385
XVIII	100	120	"	17,50		6,383

Jacob Hilgers zu Rheinbrohl.

Nr. der deutschen Blechtehre	d	Gewicht für 1 ^{qm} ohne Ueberdeckung						
		Profil O. δ = 90 mm	Profil A. δ = 90 mm	Profil B. δ = 90 mm	Profil C. δ = 90 mm	Profil D. δ = 100 mm	Profil F. δ = 100 mm	
		h = 45 »	h = 50 »	h = 60 »	h = 70 »	h = 80 »	h = 100 »	
5	4	48	52	60	68	72	76	84
9	3	36	39	45	51	54	57	63
16	2	24	26	30	34	36	38	42
19	1	12	13	15	17	18	19	21

A. Kammerich & Co. zu Berlin.

Nr.	h	b	d	W	
				für 1 ^{qm} Breite	für 1 m Breite
1	10	20	0,5	6	1,850
2	15	30	1	12	5,533
3	20	30	1	13,5	8,800
4	25	40	1	13,5	10,700
5	30	40	1	15	14,350
6	45	90	1	12	17,267
7	45	90	1,5	18	25,633
8	45	90	2	24	33,844
9	50	90	1	13	20,389
10	50	90	1,5	19,5	30,355
11	50	90	2	26	40,089
12	60	90	1	15	27,165
13	60	90	1,5	22,5	40,533
14	60	90	2	30	53,610
15	70	90	1	16	34,777
16	70	90	1,5	24	51,888
17	70	90	2	32	68,722
18	70	90	2,5	40	85,366

Pfeifer & Druckenmüller zu Berlin.

Nr.	h	b	d	W		Nr.	h	b	d	W	
				für 1 ^{qm} Breite	für 1 m Breite					für 1 ^{qm} Breite	für 1 m Breite
DE 8	70	90	2	32	68,000	E 4	60	90	1	15	26,600
» 6	70	90	1,5	24	51,100	F 4	50	90	1	13	21,000
» 4	70	90	1	16	34,300	G 4	45	90	1	12	17,000
E 8	60	90	2	30	52,000	» 3	45	90	0,75	9-10	12,750
» 6	60	90	1,5	23	36,900						
1	50	100	1	12	17,000	18	80	100	3	52	120,000
2	60	100	1	14	25,200	19	90	100	3	55	144,000
3	70	100	1	16	33,000	20	120	100	2	47	152,500
4	60	100	1 1/2	21	37,800	21	80	100	4	71	160,000
5	80	100	1	17	40,000	22	100	100	3	61	169,200
6	90	100	1	18	48,000	23	90	100	4	76	182,000
7	60	100	2	29	50,400	24	140	100	2	52	199,600
8	70	100	1 1/2	23,5	50,500	25	80	100	5	90	200,000
9	100	100	1	20	56,400	26	100	100	4	81	225,600
10	80	100	1 1/2	25,5	60,000	27	120	100	3	70	228,800
11	70	100	2	31	67,000	28	90	100	5	96	250,000
12	80	100	1 1/2	28	72,000	29	100	100	5	101	282,000
13	100	100	2	35	80,000	30	140	100	3	78	299,400
14	100	100	1 1/2	30	84,600	31	120	100	4	94	305,000
15	90	100	2	38	96,000	32	120	100	5	118	381,000
16	70	100	3	48	101,100	33	140	100	4	106	399,200
17	100	100	2	40	112,800	34	140	100	5	133	499,000

L. Bernhard & Co. zu Berlin.

Nr.	h	b	d	W	
				für 1 ^{qm} Breite	für 1 m Breite
1	20	30	1	13,4	7,800
2	30	44	1	13,9	12,181
3	50	90	1	12,5	19,355
4	50,5	90	1,5	18,7	28,989
5	60	90	1	14	29,066
6	60,5	90	1,5	21,1	39,289
7	61	90	2	28,4	51,333
8	70	90	1	15,6	32,344
9	71	90	2	31,6	66,111
10	72	90	3	48	98,378
11	80	100	1	16	39,070
12	81	100	2	32,4	77,410
13	82	100	3	49	114,910
14	90	100	2	35	92,210
15	91	100	3	53	137,110
16	92	100	4	71	182,400

Breest & Co. zu Berlin.

Nr.	h	b	d	W		Nr.	h	b	d	W	
				für 1 ^{qm} Breite	für 1 m Breite					für 1 ^{qm} Breite	für 1 m Breite
1	100	130	4	66	244,00	2	80	110	1	16	40,14
»	100	130	3	49	183,00	3	70	90	2	34	60,65
»	100	130	2	33	122,00	»	70	90	1,5	25,5	45,49
1 a	100	100	3	61	169,20	»	70	90	1	17	30,30
»	100	100	2	40	112,80	4	60	90	2	30	47,71
1 b	90	100	2	37	96,80	»	60	90	1,5	22,5	35,67
»	90	100	1,5	27,5	73,00	»	60	90	1	15	23,61
2	80	110	4	63	160,56	5	50	90	1	13	17,61
»	80	110	3	47	120,42	6	45	90	1	12	14,87
»	80	110	2	32	80,32	7	30	90	1	15,5	6,02
»	80	110	1	24	60,26	8	20	90	1	14,5	2,74

leicht durchzuführen. Die gebräuchlichen Abmessungen der Blechtafeln gehen aus den Bemerkungen zu den Tabellen hervor.

Da, wo das Widerstandsmoment einer Blechforte nur für $d = 1 \text{ mm}$ angegeben ist, erhält man die Widerstandsmomente anderer Blechstärken genau genug durch Veränderung der angegebenen Momentenzahl nach dem Verhältnisse der Blechstärke.

Die Längen der Tafeln werden in der Regel bis $4,00 \text{ m}$ und die Breiten bis $1,00 \text{ m}$ geliefert.

Die Tabellen zeigen, dass die Widerstandsmomente, welche größer als 92 sind, lediglich in Trägerwellblechen (siehe S. 176) erreicht werden, und dass man also in einem solchen Falle zur Verwendung dieser gezwungen ist.

In Fällen, wo das erforderliche Widerstandsmoment kleiner als 90 ist, sind vergleichende Rechnungen zwischen beiden Arten zu empfehlen, da das flache Wellblech bei kleinerem Widerstandsmoment zugleich erheblich geringeres Gewicht hat und daher unter Umständen das leichtere Ergebnis liefern kann.

Für beliebige flach gewellte Bleche ergibt sich das Trägheitsmoment für die wagrechte Mittelachse und eine Wellenbreite b nach der Formel (Fig. 447)

$$J = \frac{3}{5} (b_1 h_1^3 - b_2 h_2^5), \dots \dots \dots 60.$$

für welche die Mafse b_1, b_2, h_1 und h_2 durch Auftragen einer Viertelwelle in großem Maßstabe oder auch durch Berechnung leicht zu ermitteln sind.

Fig. 447.

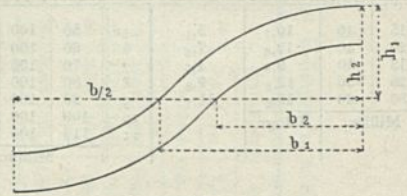


Fig. 448.

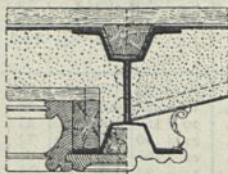
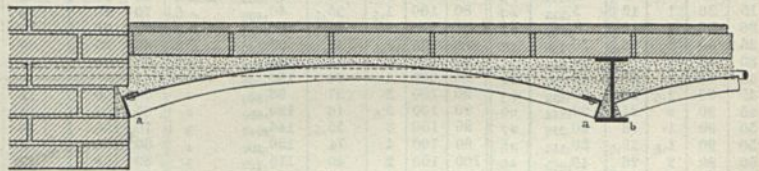


Fig. 449.

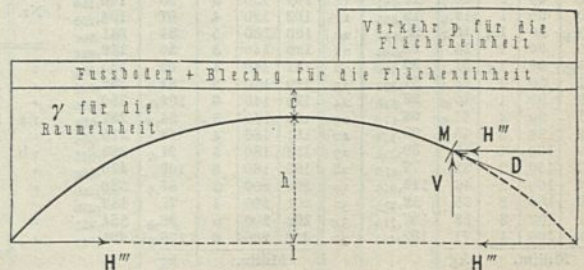


265.
Fachausfüllung
mit
Wellblech-
bogen.

Werden die Balkenfache mit Wellblechbogen, bombiertem Wellbleche, ausgefüllt (siehe Fig. 448 rechts u. Fig. 449), so sind die Abmessungen, Gewichte und Widerstandsmomente der Wellbleche den Tabellen auf S. 236 u. 237 zu entnehmen.

Mit Bezug auf Fig. 450 bezeichne: b die Bogenweite (Trägerteilung), h den Pfeil der Bogenmittellinie, c die etwaige Ueberfüllungshöhe im Scheitel, g das Gewicht des Bleches und des Fußbodens für die Flächeneinheit, γ das Gewicht der Ueberfüllung für die Raumeinheit, p die Nutzlast für die Flächeneinheit, $q = p + g$ die Gesamtlast für die Flächeneinheit ausschließlich der Ueberfüllung, M das ungünstigste Biegemoment bei einseitiger Belastung, H' den wagrechten Bogen Schub bei voller Belastung, H'' den größtmöglichen Gegenschub des unbelasteten Bogens, H''' den von

Fig. 450.



der im Sinne der Vergrößerung von M ungünstigsten einseitigen Belastung erzeugten Bogen Schub, V die lotrechte Scherkraft im Querschnitte des größten Biegemoments bei ungünstigster einseitiger Belastung, D den rechtwinkelig zum untersuchten Querschnitte stehenden Längsdruck und s die zulässige größte Beanspruchung auf 1qm des Blechquerschnittes. Alsdann ist

$$H' = \frac{b^2}{8h} \left[q + \gamma \left(c + \frac{h}{5} \right) \right]; \quad \dots \dots \dots 61.$$

$$M = b^2 (0,00078 \gamma h + 0,0162 p); \quad \dots \dots \dots 62.$$

$$H''' = \frac{b^2}{8h} \left[g + \gamma \left(c + \frac{h}{5} \right) + 0,4 p \right]; \quad \dots \dots \dots 63.$$

$$V = b \left[\frac{g}{4} + \gamma \left(\frac{c}{4} + \frac{h}{48} \right) + 0,108 p \right]; \quad \dots \dots \dots 64.$$

$$D = \sqrt{H'''^2 + V^2}; \quad \dots \dots \dots 65.$$

$$H'' = \frac{s}{\frac{he}{\mathcal{F}} + \frac{1}{F}} + \frac{b^2 \left[g + \gamma \left(c + \frac{h}{6} \right) \right]}{8 \left(h + \frac{\mathcal{F}}{eF} \right)} \quad \dots \dots \dots 66.$$

Die Last der voll belasteten Kappe für die Längeneinheit der Unterstützung ist

$$Q' = b \left[q + \gamma \left(c + \frac{h}{3} \right) \right]. \quad \dots \dots \dots 67.$$

In diesen Gleichungen bedeutet F den Querschnitt des Bleches und $\frac{\mathcal{F}}{e} = W$ das Widerstandsmoment des Querschnittes, welches aus den Tabellen auf S. 236 u. 237 zu entnehmen oder aus Gleichung 60 (S. 238) durch Division von \mathcal{F} mit der halben Blechhöhe zu berechnen ist.

Die größte im Bleche vorkommende Beanspruchung ist

$$\sigma_1 = \frac{Me}{\mathcal{F}} + \frac{D}{F} \text{ (Druck)}, \quad \dots \dots \dots 68.$$

$$\sigma_2 = \frac{Me}{\mathcal{F}} - \frac{D}{F} \text{ (Zug)}. \quad \dots \dots \dots 69.$$

Wird der Wellblechbogen, wie zu empfehlen, mit magerem Beton der Dicke e im Scheitel überstampft, so kann man als Gegen Schub des unbelasteten Bogens den Wert H'' nach Gleichung 66 berechnen; jedoch darf selbstverständlich auch hier der Gegen Schub des unbelasteten Bogens höchstens gleich dem Schube H' (Gleichung 61) des belasteten Bogens werden.

Beispiel. Ein ($b =$) 3,00 m weiter Bogen von ($h =$) 0,25 m Pfeil ist mit magerem Beton aus Backstein $\gamma = 1600\text{kg}$ für 1cbm im Scheitel ($c =$) 0,12 m hoch überschüttet und trägt 0,025 m Zementestrich von 2500 kg für 1cbm Gewicht. Bei 27,5 kg für 1qm Gewicht des Bleches ist dann $g = 27,5 + 0,025 \cdot 2500 = 90\text{kg}$ für 1qm . Die Nutzlast beträgt $p = 700\text{kg}$ für 1qm ; also ist $q = 700 + 90 + 790\text{kg}$ für 1qm . Nach Gleichung 61 ist

$$H' = \frac{3^2}{8 \cdot 0,25} \left[790 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{5} \right) \right] = 4780\text{kg für } 1\text{m Länge};$$

nach Gleichung 62

$$M = 3^2 (0,00078 \cdot 1600 \cdot 0,25 + 0,0162 \cdot 700) = 104,96\text{mkg};$$

nach Gleichung 63

$$H''' = \frac{3^2}{8 \cdot 0,25} \left[90 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{5} \right) + 0,4 \cdot 700 \right] = 2890\text{kg};$$

nach Gleichung 64

$$V = 3 \left[\frac{90}{4} + 1600 \left(\frac{0,12}{4} + \frac{0,25}{48} \right) + 0,108 \cdot 700 \right] = 463 \text{ kg};$$

nach Gleichung 65

$$D = \sqrt{2890^2 + 463^2} = 2925 \text{ kg}.$$

Für das Trägerwellblech von *Hein, Lehmann & Co.*, Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 237, ist bei 1 mm Stärke für 1 m Länge $\frac{f}{e} = \frac{25,2}{100 \cdot 100 \cdot 100} = 0,000252$ (auf Met. bezogen), und der Querschnitt folgt bei 7800 kg für 1 cbm Eifengewicht aus dem Blechgewichte von 14,1 kg für 1 qm mit $F = \frac{14,1}{7800} = 0,0018 \text{ qm}$. Nach Gleichung 68 ist also der größte Druck

$$\sigma_1 = \frac{104,96}{0,000252} + \frac{2925}{0,0018} = 5797000 \text{ kg für 1 qm} = \text{rund } 580 \text{ kg für 1 qcm}$$

und nach Gleichung 69 der größte Zug

$$\sigma_2 = \frac{104,96}{0,000252} - \frac{2925}{0,0018} = 2543000 \text{ kg für 1 qm} = \text{rund } 254 \text{ kg für 1 qcm};$$

das gewählte Blech ist also reichlich stark, da man mit der Spannung für diesen Fall ohne Bedenken bis 1000 kg für 1 qcm gehen könnte.

Der größte zulässige Gegen Schub einer unbelasteten Kappe ist nach Gleichung 66 bei $s = 1000 \text{ kg}$ für 1 qcm = 10000000 kg für 1 qm

$$H'' = \frac{10000000}{\frac{0,25}{0,000252} + \frac{1}{0,0018}} + \frac{3^2 \left[90 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{6} \right) \right]}{8 \left(0,25 + \frac{0,000252}{0,0018} \right)} = 955 + 1490 = 2445 \text{ kg},$$

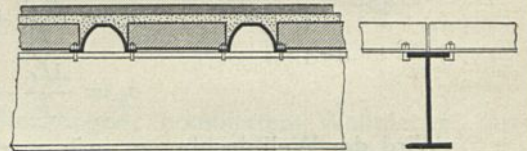
und die größte lotrechte Belaftung von 1 m der unterstützenden Träger nach Gleichung 67

$$Q' = 3 \left[790 + 1600 \left(0,12 + \frac{0,25}{3} \right) \right] = 3345 \text{ kg}.$$

η) Fachausfüllungen mit Belageifen.

Die statischen Verhältnisse der Fachausfüllungen mit Belageifen (Fig. 451) sind schon in Art. 203 (S. 182) erörtert. Die Belageifen werden danach für die Balkenteilung als Stützweite als Träger auf zwei Stützen berechnet, wofür die Widerstandsmomente dem Deutschen Normalprofilbuche zu entnehmen sind.

Fig. 451.



3) Querschnittsermittlung für Balken und Träger.

Holzbalen haben ausschließlich rechteckigen Querschnitt, und zwar — mit Rücksicht auf vorteilhafteste Gewinnung eines Balkens aus dem runden Stamme — oft des Seitenverhältnisses 5 : 7³³²).

Die Berechnung³³³) erfolgt etwas zu sicher für die größte Stützweite jedes Balkens bei 80 kg für 1 qcm zulässiger Beanspruchung als Träger auf zwei Stützen. Alle hierher gehörenden Berechnungen können durch Benutzung der Auftragung in Fig. 452 vorgenommen werden³³⁴). Dort bezeichnet b die Breite, l die größte Stützweite, h die Höhe eines Balkens (in Centim.) und q die Gesamtblaftung für 1 lauf. Centim.

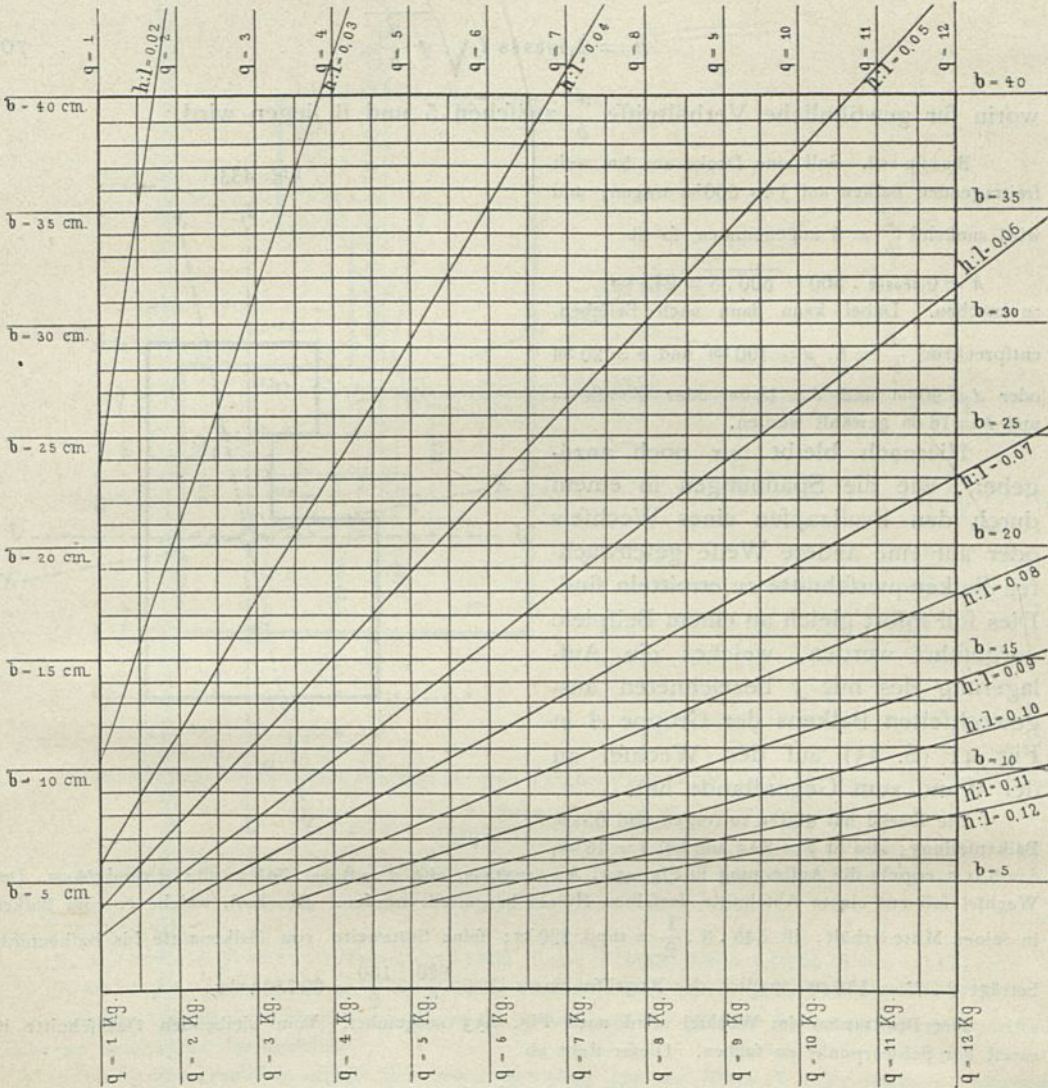
³³²) Siehe Teil III, Bd. 1 (Art. 156, S. 110; 2. Aufl.: Art. 15, S. 114) dieses Handbuches.

³³³) Angaben über die Eigengewichte hölzerner Balken finden sich in einer Tabelle in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 318; 2. Aufl.: S. 17) dieses Handbuches. — Siehe auch: HARTWIG, C. Hülftabellen für Holzbau, Berlin 1893.

³³⁴) Vergl. auch: GARTEN. Diagramm zur Bestimmung der Querschnitte hölzerner Balken. Deutsche Bauz. 1887, S. 342.

Beispiel 1. Ein Balken ist für 5,50 m Stützweite bei 1,05 m Fachtteilung zu berechnen; die Eigenlast der Decke (halber Windelboden) beträgt 300 kg und die Nutzlast 250 kg für 1 qm. Die Last für 1 cm ist demnach $q = \frac{1,05 (300 + 250)}{100} = 5,8$ kg. Wird die Breite veruchsweise mit 22 cm angenommen, so führen die Koordinaten $q = 5,8$ und $b = 22$ zur schrägen Linie $h : l = 0,05$, und somit muß $h = 0,05 \cdot 550 = 27,5$ cm sein, ein geeignetes Verhältnis. Hätte sich eine ungeeignet erscheinende Höhe ergeben, so hätte man durch Aenderung der Ordinate b ein besseres Verhältnis finden können.

Fig. 452.



Beispiel 2. Eine Decke, welche im ganzen 400 kg auf 1 qm zu tragen hat, soll bei 4,50 m Stützweite aus Balken von $b = 20$ und $h = 25$ cm hergestellt werden. Wie darf die Balkenteilung gewählt werden? Es ist $h : l = \frac{25}{450} = 0,056$. Man suche den Schnitt der Linie $0,056 = h : l$ mit der Wagrechten durch $b = 20$ cm; alsdann schneidet dieser die Abcisse $q = 6,5$ kg ab, und die zulässige Balkenteilung d folgt dann aus $\frac{d \cdot 400}{100} = 6,5$ mit $d = 1,625$ m.

Beispiel 3. Wie weit kann sich ein Balken von $b = 15$ und $h = 25$ cm bei $1,10$ m Fächteilung unter 500 kg Belastung für 1 qm frei tragen? Es ist $q = \frac{1,1 \cdot 500}{100} = 5,5$ kg; die Koordinaten $q = 5,5$ und $b = 15$ geben die Linie $h : l = 0,058$; also kann $l = \frac{25}{0,058} = 430$ cm fein.

Eine bequeme Formel zur Berechnung von Holzbalken ist die folgende. Es bezeichnet q die Gesamtlast für 1 qm Deckenfläche (in Kilogr.), b die Breite und h die Höhe eines Balkens (in Centim.), d die Teilung der Balken von Mitte zu Mitte (in Centim.) und l die Stützweite des Balkens. Alsdann findet statt

$$h = 0,000968 l \sqrt{q \frac{d}{b}}, \dots \dots \dots 70.$$

worin für gewöhnliche Verhältnisse $\frac{d}{b}$ zwischen 5 und 6 liegen wird.

Beispiel. Soll eine Decke aus 5 m weit freitragenden Balken auf 1 qm 500 kg tragen, und wird zunächst $\frac{d}{b} = 5$ angenommen, so ist

$h = 0,000968 \cdot 500 \sqrt{500 \cdot 5} = 24,2$ cm zu machen. Dabei kann dann nach Belieben, entsprechend $\frac{d}{b} = 5$, $d = 100$ cm und $b = 20$ cm oder $d = 90$ cm und $b = 18$ cm oder $d = 80$ cm und $b = 16$ cm gewählt werden.

Hiernach bleibt nur noch anzugeben, wie die Spannungen in einem durch den Brustzapfen eines Wechfels oder auf eine andere Weise geschwächten Balkenquerschnitte zu ermitteln sind. Dies soll sofort gleich an einem Beispiele vorgeführt werden, welches die Auflagerung des mit 5 bezeichneten ausgewehfelten Balkens der Gruppe A in Fig. 41 (S. 35) auf den Wechfel an der Wand zum Gegenstande hat.

Die Decke hat 400 kg zu tragen und $0,75$ m Balkenteilung; also ist $q = 3$ kg und bei $b = 15$ cm, $l = 5,45$ m, ergibt die Auftragung in Fig. 452: $h : l = 0,043$, also $h = 0,043 \cdot 545 = 23,5 = \text{rund } 24$ cm. Der Wechfel soll aus einem Abschnitte deselben Holzes hergestellt werden. Die Last, welche er vom Balken in seiner Mitte erhält, ist $545 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} = \text{rund } 820$ kg; seine Stützweite von Balkenmitte bis Balkenmitte beträgt $2 \cdot 75 = 150$ cm, folglich das Angriffsmoment $M = \frac{820}{2} \cdot \frac{150}{2} = 30750$ qmkg.

Der Brustzapfen im Wechfel wird nach Fig. 453 ausgeführt. Vom bleibenden Querschnitte ist zuerst der Schwerpunkt zu suchen. Dieser steht ab

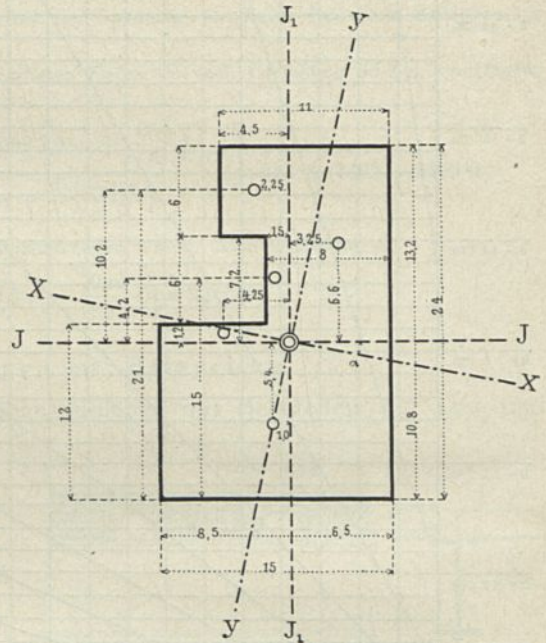
von der Unterkante:
$$\frac{11 \cdot 6 \cdot 21 + 8 \cdot 6 \cdot 15 + 12 \cdot 15 \cdot 6}{11 \cdot 6 + 8 \cdot 6 + 12 \cdot 15} = 10,8 \text{ cm};$$

von der rechten Kante:
$$\frac{11 \cdot 6 \cdot 5,5 + 8 \cdot 6 \cdot 4 + 12 \cdot 15 \cdot 7,5}{11 \cdot 6 + 8 \cdot 6 + 12 \cdot 15} = 6,5 \text{ cm}.$$

Demnach ist das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerpunktsachse

$$I = 11 \frac{13,2^3 - 7,2^3}{3} + 8 \frac{7,2^3 - 1,2^3}{3} + 15 \frac{1,2^3 + 10,8^3}{3} = 14360;$$

Fig. 453.



268.
Berechnung
unsymmetrischer
Balken-
querchnitte.

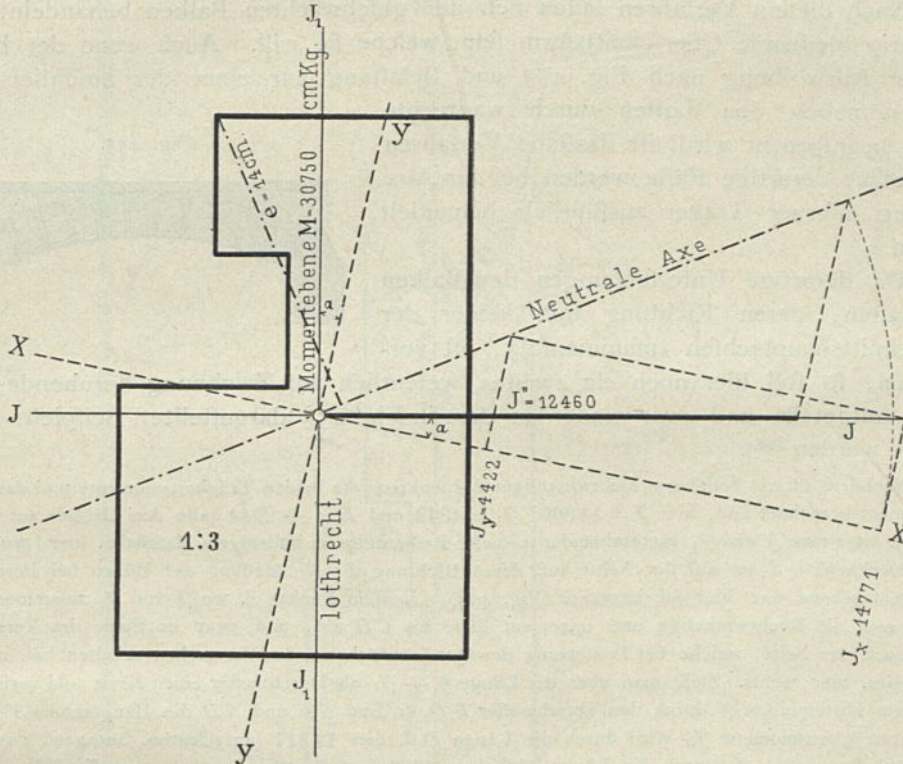
für die lotrechte Schwerpunktsachse

$$\mathcal{I}_1 = 12 \frac{6,5^3 + 8,5^3}{3} + 6 \frac{1,5^3 + 6,5^3 + 4,5^3 + 6,5^3}{3} = 4842.$$

Das Zentrifugalmoment H ³³⁵⁾ ist

$$H = 13,2 \cdot 6,5 \cdot 3,25 \cdot 6,6 - 6 \cdot 4,5 \cdot 2,25 \cdot 10,2 - 6 \cdot 1,5 \cdot 4,2 \cdot \frac{1,5}{2} - 1,2 \cdot 8,5 \cdot 4,25 \cdot \frac{1,2}{2} + 15 \cdot 10,8 \cdot 1,0 \cdot 5,4 = +2044.$$

Fig. 454.



Demnach folgt der Winkel α , welchen die erste Trägheitshauptachse X mit der Achse \mathcal{I} bildet ³³⁶⁾, aus

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cdot 2044}{4842 - 14360} = \frac{2H}{\mathcal{I}_1 - \mathcal{I}}$$

Daraus ergibt sich $\alpha = -11^\circ 37' 21''$; ferner

$$\sin 2\alpha = -0,3946, \quad \sin^2 \alpha = 0,0406, \quad \cos^2 \alpha = 0,9594,$$

und schließlich ³³⁷⁾

$$\mathcal{I}_x = \mathcal{I} \cos^2 \alpha + \mathcal{I}_1 \sin^2 \alpha - H \sin 2\alpha = 14360 \cdot 0,9594 + 4842 \cdot 0,0406 + 2044 \cdot 0,3946 = 14771,$$

$$\mathcal{I}_y = \mathcal{I} \sin^2 \alpha + \mathcal{I}_1 \cos^2 \alpha + H \sin 2\alpha = 14360 \cdot 0,0406 + 4842 \cdot 0,9594 + 2044 \cdot 0,3946 = 4383.$$

In Fig. 454 ist auf Grund dieser Werte die Berechnung der größten Spannung der gefährdetsten Ecke am Brutzapfen durchgeführt.

Die Spannungsnulllinie ergibt sich, wenn man (Fig. 454) die Ebene \mathcal{I} (hier wagrecht) mit dem Winkel α gegen die X -Achse festlegt, um den die Momentenebene (hier lotrecht) von der Y -Achse absteht, dann vom Schwerpunkte aus $\mathcal{I}_x = 14771$ und $\mathcal{I}_y = 4422$ in irgend einem Maßstabe auf der X -Achse absetzt und in beiden Punkten die Winkelrechten zur X -Achse zieht. Trägt man dann den Abschnitt auf der Winkelrechten in \mathcal{I}_x im Winkel α auf der Winkelrechten in \mathcal{I}_y auf und verbindet diesen Punkt mit dem Schwerpunkte, so erhält man die Nulllinie.

³³⁵⁾ Vergl. Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 269; 2. Aufl.: S. 41; 3. Aufl.: S. 42) dieses Handbuchs.

³³⁶⁾ Nach Gleichung 46, S. 269 (2. Aufl.: Gleichung 24, S. 39; 3. Aufl.: Gleichung 24, S. 40) ebendaf.

³³⁷⁾ Nach Gleichung 45, S. 269 (2. Aufl.: Gleichung 22, S. 39; 3. Aufl.: Gleichung 22, S. 40) ebendaf.

Man bestimme nun den Abstand ϵ des am entferntesten von der Nulllinie liegenden Punktes (Fig. 454), hier $\epsilon = 14$ cm, übertrage \mathcal{F}_x auf die Nulllinie und ziehe von da die Rechtwinkelige zur X -Achse; diese schneidet auf der den Winkel α mit der X -Achse einschließenden Geraden \mathcal{F} dann einen Wert \mathcal{F}'' (hier $\mathcal{F}'' = 12460$) ab, welcher mit ϵ und M die ungünstigste Spannung nach der Gleichung

$$\sigma = \frac{M\epsilon}{\mathcal{F}} = \frac{30750 \cdot 14}{12460} = 34,3 \text{ kg} \dots \dots \dots 71.$$

ergibt. Der Wechsel ist also trotz der Schwächung reichlich stark. Hierbei ist das Verdrehungsmoment, welches sich aus der Lagerung des Balkenendes auferhalb des Schwerpunktes ergibt, vernachlässigt.

Nach diesem Verfahren lassen sich alle geschwächten Balken behandeln, mag die übrig bleibende Querschnittsform fein, welche sie will. Auch wenn der Balken bei der Auswölbung nach Fig. 455 und Belastung nur einer der anschließenden Kappen neben den Lasten durch wagrechte Kräfte beansprucht wird, ist dasselbe Verfahren am Platze; derartige Fälle werden bei der Auswölbung eiserner Träger ausführlich behandelt werden.

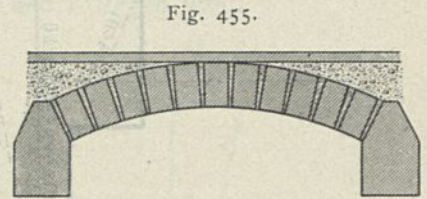


Fig. 455.

269.
Zeichnerisches
Verfahren.

Da derartige Untersuchungen der Balken auf Lasten, deren Richtung mit keiner der Querschnittshauptachsen zusammenfällt, oft vorkommen, so soll hier noch ein zweites, wesentlich auf Zeichnung beruhendes Verfahren mitgeteilt, und zwar wieder an dem in Fig. 453 dargestellten Beispiele durchgeführt werden³³⁸).

Nachdem für ein beliebiges rechtwinkeliges Achsenkreuz die beiden Trägheitsmomente und das Zentrifugalmoment berechnet sind, hier $\mathcal{F} = 14360$, $\mathcal{F}_1 = 4842$ und $H = +2044$ (alle drei Größen auf Centim. bezogen), setze man \mathcal{F} und \mathcal{F}_1 hintereinander in dieser Reihenfolge in beliebigem Maßstabe, hier $1 \text{ mm} = 333$, vom Schwerpunkte S aus auf der Achse auf, deren Richtung für die Messung der Höhen bei Berechnung von \mathcal{F} maßgebend war, hier die lotrechte (Fig. 456). In dem Punkte A , wo \mathcal{F} und \mathcal{F}_1 zusammenstoßen, errichte man die Rechtwinkelige und setze auf diese bis CH auf, und zwar im Sinne des Vorzeichens von H nach der Seite, welche bei Festsetzung der Querschnittshebel das Vorzeichen erhalten hat, mit dem H erscheint, hier rechts. Zieht man über der Länge $\mathcal{F} + \mathcal{F}_1$ als Durchmesser einen Kreis und verbindet C mit seinem Mittelpunkte N durch den Durchmesser BD , so sind SB und SD die Hauptachsen Y und X ; das Hauptträgheitsmoment \mathcal{F}_x wird durch die Länge DC , hier 14817 (auf Centim. bezogen), das zweite Hauptträgheitsmoment \mathcal{F}_y durch die Länge CB , hier 4383 (auf Centim. bezogen) gemessen³³⁹).

Man trage nun die Richtung der Kräfte ein, die $M = 30750 \text{ cmkg}$ erzeugen, hier die lotrechte, und nenne die Koordinaten desjenigen Quadranten der Hauptachsen positiv: $+x$, $+y$, in den der Kraftpfeil von S aus hineinweist.

Soll nun die in einem bestimmten Punkte, etwa einer der Ecken $1, 2, 3, 4$ (Fig. 456) auftretende Spannung ermittelt werden, so berechne man für diesen die Größen

$$a = \frac{y}{\mathcal{F}_x} \text{ und } b = \frac{x}{\mathcal{F}_y} \dots \dots \dots 72.$$

unter Berücksichtigung der Vorzeichen, also nach Fig. 456 für Punkt 1 :

$$x_1 = +8,7 \text{ cm}, y_1 = +9,3, \quad a_1 = \frac{+9,3}{14817} = +0,000627, \quad b_1 = \frac{+8,7}{4383} = +0,00198$$

(auf Centim. bezogen) (auf Centim. bezogen)

Punkt 2 :

$$x_2 = +3,5 \text{ cm}, y_2 = -14,3 \text{ cm}, \quad a_2 = \frac{-14,3}{14817} = -0,000963, \quad b_2 = \frac{+3,5}{4383} = +0,000798$$

(auf Centim. bezogen) (auf Centim. bezogen)

Punkt 3 :

$$x_3 = -7,1 \text{ cm}, y_3 = -11,9 \text{ cm}, \quad a_3 = \frac{-11,9}{14817} = -0,000803, \quad b_3 = \frac{-7,1}{4383} = -0,001618$$

(auf Centim. bezogen) (auf Centim. bezogen)

338) Siehe: Zeitchr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447.

339) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 11. — Zeitchr. f. Bauw. 1892, S. 549.

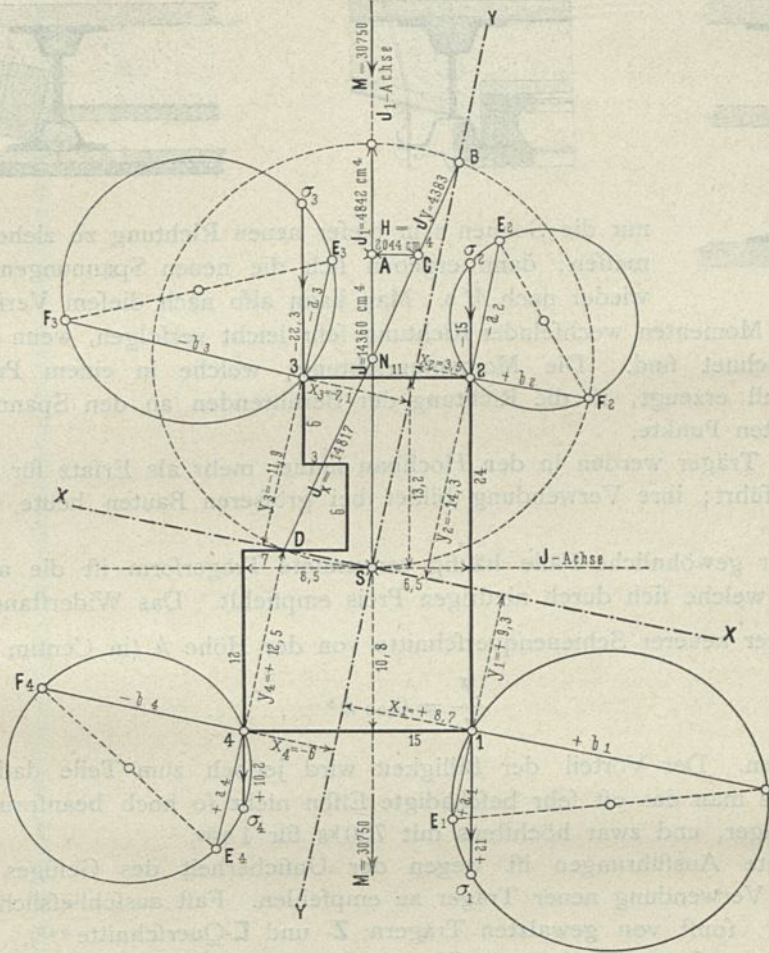
Punkt 4:

$$x_4 = -6 \text{ cm}, \quad y_4 = +12,5 \text{ cm}, \quad a_4 = \frac{+12,5}{14817} = +0,000843, \quad b_4 = \frac{-6}{4388} = -0,001365$$

(auf Centim. bezogen) (auf Centim. bezogen)

Diese Größen a und b trage man unter Berücksichtigung des Vorzeichens a im Sinne von y , b im Sinne von x in dem zu untersuchenden Punkte rechtwinklig zu einander auf und lege durch die beiden so erhaltenen Punkte E, F und den zu untersuchenden einen Kreis. Nun ziehe man in diesen Kreis vom zu untersuchenden Punkte aus eine Sehne in der Richtung der wirkenden Kraft, also der Momentenebene,

Fig. 456.



hier lotrecht, und greife die Länge s dieser Sehne in demjenigen Maßstabe ab, in dem die Größen a und b aufgetragen sind, in Fig. 456: $0,00005$ (auf Centim. bezogen) = 1 mm und stelle das Produkt $M \sigma$ her; dieses ist die gefuchte Spannung s .

$$s = M \sigma \dots \dots \dots 73.$$

Diese Spannung s ist Zugspannung, wenn die zugehörige Sehne σ mit dem Pfeilfinne von M vom untersuchten Punkte weg, Druckspannung, wenn sie nach ihm hinweist.

In Fig. 456 ist dies alles für die vier äußersten Querschnittsecken durchgeführt; es ist für:

- Punkt 1: $\sigma_1 = 21$ mm, $s_1 = 21 \cdot 0,00005 \cdot 30705 = +32,3$ kg für 1 qcm;
- Punkt 2: $\sigma_2 = -15$ mm, $s_2 = -15 \cdot 0,00005 \cdot 30705 = -23$ kg für 1 qcm;
- Punkt 3: $\sigma_3 = -22,3$ mm, $s_3 = -22,3 \cdot 0,00005 \cdot 30705 = -34,3$ kg für 1 qcm;
- Punkt 4: $\sigma_4 = +10,2$ mm, $s_4 = +10,2 \cdot 0,00005 \cdot 30705 = +15,7$ kg für 1 qcm.

Punkt σ ist also der gefährlichste; die Spannung ergibt sich ebenso, wie nach der vorstehenden Berechnung.

Noch verdient bemerkt zu werden, daß die Größen a und b , also die Spannungskreise, in den zu untersuchenden Ecken ganz unabhängig von der Größe und Richtung des Moments M sind. Ändert M seine Größe, so wird nur die mit σ zu multiplizierende Zahl anders; ändert M seine Richtung, so braucht man

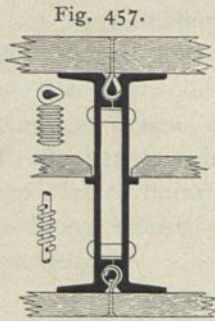


Fig. 457.

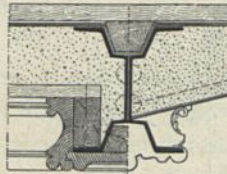


Fig. 458.

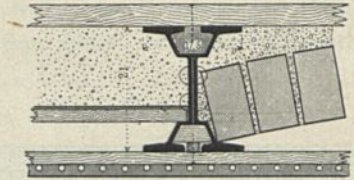


Fig. 459.

nur die Sehen σ in dieser neuen Richtung zu ziehen und zu messen; dann ergeben sich die neuen Spannungen s immer wieder nach $M\sigma$. Man kann also nach diesem Verfahren die Wirkung von Momenten wechselnder Richtung sehr leicht verfolgen, wenn die Kreise einmal gezeichnet sind. Die Momentenrichtung, welche in einem Punkte die Spannung Null erzeugt, ist die Richtung der Berührenden an den Spannungskreis im untersuchten Punkte.

270.
Eiserne
Träger.

Eiserne Träger werden in den Hochbau immer mehr als Ersatz für die Holzbalken eingeführt; ihre Verwendung bildet bei größeren Bauten heute schon die Regel.

Eine für gewöhnliche Fälle häufig verwendete Trägerform ist die alte Eisenbahnfchene, welche sich durch niedrigen Preis empfiehlt. Das Widerstandsmoment $\frac{J}{e}$ abgenutzter neuerer Schienenquerschnitte von der Höhe h (in Centim.) kann

$$\frac{J}{e} = 0,06 h^3 \dots \dots \dots 74.$$

gesetzt werden. Der Vorteil der Billigkeit wird jedoch zum Teile dadurch aufgehoben, daß man das oft sehr beschädigte Eisen nicht so hoch beanspruchen darf wie neue Träger, und zwar höchstens mit 700 kg für 1 qcm.

Für gute Ausführungen ist wegen der Unsicherheit des Gefüges in alten Schienen die Verwendung neuer Träger zu empfehlen. Fast ausschließlich kommen hier I-Träger, sonst von gewalzten Trägern Z- und C-Querschnitte³⁴⁰⁾, dann zusammengesetzte Blech- und Gitterträger³⁴¹⁾ und schließlich besondere Trägerformen für bestimmte Zwecke zur Verwendung, namentlich zur Erzielung größerer Seitensteifigkeit, wie derjenige von *Gocht* (Fig. 457), derjenige von *Klette* (Fig. 458 u. 459) und derjenige mit *Lindsay*-Eisen unten oder oben und unten verstärkte I-Träger (Fig. 460).

Fig. 460.

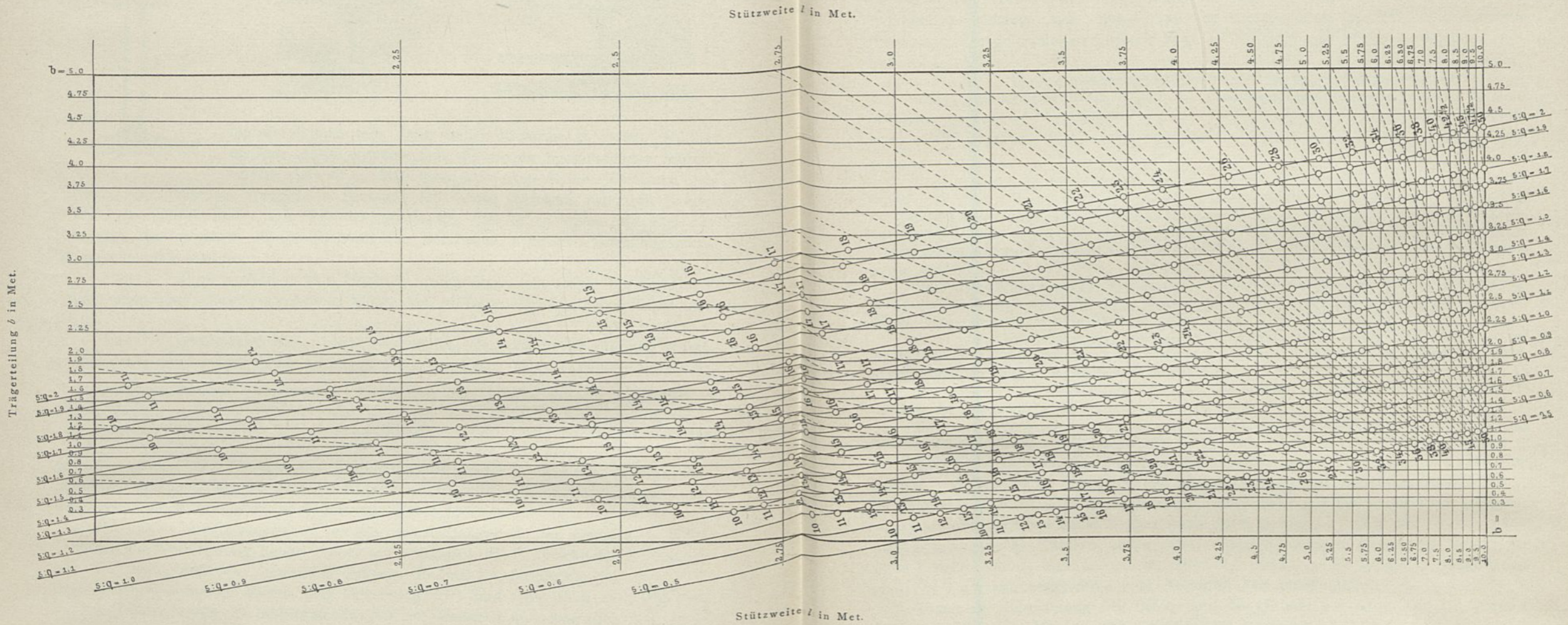


271.
Berechnung
lotrecht
belasteter
Träger.

Sind die Träger nur lotrecht belastet, so sind die größten Biegemomente für die nach dem früher Gefagten meist verwendeten Träger auf zwei Stützen leicht zu ermitteln.

340) Siehe die betreffenden Tabellen in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (S. 197 u. 198) dieses »Handbuches«.

341) Siehe Teil III, Bd. 1 (Abt. I, Abfchn. 3, Kap. 7) dieses »Handbuches«.



Zeichnerische Darstellung der Normal-I-Eifen für die Untersuchung ihrer Tragfähigkeit unter lotrechter Belastung.

Die deutschen Normalprofile für I-Eisen können mit Hilfe der nebenstehenden Tafel berechnet werden. In dieser bedeutet b die Teilung der Deckenträger (in Met.), l die Stützweite (in Met.), g die gesamtte Deckenbelastung für 1 qm (in Kilogr.) und s die zulässige Spannung des Trägerquerschnittes (in Kilogr. auf 1 qcm). Die Koordinaten l und b führen durch ihren Schnittpunkt zu oder in die Nähe einer der geftrichelten schrägen Leitlinien, die man bis zum Schnitte mit derjenigen ausgezogenen, von rechts nach links fallenden, schrägen Querlinie verfolge, welche zu dem dem vorliegenden Falle entsprechenden Verhältnisse $s : g$ gehört. Die Nummer der kleinen Null, welche auf der ausgezogenen Querlinie $s : g$ zunächst rechts von der geftrichelten Leitlinie liegt, ist diejenige des zu verwendenden I-Normalprofiles ³⁴²).

Beispiel 1. Der dem Beispiele in Art. 265 (S. 239) für Wellblechbogen entsprechende Träger soll, vorläufig ohne Rücksicht auf die seitlichen Beanspruchungen, ermittelt werden, und zwar für $5,30\text{ m}$ Stützweite. Die Last für 1 m war nach Gleichung 67 (S. 239): $Q' = 3345\text{ kg}$, also die gesamtte Durchschnittslast $g = \frac{3345}{3} = 1115\text{ kg}$; ist die zulässige Spannung $s = 1100\text{ kg}$ für 1 qcm , so wird $s : g = 1100 : 1115 = 0,987$.

Verfolgt man in der nebenstehenden Tafel die dem Koordinatenschnitte $l = 5,3$ und $b = 3$ nächstliegende geftrichelte Leitlinie bis zu der $s : g = 0,987$ entsprechenden, einzuschaltenden Querlinie, so liegt auf letzterer zunächst rechts von der Leitlinie der dem Querschnitte Nr. 36 entsprechende kleine Kreis; der Querschnitt dieser Nummer ist zu verwenden. Dieser Träger bedarf jedoch noch der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen seitliche Beanspruchung, welche für einen ähnlichen Fall weiter unten durchgeführt wird.

Beispiel 2. Das Eigengewicht einer 6 m freitragenden, mit Beton ausgewölbten Decke beträgt 400 kg und die Nutzlast 400 kg für 1 qm ; demnach ist $g = 800\text{ kg}$. Wie weit dürfen Träger des Profils Nr. 28 auseinander gelegt werden, wenn die Beanspruchung für 1 qm 1000 kg betragen soll?

Es ist $s : g = 1000 : 800 = 1,25$. Die geftrichelte Leitlinie, welche zunächst links von Nr. 28 auf der Querlinie $s : g = 1,25$ festgelegt wird, schneidet die Abszisse $l = 6,00\text{ m}$ bei der Ordinate $b = 1,45\text{ m}$; so weit dürfen die Träger also voneinander entfernt liegen.

Beispiel 3. Wie weit können sich $1,00\text{ m}$ voneinander liegende Träger Nr. 26 bei 1050 kg Spannung für 1 qcm unter 900 kg Nutzlast für 1 qm frei tragen?

Es ist $s : g = 1050 : 900 = 1,18$. Die $s : g = 1,18$ und Nr. 26 entsprechende geftrichelte Leitlinie schneidet auf der Ordinate $b = 1,00$ die Abszisse $l = 6,50\text{ m}$ ab, welche die zulässige Stützweite angibt.

Bei diesen Berechnungen mittels der nebenstehenden Tafel kann die Eisenbahnschiene von 13 cm Höhe bezüglich des Widerstandsmoments dem Normalprofil Nr. 17 gleichgesetzt werden. Ihre Beanspruchung soll jedoch nur 700 kg für 1 qcm betragen, während man diejenige neuer Träger unter stark bewegten Lasten bis 1000 kg , unter mäfsig bewegten bis 1200 kg , unter ganz ruhenden, stetigen Lasten bis 1500 kg für 1 qcm steigern kann. Nur bei grofsen Profilen, etwa von Nr. 40 an, empfiehlt sich eine um 15 Vomhundert ermäfsigte Annahme der Spannungen.

Ueber die Berechnung der Blech- und der Gitterträger ist in Teil III, Band I (Abt. I, Abschn. 1, Kap. 7) das Erforderliche zu finden.

Wenn die Träger auch wagrechten Kräften ausgesetzt sind ³⁴³), so entstehen vorwiegend aus den Schüben von Auswölbungen und Wellblechbogen, sowie aus den Zügen von Tonnenblechen, welche sich bei Belastung nur eines anschließenden Faches nicht vollkommen ausgleichen, sondern einen nach der Seite des unbelasteten Faches gerichteten Schub oder einen nach der Seite des belasteten Faches gerichteten Zug von der Gröfse $H' - H''$ (vergl. die Gleichungen 35 u. 36 [S. 221], 39 u. 40 [S. 222], 54 u. 56 [S. 231], 57 [S. 232], 58 u. 59 [S. 234], sowie 61 u. 66

³⁴²) Siehe die betreffende Tabelle in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (S. 198) dieses Handbuchs.

³⁴³) Vergl. hierüber auch: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 393. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447.

[S. 239]) ergeben, schiefe Belastungen der Träger, welche diese ganz besonders ungünstig beanspruchen. Auch für die Unterfuchung eiserner Balken unter derart schiefer Last ist das in Art. 269 (S. 244) an dem Beispiele zu Fig. 456 durchgeführte Verfahren mit Spannungskreisen mit Vorteil zu verwenden.

Beispiel. Als Beispiel sollen hier die Träger einer Decke nach Fig. 461 u. 462 durchgerechnet werden. Für die Fachauffüllung kommt Gleichung 37 (S. 222) zur Anwendung. Die Länge der Träger

Fig. 461.

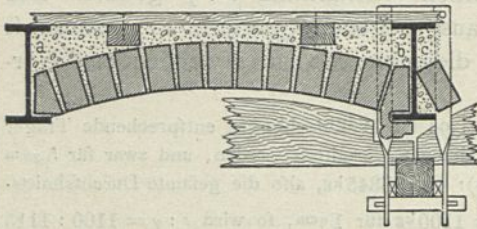
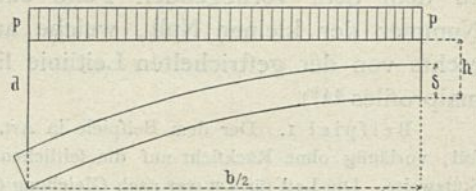


Fig. 462.



($l =$) sei 5,50 m, die Teilung ($b =$) 1,70 m, $\delta = 0,12$ m, $h = 0,20$ m, γ für Backsteine 1700 kg, $\rho = 750$ kg und mit Rücksicht auf Stöße für Backstein $s = 50\,000$ kg für 1 qm. Demnach ist nach Gleichung 37

$$d = \frac{8 \cdot 50\,000 \cdot 0,12 (3 \cdot 0,2 - 0,12) + 1,7^2 (6 \cdot 750 + 5 \cdot 1700 \cdot 0,2)}{24 \cdot 0,12 \cdot 50\,000 - 1700 \cdot 1,7^2} = 0,295 \text{ m} = \text{rund } 0,30 \text{ m}.$$

Das Gewicht dieser Kappe ist für 1 m nach Gleichung 51 (S. 224)

$$\begin{aligned} G &= \frac{1}{3} \cdot 17\,000 \cdot 1,7 (0,3 + 2 \cdot 0,2) && = 675,0 \text{ kg}, \\ 3 \text{ cm Zementestrich } &1 \cdot 1,7 \cdot 0,03 \cdot 2500 && = 128,5 \text{ „}, \\ 1 \text{ lauf. Meter Träger schätzungsweise} &&& = 96,5 \text{ „}, \\ &&& \text{zusammen } 900,0 \text{ kg}. \end{aligned}$$

Das Gewicht g für 1 qm ist somit $\frac{900}{1,7} = \text{rund } 530 \text{ kg}$.

Der Schub der voll belasteten Kappe ist nach Gleichung 39 (S. 222)

$$H' = 0,5 \cdot 50\,000 \cdot 0,12 = 3000 \text{ kg für 1 m Trägerlänge,}$$

und der größte Gegenschub der unbelasteten Kappe nach Gleichung 40 (S. 222)

$$H'' = 0,125 \left[\sqrt{9 \cdot 50\,000^2 (0,3 - 0,2 - 0,12)^2 + 1700 \cdot 50\,000 \cdot 1,7^2 (0,3 + 5 \cdot 0,2)} - 3 \cdot 50\,000 (0,3 - 0,2 - 0,12) \right],$$

$$H'' = 2640 \text{ kg}.$$

Die wagrechte Belastung eines zwischen einer belasteten und einer unbelasteten Kappe liegenden Trägers ist somit

$$\frac{H' - H''}{100} = \frac{3000 - 2640}{100} = 3,6 \text{ kg für 1 cm}.$$

Die größte lotrechte Belastung eines Trägers tritt für volle Last beider anschließenden Kappen ein; sie beträgt für 1 qm der Decke $750 + 530 = 1280 \text{ kg}$.

Die lotrechte Belastung eines Trägers zwischen belasteter und unbelasteter Kappe ist

$$\frac{900 + \frac{1,7 \cdot 750}{2}}{100} = 15,4 \text{ kg für 1 cm}.$$

Wird noch die zulässige Beanspruchung des Eisens zu 1100 kg für 1 qcm festgesetzt, so ist mit Bezug auf die Tafel bei S. 247 für den voll belasteten Träger $s : q = 1100 : 1280 = 0,86$. Zunächst unter der gestrichelten Leitlinie der Koordinaten $l = 5,5$ und $b = 1,7$ liegt auf $s : q = 0,86$ das Profil Nr. 32, welches also bei voller Belastung genügt.

Für dieses Profil ist ³⁴⁴⁾ $\mathcal{Y}_x = 12622$ und $\mathcal{Y}_y = 652$; für den einseitig belasteten Träger ist das lotrechte Moment $\frac{15,4 \cdot 550^2}{8} = 582\,312 \text{ cmkg}$ und die entsprechende Spannung bei 32 cm Trägerhöhe

$$\frac{582\,312 \cdot 32}{2 \cdot 12622} = 739 \text{ kg}.$$

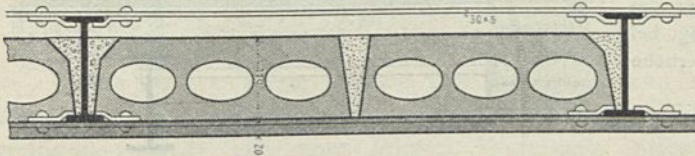
³⁴⁴⁾ Siehe Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (S. 198) dieses Handbuchs.

Das wagrechte Biegemoment unter dem einseitigen Schube von 3,6 kg ist $\frac{3,6 \cdot 550^2}{8} = 136125 \text{ cmkg}$, die zugehörige Spannung bei 13,1 cm Trägerbreite $\frac{136125 \cdot 13,1}{2 \cdot 652} = 1368$; es ergäbe sich somit für die Kanten der Flansche $1368 + 739 = 2107 \text{ kg}$ Spannung; der Träger ist also stärker zu wählen.

Will man die genügende Tragfähigkeit durch Verstärkung des Trägers erreichen, so kommt man nach dem vorgeführten Untersuchungsgange zu einem I-Eisen

273.
Aufnahme der Seitenschübe durch Verankerung.

Fig. 463.



Nr. 40. Die Verstärkung der Träger kann aber billiger durch Einlegen von Ankerreihen erreicht werden (siehe Fig. 157 [S. 87], 184 [S. 101] u. 463 bis 466), welche

die Träger gegeneinander absteifen, also Stützen in wagrechtem Sinne bilden. Solche Anker müssen nach den Erörterungen in Kap. 4, unter a, 1 (Art. 85, S. 94), wenn sie die Schübe in jedem Trägerfache aufheben sollen, an jedem Träger nach

beiden Seiten unverschieblich befestigt sein, bestehen daher am besten aus Rundeisen, welche nur von Träger zu Träger reichen und in den benachbarten Fachen etwas versetzt werden, oder nach

Fig. 464.

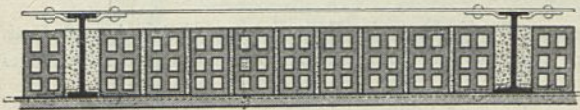


Fig. 463 u. 464 aus Bandeisen über und unter den Trägern, welche die Flansche beiderseits mit Klammern umgreifen.

Legt man eine solche Ankerreihe in die Mitte der Weite, so entsteht in wagrechtem Sinne aus jedem Balken ein durchlaufender Träger auf 3 Stützen von der Oeffnungsweite $\frac{550}{2} = 275 \text{ cm}$; das größte Moment in der Mitte (am Anker³⁴⁵) ist

$$0,125 \cdot 3,6 \cdot 275^2 = 30430 \text{ cmkg}.$$

Die zugehörige Beanspruchung ist

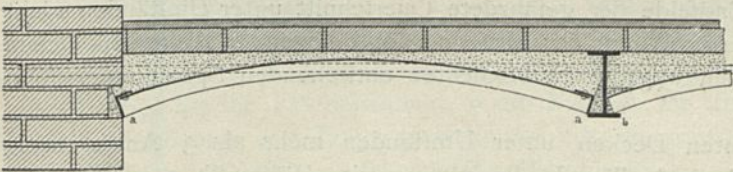
$$\frac{30430 \cdot 13,1}{2 \cdot 655} = 306 \text{ kg};$$

die größte Beanspruchung wird $739 + 306 = 1045 \text{ kg}$; also genügt nach Einlegen der einen Ankerreihe

Profil Nr. 32 auch der wagrechten Beanspruchung.

Der letzte Träger an der zu unmittelbarer Aufnahme von wagrechten Schüben zu schwachen Wand hat nach den früheren Erörterungen in Kap. 4, unter a, 1 (Art. 85, S. 94) drei Aufgaben. Er hat bei voller Belaftung der beiden Endfache zu tragen:

Fig. 465.



α) die halbe Last des Endfaches mit $\frac{900 + 1,7 \cdot 750}{2 \cdot 100} = 10,9 \text{ kg}$ für 1 cm;

β) den Schub des voll belafteten Endfaches mit $\frac{3000}{100} = 30 \text{ kg}$ für 1 cm, welcher durch in das letzte Fach in größerer Zahl eingezogene Anker aufgehoben, durch den Endträger aber innerhalb der Ankerteilung auf die Anker übertragen werden muß;

³⁴⁵) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, S. 337; (2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166).

γ) die Spannung, welche er als äußere Gurtung des vom letzten Fache mit beiden Trägern und Füllung gebildeten wagrechten Trägers für den vollen Schub der belasteten zweiten Kappe erhält.

Die Spannung im Träger aus α ist $s_1 = \frac{10,9 \cdot 550^2 \cdot 32}{8 \cdot 2 \cdot 12622} = 523 \text{ kg}$; sie fällt weg, wenn der Endträger in der Wand durchlaufend aufgelagert ist, wie in Fig. 466.

Die Spannung aus γ ergibt sich in folgender Weise. Das Angriffsmoment eines vollen Kappenschubes ist $\frac{30 \cdot 550^2}{8}$; das Widerstandsmoment des wagrechten Trägers, dessen Gurtungsquerschnitt gleich demjenigen des Trägers Nr. 32, also 78 qcm ist, beträgt bei $b = 1,70 \text{ m}$ Fachbreite als Trägerhöhe $170 \cdot 78 s_3$; demnach ist

$$s_3 = \frac{30 \cdot 550^2}{8 \cdot 170 \cdot 78} = 86 \text{ kg}.$$

Werden 3 Anker in das Endfeld gelegt, so entsteht für die Uebertragung des Schubes im Endfache auf die Anker gemäß β ein durchlaufender Träger mit 4 Oeffnungen von je $\frac{550 \text{ cm}}{4}$. Das Moment am Mittelanker ist alsdann ³⁴⁶⁾ $0,0714 \cdot 30 \cdot \frac{550^2}{16}$, somit die aus dieser Uebertragung entstehende Beanspruchung

$$s_2 = \frac{0,0714 \cdot 30 \cdot 550^2 \cdot 13,1}{16 \cdot 2 \cdot 652} = 407 \text{ kg}.$$

Die ganze Beanspruchung der unteren inneren Flanschseite im Endträger am Mittelanker ist somit $s = s_1 + s_2 + s_3 = 523 + 86 + 407 = 1016 \text{ kg}$, so daß also bei dreifacher Verankerung des Endfeldes auch hier das Profil Nr. 32 genügt.

Die größte Spannkraft in den den Trägerenden zunächst liegenden Ankern ist ³⁴⁷⁾

$$1,1428 \cdot 30 \cdot \frac{550}{4} = 4714 \text{ kg}.$$

Der vorletzte Träger hat bei voller Belaftung beider Endfache zunächst die größte lotrechte Last eines Zwifchenträgers mit $\frac{900 + 1,7 \cdot 750}{100} = 21,8 \text{ kg}$ für 1 cm , dann die Spannung zu erleiden, welche in ihm als der inneren Gurtung des wagrechten Abschlußträgers des Endträgers nach γ entsteht. Die genaue Spannung aus der lotrechten Last ist $\frac{550^2 \cdot 21,8 \cdot 32}{8 \cdot 2 \cdot 12622} = 1045 \text{ kg}$; die aus γ des letzten Trägers war 86 kg , so daß der vorletzte Träger höchstens $1045 + 86 = 1131 \text{ kg}$ für 1 qcm erleidet. Sollte diese Spannung schon zu hoch erscheinen — und sie wird häufig noch mehr das zulässige Maß überschreiten, wenn der gewählte Träger gegenüber der lotrechten Last weniger überschüssige Stärke besitzt als in diesem Falle — so muß an dieser Stelle ein stärkerer Träger eingefügt werden.

Insbesondere ist noch darauf hinzuweisen, daß bei Anordnung einer geraden Anzahl von Ankern im Endfelde der gefährdete Querschnitt unter Umständen nicht in der Trägermitte, sondern an dem der Mitte zunächst liegenden Anker zu suchen ist, weil meist die aus den wagrechten Momenten entstehenden Spannungen überwiegen.

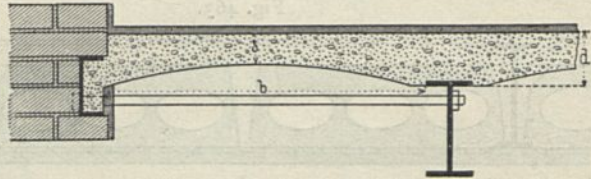
Da bei weitgespannten Decken unter Umständen mehr als 3 Anker nötig werden, die Momententabelle in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 337 ³⁴⁸⁾) dieses »Handbuches« aber nur bis zu 4 Oeffnungen geht, so möge diese Tabelle hier noch um einige Stufen erweitert werden. M heißen die Momente über den Stützen, D die Stützendrücke und \mathfrak{M} die größten Momente in den Oeffnungen bei voller Belaftung der Träger mit p für die Längeneinheit.

³⁴⁶⁾ Nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, S. 337 (2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166).

³⁴⁷⁾ Nach ebendaf.

³⁴⁸⁾ 2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166.

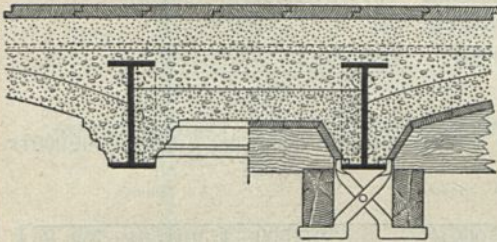
Fig. 466.



Anzahl der Oeffnungen													
	5	6	7		5	6	7		5	6	7		
M_0	0	0	0	} pl^2	D_0	0,3947	0,3942	0,3944	} pl	M_1	0,0779	0,0777	0,0778
M_1	0,1053	0,1058	0,1056		D_1	1,1316	1,1346	1,1338		M_2	0,0330	0,0341	0,0339
M_2	0,0790	0,0770	0,0774		D_2	0,9737	0,9616	0,9648		M_3	0,0460	0,0433	0,0440
M_3	0,0790	0,0866	0,0844		D_3	0,9737	1,0192	1,0070		M_4	0,0330	0,0433	0,0406
M_4	0,1053	0,0770	0,0844		D_4	1,1316	0,9616	1,0070		M_5	0,0779	0,0341	0,0440
M_5	0	0,1058	0,0774		D_5	0,3947	1,1346	0,9648		M_6	—	0,0777	0,0339
M_6	—	0	0,1056		D_6	—	0,3942	1,1338		M_7	—	—	0,0778
M_7	—	—	0		D_7	—	—	0,3944					

Noch höhere Werte können sich ergeben, wenn auf die ungünstigste Lastverteilung über die von den Ankern gebildeten Teile desselben Balkenfaches Rücksicht genommen wird. Die einer solchen Verteilung entsprechende Lastannahme geht jedoch zu weit, und die durch ihr höchst feltenes Eintreten etwa entstehenden Mehrspannungen sind eben wegen des feltenen Vorkommens ungefährlich; auch wird bei solcher teilweiser Belastung der Spannungsbeitrag aus der lotrechten Last geringer. Dieser Fall braucht daher im allgemeinen nicht untersucht zu werden.

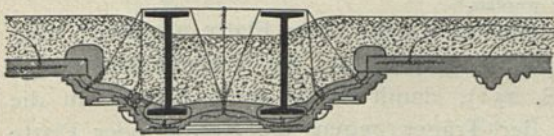
Fig. 467.



bilde man die Anker nach Fig. 463 u. 465 (S. 249) aus Flacheisen.

Ein Mittel, die Anker in den Mittelfachen, abgesehen von den Endfachen, zu vermeiden, bietet noch die wechselweise eng und weit angeordnete Trägerteilung nach Fig. 467 u. 468, wenn man jedesmal die enge Teilung mit einer ebenen Betonplatte füllt und diese nebst den sie einfassenden Trägern als einen wagrechten Träger ausbildet, welcher die Schübe der benachbarten, mit Kappen geschlossenen, weiten Trägerfache aufnimmt.

Fig. 468.



Bezeichnet bei einer derartigen Anordnung Q die gesamte Last, welche die Längeneinheit einer gewölbten Kappe auf den Träger bringt, b die weite Trägerteilung der gewölbten Fache, b_1 die enge Trägerteilung der geraden Fache, l die Stützlänge der Träger, g die Eigenlast des geraden Faches für die Flächeneinheit, p die Nutzlast für die Flächeneinheit, W das Widerstandsmoment des Trägerquerschnittes für die wagrechte Schwerpunktsachse, F den Trägerquerschnitt, s_e die zulässige Beanspruchung für die Flächeneinheit des Trägerquerschnittes, H' den Schub der belasteten Kappe (nach den Gleichungen 35, 39, 47, 54, 58 oder 61) und H'' den größten Gegenschub der unbelasteten Kappe (nach den Gleichungen 36, 40, 47, 56, 57, 59 u. 66); so folgt die erforderliche Breite der geraden Fachausfüllungen aus der Beziehung

$$b_1 = \frac{1}{p + g} \left[\frac{8 s_e W}{l^2} - Q + \sqrt{\left(\frac{8 s_e W}{l^2} - Q \right)^2 - \frac{2(H' - H'')(p + g)W}{F}} \right] \quad 75.$$

274.
Aufnahme der
Seitenchübe
durch paarweise
Trägerlage.

Diese Gleichung ist in der Weise zu benutzen, dass zunächst derjenige Trägerquerschnitt aufgefunden wird, für welchen der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen zuerst größer als Null wird. Die Werte dieses Querschnittes führe man ein und berechne das zugehörige b_1 .

Beispiel. Für die im Beispiele in Art. 249 (S. 222) behandelte Betonkappe mit $b = 1,60$ m, $p = 750$ kg, $\delta = 0,1$ m, $d = 0,29$ m, $H' = 1500$ kg und $H'' = 1110$ kg soll ein Widerlagsträger durch eine ebene Betonplatte der Dicke von 12 cm mit $29 - 12 = 17$ cm Ueberfüllung mit der Breite b_1 geschaffen werden; der Fußboden besteht aus Eichenholz. Zunächst ist nach Gleichung 51 (S. 224), da das Gewicht der Kappe $\gamma_1 = 2200$ kg gleich dem der Ueberfüllung γ und die Ueberfüllungshöhe im Scheitel gleich Null, also h in Gleichung 51 gleich δ zu setzen ist,

$$\frac{G}{2} = \frac{1,6}{2} \frac{2200}{3} (0,3 + 2 \cdot 0,1) = 293 \text{ kg};$$

$$\text{Fußboden } \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 0,035 \cdot 800 = 22 \text{ »}$$

$$\text{Nutzlast } \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 750 \cdot \dots = 600 \text{ »}$$

also $Q = 915$ kg für 1 qm.

Weiter ist das Gewicht von 1 qm der geraden Platte $0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2200 = 264$ kg

» » » » » Sandüberfüllung $0,17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1600 = 272$ »

» » » » » des Fußbodens $0,035 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 800 = 28$ »

also $g = 564$ kg.

Ferner ist $H' = 1500$ kg und $H'' = 1110$ kg.

Die Stützweite l der Träger betrage 5 m und die zulässige Beanspruchung des Eisens 12000000 kg für 1 qm.

Die Gleichung 75 lautet dann

$$b_1 = \frac{1}{750 + 564} \left[\frac{8 \cdot 12000000 W}{5^2} - 915 + \sqrt{\left(\frac{8 \cdot 12000000 W}{5^2} - 915 \right)^2 - \frac{2(1500 - 1110)(564 + 750)W}{F}} \right].$$

Das I-Profil Nr. 22 liefert unter dem Wurzelzeichen noch einen Wert kleiner als Null, das Profil Nr. 23 zuerst einen solchen größer als Null; für diesen ist $W = 0,000317$ und $F = 0,00429$ qm; also $\frac{W}{F} = 0,074$, und somit

$$b_1 = \frac{1}{1314} \left[3840000 \cdot 0,000317 - 915 + \sqrt{(3840000 \cdot 0,000317 - 915)^2 - 1024920 \cdot 0,074} \right] = 0,325 \text{ m.}$$

Als Gurtungen des wagrechten Trägers sind also zwei I-Eisen Nr. 23 zu wählen und in 32,5 cm Abstand voneinander zu verlegen. In der ganzen Decke tritt dann ein regelmäßiger Wechsel von 160 cm weiten gewölbten Kappen und 32,5 cm breiten ebenen Platten ein. An den Enden muss der Abschluss in der oben erläuterten Weise erfolgen und berechnet werden.

Um zwei Träger mit der eingeschlossenen Kappe oder Platte als einen wagrechten Träger ansehen zu können, empfiehlt es sich, an die Trägerwände einige Winkeleisen zu nieten (siehe Fig. 467, S. 251), damit durch deren Eingriff in die Kappe oder Platte Längsverschiebungen der Träger gegen die Kappe oder Platte verhindert werden, welche die Wirkung der beiden Träger mit der zwischenliegenden Ausfüllung als Widerlagsträger aufheben würden.

c) Abmessungen von Balkenlagen mit Unterzügen.

In Art. 10 bis 13 (S. 28 bis 30) ist bereits erläutert, weshalb die Verwendung von durchlaufenden Trägern für den Hochbau auf Bedenken stößt, zugleich aber, dass die Anordnung durchlaufender Gelenkträger³⁴⁹⁾ wegen der durch sie bedingten Ersparnis³⁵⁰⁾ durchweg zu empfehlen ist. Daher sollen im nachstehenden noch die zur Anordnung dieser Art von Trägern über beliebige vielen Oeffnungen nötigen Angaben folgen.

³⁴⁹⁾ Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 329; 2. Aufl.: S. 138) dieses Handbuchs.

³⁵⁰⁾ Siehe ebendaf., Art. 369, S. 333 (2. Aufl.: Art. 161, S. 142).

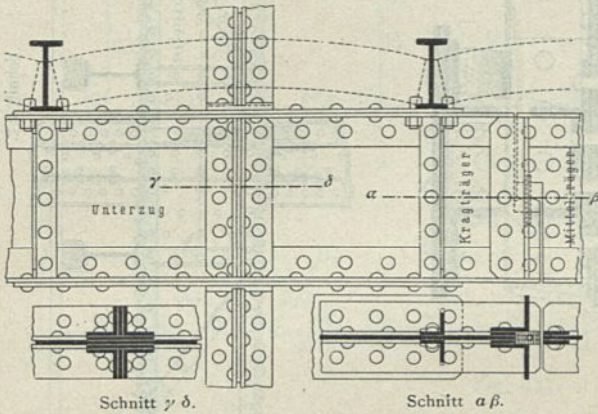
Für diese Träger ist zu unterscheiden, ob die Stützen alle gleich weit stehen oder ob es gefattet ist, den Stützen verschiedene Abstände zu geben. Die Belastung sei g (in Kilogr.) für 1 cm Länge des Trägers als Eigenlast, p (in Kilogr.) für 1 cm als Nutzlast und q (in Kilogr.) für 1 cm als Lastensumme.

1) Die Oeffnungsweiten sind gleich.

In diesem Falle ist es zweckmässig, die Momente über den Stützen durch die Wahl der Lage der Gelenke (Fig. 469 bis 472) gleich den grössten Momenten in den ununterbrochenen Oeffnungen zu machen, damit die durchzuführenden Trägerstücke dieser Oeffnungen möglichst gleichmässig ausgenutzt werden.

276.
Lage der Gelenke.

Fig. 469.



So entsteht die in Fig. 473 bis 475 angedeutete Gruppierung der grössten Momente, von denen M_3, M_4, M_5 nach den Regeln des Trägers auf zwei Stützen zu ermitteln sind.

Die richtige Lage der Gelenke, welche Vorbedingung dieser Momentengruppierung ist, sowie die Grösse der Momente folgen aus den nachstehenden Gleichungen, welche durch Fig. 473 bis 475 erläutert sind.

wie die Grösse der Momente folgen aus den nachstehenden Gleichungen, welche durch Fig. 473 bis 475 erläutert sind.

$$k = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{g}{g+q}} \right); \dots \dots \dots 76.$$

$$k_1 = \frac{q}{4(g+q)}; \dots \dots \dots 77.$$

$$k_3 = \frac{1}{2} [1 - k_1 + m - \sqrt{(1 - k_1 + m)^2 - 4m}], \text{ worin } m = \left[\frac{q}{g} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{g}{q}} \right) \right]^2; 78.$$

$$k_2 = \frac{k_1}{1 - k_3}; \dots \dots \dots 79.$$

$$M_1 = \frac{q k_1 l^2}{2} = \frac{q k l^2}{2} (1 - k) = \frac{q^2 l^2}{8(g+q)}; \dots \dots \dots 80.$$

$$M_2 = \frac{q k_3 l^2}{2} (1 - k_2); \dots \dots \dots 81.$$

$$M_3 = \frac{q l^2}{8} (1 - 2k)^2; \dots \dots \dots 82.$$

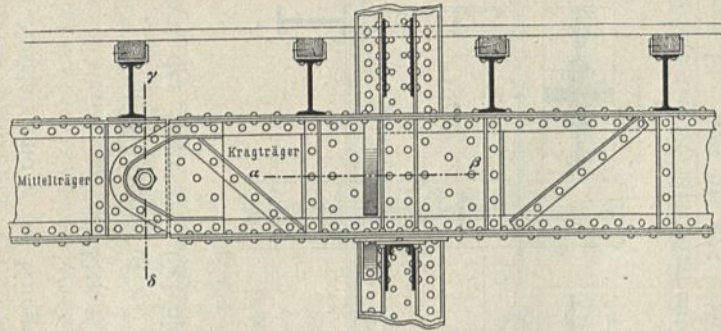
$$M_4 = \frac{q l^2}{8} (1 - k_1)^2; \dots \dots \dots 83.$$

$$M_5 = q \frac{l^2}{8} (1 - k_2 - k_3)^2 \dots \dots \dots 84.$$

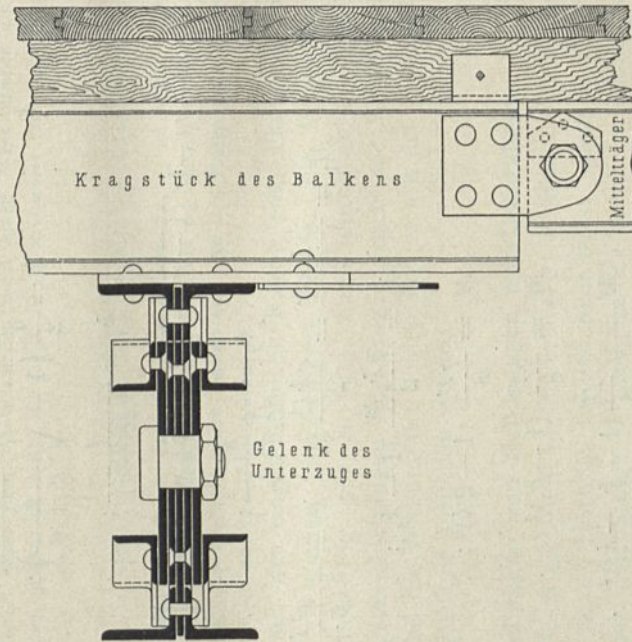
Diese Gleichungen decken alle Fälle für beliebig viele Stützen nach Maßgabe von Fig. 473 bis 475 bis auf die beiden in Fig. 476 u. 477 dargestellten Anordnungen für 3 und 4 Stützen. Für diese treten noch die folgenden Gleichungen hinzu:

Schnitt ε ζ.

Fig. 470.



Schnitt γ δ.



Schnitt α β.

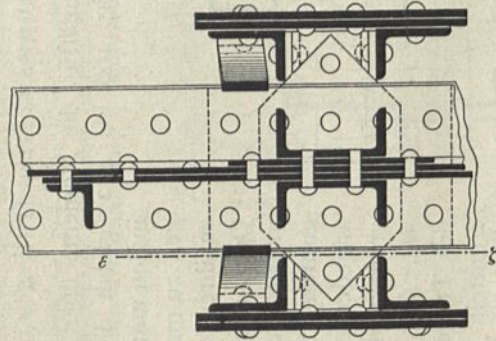


Fig. 471.

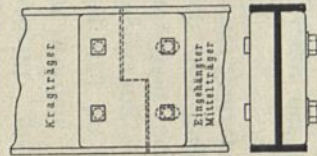
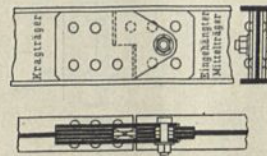


Fig. 472.



$$k_4 = 0,5 - \sqrt{0,25 - m}; \dots \dots \dots 85.$$

$$M_6 = \frac{m q l^2}{2}; \dots \dots \dots 86.$$

$$M_7 = \frac{q l^2}{8} (1 - m)^2; \dots \dots \dots 87.$$

$$M_8 = \frac{q l^2}{8} (1 - 2k_4)^2 \dots \dots \dots 88.$$

Fig. 473.

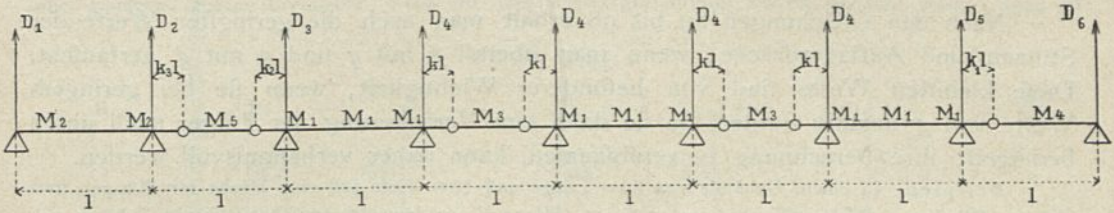


Fig. 474.

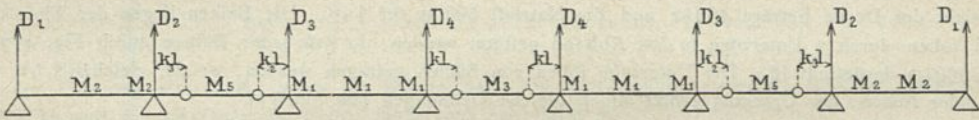
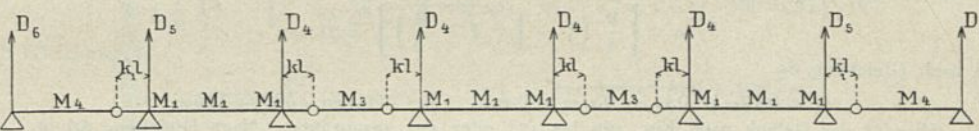


Fig. 475.



Für die Berechnung der Belastung der Unterzüge durch die Balken und der Stützenbelastungen durch die Unterzüge ist die Kenntnis der größten Werte der

Fig. 476.

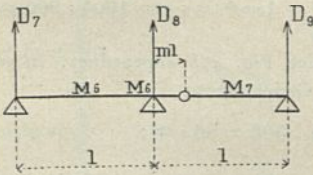
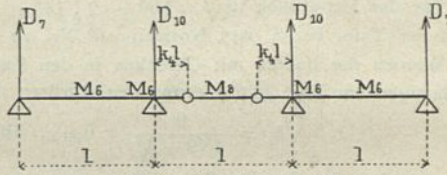


Fig. 477.



Auflagerdrücke von Wichtigkeit, welche sich nach folgenden Ausdrücken mit Berücksichtigung der Bezeichnungen in Fig. 473 bis 477 berechnen lassen:

$$D_1 = \frac{l [q - g k_3 (1 - k_2)]}{2}; \dots \dots \dots 89.$$

$$D_2 = \frac{q l}{2} (1 + k_3) (2 - k_2); \dots \dots \dots 90.$$

$$D_3 = \frac{q l}{2} \left[(2 - k_3) (1 + k_2) - \frac{g}{4(g + q)} \right]; \dots \dots \dots 91.$$

$$D_4 = \frac{q l}{2} \left[2 + \frac{q - g}{4(g + q)} \right]; \dots \dots \dots 92.$$

$$D_5 = \frac{q l}{2} \left[2 + \frac{2q - g}{4(g + q)} \right]; \dots \dots \dots 93.$$

$$D_6 = \frac{ql}{2} \frac{3q + 4g}{4(q + g)}; \dots \dots \dots 94.$$

$$D_7 = \frac{l}{2} (q - mg); \dots \dots \dots 95.$$

$$D_8 = ql(1 + m); \dots \dots \dots 96.$$

$$D_9 = \frac{ql}{2} (1 - m); \dots \dots \dots 97.$$

$$D_{10} = \frac{ql}{2} (2 + m) \dots \dots \dots 98.$$

Nach den Gleichungen 89 bis 98 erhält man auch die geringsten Werte der Stützen- und Auflagerdrücke, wenn man überall g mit q und q mit g vertauscht. Diese kleinsten Werte sind von besonderer Wichtigkeit, wenn sie bei geringem Werte von g negativ werden, da sie dann eine Verankerung der Träger nach unten bedingen; ihre Berechnung zu verabfäumen, kann daher verhängnisvoll werden.

Beispiel. In einem Gebäude von 30 m Länge und 15 m Tiefe soll eine Decke mit Kappen stets gleichen Schubes nach den Gleichungen 42 bis 51 (S. 223 u. 224) gewölbt zwischen eisernen Trägern von 1 m Teilung hergestellt werden, so daß für die Balken nur die lotrechte Last in Frage kommt. Das Eigengewicht der Decke beträgt 400 kg und die Nutzlast 500 kg für 1 qm. Die Balken liegen der Tiefe nach und sollen durch 2 Unterzüge in 5 m Abstand gestützt werden, so daß jeder Balken durch Fig. 477 für $l = 500$ cm dargestellt ist. Die Unterzüge sollen von Säulen getragen werden, welche gleichfalls 5 m voneinander stehen; der Unterzug erhält also 6 gleiche Oeffnungen von $l = 5$ m.

α) Balken. Die Lasten für 1 cm bei 1,00 m Teilung betragen $g = 4,0$ kg, $p = 5,0$ kg und $q = 9,0$ kg; folglich ist nach Gleichung 78

$$m = \left[\frac{9}{4} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4}{9}} \right) \right]^2 = 0,2062$$

und nach Gleichung 85

$$k_4 = 0,5 - \sqrt{0,25 - 0,2062} = 0,2907, \quad k_4 l = 0,2907 \cdot 500 = 145,35 \text{ cm.}$$

Hier ist das Gelenk nach Fig. 469 bis 471 oder 472 anzuordnen. Nach Gleichung 86 ist

$$M_6 = \frac{0,2062 \cdot 9 \cdot 500^2}{2} = 232000 \text{ cmkg.}$$

Bei 1000 kg zulässiger Beanspruchung ist somit das Normalprofil Nr. 21 von I-Eisen³⁵¹⁾ für die Endstücke der Balken zu verwenden.

Für das Mittelstück ist $l = 500 - 2 \cdot 145,35 = 209,3$ cm; $b = 1,00$ m; $s : q = 1000 : 900 = 1,1$; also ist nach der Tafel bei S. 247 Normalprofil Nr. 12 zu verwenden.

Werden die Balken mit Gelenken in den Endöffnungen nach Fig. 478 angeordnet, in welche die Bezeichnungen aus Fig. 475 übernommen wurden, so wird nach Gleichung 77

$$k_1 = \frac{9}{4(9 + 4)} = 0,173, \quad \text{also } k_1 l = 0,173 \cdot 500 = 86,5 \text{ cm;}$$

ferner nach den Gleichungen 80 u. 83

$$M_1 = \frac{9^2 \cdot 500^2}{8(9 + 4)} = 194711 \text{ cmkg} \quad \text{und} \quad M_4 = \frac{9 \cdot 500^2 (1 - 0,173)^2}{8} = 192355 \text{ cmkg.}$$

Bei 1000 kg Beanspruchung reicht somit nunmehr das Profil Nr. 20 für alle Teile des Balkens aus; bei dieser Anordnung geht aber die unmittelbare Längs-Verbindung der Säulen mit den Wänden verloren, weil zwischen Wand und Säule nun ein Gelenk liegt.

β) Unterzüge. Um die Belastung der Unterzüge zu erhalten, muß D_{10} nach Gleichung 98 für volle Belastung und für Eigenlast ermittelt werden. Es ist:

$$\text{größter Wert } D_{10} = \frac{9 \cdot 500}{2} (2 + 0,2062) = 4964 \text{ kg,}$$

$$\text{kleinsten Wert } D_{10} = \frac{4 \cdot 500}{2} (2 + 0,2062) = 2200 \text{ kg.}$$

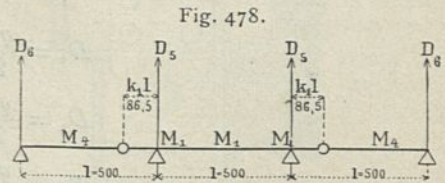


Fig. 478.

351) Siehe die betr. Tabelle in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses Handbuchs.

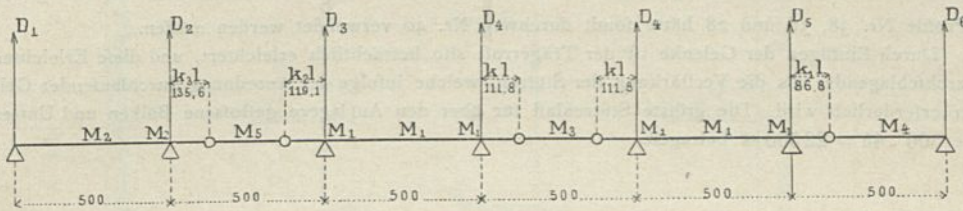
Bei der Anordnung der Balken mit Gelenken in den Endöffnungen wird die Belaftung der Unterzüge (Fig. 478) nach Gleichung 93 berechnet. Sie ist

$$\text{größter Wert } D_5 = \frac{9 \cdot 500}{2} \left[2 + \frac{2 \cdot 9 - 4}{4(9+4)} \right] = 5106 \text{ kg,}$$

$$\text{kleinster Wert } D_5 = \frac{4 \cdot 500}{2} \left[2 + \frac{2 \cdot 4 - 9}{4(4+9)} \right] = 1981 \text{ kg.}$$

Da fomit bei der Anordnung nach Fig. 478 neben der schlechteren Säulenverankerung mit den Wänden auch noch eine ungünstigere Belaftung der Unterzüge eintritt, so wird man in der Regel diejenige in Fig. 476 vorziehen. Diese Laften treten als Einzellasten in 1,00 m Abstand auf; die Berechnung liefert aber genügend genaue Ergebnisse, wenn die Last wieder gleichförmig verteilt gedacht wird. Somit ist

Fig. 479.



für den Unterzug (Fig. 479), wenn die Balken nach Fig. 477 gebildet werden, für 1 cm Trägerlänge $g = 22 \text{ kg}$ und $q = 49,04 \text{ kg} = \infty 50 \text{ kg}$; daher nach Gleichung 76

$$k = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{22}{22+50}} \right) = 0,2236 \quad \text{und} \quad k l = 0,2236 \cdot 500 = 111,8 \text{ cm;}$$

nach Gleichung 77

$$k_1 = \frac{50}{4(22+50)} = 0,1736 \quad \text{und} \quad k_1 l = 0,1736 \cdot 500 = 86,8 \text{ cm;}$$

nach Gleichung 78

$$m = \left[\frac{50}{22} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{22}{50}} \right) \right]^2 = 0,2066,$$

$$k_3 = \frac{1}{2} \left[1 - 0,1736 + 0,2066 - \sqrt{(1 - 0,1736 + 0,2066)^2 - 4 \cdot 0,2066} \right] = 0,2712,$$

$$k_3 l = 0,2712 \cdot 500 = 135,6 \text{ cm;}$$

nach Gleichung 79

$$k_2 = \frac{0,1736}{1 - 0,2712} = 0,2382 \quad \text{und} \quad k_2 l = 0,2382 \cdot 500 = 119,1 \text{ cm;}$$

nach Gleichung 80

$$M_1 = \frac{50^2 \cdot 500^2}{8(22+50)} = 1085070 \text{ cmkg.}$$

Bei 1000 kg Spannung müssen also die beiden beiderseits überkragenden Trägerstücke aus Normalprofil Nr. 36 gebildet sein.

Nach Gleichung 81 ist $M_2 = \frac{50 \cdot 0,2712 \cdot 500^2}{2} (1 - 0,2382) = 1291250 \text{ cmkg}$; für das überkragende Endstück links genügt also Profil Nr. 38 knapp.

Nach Gleichung 82 ist $M_3 = \frac{50 \cdot 500^2 (1 - 2 \cdot 0,2236)^2}{8} = 477481 \text{ cmkg}$; für den mittleren eingehängten Träger ist daher Profil Nr. 28 zu verwenden.

Nach Gleichung 83 ist $M_4 = \frac{50 \cdot 500^2 \cdot (1 - 0,1736)^2}{8} = 1068125 \text{ cmkg}$; das linke Endstück muß fonach aus Profil Nr. 36 bestehen.

Nach Gleichung 84 ist $M_5 = \frac{50 \cdot 500^2 (1 - 0,2382 - 0,2712)^2}{8} = 376075 \text{ cmkg}$; für den linken eingehängten Träger ist also Profil Nr. 26 zu verwenden.

Die Belastungen der Wände an den Enden der Unterzüge und diejenigen der stützenden Säulen ergeben sich aus den Gleichungen 89 bis 94 ohne weiteres; z. B. ist nach Gleichung 92

$$D_4 = \frac{50 \cdot 500}{2} \left[2 + \frac{50 - 22}{4(50 + 22)} \right] = 26216 \text{ kg,}$$

oder nach Gleichung 91

$$D_3 = \frac{50 \cdot 500}{2} \left[(2 - 0,2712)(1 + 0,2382) - \frac{22}{4(22 + 50)} \right] = 25802 \text{ kg.}$$

Wären die Balken nicht überkragend angeordnet, sondern über den Unterzügen gestofsen, so hätte sich das größte Biegemoment zu $\frac{9 \cdot 500^2}{8} = 281250 \text{ cm}$ ergeben, und statt der Querschnitte Nr. 21 und 12 hätte durchweg Nr. 22 verwendet werden müssen.

Wären zugleich die Unterzüge über den Säulen gestofsen, so hätte die Last $(500 + 400) \frac{5}{100} = 45 \text{ kg}$ für 1 cm, also das größte Biegemoment in allen Oeffnungen $\frac{45 \cdot 500^2}{8} = 1406250 \text{ cmkg}$ betragen; statt der Profile Nr. 38, 36 und 28 hätte somit durchweg Nr. 40 verwendet werden müssen.

Durch Einfügen der Gelenke ist der Trägerrost also beträchtlich erleichtert, und diese Erleichterung ist durchschlagender als die Verstärkung der Stützen, welche infolge der Anordnung durchlaufender Gelenkträger erforderlich wird. Die größte Stützenlast für über den Auflagern gestofsene Balken und Unterzüge würde $500 \cdot 45 = 22500 \text{ kg}$ betragen.

2) Die Oeffnungsweiten können verschieden sein.

277.
Grund-
gedanke.

Da, wo verschiedene Oeffnungsweiten, also ungleiche Stützenentfernungen zulässig sind, kann man diesen Umstand benutzen, um die Stütz- und Kraglängen den Werten g und q so anzupassen, daß das größte Moment auch der eingehängten Trägerstücke gleich den beiden größten Momenten der Kragstücke und somit alle gefährlichen Momente eines Trägers einander gleich werden. Man erreicht so, neben der Möglichkeit, einen einheitlichen Querschnitt für den ganzen Träger durchzuführen, zugleich thunlichst geringes Gewicht der Träger.

Da die Stützteilung bei Erfüllung dieser Bedingung aber von g und q abhängig ist, andererseits bei mehrgeschossigen Gebäuden die Stützen verschiedener Geschosse lotrecht übereinander stehen sollen, so ist die günstigste Stützteilung in diesem Falle nicht gleichzeitig in allen Geschossen zu erreichen, wenn die verschiedenen Geschosse auf verschiedene Werte von g und q einzurichten sind. In einem solchen Falle richte man die Stützteilung für diejenigen Werte von g und q ein, welche in den meisten Geschossen wiederkehren; in den übrigen Geschossen ist völlige Ausgleichung der Momente dann nicht zu erreichen, und man muß sich damit begnügen, wie bei gleicher Stützteilung, die Momente nur an den gefährlichen Stellen der Kragteile gleich zu machen.

278.
Verfügung
über die
Stützweite frei;
Momenten-
ausgleich.

Hier ist also zuerst der Fall zu behandeln, daß die Stützteilungen für völlige Ausgleichung aller größten Momente eingerichtet werden sollen.

Die Anordnung von dieser Bedingung genügenden Trägern ist allgemein in Fig. 480 u. 481 für eine ungerade, in Fig. 482 für eine gerade Anzahl von Oeffnungen dargestellt; die Anzahl der Oeffnungen für Fig. 480 u. 481 sei $2n + 1$; diejenige für Fig. 482 betrage $2n$.

Zunächst ergeben sich die die Gelenke festlegenden Zahlenwerte k und k_1 aus

$$k = 3 - 2\sqrt{2} = 0,716, \quad \dots \dots \dots 99.$$

$$k_1 = \frac{\sqrt{2} - 1}{2\sqrt{2}} = 0,14644 \quad \dots \dots \dots 100.$$

Fig. 480.

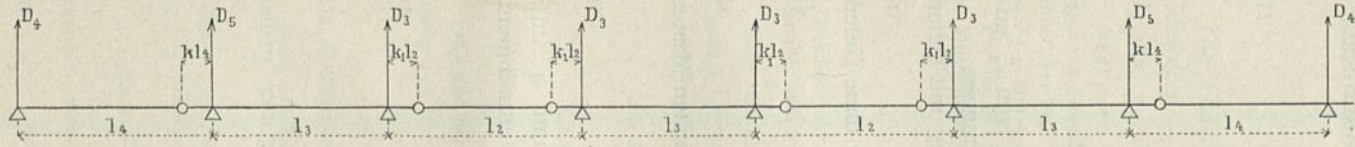


Fig. 481.

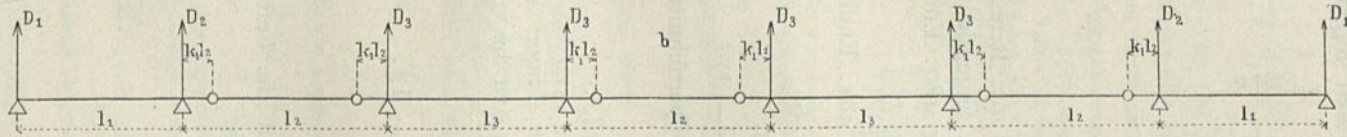


Fig. 482.

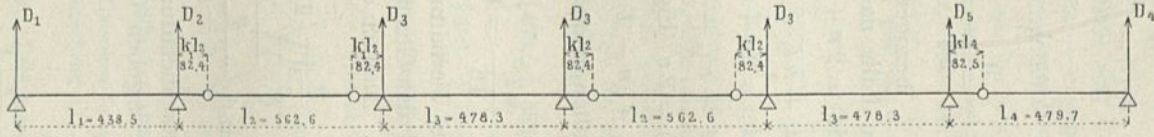


Fig. 483.

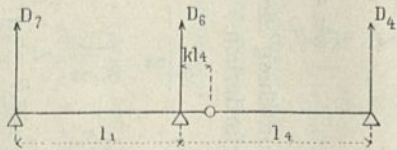


Fig. 484.

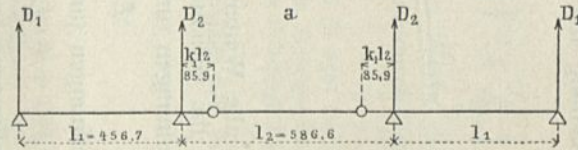
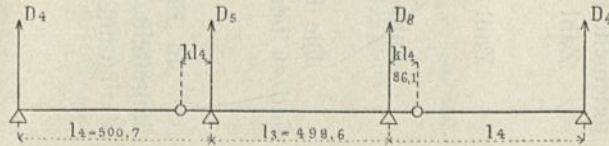


Fig. 485.



Neben den Bezeichnungen, deren Bedeutung aus Fig 480 bis 482 hervorgeht, führen wir noch die stets bekannte Gesamtlänge des Trägers L ein. Wird wieder die Eigenlast für die Längeneinheit g , die Gesamtlast q und die Nutzlast p genannt, so kann die Abmessung der einzelnen Teile nach den folgenden Ausdrücken erfolgen:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0,3536}{\sqrt{1 + \frac{g}{q}} - 1} \cdot \frac{g}{q}; \quad \dots \dots \dots 101.$$

$$\frac{l_3}{l_2} = 0,7072 \sqrt{\frac{g+q}{q}}; \quad \dots \dots \dots 102.$$

$$\frac{l_4}{l_3} = \frac{1}{\sqrt{8k}} = 0,3525. \quad \dots \dots \dots 103.$$

Damit sind alle Weiten auf l_2 bezogen, und die Berechnung von l_2 aus L geschieht nun für die verschiedenen Fälle nach den folgenden Gleichungen.

Zahl der Oeffnungen (ungerade) = $2n + 1$ (Fig. 480: Endöffnung mit Gelenk):

$$L = 2l_4 + nl_3 + (n-1)l_2. \quad \dots \dots \dots 104.$$

Zahl der Oeffnungen (ungerade) = $2n + 1$ (Fig. 481: Endöffnung ohne Gelenk):

$$L = 2l_1 + nl_2 + (n-1)l_3. \quad \dots \dots \dots 105.$$

Zahl der Oeffnungen (gerade) = $2n$ (Fig. 482):

$$L = l_1 + l_4 + (n-1)l_2 + (n-1)l_3. \quad \dots \dots \dots 106.$$

Die bei dieser Anordnung in allen gefährlichen Querschnitten gleichen Momente sind zu berechnen nach

$$M = \frac{q l_2^2}{16} = 0,0858 q l_4^2. \quad \dots \dots \dots 107.$$

In Fig. 483 bis 485 sind die Verhältnisse der Träger auf 3 und 4 Stützen dargestellt, soweit für diese die aus den Gleichungen 101 bis 103 zu entnehmenden Verhältnisse nicht verwendbar sind. Danach ist

$$\frac{l_4}{l_1} = 2,411 \frac{q}{g} \left(\sqrt{1 + \frac{g}{q}} - 1 \right), \quad \dots \dots \dots 108.$$

$$\frac{l_4}{l_3} = 1,207 \sqrt{\frac{q}{g+q}}. \quad \dots \dots \dots 109.$$

Für die Ermittlung der Stützenbelastungen ist die Feststellung der größten Auflagerdrücke erforderlich. Diese ergeben sich aus:

$$D_1 = \frac{q l_1}{2} - \frac{g l_2^2}{16 l_1}, \quad \dots \dots \dots 110.$$

$$D_2 = \frac{q}{2} \left(l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{8 l_1} \right), \quad \dots \dots \dots 111.$$

$$D_3 = q \frac{l_2 + l_3}{2} + (q - g) \frac{l_2^2}{16 l_3}, \quad \dots \dots \dots 112.$$

$$D_4 = 0,4142 q l_4, \quad \dots \dots \dots 113.$$

$$D_5 = q \frac{l_3 + l_4}{2} + 0,0858 q l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_3} \right) - \frac{g l_2^2}{16 l_3}, \quad \dots \dots \dots 114.$$

$$D_6 = q \frac{l_1 + l_4}{2} + 0,0858 q l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_1}\right), \quad \dots \quad 115.$$

$$D_7 = \frac{q l_1}{2} - 0,0858 g \frac{l_4^2}{l_1}, \quad \dots \quad 116.$$

$$D_8 = q \frac{l_3 + l_4}{2} + 0,0858 \left[q l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right) - g \frac{l_4^2}{l_3} \right] \dots \quad 117.$$

Die Gleichungen 110 bis 117 geben die größten Werte der Stützendrücke; die kleinsten — möglicherweise negativen — ergeben sich durch Vertauschung von g mit q und q mit g aus denselben Gleichungen.

Beispiel. Des Vergleiches wegen mag hier die in Art. 276 (S. 256) schon für gleiche Stützteilen zu Grunde gelegte Decke nach den nunmehr festgestellten Gesichtspunkten nochmals durchgerechnet werden. Für die Balken ist demnach $L = 15^m$ und für die Unterzüge $L = 30^m$; die Eigenlast beträgt $g = 400$ und die Nutzlast $p = 500 \text{ kg}$ für 1^m .

Für die Balken ist $p = 4$, $q = 9 \text{ kg}$ für 1^m und bei Anordnung nach Fig. 484 mit Gelenken in der Mittelöffnung nach Gleichung 101

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0,3536}{\sqrt{1 + \frac{4}{9} - 1}} \cdot \frac{4}{9} = 0,7784;$$

nach Gleichung 105 wird für $n = 1$ und $L = 15$ hiernach $15 = 2 \cdot 0,7784 l_2 + 1 \cdot l_2$; fomit $l_2 = 5,866$ und $l_1 = 4,567^m$, und weiter nach Gleichung 100: $k_1 l_2 = 0,14644 \cdot 5,866 = 0,859^m$.

Nach Gleichung 107 ist das überall gleiche größte Moment $M = \frac{9 \cdot 586,6^2}{16} = 193\,556 \text{ cmkg}$; fomit genügt bei 1000 kg zulässiger Spannung das Profil Nr. 20.

Die Belaftung der Unterzüge folgt nach Gleichung 111

$$\text{mit dem größten Werte } D_2 = \frac{9}{2} \left(456,7 + 586,6 + \frac{586,6^2}{8 \cdot 456,7} \right) = 5118 \text{ kg},$$

$$\text{mit dem kleinsten Werte } D_2 = \frac{4}{2} \left(456,7 + 586,6 + \frac{586,6^2}{8 \cdot 456,7} \right) = 2274 \text{ kg}.$$

Werden diese Lasten, welche in $1,00^m$ Teilung wiederkehren, gleichförmig verteilt gedacht, so wird für die Unterzüge $q = 51,2 \text{ kg}$ und $g = 22,8 \text{ kg}$.

Werden für die Balken nach Fig. 485 die Gelenke in die Endöffnungen gelegt, so ist nach Gleichung 109

$$\frac{l_4}{l_3} = 1,207 \sqrt{\frac{9}{4 + 9}} = 1,0043;$$

fomit nach Gleichung 104 für $n = 1$ nunmehr $15 = 2 l_4 + \frac{1}{1,0043} l_4$, also $l_4 = 5,007^m$ und $l_3 = 4,986^m$.

Nach Gleichung 99 ist $k l_4 = 0,1716 \cdot 5,007 = 0,861^m$. Nach Gleichung 107 wird

$$M = 0,0858 \cdot 9 \cdot 500,7^2 = 194\,041 \text{ cmkg},$$

also ebenso groß, wie nach der Anordnung mit Gelenken in der Mittelöffnung.

Die Belaftung der Unterzüge wird nach Gleichung 117

$$D_8 = 9 \frac{498,6 + 500,7}{2} + 0,0858 [9 \cdot 500,7 (1 + 1,0043) - 4 \cdot 1,0043 \cdot 500,7] = 5100 \text{ kg};$$

am kleinsten, wenn in Gleichung 117 die Größen g und q vertauscht werden, fomit

$$D_8 = 4 \frac{498,6 + 500,7}{2} + 0,0858 [4 \cdot 500,7 (1 + 1,0043) - 9 \cdot 1,0043 \cdot 500,7] = 1955 \text{ kg}.$$

Hier sind beide Anordnungen also etwa gleichwertig; wegen der besseren Verbindung der Säulen mit den Wänden, sowie wegen der geringeren Schwankung in der Belaftung der Unterzüge wird die erstere nach Fig. 484 beibehalten.

Fig. 486.

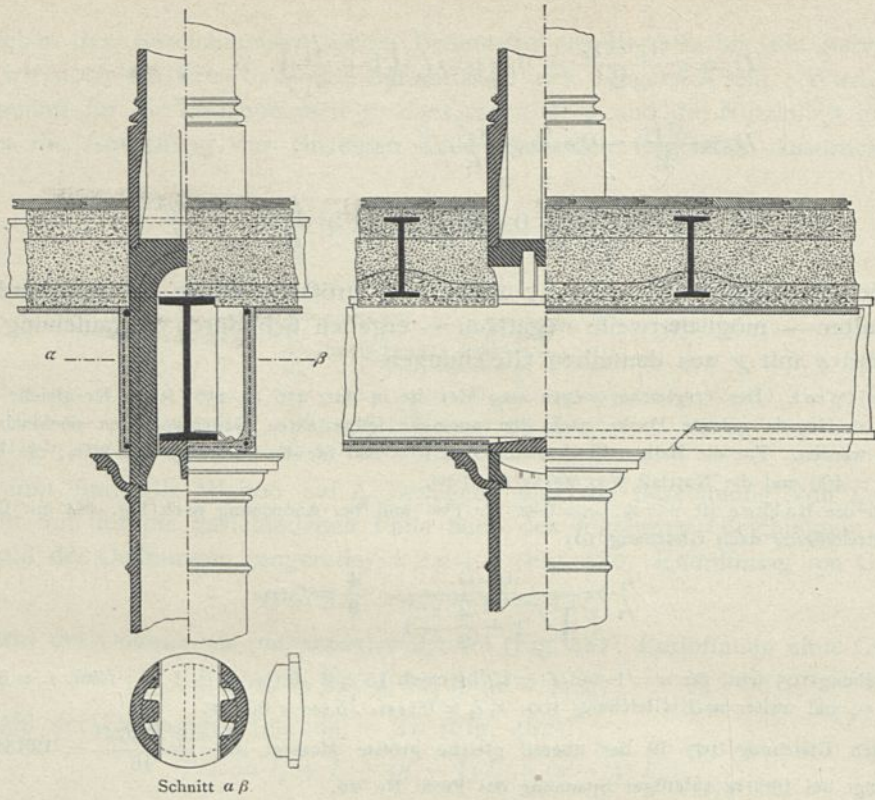
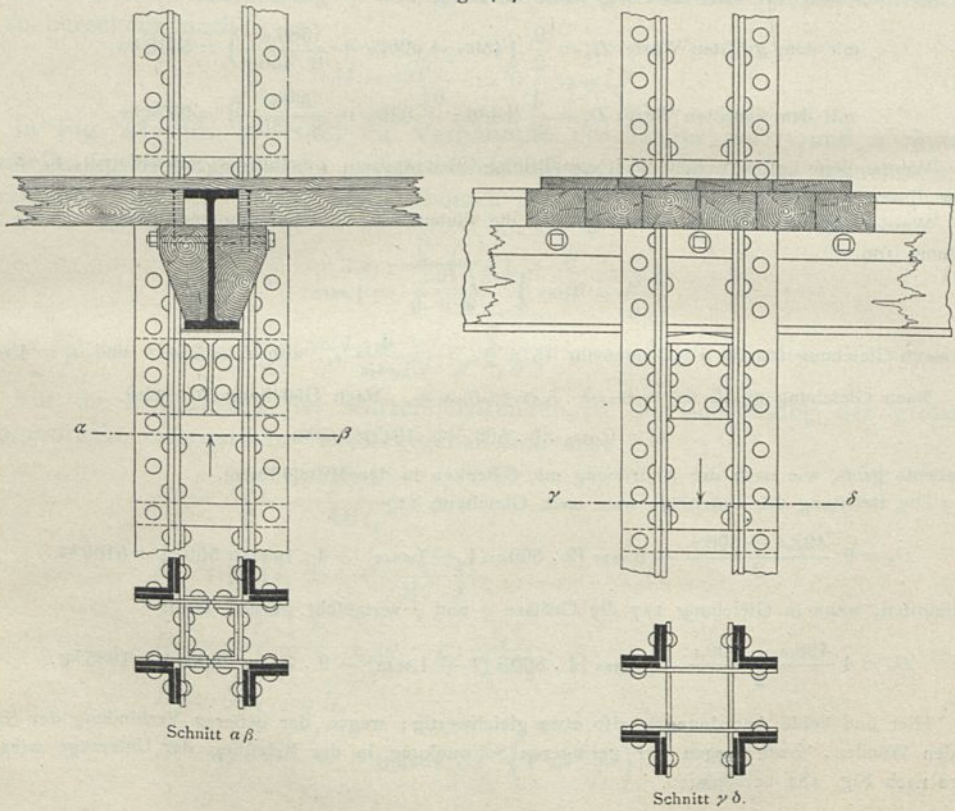


Fig. 487.



Für den Unterzug ist somit rund $q = 51,2 \text{ kg}$ und $g = 22,8 \text{ kg}$ für 1 cm . Um bei $L = 30 \text{ m}$ annähernd 5 m Säulenentfernung zu erhalten, werden 6 Öffnungen angeordnet, so dass Fig. 482 maßgebend ist. Alsdann ist nach Gleichung 101

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0,3536}{\sqrt{1 + \frac{22,8}{51,2} - 1}} \cdot \frac{22,8}{51,2} = 0,7793;$$

nach Gleichung 102

$$\frac{l_3}{l_2} = 0,7072 \sqrt{\frac{22,8 + 51,2}{51,2}} = 0,8502;$$

nach Gleichung 103

$$\frac{l_4}{l_2} = 0,8525.$$

Wird weiter in Gleichung 106 für n der Wert 3 eingesetzt, so folgt

$$30 = l_2 (0,7793 + 0,8525 + 2 + 2 \cdot 0,8502) \quad \text{oder} \quad l = 5,626 \text{ m.}$$

Danach ist

$$l_1 = 0,7793 \cdot 5,626 = 4,385 \text{ m,}$$

$$l_3 = 0,8502 \cdot 5,626 = 4,783 \text{ m,}$$

$$l_4 = 0,8525 \cdot 5,626 = 4,797 \text{ m.}$$

Das an allen gefährlichen Stellen gleiche grösste Moment ist nach Gleichung 107

$$M = \frac{51,2 \cdot 562,6^2}{16} = 1012860 \text{ cmkg.}$$

Bei 1000 kg Spannung ist ferner durchweg das I-Profil Nr. 36 zu verwenden; somit ist die Trägeranordnung trotz der etwas grösseren Last hier vorteilhafter als bei gleichen Stützenteilungen.

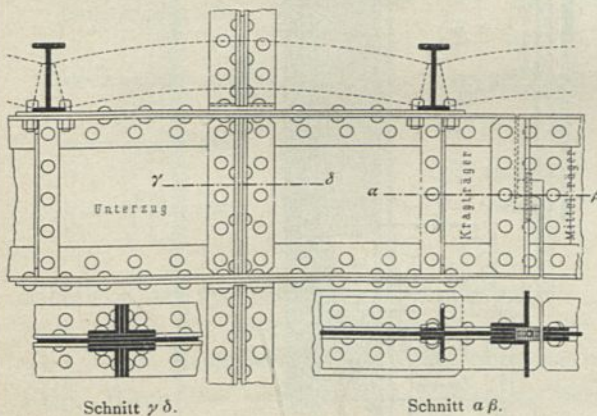
Die Länge $k_1 l_2$ wird nach Gleichung 100: $0,14644 \cdot 562,6 = 82,4 \text{ cm}$ und $k l_4$ nach Gleichung 99: $0,172 \cdot 479,7 = 82,5 \text{ cm}$.

Die Stützdrücke, welche aus den Gleichungen 110 bis 117 folgen, werden hier um ein geringes grösser, als bei gleicher Teilung der Stützen. So wird z. B. nach Gleichung 112

$$D_3 = 51,2 \frac{562,6 + 478,3}{2} + (51,2 - 22,8) \frac{562,6^2}{16 \cdot 478,3} = 27820 \text{ kg.}$$

Der Druck D_3 für gleiche Stützenteilung betrug nur 25802 kg ; doch hat dieser Unterschied keinen erheblichen Einfluss auf die Kosten der Säulen; viel wichtiger ist die durch die überall gleiche Trägerhöhe erzielte grössere Gleichmässigkeit in der Ausbildung der Stützen, wie der ganzen Decke.

Fig. 488.

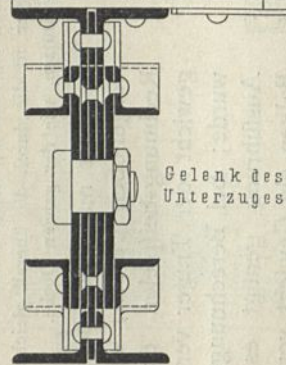
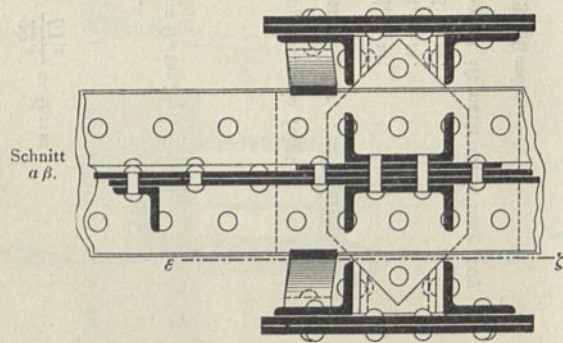
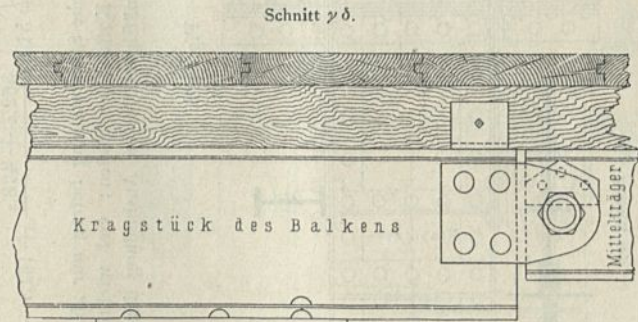
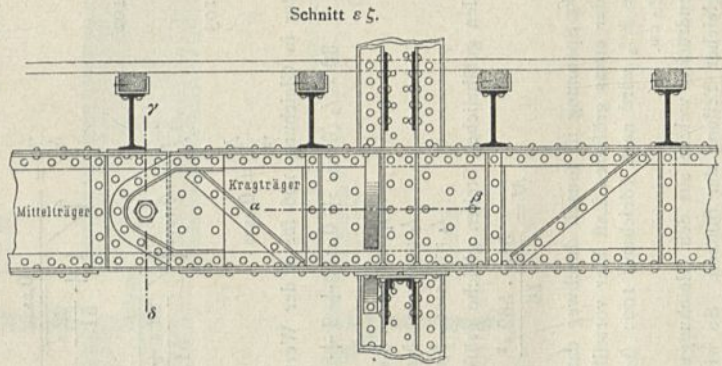


Es mag noch besonders hervorgehoben werden, dass in den Rechnungsbeispielen das Eigengewicht der Träger vernachlässigt wurde; bei Berechnungen für die Ausführung genügt es, für die Balken ein Gewicht von $0,5 \text{ kg}$ für 1 cm , für die Unterzüge ein solches von $0,9 \text{ kg}$ für 1 cm von vornherein einzuführen. In der Regel werden die Träger diese Gewichte nicht ganz erreichen.

Bei einfacher Anordnung der Unterzüge könnten die Stützen nach den Beispielen in Fig. 486

bis 490 ausgebildet werden; die Anordnung in Fig. 491 ist für so schwere Tragkonstruktion, wegen der Schwächung der Säule, weniger zu empfehlen. Bei gusseisernen Stützen sind streng genommen nur die Anordnungen nach Fig. 486

Fig. 489.



ganz vollkommen, sowie für nicht zu große Belastung auch die Anordnung nach Fig. 495; die nächstbeste nach Fig. 492 bedingt aber eine Balkenlagerung nach Fig. 493 oder 494. Man erkennt hieraus, daß sich durchlaufende Gelenkunterzüge bei schmiedeeisernen Stützen wesentlich bequemer anordnen lassen als bei den geschlossenen gußeisernen, wenn nicht die Decke so leicht ist, daß man die Anordnung nach Fig. 495, 486 oder 491 unbedenklich wählen kann.

Bei den ungleichen Stützenteilungen ist das Nachrechnen der kleinsten Stützendrücke nach den Gleichungen 110 bis 117 unter Vertauschen von g und q noch

Fig. 490.

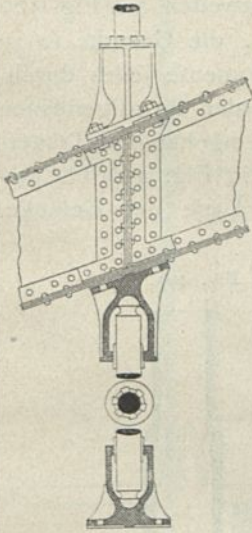


Fig. 491.

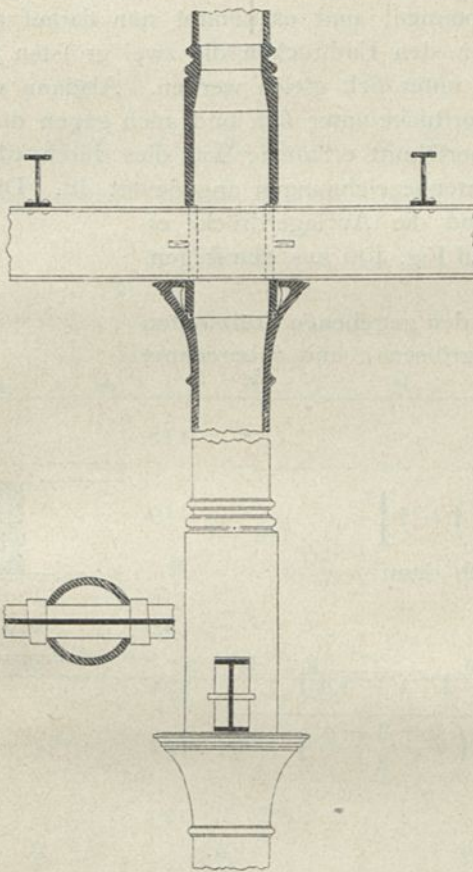


Fig. 492.

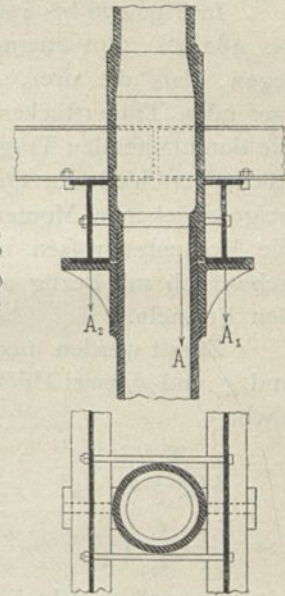


Fig. 493.

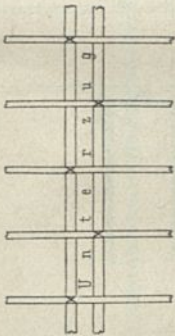
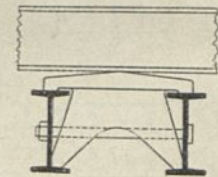


Fig. 494.



wichtiger als bei gleichen Öffnungen, da die Verankerung der Auflagerstellen nach unten für negative Stützendrücke hier noch leichter als dort erforderlich wird. Zur Aufhebung dieser stets geringen negativen Auflagerdrücke wird in der Regel schon das Gewicht der Stützen genügen. Die Endauflager, bei denen am leichtesten negative Auflagerkräfte vorkommen, können meist Verankerungen in den Wänden erhalten; doch ist dann bei Bemessung der Wandstärken die Wirkung dieser meist außerhalb des Schwerpunktes nach oben wirkenden Kräfte genau zu berücksichtigen.

Der zweite Fall ist der, daß die Stützweiten zwar verschieden, aber unabhängig vom Verhältnisse $g : q$ fest vorgeschrieben sind, so daß die Ausgleichung aller größten Momente nicht mehr möglich ist.

Abgesehen von ganz unregelmäßigen Anordnungen, in denen bloß Sonderrechnungen von Fall zu Fall zum Ziele führen können, ist hier nur der oben angedeutete Fall allgemein zu behandeln, daß die Stützenstellung in Fig. 480 bis 485 für ein Gefchofs oder mehrere gleich belastete Stockwerke auf vollständige Ausgleichung der Momente eingerichtet wurde, und nun in einem anderen Gefchoffe durchgeführt werden muß, wo sie dem dort auftretenden veränderten Verhältnisse $g : q$ nicht mehr entspricht.

In Fig. 496 bis 499 sind daher die Bezeichnungen der Stützweiten aus Fig. 480 bis 482 (S. 259) übernommen, und es kommt nun darauf an, die Gelenke so zu legen, daß die drei, in den Endstücken die zwei größten Momente jedes durchlaufenden Trägerstückes unter sich gleich werden. Alsdann werden im allgemeinen die durchlaufenden Trägerstücke unter sich und auch gegen die eingehängten Trägerstücke verschiedenen Querschnitt erhalten, wie dies durch die in Fig. 496 bis 499 beigefschriebenen Momentenbezeichnungen angedeutet ist. Die Lage der Gelenke, die Momentengrößen und die Auflagerdrücke ergeben sich mit Bezug auf Fig. 496 aus den folgenden Formeln.

Zuerst werden aus den gegebenen Stützweiten und g und q zwei Hilfsgrößen a und b berechnet nach:

$$a = \frac{q}{4(g+q)} \frac{l_3^2}{l_2^2}, \quad \dots \quad 118.$$

$$b = \left[\frac{q}{g} \frac{l_1}{l_2} \left(\sqrt{1 + \frac{g}{q}} \right) - 1 \right]^2 \quad \dots \quad 119.$$

Danach ergibt sich dann:

$$k = \frac{q}{4(g+q)} \frac{l_3^2}{l_4^2}, \quad \dots \quad 120$$

$$k_1 = 0,5 (1 - \sqrt{1 - 4a}), \quad \dots \quad 121.$$

$$k_2 = \frac{b+1-a}{2} - \sqrt{\left(\frac{b+1-a}{2}\right)^2 - b}, \quad 122.$$

$$k_3 = \frac{a}{1 - k_2}, \quad \dots \quad 123.$$

$$M = \frac{q a l_2^2}{2}, \quad \dots \quad 124.$$

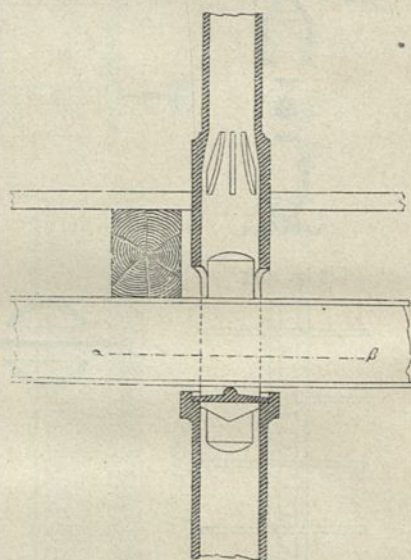
$$M_1 = \frac{q b l_3^2}{2} \quad \dots \quad 125.$$

Die Momente M_3 und M_4 für die eingehängten Trägerstücke ergeben sich nach den Regeln des Balkens auf zwei Stützen.

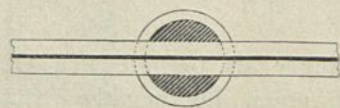
Die größten Werte der Stützendrücke sind:

$$D_1 = \frac{q l_1}{2} - \frac{g b l_3^2}{2 l_1}, \quad \dots \quad 126.$$

Fig. 495.

Schnitt $\alpha\beta$.

Vom Gasthof »Englischer Hof« zu
Hildesheim. — $\frac{1}{25}$ w. Gr.



$$D_2 = \frac{q}{2} \left[l_1 + l_2 \left(1 + k_2 - k_3 + \frac{l_2}{l_1} b \right) \right], \quad \dots \quad 127.$$

$$D_3 = \frac{q}{2} \left[l_2 (1 - k_2) + l_3 \right] \left(1 + k_3 \frac{l_2}{l_3} \right) - \frac{g a l_2^2}{2 l_3}, \quad \dots \quad 128.$$

$$D_4 = \frac{q}{2} \left(l_2 + l_3 + a \frac{l_2^2}{l_3} \right) - \frac{g a l_2^2}{2 l_3}, \quad \dots \quad 129.$$

$$D_5 = \frac{q}{2} \left[l_3 + l_4 + k l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_3} \right) \right] - \frac{g a l_2^2}{2 l_3}, \quad \dots \quad 130.$$

$$D_6 = \frac{q}{2} l_4 (1 - k). \quad \dots \quad 131.$$

Fig. 496.

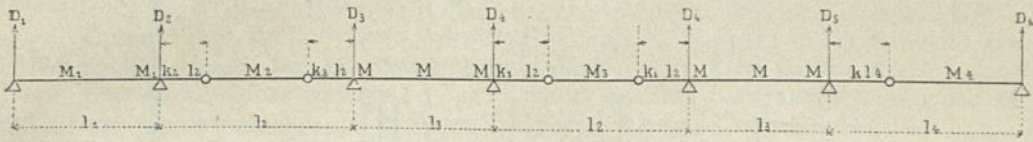


Fig. 497.

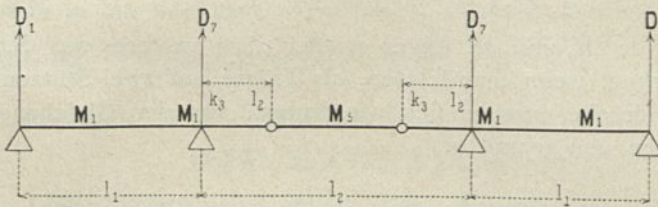


Fig. 498.

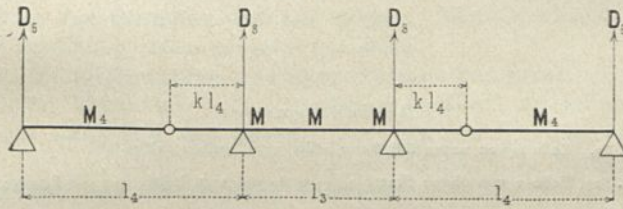
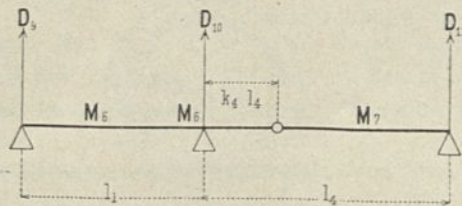


Fig. 499.



Auch hier ergeben sich die geringsten, möglicherweise negativen Werte der Stützendrücke aus den Gleichungen 126 bis 131 durch Vertauschen von g und q , wobei zu beachten ist, dass die Größen a und b die Größen g und q enthalten, sich also bei dieser Vertauschung auch ändern.

Die Verhältnisse derartiger Stützungen von Trägern auf vier und drei Stützen sind in Fig. 497 bis 499 dargestellt.

Für diese treten den oben angegebenen Formeln noch die folgenden hinzu:

$$k_3 = 0,5 - \sqrt{0,25 - b} \quad \dots \quad 132.$$

$$k_4 = \left[\frac{q}{g} \frac{l_4}{l_1} \left(\sqrt{1 + \frac{g}{q}} - 1 \right) \right]^2 \quad \dots \quad 133.$$

$$M_6 = \frac{q k_4 l_4^2}{2} \quad \dots \quad 134.$$

$$D_7 = \frac{q}{2} \left[l_1 + l_2 \left(1 + \frac{l_2}{l_1} b \right) \right] \quad \dots \quad 135.$$

$$D_8 = \frac{q}{2} \left[l_4 + l_3 + k l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_3} \right) \right] - \frac{g k l_4^2}{2 l_3} \quad \dots \quad 136.$$

$$D_9 = \frac{1}{2} \left(q l_1 - g k_4 \frac{l_4^2}{l_1} \right) \quad \dots \quad 137.$$

$$D_{10} = \frac{q}{2} \left\{ l_1 + l_4 \left[1 + k_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_1} \right) \right] \right\} \quad \dots \quad 138.$$

$$D_{11} = \frac{q l_4}{2} (1 - k_4) \quad \dots \quad 139.$$

Die Momente M_5 und M_7 folgen wieder ohne weiteres aus den Trägerstücken, in denen sie wirken, wenn man letztere als Träger auf zwei Stützen behandelt. Die kleinsten Stützendrucke ergeben sich wie früher, aus den Gleichungen 135 bis 139 durch Vertauschen von g und q .

Berichtigungen.

S. 83, Zeile 9 von unten soll statt: »Fig. 375« heißen: »Fig. 382«.

S. 113, Zeile 1 von oben: Statt: $\frac{s}{E} = 0,000005$ zu lesen: $\frac{s}{E} = 0,000005 s^*$.

Zeile 4 von oben: Statt: $\frac{s}{E} = 0,000001$ zu lesen: $\frac{s}{E} = 0,000001 s^*$.



Wichtigstes Werk für Architekten,
Ingenieure, Bautechniker, Baubehörden, Baugewerkmeister, Bauunternehmer.

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **J. Durm**, Oberbaudirektor in Karlsruhe und Prof. **H. Ende**, Geh. Regierungs- und Baurat, Präsident der Kunstakademie in Berlin, herausgegeben von Prof. Dr. **Ed. Schmitt**, Geh. Baurat in Darmstadt.

ERSTER TEIL.

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

- 1. Band, Heft 1: Einleitung.** (Theoretische und historische Uebersicht.) Von Geh. Rat † Dr. A. v. ESSENWEIN, Nürnberg. — **Die Technik der wichtigeren Baustoffe.** Von Hofrat Prof. Dr. W. F. EXNER, Wien, Prof. H. HAUENSCHILD, Berlin, Prof. Dr. G. LAUBOECK, Wien und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl.; Preis: 10 M., in Halbfrz. geb. 13 M.
- Heft 2: Die Statik der Hochbaukonstruktionen.** Von Geh. Baurat Prof. Th. LANDSBERG, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
- 2. Band: Die Bauformenlehre.** Von Prof. J. BÜHLMANN, München. (Vergriffen.) Zweite Auflage unter der Presse.
- 3. Band: Die Formenlehre des Ornaments.** Von Prof. P. LAUSER, Stuttgart. In Vorbereitung.
- 4. Band: Die Keramik in der Baukunst.** Von Prof. R. BORRMANN, Berlin. Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.
- 5. Band: Die Bauführung.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 12 M., in Halbfrz. geb. 15 M.

ZWEITER TEIL.

DIE BAUSTILE.

Historische und technische Entwicklung.

- 1. Band: Die Baukunst der Griechen.** Von Oberbaudirektor Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. Zweite Auflage. Preis: 20 Mark, in Halbfranz gebunden 23 Mark.
- 2. Band: Die Baukunst der Etrusker und der Römer.** Von Oberbaudirektor Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.
- 3. Band, Erste Hälfte: Die alchristliche und byzantinische Baukunst.** Zweite Auflage. Von Prof. Dr. H. HOLTZINGER, Hannover. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.
- Zweite Hälfte: Die Baukunst des Islam.** Von Direktor J. FRANZ-PASCHA, Kairo. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.
- 4. Band: Die romanische und die gotische Baukunst.**
- Heft 1: Die Kriegsbaukunst.** Von Geh. Rat † Dr. A. v. ESSENWEIN, Nürnberg. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
- Heft 2: Der Wohnbau.** Von Geh. Rat † Dr. A. v. ESSENWEIN, Nürnberg. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
- Heft 3: Der Kirchenbau.** Von Reg.- u. Baurat M. HASAK, Berlin. In Vorbereitung.
- Heft 4: Die Ausstattung der Kirchen.** Von Reg.- u. Baurat M. HASAK, Berlin. In Vorbereitung.
- 5. Band: Die Baukunst der Renaissance in Italien.** Von Oberbaudirektor Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. In Vorbereitung.
- 6. Band: Die Baukunst der Renaissance in Frankreich.** Von Architekt Dr. H. Baron v. GEYMÜLLER, Baden-Baden.
- Heft 1: Historische Darstellung der Entwicklung des Baustils.** Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
- Heft 2: Strukture und ästhetische Stilrichtungen. — Kirchliche Baukunst.** Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
- 7. Band: Die Baukunst der Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark.** Von Direktor G. v. BEZOLD, Nürnberg. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

- 1. Band: Konstruktionselemente** in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. HEINZERLING, Aachen und Geh. Baurat Prof. E. MARX, Darmstadt. — **Fundamente.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
- 2. Band: Raumbegrenzende Konstruktionen.**
- Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. E. MARX, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.
- Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. A. GÖLLER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.
- Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover. Zweite Aufl. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
- Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. SCHACHT, Celle, und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.
- Heft 4: **Dächer im allgemeinen; Dachformen.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Dachstuhlkonstruktionen.** Von Geh. Baurat Prof. Th. LANDSBERG, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.
- Heft 5: **Dachdeckungen; verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Geh. Baurat Prof. E. MARX, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. SCHWERING, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.
- 3. Band, Heft 1: Erhellung der Räume mittels Sonnenlicht.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Fenster, Thüren** und andere bewegliche Wandverschlüsse. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.
- Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Ober-Ingenieur J. KRÄMER, Dresden, Kaiserl. Rat Ph. MAYER, Wien, Baugewerkschullehrer O. SCHMIDT, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.
- Heft 3: **Ausbildung der Wand-, Decken- und Fussbodenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. In Vorbereitung.
- 4. Band: Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.** Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Künstliche Beleuchtung der Räume.** Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER und Prof. Dr. W. KOHLRAUSCH, Hannover. — **Heizung und Lüftung der Räume.** Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER, Hannover. — **Wasserversorgung der Gebäude.** Von Prof. Dr. O. LUEGER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 22 Mark, in Halbfranz gebunden 25 Mark.
- 5. Band: Koch-, Spül-, Wasch- und Bade-Einrichtungen.** Von Geh. Bauräten Professoren E. MARX und Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Entwässerung und Reinigung der Gebäude; Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers; Abort- und Pissoirs; Entfernung der Fäkalstoffe aus den Gebäuden.** Von Privatdocent Bauinspektor M. KNAUFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 18 M., in Halbfranz geb. 21 M.
- 6. Band: Sicherungen gegen Einbruch.** Von Geh. Baurat Prof. E. MARX, Darmstadt. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Geh. Baurat † A. ORTH, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Finanzrat F. KÖPCKE, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. SPILLNER, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und Rampen-Anlagen.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Eisbehälter und sonstige Kühlanlagen.** Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Baurat E. SPILLNER, Essen. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

- 1. Halbband: Die architektonische Komposition.** Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Die Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
- 2. Halbband: Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehrs.**
- Heft 1: Wohngebäude.** Von Geh. Hofrat Prof. C. WEISSBACH, Dresden. Unter der Presse.
- Heft 2: Gebäude für Handel und Verkehr.** Von Prof. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. C. ZAAR, Berlin und Privatdocent L. ZAAR, Berlin. In Vorbereitung.
- Heft 3: Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprehdienst.** Von Postbaurat R. NEUMANN, Erfurt. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.
- 3. Halbband: Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.**
- Heft 1: Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.
- Heft 2: Gebäude für Lebensmittel-Versorgung** (Schlachthöfe und Viehmärkte; Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
- 4. Halbband: Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.**
- Heft 1: Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Festhallen.** Von Oberbaudirektor Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Baurat H. v. d. HUBE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herbergshäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 13 Mark, in Halbfranz gebunden 16 Mark.
- Heft 2: Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Oberbaudirektor Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 11 Mark, in Halbfranz gebunden 14 Mark.
- 5. Halbband: Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.**
- Heft 1: Krankenhäuser.** Von Prof. O. KUHN, Berlin. Preis: 42 M., in Halbfranz gebunden 45 M.
- Heft 2: Verschiedene Heil- und Pflege-Anstalten** (Irren-Anstalten, Entbindungs-Anstalten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchts-häuser.** Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat und Geh. Regierungsrat † A. FUNK, Hannover und Prof. K. HENRICI, Aachen. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.
- Heft 3: Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
- Heft 4: Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

6. Halbband: Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.

Heft 1: Niedere und höhere Schulen (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Real-Lehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Aluminate, Lehrer- u. Lehrerinnen-Seminare, Turnanstalten). Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. † H. LANG, Karlsruhe, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt.

Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 2: Hochschulen, zugehörige und verwandte wissenschaftliche Institute (Universitäten; technische Hochschulen; naturwissenschaftliche Institute; medizinische Lehranstalten der Universitäten; technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Geh. Oberbaurat H. EGGERT, Berlin, Baurat C. JUNK, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Oberbaudirektor † Dr. P. SPIEKER, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. TIEDEMANN, Potsdam. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 3: Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten. Von Reg.-Baumeister C. SCHAUPERT, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt und Prof. C. WALTHER, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat † A. KERLER, Karlsruhe, Stadtbaurat A. KORTÜM, Halle, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Prof. A. MESSEL, Berlin, Architekt R. OFFERMANN, Mainz, Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 5: Theater und Cirkusgebäude. Von Direktor K. LAUTENSCHLÄGER, München, Baurat M. SEMPER, Hamburg und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. In Vorbereitung.

7. Halbband: Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.

Heft 1: Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. BLUNTSCHLI, Zürich, Stadtbaurat A. KORTÜM, Halle, Prof. G. LASIUS, Zürich, Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Baurat F. SCHWECHTEN, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Baudirektor † TH. v. LANDAUER, Stuttgart. Zweite Auflage.

Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 2: Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke. Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. WALLOT, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Oberstleutnant F. RICHTER, Dresden. Zweite Aufl. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

8. Halbband: Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.

Heft 1: Kirchen. Von Hofrat Prof. Dr. C. GURLITT, Dresden. In Vorbereitung.

Heft 2 u. 3: Denkmäler. Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. Unter der Presse.

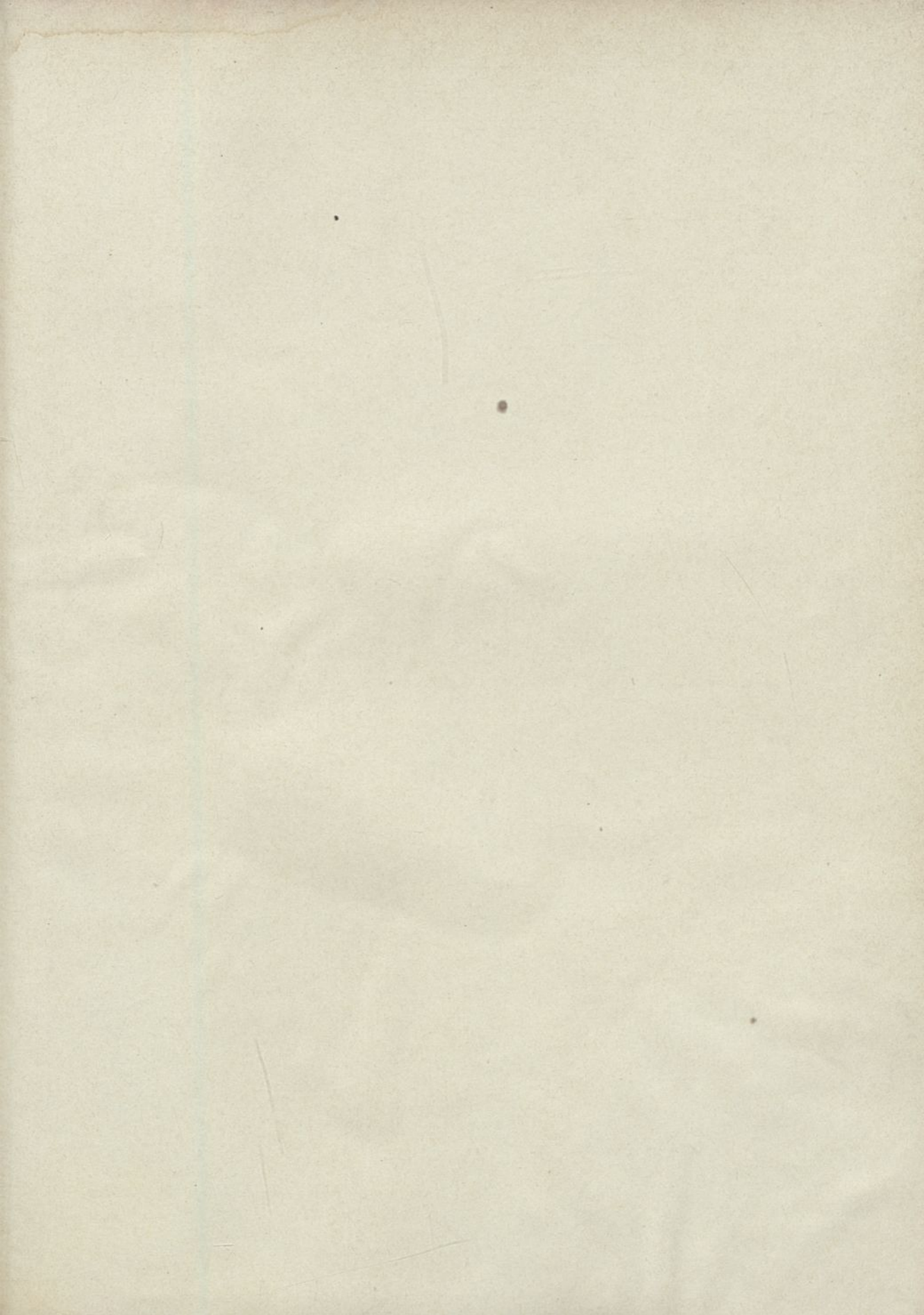
Heft 4: Brunnendenkmäler. Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. In Vorbereitung.

Heft 5: Bestattungsanlagen. Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. In Vorbereitung.

9. Halbband: Der Städtebau. Von Geh. Baurat J. STÜBBEN, Köln. Preis: 32 M., in Halbfrz. geb. 35 M.

10. Halbband: Die Garten-Architektur. Von Baurat A. LAMBERT und Architekt E. STAHL, Stuttgart. Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.









BIBLIOTEKA GŁÓWNA

353797/1