

Zur Entwicklung der unterzugslosen Decke in der Schweiz und in Amerika

Autor(en): **Maillart, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87/88 (1926)**

Heft 21

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40893>

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: Zur Entwicklung der unterzuglosen Decke in der Schweiz und in Amerika. — Konstruktion und Schönheit (mit Tafeln 19 bis 22). — Festigkeitsuntersuchungen an Transportflaschen für komprimierte Gase als Grundlage für ein neues Regulativ. — Miscellanea: Elektrische Ferndehnungsmesser, Versuche über die Veränderlichkeit des Gases in Fernleitungen unter mässigem Hochdruck. Starkstrom-Unfälle

in der Schweiz. Museum „Historische Wohnräume“ in Berlin. Die Sektion Ostschweiz des Schweizer Rhone-Rhein-Verbandes. X. Schweizer Mustermesse. Ausfuhr elektrischer Energie. — Nekrologie: Albert Gagg, Peter Tappolet. — Konkurrenzen: Schulhaus mit Turnhalle Rikon-Effretikon. — Literatur. — Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. — Vereinsnachrichten: Sektion Bein des S. I. A. S. T. S.

Band 87. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 21

Zur Entwicklung der unterzuglosen Decke in der Schweiz und in Amerika.

[Vorbemerkung der Redaktion. Anlässlich eines Diskussionsabends (am 6. Februar d. J.) in der Ausstellung über Ingenieur- und Industriebauten im Zürcher Kunst-Gewerbemuseum wurde die Meinung geäußert und in der Tagespresse wiederholt, die „Pilzdecken“ seien aus Amerika eingeführt worden, und stellten ein noch lange nicht statisch einwandfrei gelöstes Problem dar; es sei deshalb begreiflich, dass viele Architekten sich ihrer nur im Notfall bedienten, sonst aber ein „klares System von Haupt- und Nebenbalken“ bevorzugten. — Diese Meinung ist mehrfach irrig. Insbesondere wird sich wohl kein Statiker Illusionen hingeben hinsichtlich der statischen „Klarheit“ eines Systems allseitig eingespannter Eisenbeton-Haupt- und Nebenbalken; man ist bekanntlich bei diesen ebenso auf mehr- oder weniger willkürliche Annahmen angewiesen, wie bei der unterzuglosen Decke. Um hierüber, wie auch über die ästhetischen Fragen derartiger Industriebauten in Eisenbeton Aufklärung zu verschaffen, nebenbei auch über die Prioritätsfrage der Pilzdecke, haben wir deren schweizerischen Urheber, Ing. Rob. Maillart, um eine bezügliche Mitteilung ersucht. Im Anschluss daran sollen einige Schönheitsfragen im Eisenbetonbau gerade anhand der damals in Zürich diskutierten Beispiele erörtert werden.]

Für weittragende ebene Tragwerke standen früher nur Walzeisen und Holz zur Verfügung, beides Materialien, die nicht in beliebiger Gestaltung, sondern nur in Stabform zur Anwendung kommen konnten, indem das Ueberwiegen einer einzigen Dimension beim Eisen durch den Walzprozess, beim Holz durch das Wachstum gegeben ist. Mit diesen, der Tragwirkung nach eindimensionalen Grundelementen: Stäben, Pfeilern und Balken, war der Ingenieur dermassen gewohnt zu bauen und zu rechnen, dass sie ihm sozusagen in Fleisch und Blut übergingen und dass ihm andere Möglichkeiten ferne lagen. Nur für ganz geringe Spannweiten: Kanal-Abdeckungen, Balkone sowie Füllungen zwischen Trägern kamen die in Plattenform zur Verfügung stehenden Baumaterialien, nämlich Naturstein und Beton, zur Verwendung. Der Eisenbeton fand diese Auffassung vor und es wurde daran vorerst nichts geändert: Man legte, wie mit Eisen und Holz, Träger von Mauer zu Mauer und von Pfeiler zu Pfeiler. Quer zu diesen Hauptträgern kamen Nebenträger, deren Zwischenraum mit einer Platte abgedeckt wurde, jedoch ohne diese als eigenartiges Konstruktionselement aufzufassen. Man beeilte sich im Gegenteil, sie als in Streifen aufgelöst zu betrachten, welche Streifen dann wieder in altgewohnter Weise als Balken berechnet werden konnten. Nur der Maschineningenieur kam, etwa bei Dampfkesselberechnungen, in die Lage, die Platte als Konstruktionselement aufzufassen, wozu ihm die Grashof'schen Ableitungen dienten; der Bauingenieur tat es vorläufig nicht.

Die Möglichkeit, eine Betonplatte kreuzweise zu armen, gestaltet aber diese zu einem *neuartigen Bauelement*, das Biegebbeanspruchungen in *jeder beliebigen Richtung*, also nicht nur in den beiden Armierungsrichtungen, aufzunehmen im Stande ist, und dessen Tragfähigkeit gewissen Gesetzen gehorcht, die verschieden sind von den der Balken-Theorie zu Grunde liegenden. Die Methode des Streifenschneidens kann nach dieser Erkenntnis nicht einmal mehr als rohe Annäherung befriedigen. Zu einer sachgemässen theoretischen Behandlung der damit gestellten Aufgabe standen aber höchstens die Grashof'schen Formeln zur Verfügung, und diese bieten dem Bauingenieur zu wenig, da sie nur einen einfachen Spezialfall betreffen und für ungleichförmige Belastung sowie variable Einspannungen und Trägheitsmomente keinen Aufschluss geben.

Um vorerst einen gewissen Anhaltspunkt über die konstruktive Brauchbarkeit der *Eisenbetonplatte als Konstruktionselement* zu gewinnen, wurden im Jahre 1908 auf dem Werkplatz von Maillart & Cie. in Zürich einige kleine Versuchsbauten erstellt und in primitiver Weise mit Säcken belastet. Es ergab sich dann, dass Gebilde, die der frei drehbaren Punktstützung tunlichst entsprechen, praktisch unbrauchbar waren, da sie grosse Durchbiegungen aufwiesen und in der Nähe der Stützen frühzeitig brachen (Abb. 1, am Rande rechts und unten). Dagegen zeigte ein aus neun Feldern bestehendes Objekt mit abgeschrägtem Uebergang von den Pfeilern zur Platte auch bei Belastung einzelner Felder eine Tragfähigkeit, die die praktische Brauchbarkeit des Prinzipes erwies. Diese Baute (Abb. 1) hat insofern historische Bedeutung, als sie wohl die erste, unterzuglose Decke im „Zweibahnensystem“ darstellt; diese Bewehrungs-Anordnung zeigt Abb. 2 (S. 264) schematisch.

Die Frage war nun die, wie zu konstruieren und zu dimensionieren sei. Der rein theoretische Weg erschien ungangbar, und wenn schon heute auch für ungleichförmige Belastungen theoretische Lösungen gefunden sind, wie überhaupt der Platte als Konstruktionselement endlich die längst verdiente Beachtung geschenkt wird, so haben diese, die Erkenntnis in verdankenswerter Weise bereichernden Untersuchungen eben doch der Praxis bis heute wenig geboten. Denn — aus den obgenannten allerersten Versuchen ging dies schon mit Deutlichkeit hervor — der elastische Widerstand der Pfeiler und die Verstärkungen über diesen spielen eine ausschlaggebende Rolle, und wenn die Berücksichtigung dieser Umstände schon beim Balken nicht ganz einfach ist, so muss man bezweifeln, dass man für die Platte so bald zu einem für die Praxis brauchbaren theoretischen Rechnungsverfahren gelangen werde.

Die genannte Firma erstellte nun zur versuchsweisen Ergründung des Problems und zur Erlangung von für die

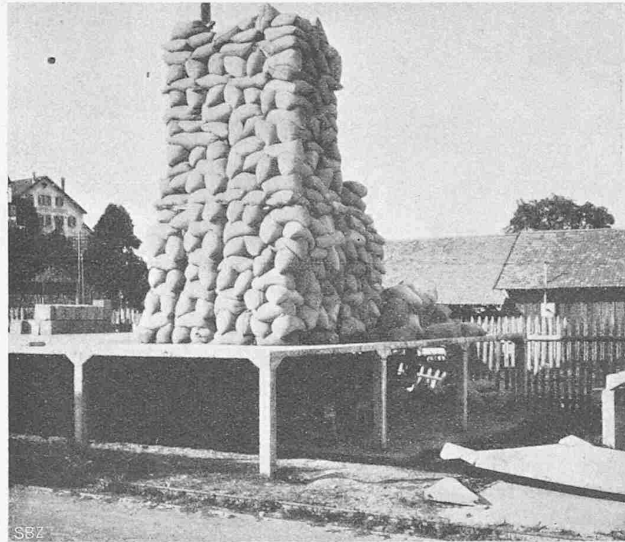


Abb. 1. Erste Versuche mit unterzuglosen Decken ausgeführt 1908 von Maillart & Cie. auf ihrem Werkplatz in Zürich.

Praxis genügenden Grundlagen ein grösseres Versuchsobjekt mit neun Feldern von je 4 m Seitenlänge (Abb. 3). Die Platte war nur 8 cm stark, um möglichst hohe Elastizität zu gewährleisten. Gleichzeitig wurden eine Anzahl frei drehbar aufgelagerter Balken von gleicher Stärke und mit gleicher Armierung erstellt. Unten an der Platte befanden sich in Abständen von 25 cm Einsenkungs-Messpunkte (Abb. 4). Mit Hilfe einer Laufkran-Einrichtung konnte eine Einzelast von 1000 kg an beliebigen Stellen aufgelegt werden; eine Meterteilung ergab 144 Belastungspunkte. Der Einfluss von Einzelasten konnte nun dadurch beurteilt werden, dass die Durchbiegungskurven der Platte mit den, den bekannten Biegemomenten entsprechenden Durchbiegungskurven der Balken verglichen wurden. Die Querbeanspruchungen in der Platte mögen dabei, besonders in Bezug auf die Betonspannungen, störend wirken, aber nicht in wesentlichem, d. h. für die Baupraxis in Betracht kommendem Masse. Durch Summierung der Ordinaten der einzelnen Kurven ergaben sich die Durchbiegungslinien für die verschiedensten Belastungen, und wenn man alle Kurven heranzog, die für einen gewissen Punkt Krümmungen gleichen Sinnes aufwiesen, so war die gefährlichste Belastung für diesen Punkt gefunden. Da die Aussenfelder teils in einer Eisenbetonwand eingespannt, teils frei drehbar oder endlich auf einem von Stützen getragenen Balken aufgelagert waren (Abb. 3), konnten auch die in den Endfeldern auftretenden Verhältnisse gut beurteilt werden. Gerade die Behandlung der Endfelder bietet ja die grössten theoretischen Schwierigkeiten. Man gelangte so zu gewissen Grunderkenntnissen über das Verhalten der Platte auf Punktstützen. Dabei wies die Platte infolge der verstärkten Säulenköpfe ungleiche Biegsamkeit auf, und die Stützen leisteten elastischen Widerstand. Diese letzten Umstände werden von einem Bau zum andern verschieden sein, und die vollständige versuchsweise Lösung der Aufgabe würde die Ausführung einer ganzen Reihe von Probebauten mit verschiedenen Pfeilerstärken und Voutenformen erfordern haben, was aus naheliegenden Gründen nicht durchführbar war. Von der durch das Versuchsobjekt gewonnenen mittlern Linie der Erkenntnis aus war es aber möglich, Abweichungen nach der einen oder andern Richtung, gestützt auf theoretische Erwägungen, mit genügender Sicherheit zu beurteilen, um an Bauausführungen zu schreiten, die gegenüber der Versuchsanordnung keine grossen Abweichungen aufwiesen. Dabei konnten bei Anlass der Probebelastungen an ausgeführten Bauten diese theoretischen Erwägungen nachgeprüft und die Dimensionierungsregeln derart verbessert werden, dass Wirtschaftlichkeit und Sicherheit unbedingt gewahrt waren.

Die erste Bauausführung dieser Art war der Neubau der Zürcher Lagerhaus-Gesellschaft in Zürich-Giesshübel im Jahre 1910 für Belastungen bis 2000 kg/m². Diese erste Ausführung der unterzogenen Decke in Europa und wohl erste Ausführung im Zweibahnensystem überhaupt hat ihren Dienst bis heute ohne jedes Anzeichen von Schwäche versehen. Zu bemerken ist, dass der Pfeilerkopf hier nach einer Hyperbel geformt ist, das heisst als Körper gleicher Scherfestigkeit (Abb. 5). Bei

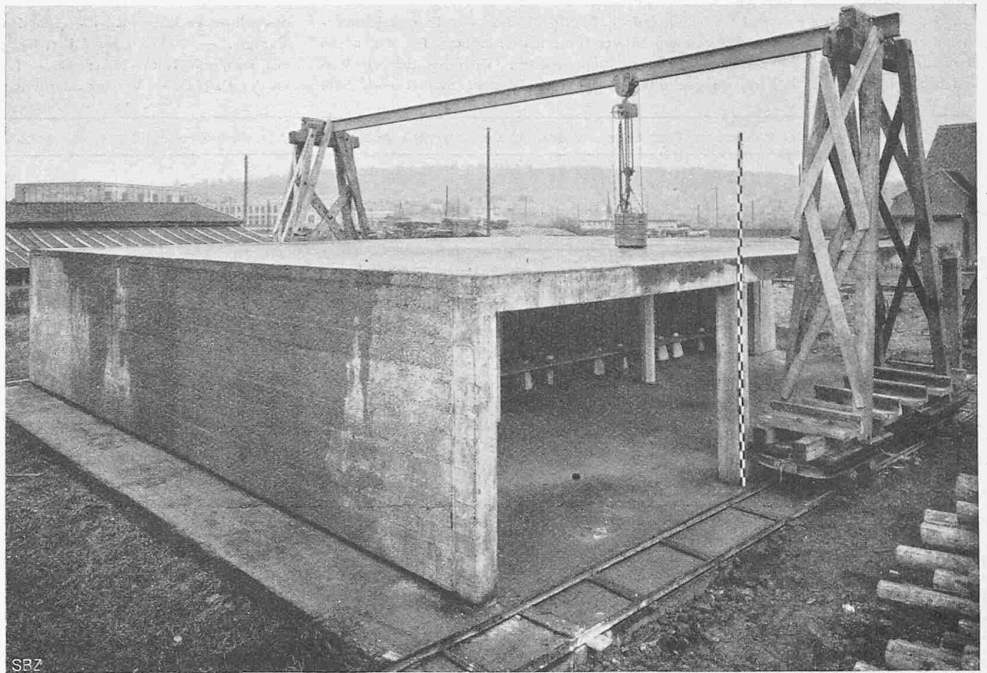


Abb. 3. Zweites Pilzdecken-Versuchsobjekt von Maillart & Cie. Bewegliche Einzelast von 1000 kg (Bleigewicht).

späteren Ausführungen wurden diese Köpfe flacher gestaltet, als Körper gleicher Biegezugfestigkeit in Bezug auf die negativen Momente. In beiden Fällen bestand ein dem natürlichen Kräftespiel entsprechender flüssiger Uebergang von Pfeiler zu Platte.

Die grossen Vorzüge und die konstruktive Bewährung dieser Bauart führte bald zu grösseren Ausführungen nicht nur in der Schweiz, sondern auch in Frankreich, Spanien und Russland, von denen der nachfolgende Aufsatz einige im Bilde vorführt. Deutschland blieb mangels behördlicher Sanktion der Bauweise zurück.

Dass diese Entwicklung vom Erscheinen der „Pilzdecke“ in Amerika nicht nur unabhängig war, sondern sogar im schärfsten Gegensatz zu ihr sich vollzog, beweist die grundsätzlich verschiedene Auffassung der Bauweise durch die dortigen Ingenieure¹⁾. Turner erwähnt zwar auch Grashof's Formel und leitet daraus seine Berechnungsweise für das Moment in Plattenmitte ($M = q l^2 / 50$) in mehr origineller als überzeugender Weise ab. Aber er bleibt an der Idee der „Tragrichtungen“ hängen und demgemäss glaubt er, dass alle Armierungseisen über die Stützen gehen müssen. Um somit die Platte in ihrer ganzen

¹⁾ Vergleiche C. A. P. Turner, „Concrete Steel Construction“, Minneapolis 1909.

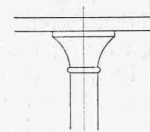


Abb. 7.

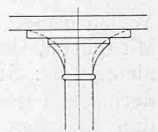


Abb. 8.

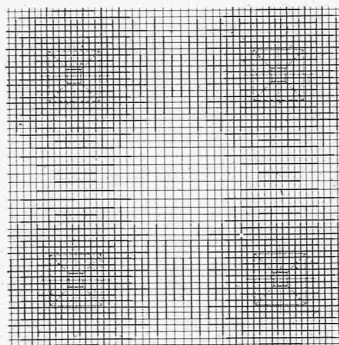


Abb. 2. Zweibahnensystem Maillart. Oben liegende Eisen dick gezeichnet.

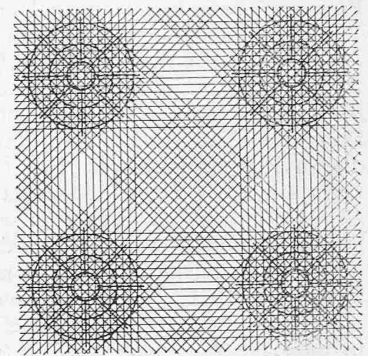


Abb. 6. Deckenarmierung nach dem Amerikanischen Vierbahnen-System.

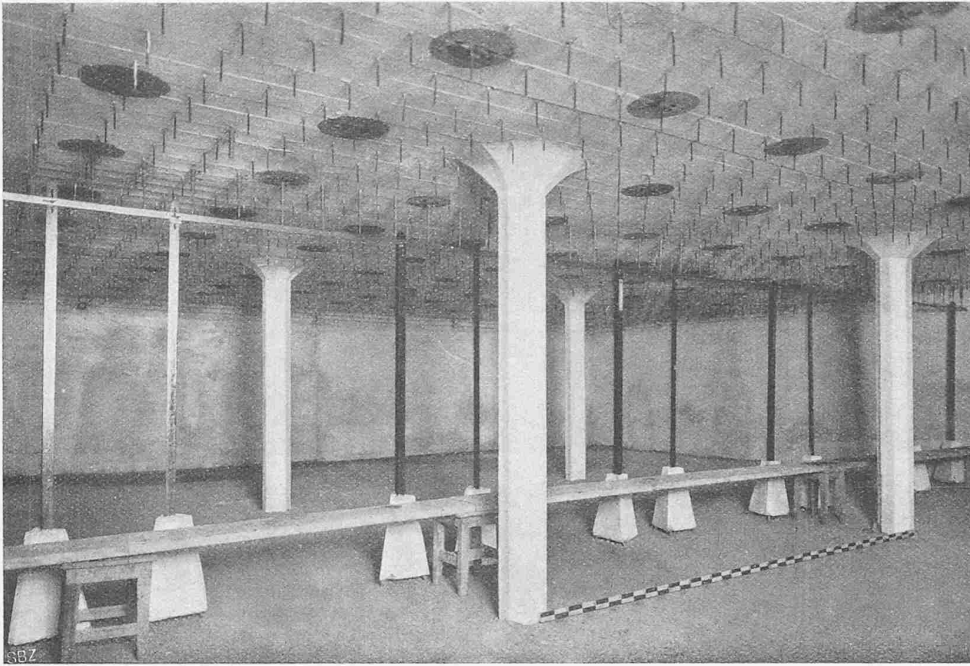


Abb. 4. Zweites Pilzdecken-Versuchs-Objekt von Maillart & Cie. Untersicht mit Messpunkten.

Ausdehnung armieren zu können, sind nicht nur zwei Schaaeren Eisen in den Axenrichtungen, sondern zwei weitere in den Diagonalrichtungen nötig, wodurch das „Vierbahnsystem“ entstand. Bei den Köpfen sind dann noch weitere Radial- und Ringeisen angeordnet, sodass die ziemlich komplizierte Armierung nach Abbildung 6 sich ergab. Charakteristisch für die Turner'sche Bauweise ist ferner der harte Uebergang zwischen Pfeilerkopf und Platte (Abbildung 7). Am Kopfrande ergeben sich deshalb nicht nur starke Scherspannungen, sondern es finden dort, der grossen negativen Momente wegen, auch sonst allzugrosse Materialbeanspruchungen statt, sofern die Plattenstärke den viel kleinern Biegemomenten in Plattenmitte entsprechend bemessen worden ist. Zwar scheint die Armierung am Kopfrand besonders stark; aber das Vorhandensein von vier oder sogar fünf Lagen von Eisen bedingt, dass die untersten etwa in Plattenmitte statt nahe an der Oberkante zu liegen kommen, sodass sie nicht richtig zur Wirkung gelangen. Aus diesen Gründen zeigten sich bei manchen Ausführungen Mängel in Form von Rissen rings

stören kann, denn einspringende Kanten geben immer Anlass zu unwillkommenen Spannungen. Dabei stellt sich die amerikanische Anordnung nicht nur infolge des grös. sern Materialaufwandes, sondern auch der schwierigeren Schalung wegen teurer als der gerundete Uebergang.

Es ist deshalb vor auszusehen, dass das amerikanische Vierbahnsystem und die ebenfalls aus Amerika stammende Pfeilerkopf-Ausbildung der rationelleren und schöneren „europäischen“ Ausführungsart weichen wird. Zwar ist es heute in unsern Technikerkreisen häufig Mode, das zu pflegen, was uns in Amerika vorgemacht wird, wie dies früher mit Bezug auf Deutschland geschah. Diese Abdikation ist gänzlich unberechtigt; denn was in jenen Ländern im Betonbau sowohl als auch im Eisenbetonbau geleistet wurde, ist sicherlich quantitativ, selten aber auch qualitativ den schweizerischen Leistungen überlegen. Gewiss ist in Wissenschaft und Technik der Nationalismus ein Unding und darum zu bekämpfen; deshalb brauchen wir uns aber nicht gerade zum Diener des Nationalismus der Andern zu machen.

R. Maillart.

Konstruktion und Schönheit.

(Hierzu Tafeln 19 bis 22.)

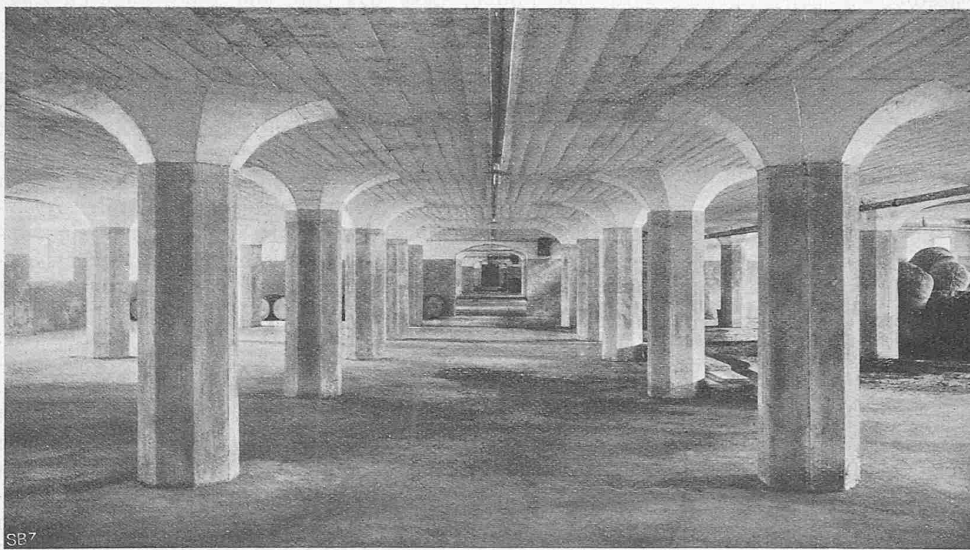


Abb. 5. Pilzdecken für 2000 kg/m² im Lagerhaus Giesshübel der Zürcher Lagerhausgesellschaft, Erbaut 1910 durch Maillart & Cie. in Zürich.

Anlässlich der Zürcher Ausstellung aesthetisch interessanter Industriebauten wurde in einer Diskussion die Meinung ausgesprochen, Konstruktionen, wie die auf Tafel 19 bis 21 abgebildeten Pilzdecken seien aesthetisch un erfreulich, denn um statisch den gleichen Festigkeitsgrad zu erreichen wie Decken mit Unterzügen müssten sie ebenso armiert sein wie diese, und da sei es unklar, schlimmer noch: unehrlich, wenn man die Decke nicht sichtbarlich in tragende Unterzüge und getragene Platten gliedere. Dieser Einwand eines Tech-