

7. Tragwerke.

Äußere Kräfte. — Baustoffe: Stahl, Beton und Eisenbeton, Holz.

Aufgabe der Tragwerke ist es, sämtliche Nutzlasten sowie die Lasten aus Förderanlagen, Kranen usw., ferner die von außen auf das Bauwerk einwirkenden Kräfte und endlich das Eigengewicht der gesamten Baukonstruktion aufzunehmen und auf die Fundamente zu übertragen. Über die Nutzlastannahmen sind in dem Abschnitt „Gliederung und Formgebung“

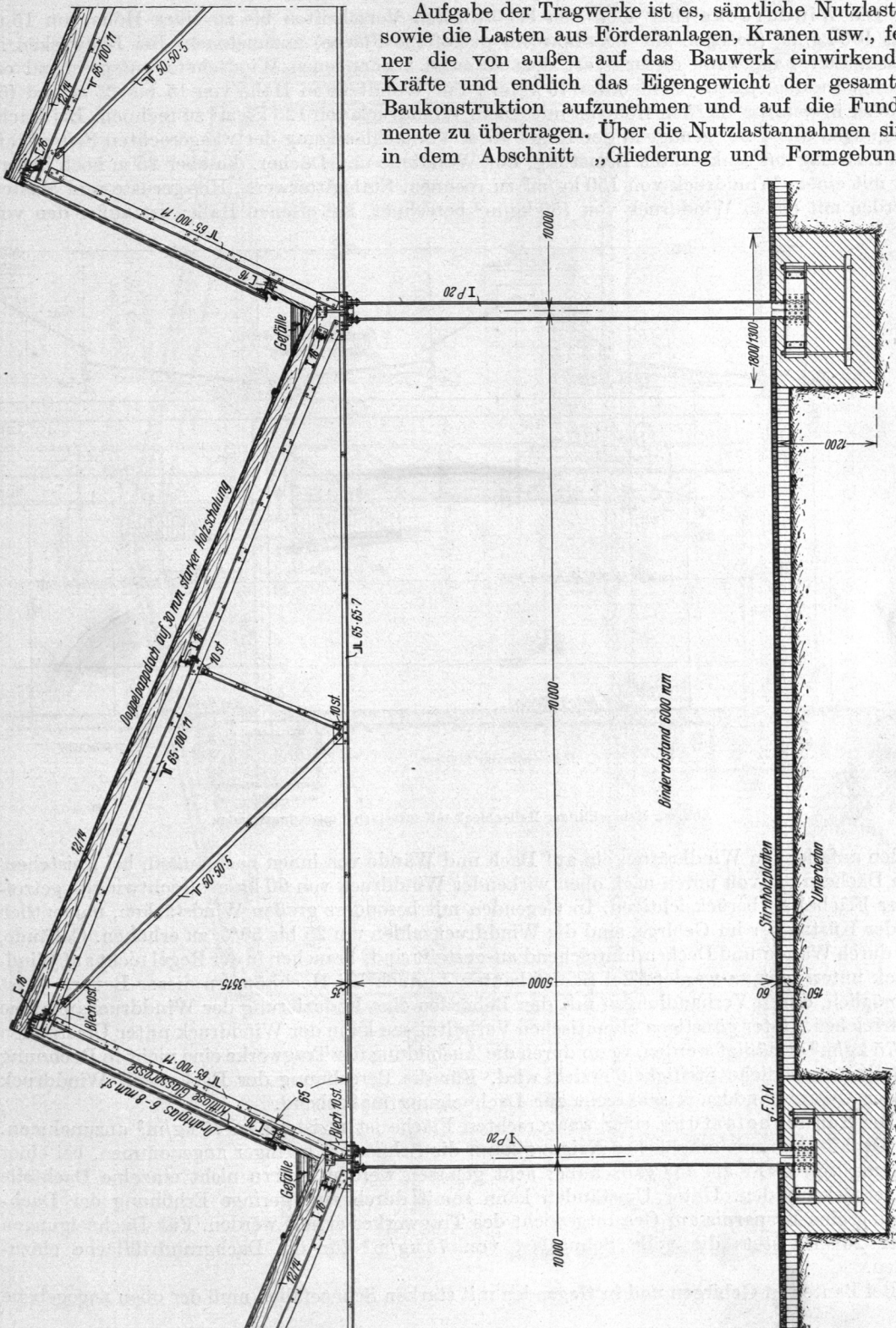


Abb. 65. Stählerner Shedbau.

Angaben gemacht; Raddrücke von Laufkranen sind für verschiedene Nutzlasten im Abschnitt „Förderanlagen“ wiedergegeben. Die Eigengewichte der Baukonstruktionselemente gehen aus den einschlägigen Abschnitten hervor, die weiter unten folgen.

Die Winddrücke sind nach den behördlichen Vorschriften bis zu einer Höhe von 15 m mit 100 kg/m^2 (bezogen auf die senkrecht getroffene Fläche) anzunehmen. Bei Bauwerken in geschützter Lage kann dieser Wert dem dauernd vorhandenen Windschutz entsprechend ermäßigt werden, jedoch nicht unter 75 kg/m^2 . Für Wandteile in Höhe von 15 bis 25 m und für Dächer in weniger als 25 m Höhe ist mit einem Winddruck von 125 kg/m^2 zu rechnen. Bei Dachneigungen unter 25° genügt in der Regel unter Vernachlässigung der waagerechten Seitenkraft ein Zuschlag zur senkrechten Belastung. Für Wandteile und Dächer, die über 25 m hoch liegen, ist mit einem Winddruck von 150 kg/m^2 zu rechnen. Stahlgitterwerk, Holzgerüste und Masten werden mit einem Winddruck von 150 kg/m^2 berechnet. Bei offenen Hallen ist außer den von

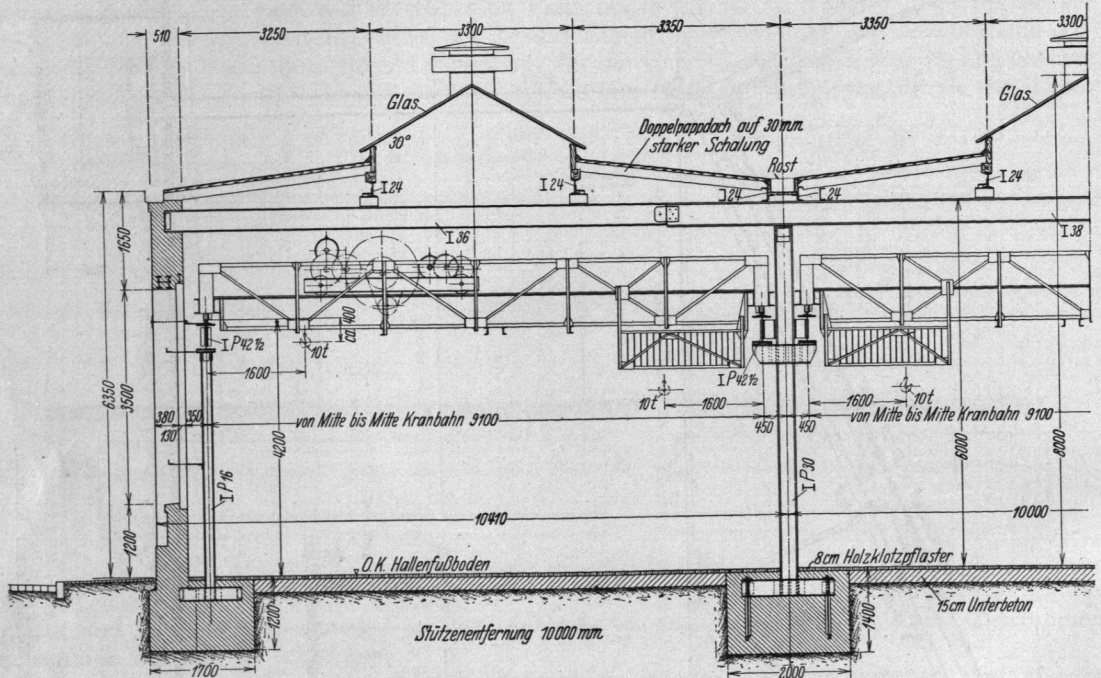


Abb. 66. Mehrschiffiger Hallenblock mit massiven Umfassungswänden.

außen anfallenden Windkräften ein auf Dach und Wände von innen nach außen, bei freistehenden Dächern ein von unten nach oben wirkender Winddruck von 60 kg/m^2 (rechtwinklig getroffener Fläche) zu berücksichtigen. In Gegenden mit besonders großen Windstärken, namentlich an der Küste oder im Gebirge, sind die Winddruckzahlen um 25 bis 50% zu erhöhen. Gebäude, die durch Wände und Decken hinreichend ausgesteift sind, brauchen in der Regel nicht auf Winddruck untersucht zu werden. Bei Skelettbauten — auch bei Hochhäusern dieser Bauart — ist es möglich, durch Verhandlungen mit den Behörden eine Reduzierung der Winddruckannahme zu erreichen. Unter günstigen klimatischen Verhältnissen kann der Winddruck unter Umständen bis 75 kg/m^2 ermäßigt werden, wenn durch die Ausbildung der Tragwerke eine nicht in Rechnung gestellte, zusätzliche Steifigkeit erzielt wird. Für die Berechnung der Dächer auf Winddruck ist der Gesamtwinddruck senkrecht zur Dachneigung maßgebend.

Die Schneebelastung einer waagerechten Fläche ist meistens zu 75 kg/m^2 anzunehmen. Bei Dachflächen mit erheblicher Neigung kann die Schneelast geringer angenommen, bei einer Neigung von mehr als 45° ganz außer acht gelassen werden, sofern nicht einzelne Dachteile Schneesäcke bilden. Unter Umständen kann somit durch eine geringe Erhöhung der Dachneigung eine Ersparnis am Gesamtgewicht des Tragwerkes erzielt werden. Für Dachneigungen unter 20° ist stets die volle Schneelast von 75 kg/m^2 für die Dachgrundrißfläche einzusetzen.

Bei Bauten in Gebirgen und in Gegenden mit starken Schneefällen muß der oben angegebene

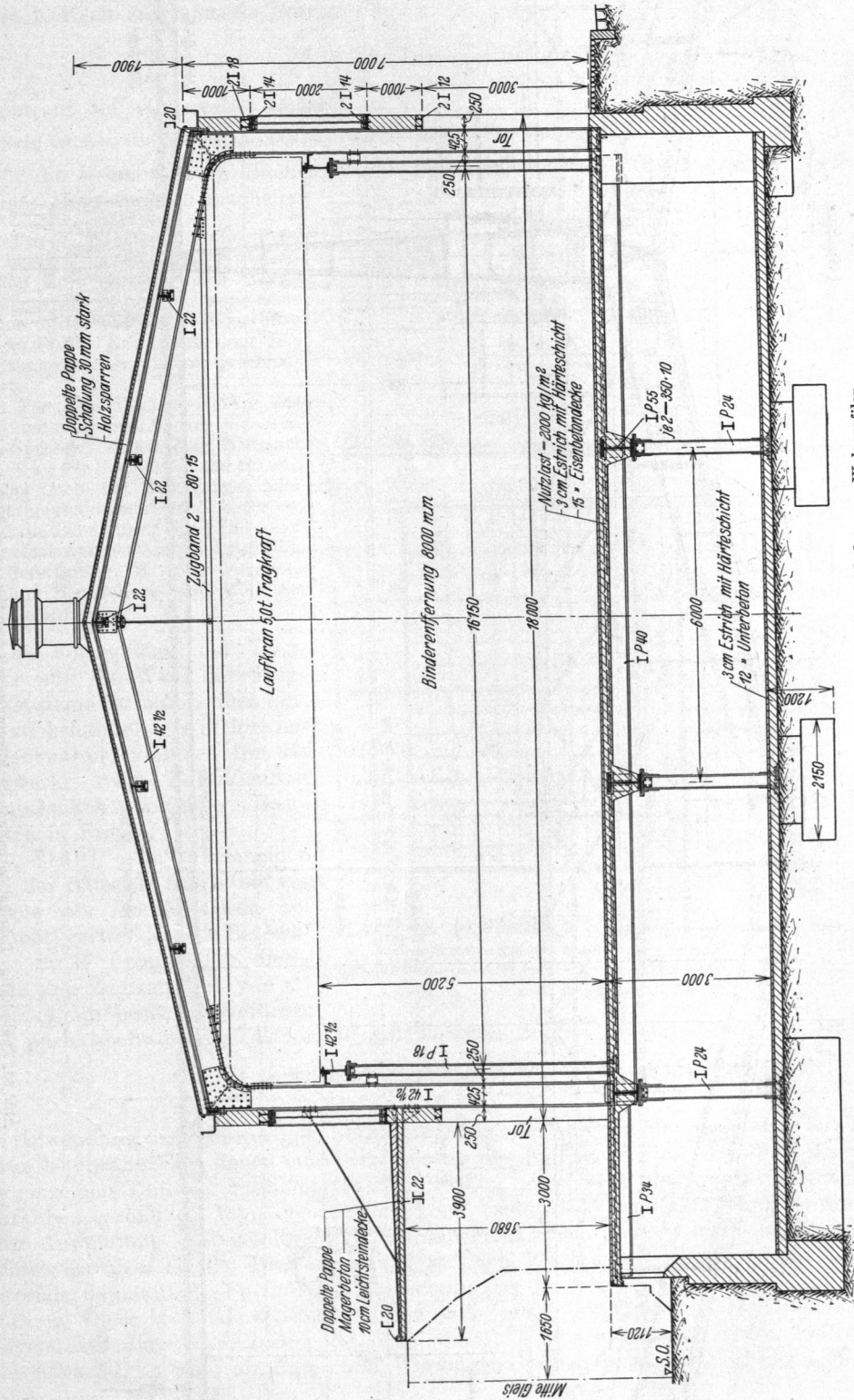


Abb. 67. Unterkellerter Lagerhalle in Stahlbauweise mit Bindern aus Walzprofilen.

Wert von 75 kg/m^2 entsprechend erhöht werden. Einen Anhalt hierfür gibt die den schweizerischen Normen entnommene Formel:

$$S = 70 \cdot \left(1 + \frac{h}{500}\right) \text{ in kg/m}^2,$$

bezogen auf die waagerechte Dachfläche.

Hierin ist h = die Höhenlage des Bauwerkes in m über Meeresspiegel.

Für die Belastung von Dächern durch Personen sind nach den amtlichen Bestimmungen folgende Annahmen zu machen:

1. Für Flachdächer mit einer Neigung bis 1 : 20 ist mit einer Nutzlast von 250 kg/m^2 einschließlich Wind- und Schneelast zu rechnen, wenn zeitweiliger Aufenthalt von Menschen, z. B. zu Spiel-, Erholungs- oder Beobachtungszwecken, nicht ausgeschlossen ist.

2. Für alle Dächer ist in der Mitte der einzelnen Pfetten, Sparren oder Sprossen außen eine Nutzlast von 100 kg für Personen anzunehmen, die das Dach bei Reinigungs- oder Wiederherstellungsarbeiten betreten, sofern die Berechnung der Wind- oder Schneelast weniger als 200 kg ergibt. Die Berechnung ist unter Vernachlässigung der Schnee- und Windlast aufzustellen.

Die Formgebung der Tragwerke und die Wahl der Tragwerksysteme ist schon oben eingehend behandelt¹. Wie dort bereits erwähnt, kommen für die Tragwerke von Fabrikbauten hauptsächlich folgende Baustoffe in Frage:

1. Stahl. Im allgemeinen wird der Baustahl St 37 (bis vor kurzem als Schmiedeeisen bezeichnet) verwendet. Die Bezeichnung St 37 besagt, daß dieser Stahl eine Zugfestigkeit von 37 bis 45 kg/mm^2 besitzt. Neuerdings sind auch hochwertigere Baustähle mit höheren Zugfestigkeiten entwickelt worden, z. B.:

St 48 mit einer Zugfestigkeit von $48\text{--}58 \text{ kg/mm}^2$,
 St 52 „ „ „ „ „ $52\text{--}64 \text{ kg/mm}^2$.*

Die Anwendung der hochwertigen Stähle ist infolge des höheren Materialpreises auf solche Bauwerke beschränkt, bei denen eine Verringerung des Eigengewichtes besondere Bedeutung hat. Die einzelnen Teile der Stahlkonstruktion werden heute noch überwiegend durch Nieten und Schrauben verbunden. Von Amerika ausgehend, findet die Verbindung durch Schweißen immer mehr Anwendung. Bei geschweißten Stahlkonstruktionen werden nicht unbeträchtliche Gewichtsersparnisse erzielt. Dies ist einmal auf den Wegfall des Überlappungs- und Laschenmaterials, dann auf den Fortfall der Schwächung des Querschnittes durch die Nietlöcher zurückzuführen. Diese Materialersparnisse wirken sich jedoch bisher noch nicht in vollem Maße verbilligend auf die Gesamtkosten der Stahlkonstruktionen aus, da in vielen Fällen durch die Schweißverfahren wohl an Büro- und Werkstattarbeit gespart, dafür aber an Montagearbeit

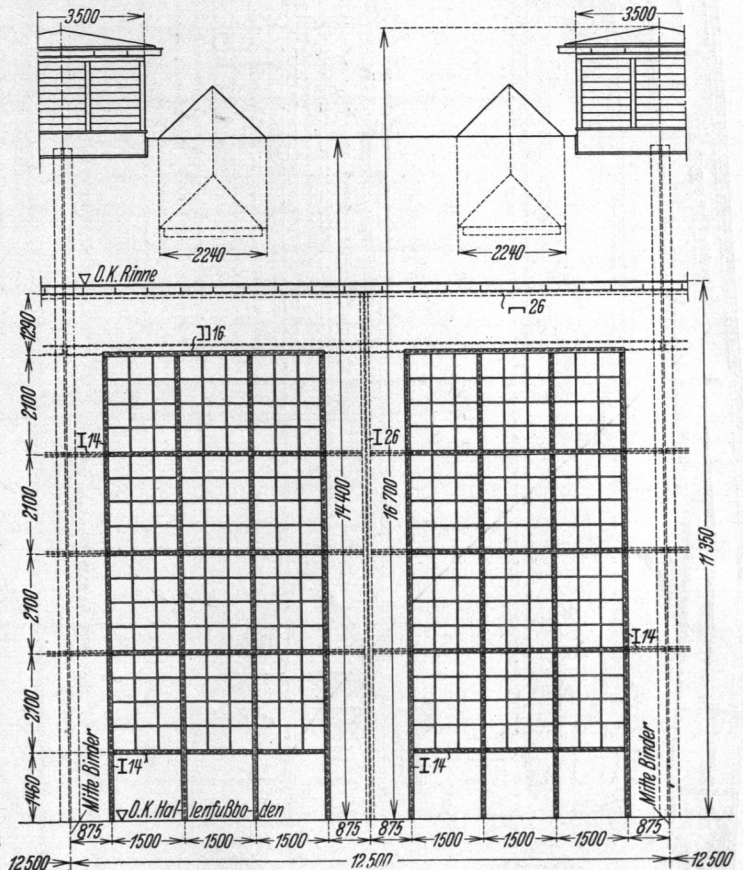


Abb. 69. Längswandfeld zu Abb. 68.

¹ Siehe Abschnitt „Gliederung und Formgebung“.

* Siehe H. Koppenberg: Die Entwicklung des Baustahls St 52. Z. VDI 1932 Nr. 44.

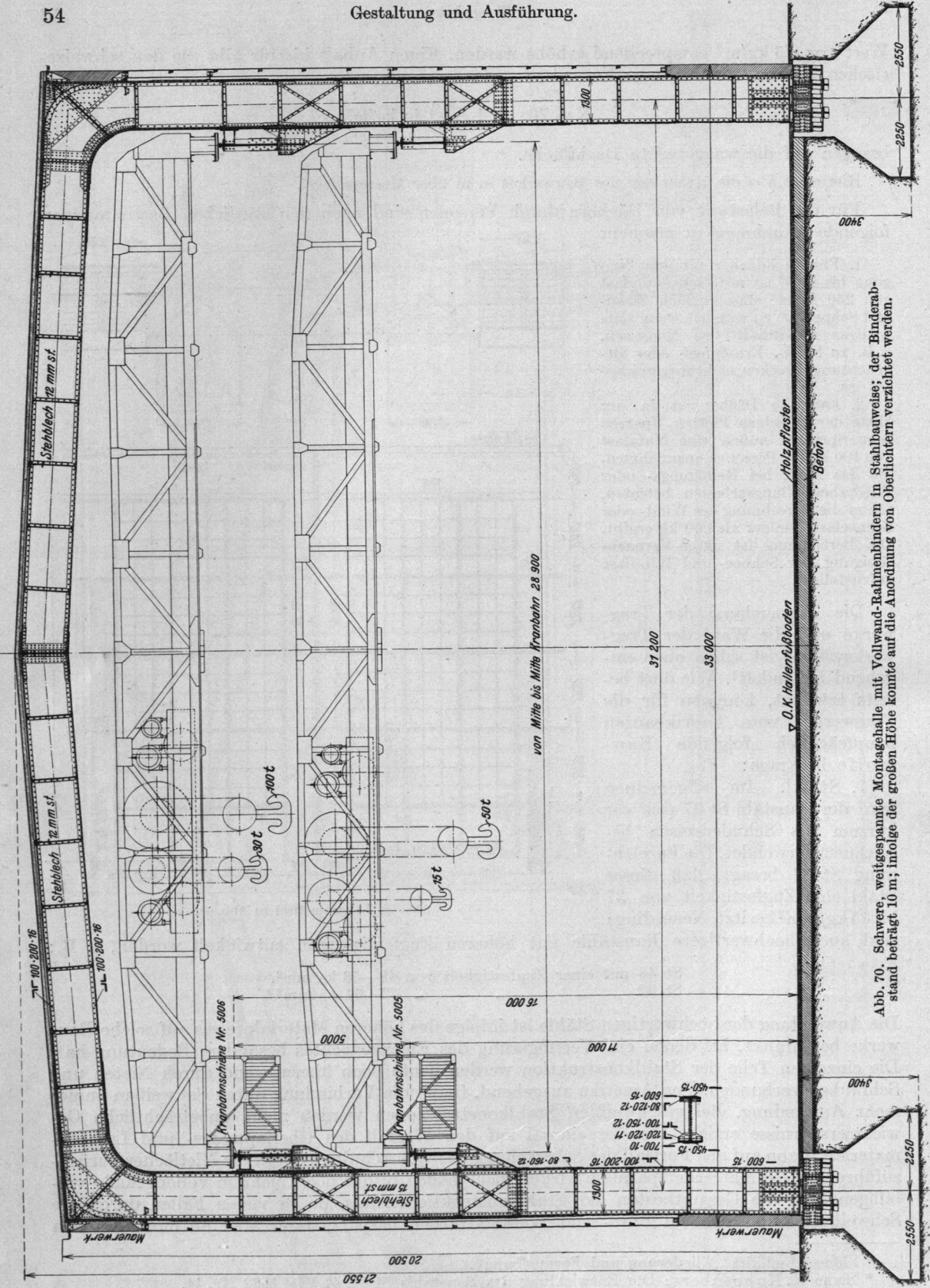


Abb. 70. Schwere, weitgespannte Montagehalle mit Vollywand-Rahmenbindern in Stahlbauweise; der Binderabstand beträgt 10 m; infolge der großen Höhe konnte auf die Anordnung von Oberlichtern verzichtet werden.

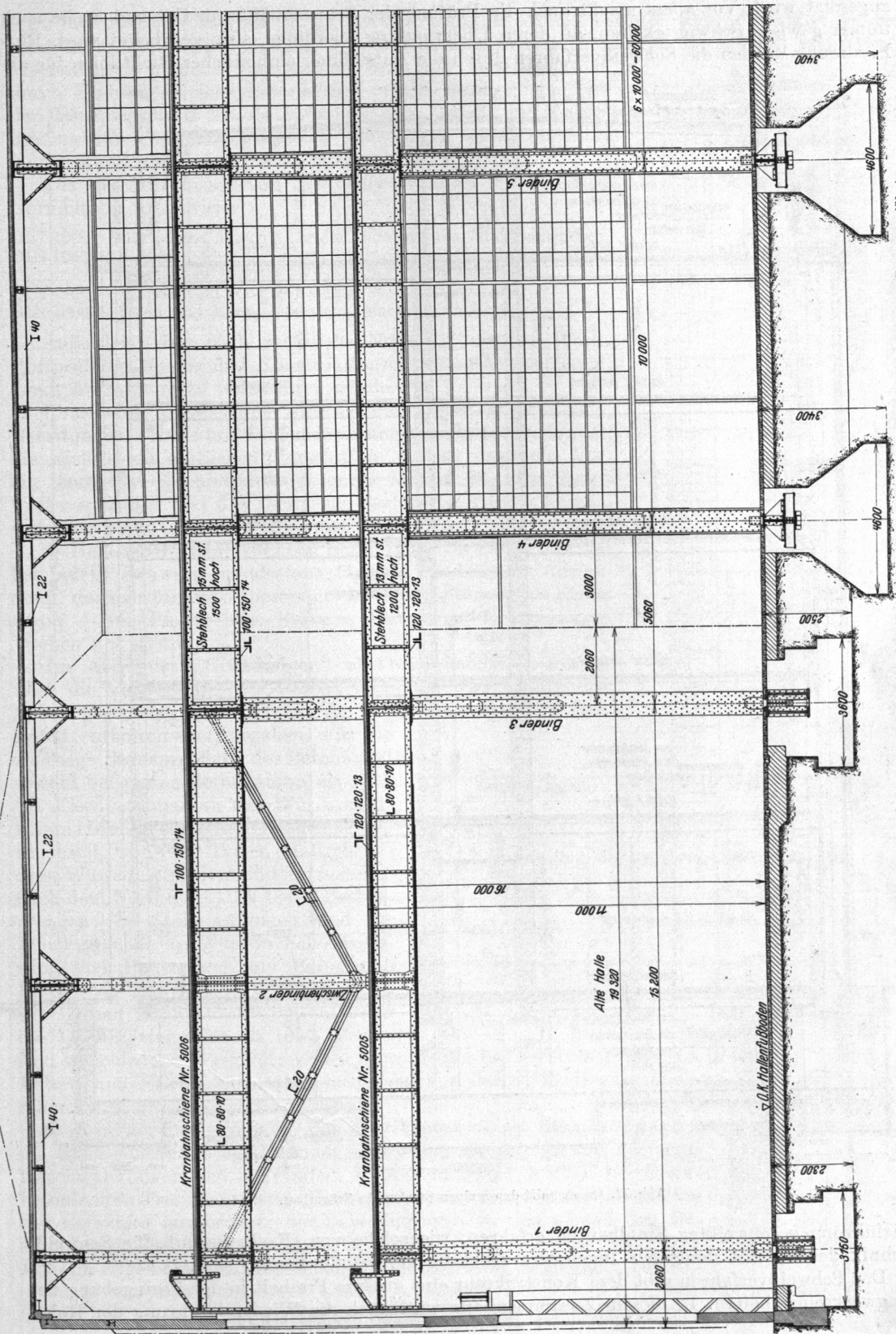


Abb. 71. Längsschnitt zu Abb. 70; die Halle schneidet in eine andere Halle ein; die Binder 1 bis 3 sind daher nicht als Regelbinder ausgeführt.

zugesetzt wird. Vor allem macht auch die Prüfung der Schweißnähte an Ort und Stelle noch immer gewisse Schwierigkeiten, an deren Überwindung allerdings eifrig gearbeitet wird. Eine Förderung werden die Schweißverfahren durch die Aufstellung einheitlicher Richtlinien für die

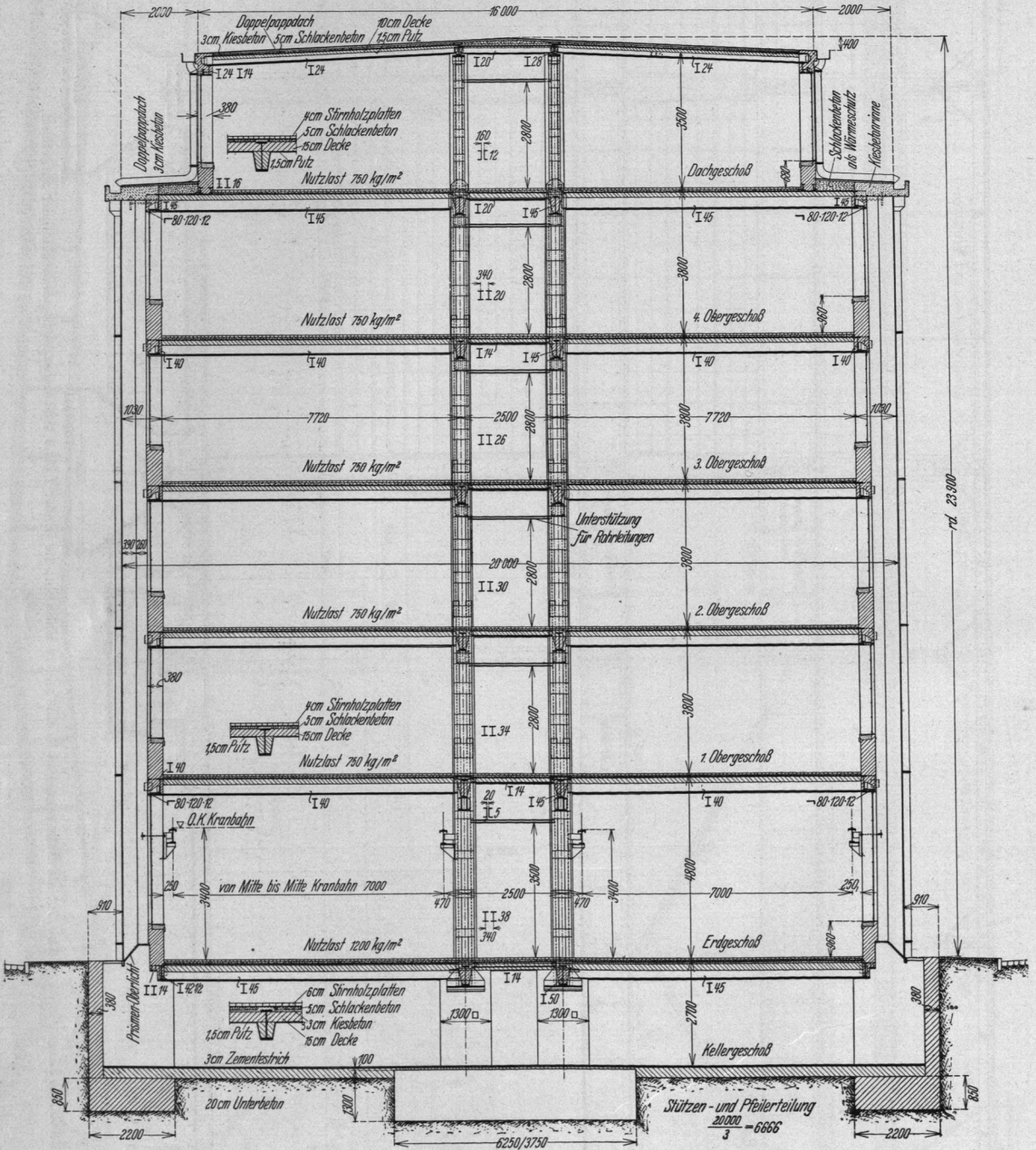


Abb. 72. Querschnitt durch einen Stockwerks-Trägerbau.

Ausführung geschweißter Stahlbauten erfahren, wie solche vom Fachausschuß für Schweißtechnik des Vereins deutscher Ingenieure vorläufig aufgestellt worden sind.

Das Schweißverfahren gibt dem Konstrukteur eine größere Freiheit in der Formgebung der Tragwerkeinheiten. In diesem Zusammenhang wird auch die Wiedereinführung der Rohr-

form für Stützen, bisher allerdings nur vereinzelt, angestrebt. Die Rohrform, die früher bei der Ausführung gußeiserner Stützen sehr beliebt war, besitzt gerade für die Stützen von Stahlskelettbauten manche Vorzüge; so kann die Feuersicherheit durch Einbringen eines Betonkernes erhöht werden; auch ist der Rohrquerschnitt für die Aufnahme aller Druck- und Knickbeanspruchungen außerordentlich günstig, da sein Trägheitsmoment, auf alle Achsen bezogen, gleich ist.

Für die Ausführung von Stahlbauwerken sei auf folgende Normblätter hingewiesen:

- DIN 1000 — Normalbedingungen für die Lieferung von Stahlbauwerken,
- DIN 1050 und 1051 — Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Beanspruchungen der Baustoffe,
- DIN 4100 — Vorschriften für geschweißte Stahlbauten,
- DIN 1600 — Stahl und Eisen, Übersicht, Markenbezeichnung.

Außerdem sind noch zahlreiche Normblätter über Werkstoffprüfung, Profile und Konstruktionseinzelheiten erschienen, deren Aufzählung zu weit führen würde.

Eingehende Angaben über zulässige Materialbeanspruchungen, Belastungen, Profile und Dimensionierungsgrundsätze sowie auch die wichtigsten amtlichen Vorschriften enthält das vom Verein deutscher Eisenhüttenleute unter Mitwirkung des Stahlwerksverbandes und des Deutschen Stahlbauverbandes herausgegebene Buch „Stahl im Hochbau“¹.

2. Beton und Eisenbeton. Beton findet im Fabrikbau fast bei jedem Bauwerk mindestens für die Fundamente Anwendung, darüber hinaus — besonders in der Ausführung als Eisenbeton — für Pfeiler bzw. Stützen, Unterzüge, Deckenträger, Decken und Wände.

Im Abschnitt „Gründungen“ sind eingehendere Hinweise über die Verwendung des Betons und über den Schutz desselben gegen aggressive Stoffe, die in der Luft oder im Baugrund enthalten sind, gegeben. Für die zulässige Beanspruchung des Betons sind sowohl bei reinen Betonbauten als auch bei Eisenbetonbauten die Würfelestigkeiten (Druckfestigkeiten) nach einer Abbindezeit von 28 Tagen maßgebend; diese Würfelestigkeiten sind festzustellen nach dem Normblatt DIN 1048 „Bestimmungen für Steifprüfungen und für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton“. Allgemeine Vorschriften für Beton- und Eisenbetonbauten enthalten die DIN-Blätter 1045 bis 1047. Ferner sind verschiedene Normblätter über Einzelheiten bei der Ausführung von Beton- und Eisenbetonbauten erschienen, von deren Wiedergabe abgesehen wird.

Von großer Bedeutung für den Fabrikbauer ist bei Eisenbetonbauten die Rücksichtnahme auf Dehnungen der Bauteile infolge von Temperaturschwankungen und Schwinden. Zu diesem Zweck werden bei Eisenbetonbauten Trennungsfugen (Dehnungsfugen) senkrecht zur Längsachse des Gebäudes angeordnet; die Dehnungsfugen werden gemäß den Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom September 1925 im allgemeinen in Abständen von 30 bis 40 m vorgesehen. Die Anordnung von Bewegungsfugen hängt im wesentlichen von der Grundrißform, von der Kon-

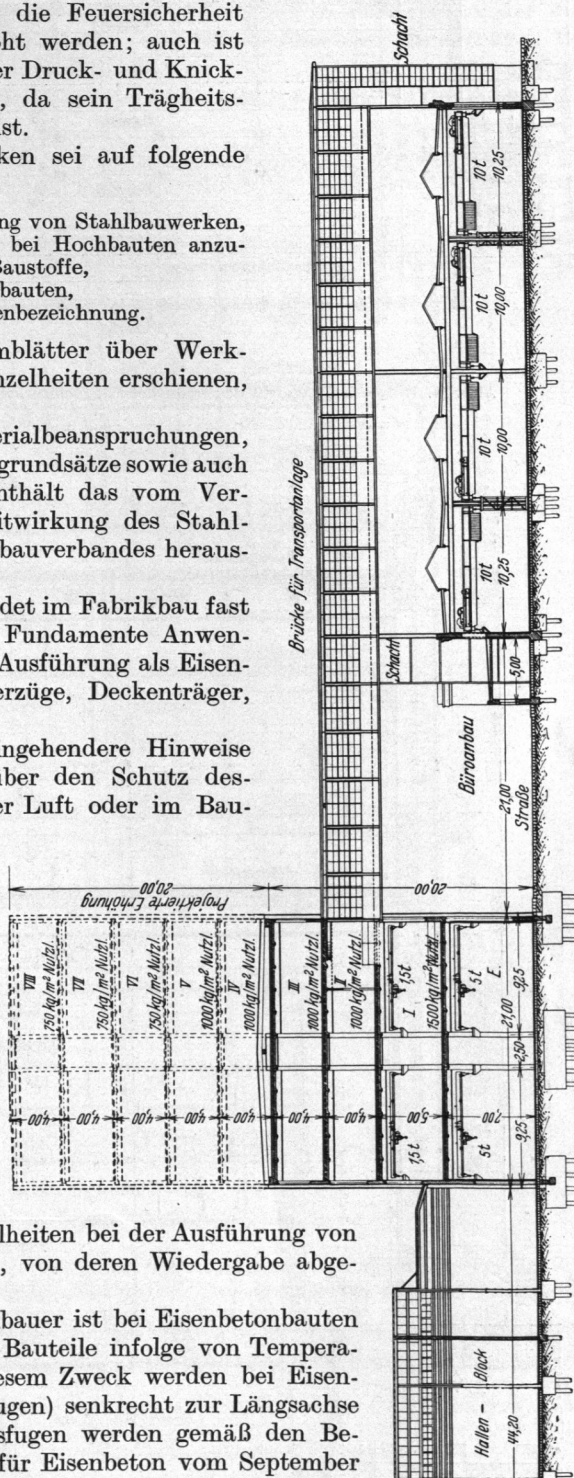


Abb. 73. Stahlskelett-Stockwerksbau mit anschließendem Hallenblock und Transportbrücke nach einem benachbarten Hallenblock.

¹ 8. Aufl., Oktober 1930, Düsseldorf: Stahl Eisen m. b. H. und Berlin: Julius Springer.

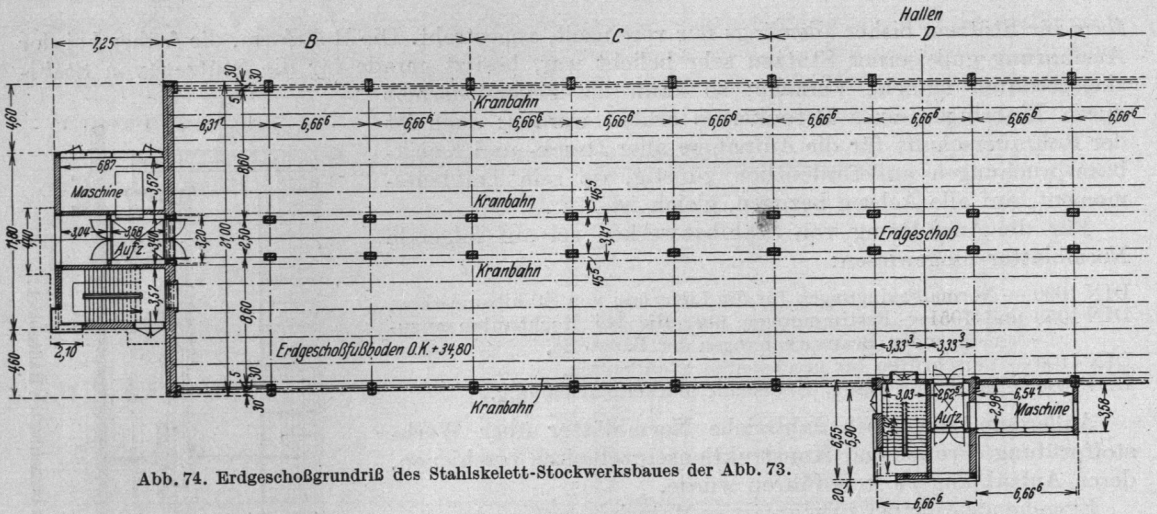


Abb. 74. Erdgeschoßgrundriß des Stahlskelett-Stockwerksbaues der Abb. 73.

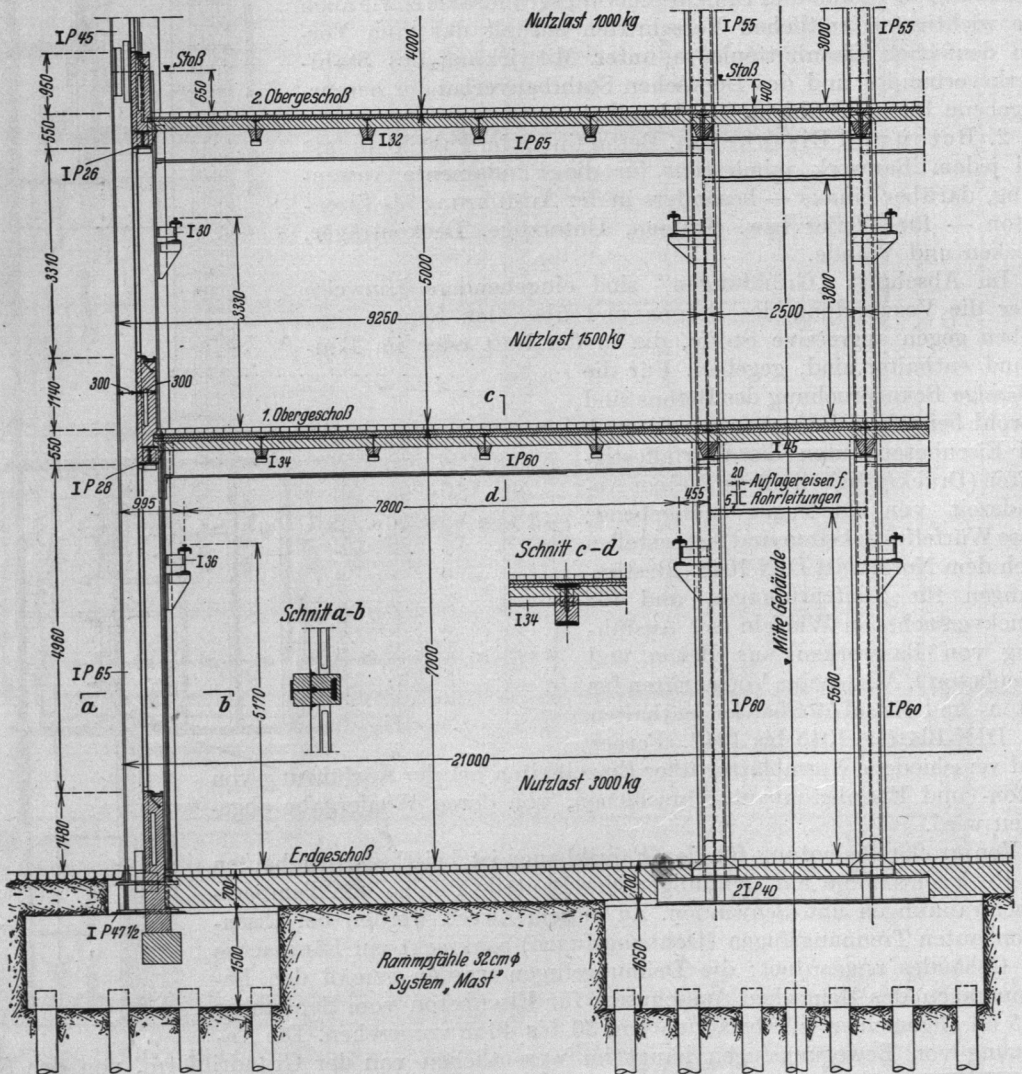


Abb. 75. Konstruktionsquerschnitt des Stahlskelett-Stockwerksbaues nach Abb. 73.

struktion und von dem Aufbau des Tragwerkes aus einem oder mehreren Baustoffen ab. Vor allem ist auch der örtlichen Lage (Sonnen-, Wind- und Wetterseite) des Gebäudes Beachtung zu schenken. Auch bei der Verbindung von alten Bauteilen mit Neubauten, bei der Verbindung von Bauteilen mit verschiedenen Nutzlasten und bei wesentlichen Änderungen des Gebäudequerschnittes sind Bewegungsfugen unerlässlich.

Prof. Dr. Kleinlogel hat für Hochbauten folgende praktischen Regeln für die Anordnung von Bewegungsfugen aufgestellt¹:

a) Bewegungsfugen müssen durch das ganze Gebäude gehen und dürfen auch vor Stützen, Mittel- und Außenmauern nicht halt machen; gegebenenfalls sind die Fugen auch durch die Fundamente hinwegzuführen.

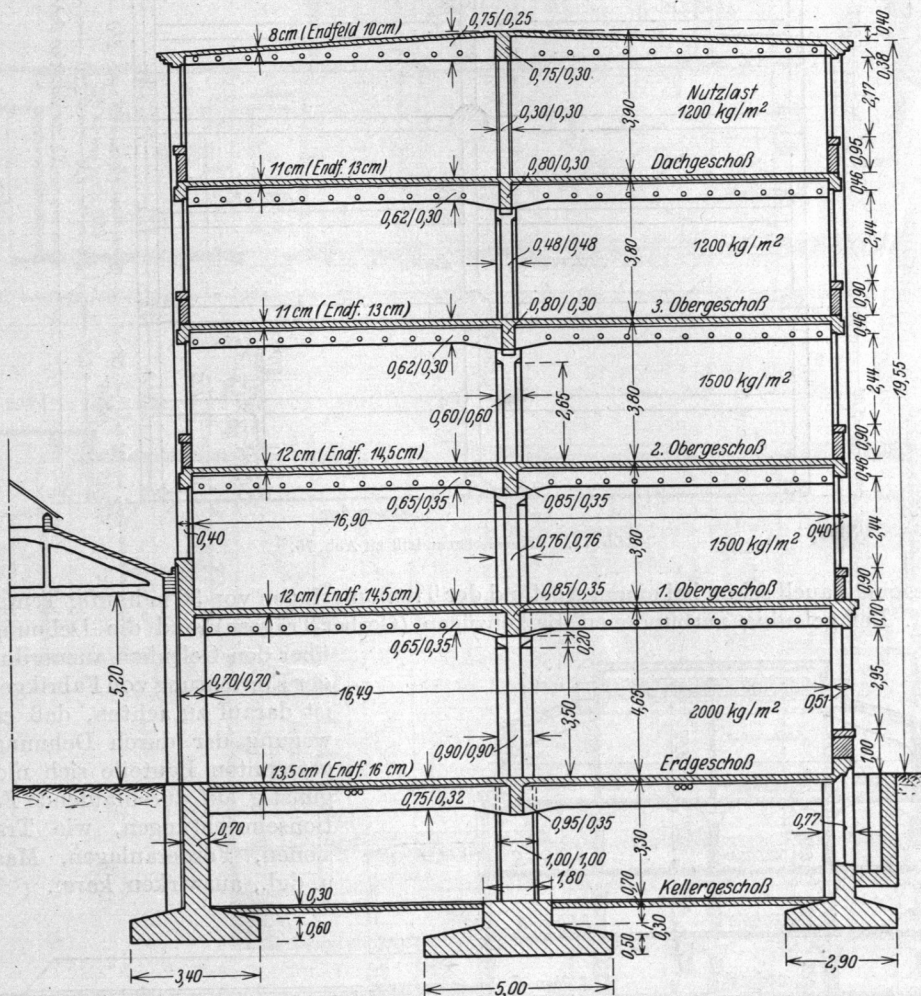


Abb. 76. Querschnitt eines Eisenbeton-Stockwerksbaues.

b) Können die Bewegungsfugen aus besonderen Gründen nur teilweise durchgeführt werden (z. B. bei dünnwandigen Bauteilen), so sind beim Übergang zu nicht unterteilten Baugliedern diese an der Fuge ausreichend zu bewehren, um eine Fortsetzung des Fugenspaltes in Form wilder Risse zu vermeiden.

c) Aus den gleichen Gründen ist der Ausbildung der Fugen im Verputz ebenfalls genügend Sorgfalt zu schenken; der Innenputz und der Außenputz darf nur bis an die Fuge, nicht aber über diese hinweggehen.

d) Bei allen Deckenplatten, besonders aber bei Dachplatten darf an Verteilungseisen nicht gespart werden.

e) Der Abstand von Bewegungsfugen kann im allgemeinen mit 25 bis 35 m (also etwas niedriger als nach den oben angeführten Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton) angenommen werden. Bei Bauteilen, die besonders dem Witterungswechsel ausgesetzt sind, müssen die Abstände unter Umständen auf 10 bis 15 m verringert werden².

¹ Kleinlogel: Bewegungsfugen im Beton- und Eisenbetonbau. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1927.

² In anderen Ländern sind nach Kleinlogel folgende Abstände vorzusehen: Nordamerika 30 bis 60 m, Schweiz 30 m, Österreich 20 m, Tschechoslowakei 30 bis 40 m, Norwegen 30 bis 50 m, Rußland 40 m.

f) Die Bewegungsfugen müssen auch tatsächlich eine Bewegungsmöglichkeit der getrennten Bauteile gewährleisten, worauf bei der Bauausführung besonders zu achten ist.

Eine besondere Beachtung verdienen in diesem Zusammenhang statisch unbestimmte Systeme und Dächer mit besonders geringer Plattenstärke. Bei solchen Dächern treten er-

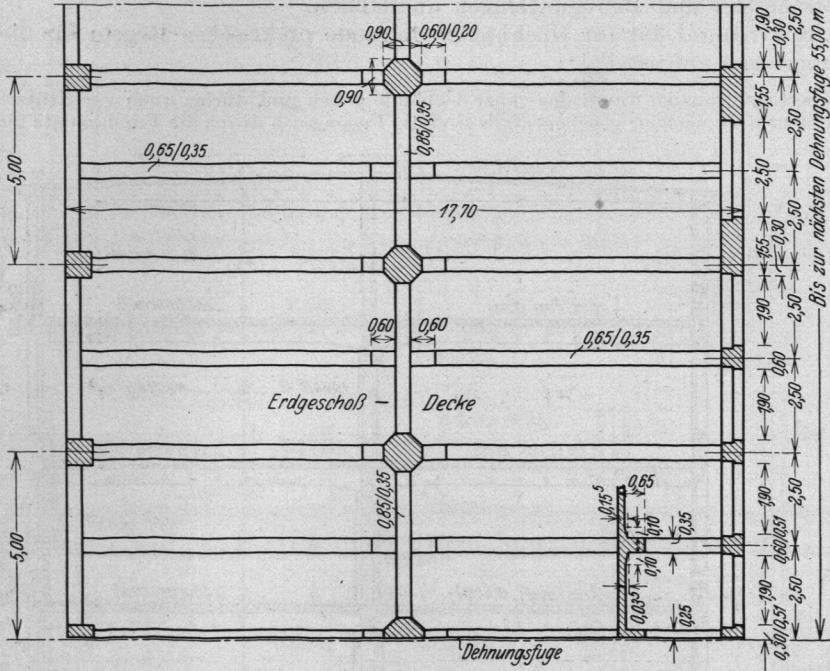


Abb. 77. Erdgeschoßgrundriß zu Abb. 76.

fahrungsgemäß auch schon bei einem Abstand der Trennungsfugen von 30 m häufig Temperaturrisse auf. Bei gelenkig verbundenen Balkenzügen (Gerber-Trägern) sind die Dehnungsfugen über den Gelenken anzuordnen. Bei der Einrichtung von Fabrikgebäuden ist darauf zu achten, daß eine Bewegung der durch Dehnungsfugen getrennten Bauteile sich nicht ungünstig auf durchlaufende Fabrikationseinrichtungen, wie Transmissionen, Förderanlagen, Maschinen u. dgl., auswirken kann.

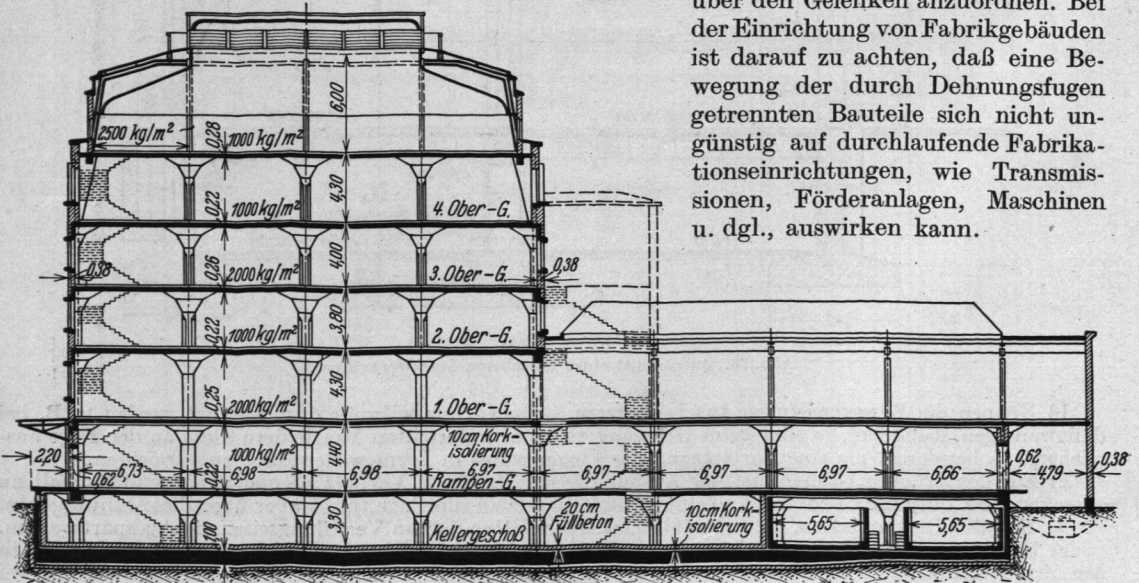


Abb. 78. Lager- und Versandgebäude in Eisenbeton mit Pilldecken für eine Brauerei.

Die Abmessungen der Dehnungsfugen richten sich nach der Längenausdehnung und bewegen sich im allgemeinen zwischen 1 und 2,5 cm. Es kommen aber auch schmalere oder breitere

Fugen vor. Unter „Dacheindeckungen“ sind verschiedene Arten des Dehnungsfugenverschlusses dargestellt.

Bei der Anordnung der Dehnungsfugen ist auch auf den Arbeitsfortgang insofern Rück-

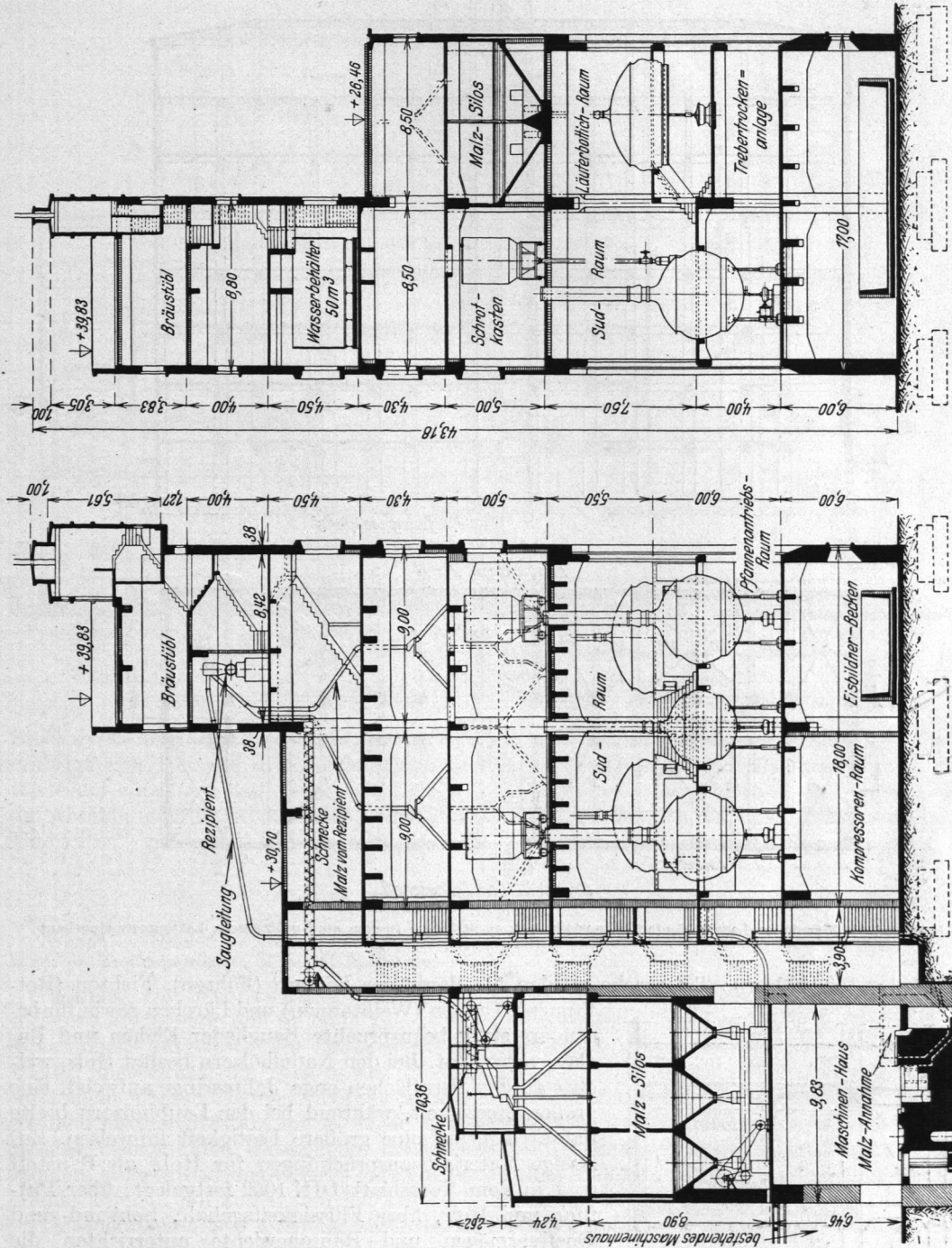


Abb. 79. Sudhochhaus in Eisenbeton für eine Brauerei.

sicht zu nehmen, als die durch die Dehnungsfugen bestimmten Bauabschnitte möglichst einer ununterbrochenen Arbeitsperiode, also etwa einer Tagesleistung der Betonierungsfolge entsprechen sollen. Können die Trennungsfugen nicht mit dem täglichen Arbeitspensum in Ein-

klang gebracht werden, so sind gegebenenfalls noch Arbeitsfugen festzulegen, die im allgemeinen da vorzusehen sind, wo sie in statischer und konstruktiver Hinsicht am wenigsten schaden können.

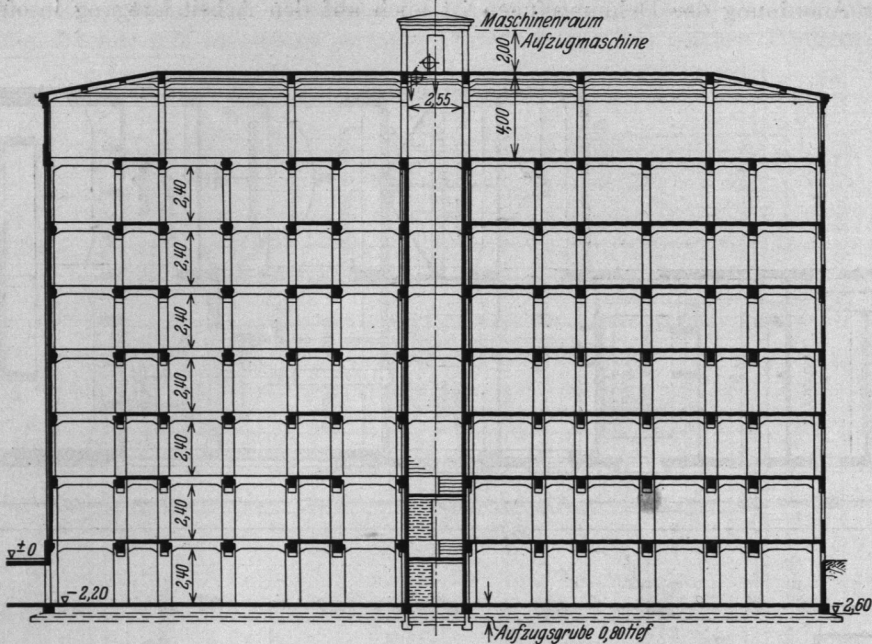


Abb. 80.

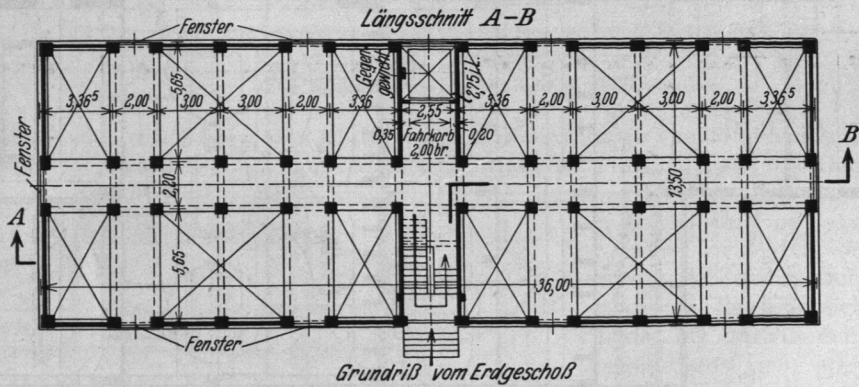


Abb. 81.

Abb. 80 und 81. Eisenbeton-Lagergebäude für Spezialhölzer; an Stelle der Decken sind größtenteils Lattenroste eingebaut (siehe Abb. 82).

3. Holz. Für hölzerne Tragwerke werden als Bauhölzer Kiefern (Föhren), Fichten (Rot-

tannen), Tannen (Weißtannen) und Lärchen sowie für besonders stark beanspruchte Bauglieder Eichen und Buchen verwendet. Bei den Nadelhölzern besitzt Holz, welches an den Hirnflächen enge Jahresringe aufweist, eine größere Festigkeit, während bei den Laubhölzern breite Jahresringe auf eine größere Festigkeit hinweisen. Zulässige Materialbeanspruchungen für Holz als Baustoff sind in dem Normblatt DIN 1052 festgelegt; über Prüfung von Holz, über Flüssigkeitsgehalt, Schwind- und Quellvermögen und Raumgewichte unterrichten die Normblätter DIN (DVM) 2181 bis 2186 und 2190 bis 2192.

Die Bemessung der einzelnen Teile des Tragwerkes ist Sache des Bauingenieurs bzw. der ausführenden

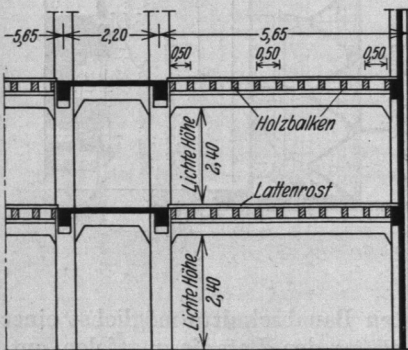


Abb. 82. Konstruktionsquerschnitt zu Abb. 80.

Firma. Es würde zu weit führen, wenn an dieser Stelle hierauf näher eingegangen würde, zumal die Dimensionierung der Tragwerke auch keine spezielle Aufgabe des Fabrikbaus ist. Lediglich durch die zeichnerische Wiedergabe ausgeführter Bauwerke sollen typische Beispiele für die Ausführung von Tragwerken sowohl für Flach- und Hallenbauten als auch für

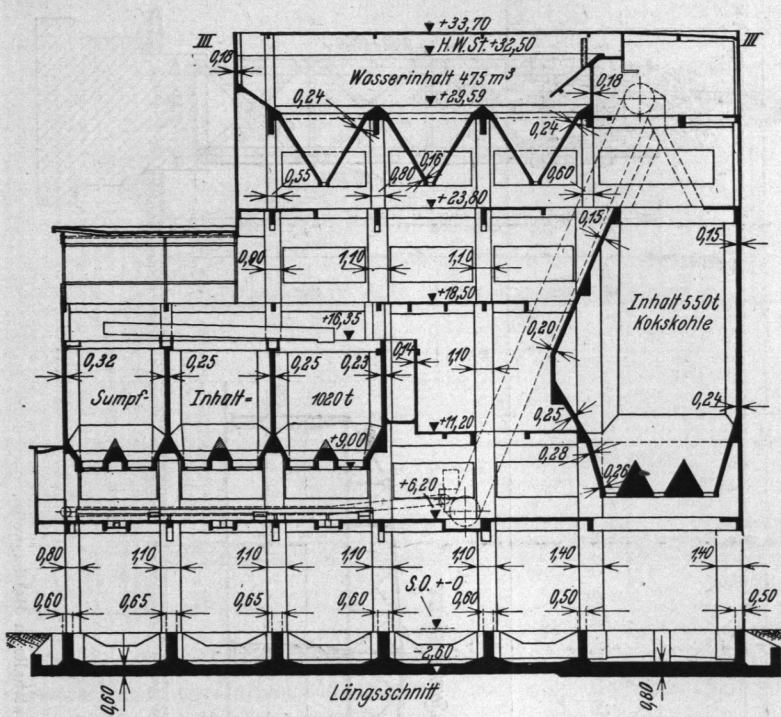


Abb. 83a.

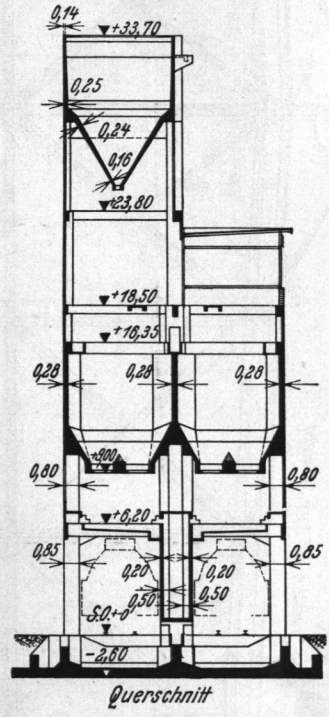


Abb. 83b.

Abb. 83a u. b. Kohlenwäsche in Eisenbetonbauweise.

Stockwerks- und Industriebauten gezeigt werden. Eine Erläuterung dieser Abbildungen im Text erübrigt sich, da aus den Zeichnungen die Hauptabmessungen und die wesentlichen Kennwerte der einzelnen Bauwerke ersichtlich sind. Im Zusammenhang hiermit wird auch noch auf die Abbildungen des Abschnittes „Gründungen“ und auf die des Kapitels „Erweiterungs- und Umbauten“ verwiesen¹.

8. Bauliche Einzelheiten.

Wände. — Decken. — Dacheindeckungen. — Fenster, Oberlichter. Verglasung, Entlüfter. — Türen und Tore. — Treppenanlagen, Bühnen, Laufstege.

Wände. Die Frontwände werden im Fabrikbau aus Gründen der Wirtschaftlichkeit meistens in tragende und füllende Teile, also in Pfeiler oder Stützen und in Zwischenfelder bzw. Brüstungen aufgelöst. Bei Mauerwerks-Geschoßbauten (Trägerbauten) werden gemauerte Pfeiler angeordnet, die ebenso wie die Mittelstützen, Unterzüge und Kappenträger statisch untersucht werden müssen. An Stelle der gemauerten Pfeiler treten bei neuzeitlicher Ausführung vielfach eiserne Stützen, die in enger Verbindung mit der übrigen Tragkonstruktion des Gebäudes, also mit den Unterzügen, Deckenkonstruktionen und hierdurch auch mit den Mittelstützen, stehen. Auf diese Weise entsteht der Stahlskelettbau. Die eisernen Stützen der Frontwände können von außen sichtbar sein, sie können aber auch verkleidet werden. Beide Konstruktionen lassen sich architektonisch wirkungsvoll verwenden. Seitlich und nach dem Rauminnern zu müssen die Stützen gemäß den baupolizeilichen Bestimmungen zum Feuerschutz grundsätzlich mit Mauerwerk oder auf ähnliche Weise umkleidet werden.

¹ Die Abb. 76 bis 79 und 83 wurden durch Vermittlung des Deutschen Beton-Vereins e. V., Oberkassel, zur Verfügung gestellt.