

Stahlskelett- und Eisenbeton-Hochhausbau

Autor(en): **Schaechterle, K.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95/96 (1930)**

Heft 10

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-44049>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Stahlskelett- und Eisenbeton-Hochhausbau. — „Woba“, Schweizer. Wohnungs-Ausstellung in Basel. — Zum Thema Eisenbahn und Automobil. — Nekrologie: Adolf Herzog. — Mitteilungen: Die Lärmscheinungen in Freistrahls-Windkanälen. 1 E2 Dampflokomotive der Canadian Pacific Railway. Projekt für eine Bahn auf den Piz Bernina. Internationale Ausstellung über Vermessungs- und

Meliorationswesen in Zürich. — Wettbewerbe: Gewerkschaftshaus am Helvetiaplatz in Zürich 4. — Mitteilungen der Vereine: Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. Technischer Verein Winterthur. Aufruf zur S. I. A.-Generalversammlung St. Gallen. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 96

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 10

Stahlskelett- und Eisenbeton-Hochhausbau.

Von Oberbaurat Dr. Ing. K. SCHAECHTERLE, Stuttgart.

Der Skelettbau, auch Traggerüst- oder Gerippebau genannt, ist nicht neu. Er ist zuerst im Holzbau angewandt und im alemannischen „Pfosten“- oder „Stock“-werkbau zu hoher Blüte entwickelt worden. Ein charakteristisches Beispiel alemannischer Holzbaukunst ist das alte Rathaus in Esslingen (Abb. 1), dessen rahmenartiges Tragwerk aus Pfosten, Schwellen, Pfitzen, Streben, Längs- und Querverspannungen, Unterzügen und Deckenbalken ganz neuzeitlich anmutet und den Konstruktions-Grundsätzen des Stahlskelettbauwerks nahe kommt. Besonders bemerkenswert dabei ist die Ausführung der Verbindungen mit Zapfen, Verblattungen, Verkämmungen, Verzahnungen und Eichennägeln ohne jedes Eisen. Wir haben hier ein typisches Pfostenwerk vor uns: Die Pfosten der durch das ganze Haus durchgehenden Bünde, wie beim natürlich gewachsenen Bau sich nach oben verjüngend; im Erdgeschoss ein Astwerk von Streben, durch Spannriegel verbunden, die Bundpfosten über die Wandflächen nach innen vortretend und zur Aufnahme des Flechtgewindes der „Wand“ genutet. Was dem Holzbau äusserlich sein besonderes Gepräge gibt, sind die von den Pfosten ausgehenden, an den Schwellen und Pfitzen durch keilartige Endungen — „Weihenschwänze“ — angeblatteten und mit Holznägeln befestigten Schwerter. Alles was zwischen den stützenden, tragenden und verspannenden Hölzern liegt, ist Füllwerk. — Den gleichen ursprünglichen Bagedanken finden wir auch in der Steinbaukunst der Gotik wieder, wo alles, was zwischen den Strebebögen, Strebebögen und Kreuzrippen liegt, Füllmauer ist.

Bei den neuzeitlichen Hochhausbauten besteht das tragende Gerippe aus Stahl oder Eisenbeton. Mit Stahlgewerkschaften und Eisenbetonkonstruktionen können die bei mehrgeschossigen Bauten auftretenden Schwierigkeiten — grosse Spannweiten der Decken und hohe Nutzlasten — spielend überwunden werden. Die Holzkonstruktionen der alten Zimmermeister wurden bald weit übertroffen.

Der Stahlskelettbau ist in Amerika aufgekommen und hat dort bereits um 1890 eine hohe Stufe technischer Vollkommenheit erreicht. Der Eisenbetonbau ist um die Jahrhundertwende von Frankreich ausgegangen. Durch die Bewehrung des Beton mit Eisen und die damit erreichte hohe Widerstandsfähigkeit der Verbundkörper gegen Biegung wurde die Massivbauweise ausserordentlich gefördert. Im Verbundkörper werden die Eigenschaften der beiden Baustoffe Eisen und Beton in glücklicher Weise ausgenutzt: das Eisen mit seiner Zugfestigkeit, der Beton mit seiner Druckfestigkeit. Dabei wird jedes von den beiden Bauelementen im Bauwerk an den Stellen verwendet, wo seine besonderen Vorzüge sich voll auswirken und genau in

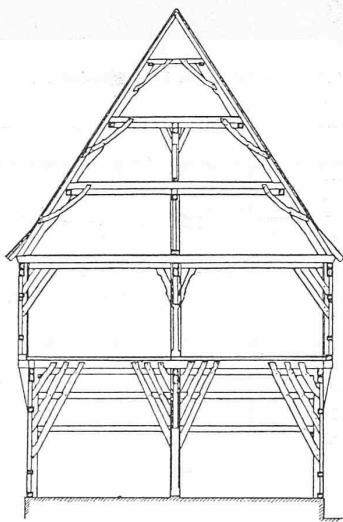


Abb. 1. Altes Rathaus in Esslingen. Erbaut um 1430. — Alemannisches „Pfosten“- oder „Stock“-werk, im Gegensatz zum fränkischen „Fach“-werk.

den Abmessungen, die den dort angreifenden Kräften entsprechen; ausserdem schützt der Beton das eingebettete Eisen vor Rost. Kein Wunder, dass die Eisenbetonbauweise sich in stürmischer Entwicklung immer neue Anwendungsgebiete eroberte und bei uns eine Zeit lang auch den Hochhausbau beherrschte. Der Stahlskelettbau nach amerikanischem Vorbild fand in Deutschland erst in der Nachkriegszeit rasch zunehmende Verbreitung.

Im Industrie- und Geschäftshausbau ringt heute der Stahlskelettbau mit dem Eisenbeton um die Vorherrschaft. Auch der Wohnungsbau ist von dem Ansturm der neuen Bauweise erfasst; der Wettbewerb hat bereits scharfe Formen angenommen. Die Grenzen der wirtschaftlichen Verwendung der beiden Bauweisen haben sich verschoben. Zur Zeit sind Bestrebungen im Gange, die Vorteile der beiden Bauweisen zu verbinden, unter Einbetonierung der Stahlskelette den Beton zur Aufnahme der Lasten mit heranzuziehen. In Hinsicht auf Sicherheit dürfen — gute Ausführung vorausgesetzt — Stahlskelett- und Eisenbetonhochbauten als gleichwertig angesehen werden.

Der Stahlbau ist ausgezeichnet durch hohe Festigkeit und gleichmässige Güte des verwendeten Werkstoffs, genaue Werkstattdarbeit und einfache Montage; die Tragfähigkeit der Eisenbetonkonstruktionen ist abhängig von der Güte des Beton, dessen Festigkeit je nach Reinheit und Körnung der Zuschlagstoffe, Wassergehalt und Verarbeitung in weiten Grenzen schwankt. Mehr als bei Stahlbauten ist die Ausführung der Eisenbetonbauten von örtlichen Bedingungen und Zufälligkeiten, von Witterungseinflüssen, von der Sachkenntnis des Bauleiters, der Vertrauenswürdigkeit des Unternehmers, von der Gewissenhaftigkeit und Zuverlässigkeit der Poliere und Arbeiter abhängig. Bauunfälle und sonstige Fehlschläge im Eisenbetonbau sind in der überwiegenden Mehrzahl auf mangelhaften Beton zurückzuführen. Abgesehen von Fällen grober Fahrlässigkeit, wo zur Herstellung des Beton zu wenig Zement oder durch unsachgemässe Lagerung unbrauchbar gewordener Zement verwendet worden ist, rühren ungenügende Festigkeitsergebnisse des Beton von der Verwendung von verunreinigten oder unbeständigen Zuschlagstoffen, sowie von ungeeigneten oder ungleichmässigen Mischungen, ungünstigen Kornzusammensetzungen oder zu nasser Verarbeitung her. Die Baukontroll-Leitsätze des Deutschen Beton-Vereins haben wesentlich dazu beigetragen, die Voraussetzungen für eine gute Bauausführung zu sichern und zu erweitern. Weiterhin sind erfolgreiche Bestrebungen zur Vergütung natürlicher Kiessande in Kiesaufbereitungsanlagen und getrennte Anlieferung in bestimmten Körnungen im Gange. Mit der Auswertung wissenschaftlicher Forschungsarbeiten (Prof. O. Graf, der Aufbau des Mörtels im Beton) sind ausgezeichnete Ergebnisse erzielt worden.

Die statische Berechnung ist bei Stahlbauten einfach und klar, bei Eisenbetonbauwerken etwas umständlicher und schwieriger (Rahmenberechnung, Schubssicherung). Bei der Eisenbetonbauweise wird die geforderte Tragfähigkeit und Standsicherheit mit einem Mindestaufwand an Eisen erreicht. Die Rundeisenbewehrung einer Platte, eines Plattenbalkens oder einer Stütze ist der Profilstabbelegung technisch und wirtschaftlich überlegen. Demgegenüber stehen als Nachteile grössere Konstruktionshöhen, dickere Querschnitte und höhere Gewichte.

Im Hochhausbau wird vor allem der grössere Raumbedarf der Eisenbetonstützen in den unteren Geschossen bemängelt. Für gleiche Grundrissflächen ist der nutzbare Raum in den Untergeschossen bei Stahlskelettbauten im allgemeinen grösser als bei Eisenbetonbauten. Die bessere

ZOLLAMTGEBÄUDE MIT LAGERHAUS
DER REICHSSBAHN-DIREKTION STUTTGART.

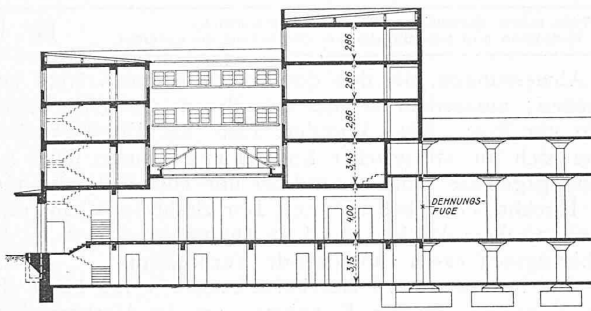


Abb. 4. Längsschnitt. — Masstab 1 : 500.

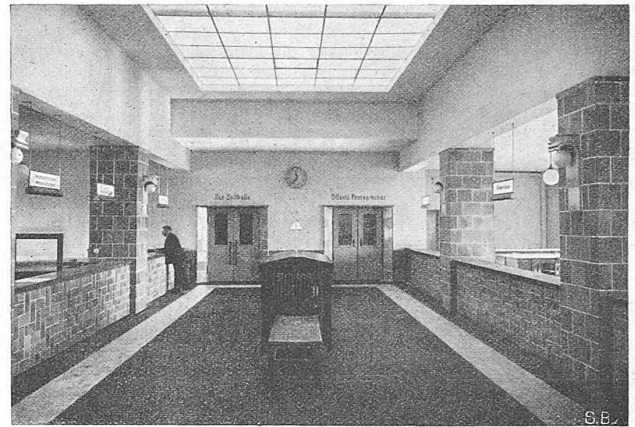


Abb. 5. Schalterhalle im Erdgeschoss.

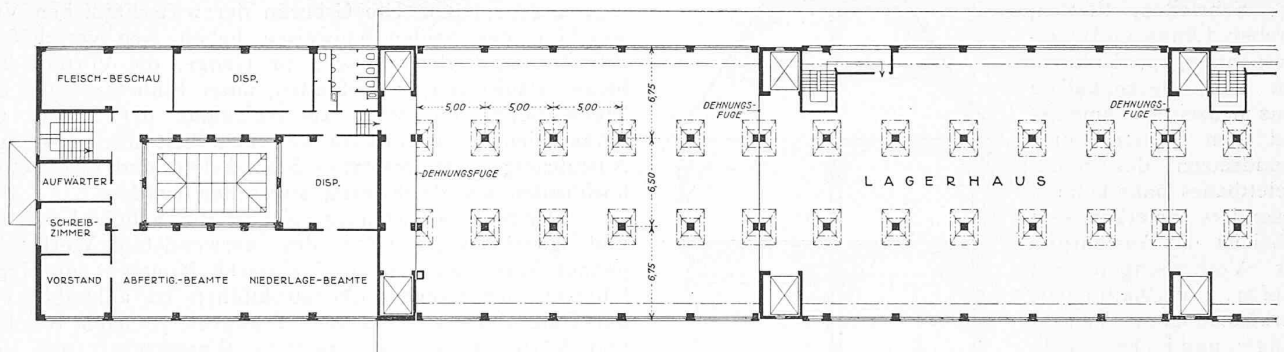


Abb. 3. Grundriss des ersten Stocks, links Bureaugebäude, rechts Lagerhaus. — Masstab 1 : 500.

Ausnützbarkeit der wertvollen Untergeschossräume ist für die Wahl der Bauweise oft ausschlaggebend. Bei den amerikanischen Hochhäusern geht die einbetonierte Stahlsäule durch mehrere Stockwerke in den gleichen Aussenabmessungen durch, unter Abnahme des Eisenquerschnitts von unten nach oben. Die Erzielung kleinster Säulenabmessungen in den Untergeschossen ist aber auch im Eisenbeton durch Verwendung umschnürter Säulen möglich, die jedoch teurer als gewöhnliche Eisenbetonstützen und für stark exzentrische Kraftangriffe weniger geeignet sind.

Der Stahlskelettbau ermöglicht in einfacher Weise die Ausführung von weitgespannten Decken mit ebener Unterfläche und deckengleichem Lichteinfall; diese Vorteile werden von modernen Architekten sehr geschätzt. Bei weitgespannten Decken in Eisenbeton treten häufig die Unterzüge und Rippen über die Deckenunterfläche vor. Wo dies aus architektonischen Gründen vermieden werden soll, muss die Druckzone der Deckenträger und der Unterzüge bewehrt, oder es muss zu Breitflanschträgern gegriffen werden.

Bezüglich der Feuersicherheit sind Stahlskelettbauten mit Eisenbetonbauten gleichwertig, wenn das Stahlgerüst ausreichend mit festem und dichtem Beton ummantelt wird. Die von verschiedenen Baupolizeibehörden vorgeschriebene Mindestdeckung der Eisen mit 3 cm Beton ist für grosse Profile nach den amerikanischen Erfahrungen nicht ausreichend. Neuerdings wird eine Ummantelung der Stahlstützen bis 8 cm Dicke und eine Umkleidung der Trägerunterflanschen bis 4 cm gefordert. Die Forderung so dicker Umhüllungen wird zwangsläufig dazu führen, den Beton zum Mittragen heranzuziehen und zwar in der Weise, dass das Stahlgerüst die Eigenlast, die Verbundkonstruktion (Stahl + Beton) Eigengewicht und Nutzlast aufzunehmen hat; die damit erreichbare Verringerung des Eigengewichts kann 10 bis 20 % betragen. Ehe man auf diesem Gebiete der Heranziehung des Beton zum Mittragen weitergeht, sind durch Versuche noch zwei Hauptfragen zu klären:

1. Wie verhält sich die ummantelte Stahlstütze (ohne Rundeisenbewehrung oder Umschnürung) gegen Knicken und exzentrische Belastung?

2. Wie weit darf bei Verbund-I-Trägerdecken die Decke als mittragend angesehen werden?

Grosse, insbesondere langgestreckte Gebäude in Eisenbeton sind mit Rücksicht auf Temperaturschwankungen und Schwinden durch Dehnungsfugen in Teilabschnitte zu zerlegen, um Risse zu verhindern; beim Stahlskelettbau wird diese Trennung nicht für notwendig erachtet.

Zur Aufnahme der Windkräfte ist bei Hochhausbauten eine steife, biegungsfeste Verbindung der Stützen mit den Unterstützen und Hauptträgern anzustreben (Knotenpunkte mit Knotenblechen bei Stahl, Vouten bei Eisenbeton). Bei Stockwerkbauten von über zehn Geschossen ist das zusammenhängende, steife Stahlgerüst dem Eisenbeton überlegen. Die Vouten an den Unterzügen und Hauptdeckenträgern sind oft unerwünscht.

Das geringere Gewicht der Stahlskelett- gegenüber der Eisenbetonausführung ist von Vorteil bei schlechtem Baugrund und teurer Gründung. Durch Verwendung von Leichtbaustoffen, z. B. Bimsbeton, zur Ummantelung der Stützen und Unterzügen und zur Herstellung der zwischen die Balkenträger gespannten Hohlkörperdecken lassen sich nicht unerhebliche Ersparnisse an Gewicht und damit an Gründungskosten bei Pfahl- oder Plattengründung erzielen.

Die baulichen Massnahmen zur Schalldämpfung und Wärmehaltung sind bei beiden Bauweisen die gleichen. Volldecken, d. h. gewöhnliche Platten- und Plattenbalkendecken, Piltdecken, Stich- oder Kappengewölbe, Voutendecken sind wegen der Hellhörigkeit in Büro-, Kaufhäusern und Wohnräumen nicht beliebt; man bevorzugt für diese Zwecke Hohlkörperdecken mit ebenen Unterflächen.

Der Einbau von Leitungen für Wasser, Gas, Elektrizität, Heizung, Lüftung, Fernsprecher, Abwasser usw. erfordert in beiden Fällen besondere Massnahmen, um nachträgliche Durchbrüche und sonstige Schwierigkeiten zu

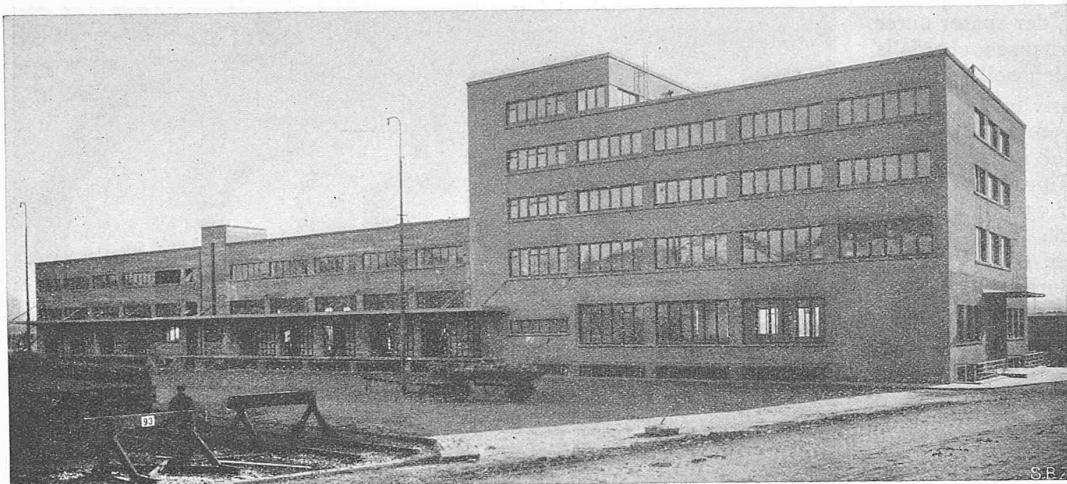


Abb. 2. Ansicht des Hauptgebäudes mit Lagerhaus der Reichsbahndirektion Stuttgart im ersten Teilausbau.

vermeiden. In beiden Fällen ist die Aufstellung genauer Leitungspläne vor der Inangriffnahme des Baues unerlässlich. Bei den Stahlskelettbauten werden neuerdings die Leitungen zum grössten Teil vor der Einbetonierung des Stahlgerüsts verlegt. Durch Anordnung von geräumigen Leitungsschächten, in denen die Leitungen zusammengefasst nach oben geführt werden, durch horizontal verlaufende Aussparungen entlang von Korridoren und durchlaufenden Wänden, sowie durch Ausnutzung der Hohlräume in den Decken lassen sich die Einbauschwierigkeiten auch nach Fertigstellung des Rohbaues vermindern. Diese Massnahmen ergeben neben dem Vorteil, dass die Leitungen äusserlich nicht sichtbar bleiben, noch die weiteren Vorteile, dass die Leitungen leicht zugänglich sind und spätere Instandsetzungen, Ergänzungen und Aenderungen ohne Schwierigkeit ausgeführt werden können.

Nachträgliche Aenderungen und Verstärkungen sind sowohl im Stahlskelett- als auch im Eisenbetonbau möglich, aber schwierig und teuer. Da bei Geschäftshäusern und Fabriken Umstellungen im Betrieb häufig vorkommen und nicht zu vermeiden sind, ist auf die Auswechslungsmöglichkeit von Zwischen-(Einbau-)wänden und Decken, auf Aufstockungen, Aufzüge und sonstige Fördereinrichtungen schon bei der Aufstellung des Entwurfs tunlichst Rücksicht zu nehmen; tragende Zwischenwände sind zu vermeiden. Zur Aufnahme von Transmissionen und sonstigen maschinellen Einrichtungen empfiehlt es sich, Führungsschienen oder Befestigungsdübel an Stützen, Deckenbalken, Unterzügen und Pilzdecken in genügender Zahl vorzusehen, um in der Aufstellung und im Versetzen von Maschinen möglichst wenig behindert zu sein.

Die Vorbereitung des Baues von langer Hand und die konstruktive Durcharbeitung des Entwurfs bis in alle Einzelheiten unter Berücksichtigung von möglichen Umstellungen und Veränderungen macht sich bei der Bauausführung und später im Betrieb bezahlt. Diese vorbereitende Arbeit ist umso notwendiger, je kürzer die zur Verfügung stehende Bauzeit ist. Jede Aenderung während der Bauausführung bringt Verzögerungen und Mehraufwendungen. Bei planmässiger Vorbereitung schreitet auf der Baustelle der Stahlskelettbau rascher vorwärts als der Eisenbetonbau. Die umfangreichere Baustellenarbeit beim Eisenbetonbau wird allerdings durch die für die Werkstattbearbeitung erforderliche Zeit beim Stahlskelettbau meist ausgeglichen. Während beim Eisenbeton die Bauarbeit auf dem Bauplatz konzentriert ist und Aenderungen in Einzelheiten während des Baufortschritts noch möglich sind, liegt der Schwerpunkt des Stahlskelettbau in der Werkstatt. Die Montagestösse in den Stützen und die Anschlüsse der Unterzüge und Deckenbalken sind dabei so zu gestalten, dass ein einfacher Zusammenbau auf der Baustelle gewährleistet wird. — In der Baustellen-Organisation ist Amerika vorbildlich, aber auch

bei uns sind bezüglich der Schnelligkeit des Bauens in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte zu verzeichnen. Von Amerika her haben Klettergerüst und Gleitschalung Eingang und Verbreitung gefunden. Dabei werden die Wandschalungen aus versteiften Schalttafeln von handlichen Abmessungen zusammengesetzt und abschnittsweise mit Hilfe von Kletterern (Spindeln) nach dem Einbringen und Erhärten des Betons aufwärtsbewegt, wobei die Arbeits-

böden zwangsläufig mitgenommen werden. Für die Decken werden freigestützte oder frei aufgehängte Schalungen verwendet, die in der Höhe einstellbar sind. Der Vorteil dieser Systeme liegt in der Einfachheit und Handlichkeit der Konstruktionselemente, der Anpassungsfähigkeit und der Ersparnis an teurer Handarbeit begründet. Der Stahlskelettbau bietet den Vorteil, dass in allen Stockwerken gleichzeitig mit dem Betonieren begonnen werden kann und Zwischenabstützungen für die Deckenbetonierung wegfallen. Im Eisenbetonbau ist der Baufortschritt durch Verwendung von frühfestem Zement, durch die Einführung der Giess- und Pumpfördervorgängen beschleunigt worden.

Aus alledem ist zu ersehen, dass es nicht angeht, allgemein von der technischen und wirtschaftlichen Überlegenheit der einen oder anderen Bauweise zu sprechen. In jedem Einzelfall müssen die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen und Kostenvergleich-Berechnungen angestellt werden. Nur bei Hochbauten von über zehn Geschossen dürfte im allgemeinen der Stahlskelettbau dem Eisenbetonbau technisch und wirtschaftlich überlegen sein.

In Stuttgart sind in den letzten Jahren mehrere bemerkenswerte Hochhausbauten ausgeführt worden, darunter der Hindenburgbau gegenüber dem Hauptbahnhof, das Kaufhaus Schocken, der Erweiterungsbau Breuninger und das Verwaltungsgebäude des Girokassenverbandes in Stahlskelettbau, der Mittnachtbau, das Oberpostdirektionsgebäude und das Zollamtgebäude in Eisenbeton.

Ueber das von der Reichsbahndirektion Stuttgart ausgeführte Zollamtgebäude sollen im folgenden noch einige Angaben gemacht werden. Das ausschliesslich dem Eisenbahnzollverkehr dienende Gebäude (Abb. 2 und 3) besteht aus einem fünfstöckigen Kopfbau (Bureaugebäude) und einem langgestreckten, vorläufig drei-, im Vollausbau fünfstöckigen Lagerhaus mit Zollhalle.

Das Bureaugebäude, 20 m breit, 28 m lang und 18 m hoch, enthält im Untergeschoss vermietbare Lagerräume, in die man über eine Rampe mit Kraftwagen hineinfahren kann. Im Erdgeschoss befindet sich die glasüberdachte Schalterhalle (Abb. 4 und 5), verschiedene Dienst- und Nebenräume für die Zollabfertigungsbeamten und ein Laboratorium. Im ersten Obergeschoss sind die Spediteure und die Ausland-Fleischbeschau untergebracht, in den weiteren Obergeschossen Dienststellen der Eisenbahnverwaltung.

Das im ersten Teilausbau 55 m lange, 20 m breite und 10 m hohe Lagerhaus enthält im Untergeschoss vermietbare Lagerräume, im Erdgeschoss die 1000 m² grosse Zollhalle mit einem 20 m langen und 6 m breiten Abfertigungsraum, sowie überdachten Rampen an der Geleise- und Ladestrassenseite; im ersten Stock befinden sich wieder Lagerräume. Zu den Lagerräumen in den verschiedenen Stockwerken werden die Güter mit Aufzügen befördert. An das Lagerhaus schliesst sich ein 120 m langer, 20 m

breiter, gewölbter, durch die Rampe zugänglicher Lagerkeller an, der später unter Verlängerung des Lagerhauses ebenfalls fünfstöckig überbaut werden soll.

Der ganze Bau ist massiv in Eisenbeton ausgeführt und durch Trennungsfugen in Abschnitte von 25 bzw. 28 m geteilt. Das Bureaugebäude besitzt Rippenhohldecken mit ebener Unterfläche für 250 kg/m² Nutzlast (Abb. 4), das Lagerhaus Pilzdecken für 1000 kg/m² Nutzlast (Abb. 6 bis 8). Die Betonaussenwände der Bureauräume sind mit Bimsbetondielen gegen Wärmedurchgang und Feuchtigkeit isoliert. Die Aussenwände der Lagerräume im Untergeschoss wurden zur Trockenhaltung mit Bitumenanstrich versehen. Die Betonaussensichtflächen des Gebäudes sind beim Lagerhaus schalungsrauh gelassen, beim Bureauhaus steinmetzmässig bearbeitet worden. Diese Ausführungsweise ist erheblich billiger als Werkstein-, Platten- oder Klinkerverkleidung oder Verblendung.

Für das normale Lagerhausfeld von 5 m Länge, 20 m Breite mit drei Decken von je 1000 kg/m² Nutzlast, unter Berücksichtigung der Aufstockungsmöglichkeit von zwei weiteren Stockwerken beim Vollausbau, sind Kostenvergleiche zwischen Stahlskelett- und Eisenbetonausführung angestellt und für beide Ausführungsarten bindende Angebote von leistungsfähigen Firmen eingeholt worden. Mit den Angebotpreisen der bauausführenden Unternehmer Wayss und Freytag A.-G. für die Betonarbeiten und der Maschinenfabrik Esslingen für das Stahlgerüst, sowie mit den Beschaffungskosten für die bahnsseitig gelieferten Betonierstoffe sind die reinen Baukosten für ein Normalfeld wie folgt ermittelt worden:

Preise der Baustoffe frei Baustelle, einschl. Frachten im Jahre 1929.

Sand 0 bis 7 mm	8,40	M/m ³
Feinkies 7 bis 12 mm	9,40	"
Kies 12 bis 25 mm	8,40	"
Hochwertiger Portland-Zement	59,10	M/t
Materialkosten für 1 m ³ fertigen Beton 1:4	31,20	M
bei Verwend. von gewöhnl. P.-Z. zu 47,10 M/t	26,06	"

A) Baukosten für Stahlskelett, mit St 37.

1. Stahlgerippe, bestehend aus Stützen mit Fussausbildung und Verankerung, Unterzügen und Deckenträgern, Konstruktionshöhe der Decke 23 cm, fertig aufgestellt 30 t zu 265 M, insgesamt 7950 M

2. Eisenbetonkappen, 12 cm stark, in die Trägerflanschen gestelzt, Mischungsverhältnis des Beton 1:4 (350 kg gewöhnl. P.-Z./m³ Beton), Trägerflanschen mit Rabitz ummantelt, einschl. der Fensterstürze: 316,5 m² zu 6,00 M 1900 M
Ptd.-Z. u. Zuschl. für 40,4 m³ Beton zu 26,06 M 1053 M

3. Umhüllung der Stützen mit Beton, Mischungsverhältnis 1:6 und Verkleidung der Aussenflanschen mit Rabitzgewebe

74,0 m² zu 6,00 M 445 M
Ptd.-Z. u. Zuschl. für 6,6 m³ Beton zu 18,36 M 121 M

4. Konsolträger für das Vordach, ummantelt 10 m zu 26,50 M 265 M
Ptd.-Z. u. Zuschl. für 2,7 m³ Beton zu 26,06 M 68 M

5. Zuschläge für Fensterbänke 20 m zu 3,50 M 70 M

6. Brüstungen und Wandfüllungen in Beton, Mischungsverhältnis 1:8, unbewehrt, samt Fensteranschlagen 8,9 m³ zu 37,50 M 334 M
Ptd.-Z. u. Zuschl. für 8,9 m³ Beton zu 18,36 M 164 M

7. Einbetonierung der Stützenfüsse in Beton 1:8, 1,6 m³ zu 23,00 M 48 M
Ptd.-Z. u. Zuschl. für 1,6 m³ Beton zu 18,36 M 29 M

Zusammen: 12 447 M

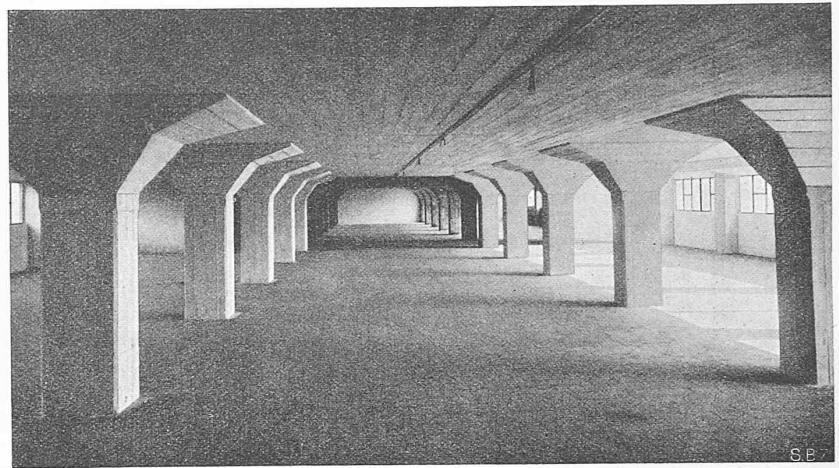


Abb. 7. Erster Stock des Lagerhauses.

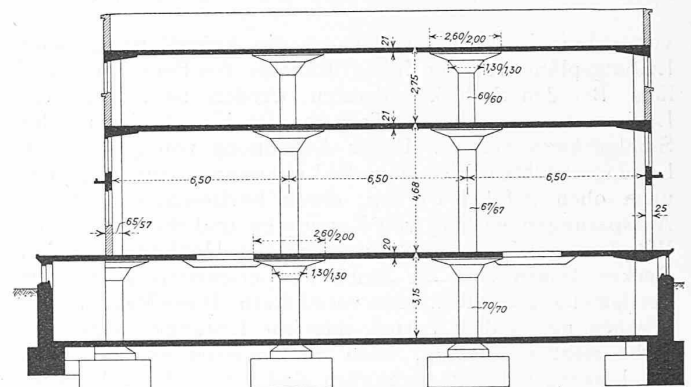


Abb. 6. Querschnitt durch das Lagerhaus. — Masstab 1 : 250.

B) Baukosten für Eisenbeton.

Beton im Mischungsverhältnis 1:4 (350 kg hochwertiger Portland-Zement/m³ Beton), Rundeisen St 37. Zulässige Beanspruchungen Beton 60 kg/cm², Eisen 1200 kg/cm².

1. Stützen

Untergeschoss	13,60 m'	zu 33,40 M =	455 M
Erdgeschoss	18,72 m'	zu 31,50 M =	590 M
I. Obergeschoss	11,00 m'	zu 28,50 M =	314 M
Zement u. Zuschl. für	14,85 m ³ Beton	zu 31,00 M =	460 M

2. Pilzdecken, 21 cm dick

Untergeschoss	116,5 m ²	zu 14,60 M =	1700 M
Erdgeschoss	100,0 m ²	zu 15,60 M =	1560 M
I. Obergeschoss	100,0 m ²	zu 15,60 M =	1560 M
Zement u. Zuschl. für	81,75 m ³ Beton	zu 31,00 M =	2534 M

3. Konsolträger für das Vordach

	10,0 m'	zu 26,50 M =	265 M
Zement u. Zuschl. für	1,60 m ³ Beton	zu 31,00 M =	81 M

4. Zuschl. für Fensterbänke 20,0 m' zu 3,50 M =

			70 M
--	--	--	------

5. Brüstungen und Wandfüllungen, Beton 1:8, unbewehrt samt Fensteranschl. 8,20 m³ zu 37,50 M =

			310 M
Zement u. Zuschl. für	8,20 m ³ Beton	zu 31,00 M =	254 M

6. Stützenfüsse 5,05 m³ zu 40,00 M =

			202 M
Zement u. Zuschl. für	5,05 m ³	zu 31,00 M =	157 M

Zusammen: 10 512 M

Der Baukostenunterschied zwischen Stahlskelett- und Eisenbetonbau ergibt sich zu 12 447 — 10 512 = 1 935 M zu gunsten der Eisenbetonausführung; reine Kostenersparnis rd. 16 %.

Die nutzbaren Grundflächen betragen beim

	Stahlskelettbau	Eisenbetonbau
im Untergeschoss	109,84 m ²	108,51 m ²
„ Erdgeschoss	97,05 „	96,14 „
„ I. Obergeschoss	97,05 „	96,32 „
	303,94 m ²	300,97 m ²

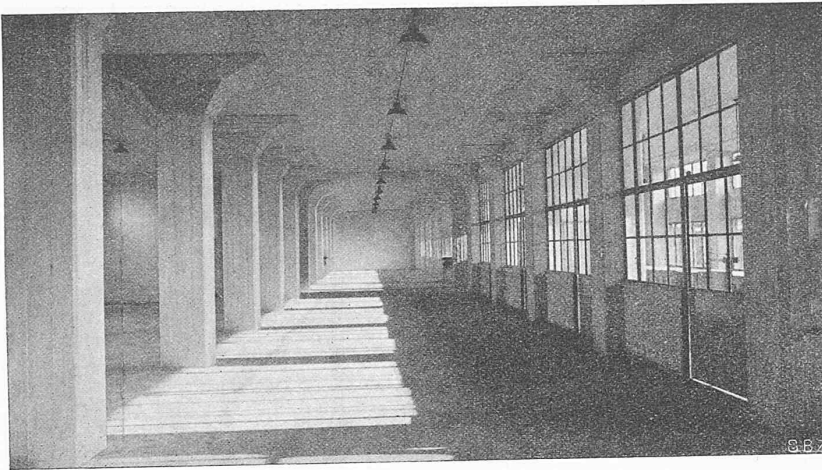


Abb. 8. Erdgeschoss des Lagerhauses.

Der Gewinn an nutzbarer Lagerfläche beträgt somit $303,94 - 300,97 = 2,97 \text{ m}^2$ zu Gunsten des Stahlskelettbaues oder rd. 1%.

Auf 1 m^2 nutzbare Lagerfläche umgerechnet, ergeben sich die Baukosten beim

Stahlskelettbau	Eisenbetonbau
$12447 : 303,94 = 40,91 \text{ M}$	$10512 : 300,97 = 34,92 \text{ M}$

Der Kostenunterschied beträgt $40,91 - 34,92 = \text{rd. } 6 \text{ M/m}^2$ Nutzfläche zu gunsten des Eisenbeton, die Kostenersparnis nahezu 15%.

Rechnet man mit einem Gewicht von $2,4 \text{ t/m}^3$ für Eisenbeton, von $2,2 \text{ t/m}^3$ für Beton und von $0,4 \text{ t/m}^2$ für das Behelfsdach, so ergibt sich folgender

Gewichtvergleich:

Stahlskelettbau	Eisenbetonbau
Eigengewicht: Stahlgerüst 30 t	Eisenbeton $104,25 \text{ m}^3 \cdot 250 \text{ t}$
Eisenbeton $43,10 \text{ m}^3 \cdot 103,5 \text{ t}$	Stampfbeton $8,2 \text{ m}^3 \cdot 19,7 \text{ t}$
Beton $17,10 \text{ m}^3 \cdot 37,5 \text{ t}$	Behelfsdach $97,5 \text{ m}^2 \cdot 39,0 \text{ t}$
Behelfsdach $97,5 \text{ m}^2 \cdot 39,0 \text{ t}$	
	<u>308,7 t</u>
Nutzlasten	
2 Decken $(110,5 + 97,5 \text{ m}^2) \cdot 208 \text{ t}$	2 Decken $(208 \text{ m}^2) \cdot 208 \text{ t}$
Dach $97,5 \text{ m}^2 \cdot 9,75 \text{ t}$	Dach $97,5 \text{ m}^2 \cdot 9,75 \text{ t}$
	<u>217,75 t</u>
Gesamtlast f. d. Teilausbau $427,8 \text{ t}$	<u>526,5 t</u>

Der Unterschied in der Gesamtlast beträgt $526,5 - 427,8 = 98,7 \text{ t}$ zu gunsten des Stahlskelettbaues, die Gewichtersparnis rd. 19%. Für die Vollbelastung (ohne Wind) und $2,5 \text{ kg/m}^2$ zul. Bodenpressung ergibt sich eine Ersparnis an Grundkörperbodenfläche von $\frac{98700}{25000} = \text{rd. } 4 \text{ m}^2$, an Fundamentbeton von $1,5 \cdot 4,00 = 6 \text{ m}^3$ und an Baukosten von $15,06$ (Baustofflieferung) + $6,30$ (Unternehmerarbeit) + $3,64$ (Aushub) = $25 \cdot 6 = 150 \text{ M}$. Der Betrag verringert sich bei Berücksichtigung der Windbelastung für den Vollausbau.

Das dem Lagerhaus vorgebaute Verwaltungsgebäude besteht gleichfalls aus Eisenbeton. Anstelle der Pilsdecken, die sich für die schwer belasteten Böden der Lagerhäuser besonders gut eignen, sind im Verwaltungsgebäude Rippenhohldecken zur Ausführung gekommen. Der Einbau der Leitungen für Wasser, Gas, Elektrizität, Abwasser machte keine Schwierigkeiten. An den Stützen und Decken wurden konische Dübel ausgespart zur Befestigung, und imprägnierte Papprohrhüllen für Rohrdurchgänge einbetoniert. Sämtliche Kanäle und Durchbrüche wurden in die Schalungspläne eingetragen.

Die Ausführung des Hauptteils der Bauarbeiten wurde auf Grund eines engeren Wettbewerbs der Firma Wayss & Freytag A.-G., Stuttgart, übertragen unter verwaltungs-

seitiger Lieferung des Zements und der Steinstoffe; der hochwertige Zement wurde vom Portlandzementwerk Nürtingen bezogen. Das bahneigene Kieswerk in Marstetten lieferte die durch Waschen und Sieben in der Aufbereitungsanlage vorbehandelten Zuschlagstoffe in drei Sorten: Sand von 0 bis 7 mm, Feinkies von 7 bis 12 mm und Kies von 12 bis 25 mm. Probekörper aus dem hochwertigen Nürtinger Portlandzement nach den deutschen Zementnormen in der Zusammensetzung von 1 Gewichtsteil Zement, 3 Gewichtsteile Normalsand, 8,0% Wasser ($0,400 \text{ kg Zement, } 1,200 \text{ kg Sand, } 0,128 \text{ kg Wasser, } W = 128/400 = 0,32$) hergestellt, ergaben folgende Druckfestigkeiten: nach 3 Tagen (1 Tag in feuchter Luft, 2 Tage unter Wasser gelagert) im Mittel 470 kg/cm^2 , nach 28 Tagen (1 Tag in feuchter Luft, 6 Tage unter Wasser, 21 Tage an der Luft)

im Mittel 675 kg/cm^2 . Betonwürfel $20/20/20$ in der Arbeitsmischung 1:4 (entsprechend $350 \text{ kg Zement/1 m}^3$ Beton) aus hochwertigem Portlandzement vom Werk Nürtingen und zu 41% aus gewaschenem Sand 0 bis 7 mm, 59% Feinkies 7 bis 25 mm zusammengesetzten Zuschlagstoffen vom bahneigenen Kieswerk Marstetten ergaben nach 7 Tagen 260 bis 320 kg/cm^2 Bruchbelastung, nach 28 Tagen 360 bis 420 kg/cm^2 . Der Wasserzusatz war so bemessen, dass sich auf dem Rütteltisch nach zehn Stößen ein Kuchen von 42 bis 47 cm Durchmesser ergab.

Die Abmessungen der Stützen und Decken (Abb. 6) wurden unter Zugrundelegung von $\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$ und $\sigma_c = 1200 \text{ kg/cm}^2$ entsprechend den deutschen Eisenbeton-Bestimmungen vom Jahr 1925 errechnet. Für die nachgewiesene Betondruckfestigkeit $W_{b,28}$ von min 360 kg/cm^2 ergibt sich eine sechsfache rechnerische Sicherheit. Auf Grund der über zwei Jahre ausgedehnten Versuche mit den vom Kieswerk Marstetten gelieferten, vorbereiteten Zuschlagstoffen (s. „Beton und Eisen“ 1929, Seite 313) und der an zahlreichen ausgeführten Bauten gesammelten praktischen Erfahrungen ist beabsichtigt, den zweiten Bauteil mit $\sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$ und $\sigma_{c,St.44} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ zu bemessen und auszuführen, womit eine Kostenersparnis von 7% gegenüber der bisherigen Ausführung erzielt werden kann. Dabei erhalten die Stützen geringere Abmessungen, z. B. die Mittelstützen $56/56$ statt $67/67$. Die Dicke der Pilsdecke kann mit Rücksicht auf die vorgeschriebene Mindestnutzhöhe = $\frac{1}{32}$ der Stützweite w von 21 auf 20 cm verringert werden. Bei den Rippenhohldecken wirkt sich die Erhöhung der Betondruckspannung etwas günstiger aus. Es ist möglich, Rippenhohldecken bis 12 m Stützweite mit ebener Unterseite ohne vortretende Unterzüge noch wirtschaftlich zu gestalten. Im allgemeinen sind jedoch bei Decken und Trägern nur dann grössere Ersparnisse zu erzielen, wenn mit der zulässigen Betondruckspannung auch die zulässige Eisenspannung erhöht wird.

Die baupolizeiliche Zulassung so hoher Spannungen ist an folgende Bedingungen geknüpft: Genaue Berechnung, einwandfreie konstruktive Durchbildung und sorgfältige Ausführung durch einen leistungsfähigen und sachkundigen Unternehmer, peinliche Ueberwachung der Bauarbeiten durch einen im Eisenbetonbau erfahrenen, mit der Berechnung vertrauten, wissenschaftlich geschulten Ingenieur. Der Zement muss den normgemässen Festigkeitsansprüchen für hochwertigen Zement entsprechen. Sand und gröbere Zuschlagstoffe sind getrennt aufzugeben und entsprechend der durch Vorversuche festgestellten Kornzusammensetzung zu mischen. Die Würfelstärke des Beton $W_{b,28}$ ist vor der Inangriffnahme der Arbeiten nachzuweisen und während des Baues nachzuprüfen; durch fortlaufende Steifeproben ist festzustellen, dass der Beton im Bauwerk die selbe Steife hat wie im Probewürfel.