

# Hallenbauten aus Stahlbeton und Spannbeton

Autor(en): **Steinmann, Georges A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **73 (1955)**

Heft 42: **100 Jahre Eidg. Technische Hochschule**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-62000>

## **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.

schinen noch nicht Eingang gefunden haben, sowie auch in ausgesprochenen Weideflächen, zur Genüge anführen. Es kommt auch nicht von ungefähr, dass in gewissen Ackerbaugebieten Nord-Deutschlands die Pferde beim Pflügen, Eggen und Walzen mit grossen Schuhen versehen werden, um damit die Bodenpressung zu verringern.

*Folgerung:* Unsere eigenen sowie die im Ausland gemachten Beobachtungen ergeben, dass die bisherige Tonrohrent-

wässerung dichter Böden eine radikale Aenderung und Anpassung an die gewonnenen Erkenntnisse erfahren muss. Zudem zwingen unsere hohen Arbeits- und Materialkosten zu einer Vereinfachung und Verbilligung des Entwässerungsverfahrens, das in einer Kombination normaler Drainleitungen in grossen Abständen mit quer dazu verlaufenden Erddrains, hergestellt mit dem Maulwurfspflug oder dem Untergrundslockerer, die zweckmässigste Lösung bedeutet.

## Hallenbauten aus Stahlbeton und Spannbeton

Von Georges A. Steinmann, dipl. Ing. ETH, Genf

Wir bezeichnen als Halle einen geschlossenen Raum, der zu folgenden Zwecken dient: Herstellen von Erzeugnissen aller Art, Einstellen und Ueberholen von Fahr- und Flugzeugen, Lagerung von Materialien, Verkauf und Ausstellung, Versammlung (in diesem Sinne gehören dann Kirchenbauten, Theaterbauten und Sportanlagen zu den Hallenbauten).

### 1. Einführung

Das Material Beton ist in Formen, die Schalungen, gegossen. Dieses Merkmal lässt den entwerfenden Architekten und Ingenieuren die grösste Freiheit in der künstlerischen und konstruktiven Gestaltung und Durchbildung. Sie können ihre Phantasie und ihre Ideen spielen lassen, sie haben die geistig so wichtige Ueberzeugung, ein Bauwerk zu schaffen, und sie sind nicht an das Zusammenspiel mit vorgeschriebenen Profilformen gebunden.

Risse im Stahlbeton sind bis zu einer Grenze von 0,3 mm annehmbar; sie gefährden den Bestand des Bauwerkes nicht. Dieses Mass in der Oeffnung der Risse bestimmt die Höhe der Zugspannungen in der Stahlbewehrung. Um die guten Stahlfestigkeiten voll auszunützen, wurden im Laufe der Zeit Spezialstähle entwickelt, deren Oberfläche besonders ausgebildet ist (Rippen, Nocken usw.), um die Haftung zwischen Beton und Bewehrung zu erhöhen. Damit wird eine bessere Verteilung der Risse (grössere Anzahl der Risse und kleinere Oeffnung derselben) erzielt. Für bestimmte Tragformen sind aber dadurch Grenzen festgelegt, dass, je grösser die Spannweite, desto grösser die Stahlquerschnitte und in der Folge die Betonquerschnitte sein müssen, um die Bewehrung unterzubringen. Aus dieser Erkenntnis wurden sehr früh besondere Formgebungen entwickelt, z. B. die Bogenformen, um Normalkräfte zu erzeugen, oder Schalen, wobei

die Abmessungen so gehalten werden, dass nur Druckkräfte übertragen werden können, und die Zugkräfte nur an bestimmten Rändern auftreten.

Sehr früh hat man erkannt, dass, um die Rissebildung zu vermeiden, der Beton nur mit Druck und bescheidenem Zug zu beanspruchen ist. Wenn der Beton durch eine innere dauernde Kraft für alle Belastungen unter Druck oder nur kleinem Zug bleibt, also vorgespannt wird, entsteht das Material «Spannbeton». Der Träger der Vorspannung besteht am einfachsten aus speziellen Stählen mit hohen Festigkeiten. Die ersten Versuche misslangen, da die Stähle nicht genügend hoch vorgespannt wurden, und die erzeugten Druckkräfte gingen mit der Zeit verloren (Schwinden und Kriechen). E. Freyssinet legte 1926 klar die Bedingungen fest, unter welchen die Vorspannung erhalten bleibt. Der Spannbeton gibt früher ungeahnte Möglichkeiten im Bauwesen frei.

Der riesige Aufschwung der Industrie und des Verkehrswesens seit 1914 hat die Architekten und Ingenieure vor grosse Aufgaben gestellt, die alle mit Hilfe des Materials Stahlbeton oder Spannbeton glänzend gelöst wurden. Wir versuchen nun, einen Abriss der Entwicklung im Bau von grossen Hallenbauten vor 1939/45 zu geben, um uns dann auf diejenige der letzten Jahre, 1945/1955, mit typischen Beispielen und deren Möglichkeiten zu konzentrieren.

### 2. Die Entwicklung bis 1939/45

Für die Ueberdeckung von grossen Hallen steht die riesige Entwicklung der Bogenkonstruktionen und der Schalen im Vordergrund. Die Flugschiffhangars in Orly, nach einem Entwurf von Ing. Eugène Freyssinet im Jahre 1921 ausgeführt (Bild 1), sind aus Bogen mit U-Querschnitt (Spannweite 80 m, Pfeilhöhe 56 m) ausgebildet, um die notwendige

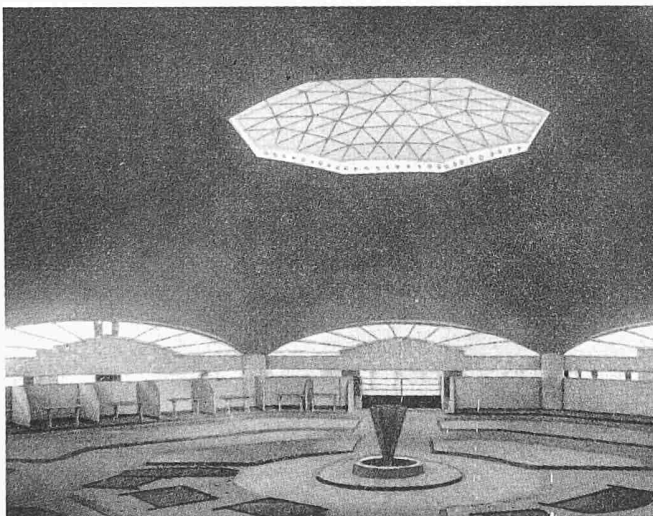


Bild 3. Markthalle in Algeciras (Spanien), 1932. Schalenkuppel von 47,62 m Spannweite mit vorgespanntem Zugband, aufgelagert auf 8 Säulen, Krümmungsradius 44,10 m, Schalendicke 9 cm, Scheitelöffnung mit 9 m Durchmesser. Entwurf: Prof. Dr. h. c. E. Torroja, Madrid. Ausführung: D. R. Barredo, Madrid

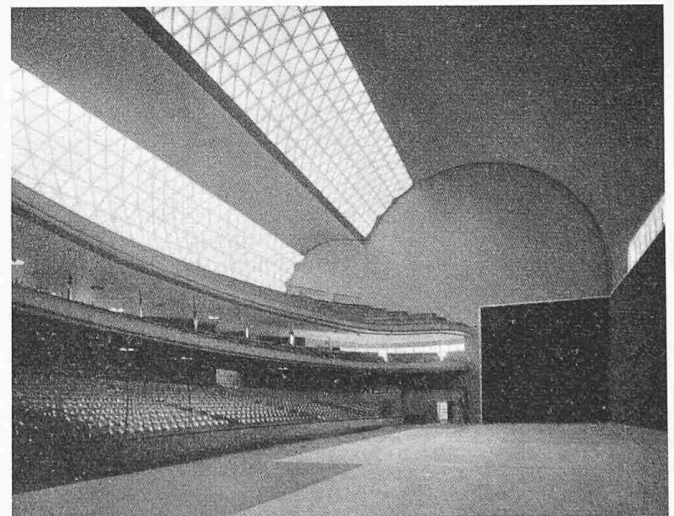


Bild 4. Fronton Recoletos in Madrid, 1936. Kreiszyklische Schalen von 55 m Spannweite und 32,5 m Breite, Schalendicke 8 cm. Die Leitlinien sind zwei sich senkrecht zueinander schneidende Kreise mit 12,20 bzw. 6,40 m Radius. Unterbrechung der Schale für Belichtung durch dreieckförmige Zellen. Entwurf: Prof. Dr. h. c. E. Torroja, Madrid. Ausführung: Huarte y Compania S. L., Madrid. Zerstört 1939

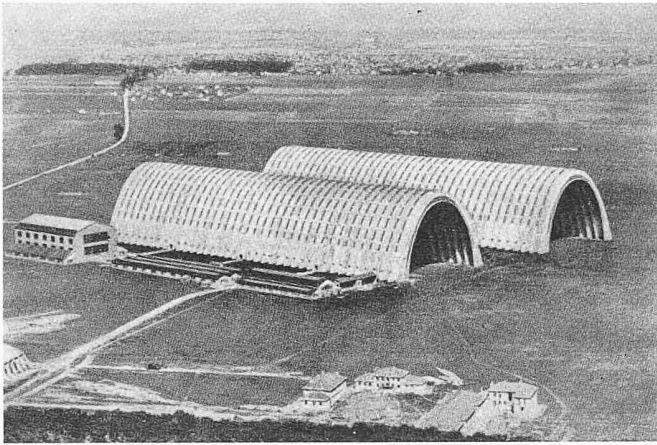


Bild 1. Flugschiffhangar in Orly bei Paris, 1921. Vierzig U-förmige Bogenrippen von 7,50 m Breite mit 80 m Spannweite, Pfeilhöhe 56 m, Gesamtlänge 300 m, auf dem Boden gelagert. Entwurf: E. Freyssinet, Paris. Ausführung: Entreprises Limousin, Paris. Zerstört im Zweiten Weltkrieg

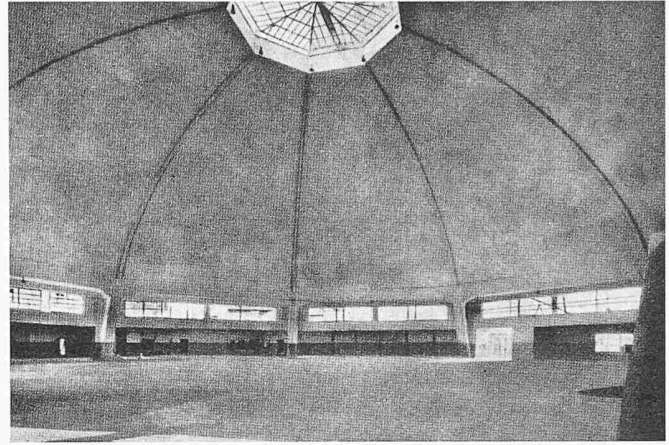


Bild 2. Markthalle in Basel, 1929. Vieleckkuppel bestehend aus 8 Abschnitten kreiszylindrischer Schalen mit Rippen, ausgeführt in Form von Klostersgewölben auf 8 Stützen aufgelagert. Spannweite 60 m, Höhe 27 m, Schalendicke 8,5 bis 10 cm. Entwurf: Studienbureau Dyckerhoff & Widmann KG., Deutschland. Ausführung: Ed. Züblin & Co. AG., Basel

Steifigkeit mit minimalem Eigengewicht zu erreichen. Bei Flugzeughallen wurden bei Marignane durch die Bauunternehmung *Boussiron* im Jahre 1939 mittels Bogen mit Zugband und schräggestellten Zugstangen 80,85 m Spannweite bei einer Pfeilhöhe von 10,0 m erreicht. Im Jahre 1924 hat in Deutschland das Studienbureau der Bauunternehmung *Dyckerhoff & Widmann KG* in Verbindung mit der Firma *Zeiss*, Jena, die eigentliche Schalenbauweise in Stahlbeton geschaffen: zylindrische Schalen, kreiszylindrische Shed-schalen, Kuppel, Vieleckkuppel, Klostersgewölbe, Kreuzgewölbe, Translationsschalen usw. Ausgehend von der strengen Mathematik haben Ingenieure die Theorie geschaffen, kühne Bauwerke entworfen, manchmal durch einfache Modelle kontrolliert und dann ausgeführt. In Deutschland sind es *Franz Dischinger*, *Ulrich Finsterwalder*, *Hubert Rüschi*; in Norwegen *A. Aas-Jakobsen*; in Spanien *Eduardo Torroja*. Bei den Vieleckkuppeln der Grossmarkthalle Leipzig wurde eine Spannweite von 76 m erreicht. Wir besitzen eine solche mit 60 m Spannweite in Basel (Bild 2). Bei der Kuppel der Markthalle Algeciras (Bild 3) wurde eine Spannweite von 47,6 m erreicht, wobei die fruchtbare Idee der teilweisen Vorspannung angewendet wurde. Das gleiche Prinzip wurde bei der kreiszylindrischen Schale vom Fronton Recoletos in Madrid angewendet, deren Spannweite 55 m beträgt (Bild 4). Die Grossmarkthalle Köln wurde über eine Breite von 58 m durch eine einzige zylindrische Schale überspannt. In Frank-

reich wurden besonders die Regelschalen in Form von Kegelschalen durch *B. Lafaille* und in Form von parabolischen Hyperboloiden durch *F. Aimond* entwickelt.

Besonders erwähnenswert sind die Regelschalen von *Romilly* mit einer Spannweite von 27,5 m und die Kegelschalengewölbe in Reims mit Spannweiten bis zu 60 m. Bei Faltenwerken in Nürnberg wurden Spannweiten von 24 m erreicht.

### 3. Die Entwicklung von 1945 bis 1955

Diese Zeitspanne steht unter der Wirkung der stürmischen Entwicklung des Spannbetons, in der besseren und zielbewussten Ausnützung des Materials durch Erhöhung seiner Qualität, in der Schaffung neuer Ausführungsmethoden und in der Erschliessung neuer Berechnungsmethoden, insbesondere diejenigen der Modellmessungen, die schon von *E. Torroja* für die Schale des Fronton Recoletos (Bild 4) in grossem Masstab 1:10 und aus speziellem bewehrten Zementmörtel eingeführt wurde.

#### a) Balken- und Rahmenkonstruktionen

Vorgespannte Rahmendeckenkonstruktionen (z. B. Kartonfabrik Model, Weinfeld, SBZ 1953, S. 226) erlauben, grössere Spannweiten zu überbrücken. Sie werden an Ort und Stelle auf einem Gerüst betoniert und vorgespannt. Wenn die Decke allseitig gelagert ist, hat sich die Schrägrost-



Bild 5. Garagedecke des Geschäftshauses «Bärenhof», Zürich, 1948. Schrägrostdecke über annähernd rechteckigem Grundriss 22x24 m für eine Nutzlast von 400 kg/m<sup>2</sup>, bestehend aus Massivplatte 10 cm, Rippen 28/70 (einschl. Massivplatte 10 cm) im Abstand von 2,07 m. Entwurf: Bureau P. Soutter, Zürich. Ausführung: Gemeinschaftsunternehmung H. Hatt-Haller AG. und Brunner & Co., Zürich

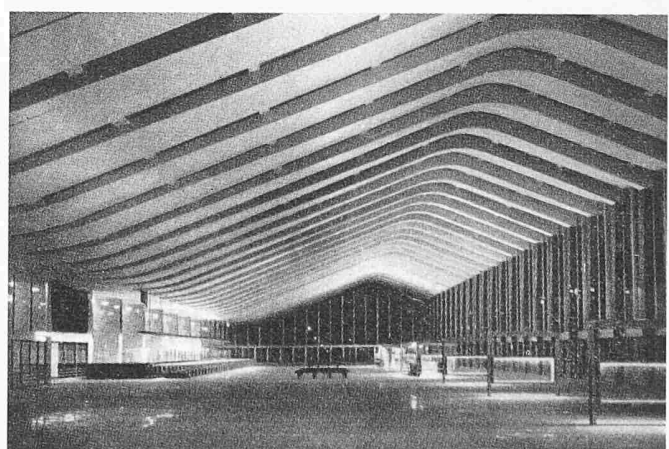


Bild 6. Eingangs- und Schalterhalle des Hauptbahnhofes Rom-Termini, 1950. Geschweifte Trägerkonstruktion über einem Grundriss von 52 m Breite und 128 m Länge, bestehend aus Hohlkastenträgern mit veränderlicher Höhe, als einfache Balken mit 32,5 m Spannweite und einer Konsole von 19,0 m, in Abständen von 4,0 m, und sekundäre Längsträger, maximale Höhe 12,75 m. Entwurf: Arbeitsgemeinschaft der Ingenieure und Architekten: Calini - Castellazzi - Fadigati - Montuori - Pintonnello - Vitellozzi, Rom. Ausführung: Imprese Costanzi e Garbarino, Rom



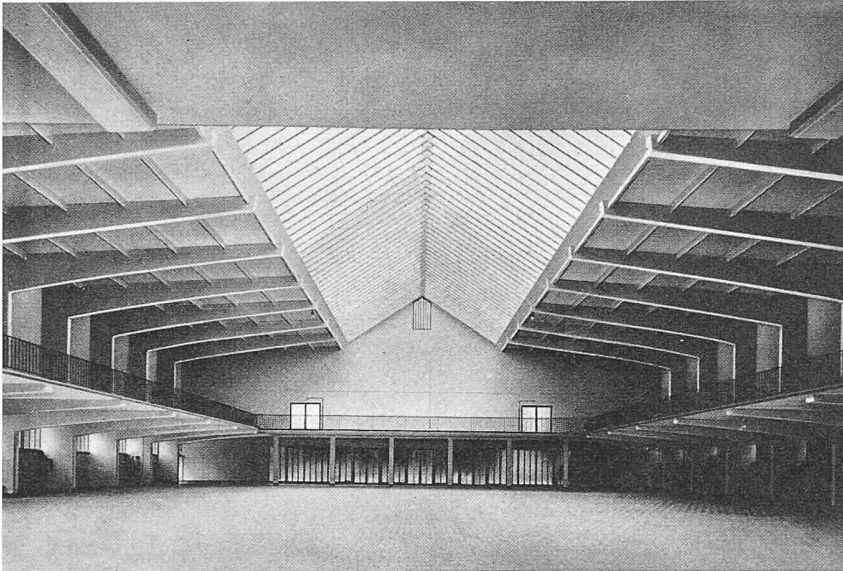


Bild 7. Halle IV auf dem Münchner Ausstellungsgelände, München, 1953. Vorgespannte Kragträger über einem Grundriss von 45 m Breite und 60 m Länge; Abstand der Kragträger 5,0 m, Breite 36 cm, Vorspannung durch Stäbe  $\varnothing$  26 aus Sigma-Stahl 60/90 des Systems Dywidag; Auskragung der 4,50 m über Boden ausgebauten Galerie für Ausstellungszwecke 10,25 m; Auskragung des Dachbinders 15,15 m auf 12,0 m Höhe. Längsverlaufendes Oberlicht von 15 m Breite ohne Querriegel, bestehend aus vorfabrizierten, 8 m langen und unter 35° geneigten Stahlbetonsprossen. Entwurf der Tragkonstruktion: Studienbureau Dyckerhoff & Widmann KG., München. Ausführung: Arbeitsgemeinschaft Karl Stöhr, Bauunternehmung, München - Dyckerhoff & Widmann KG., München

decke in Bild 5 über 24 m in Stahlbeton als wirtschaftlich bei geringerer Konstruktionshöhe und als ästhetisch befriedigend erwiesen. Bild 6 beweist, dass eine Balkendecke über grössere Spannweite elegant und phantasievoll wirken kann. In Bild 7 lösen vorgespannte Kragträger die Aufgabe eines säulenlosen Ausstellungsraumes in vorzüglicher Weise. Für Industriebauten mit vielen gleichen Elementen und in der Forderung einer kurzen Bauzeit ist die Vorfabrikation der Bauelemente eine passende Baumethode (Bild 8). Um Lehrgerüste für schwere vorgespannte Träger von 50,9 m Spannweite zu vermeiden, wurden die Träger am Boden betoniert und vorgespannt, um dann in ihre endgültige Lage um 9 m gehoben zu werden (Bild 9, enthalten als Fig. 17 in SBZ 1949, Nr. 11, Seite 158). Die letzte Konsequenz der Vor-

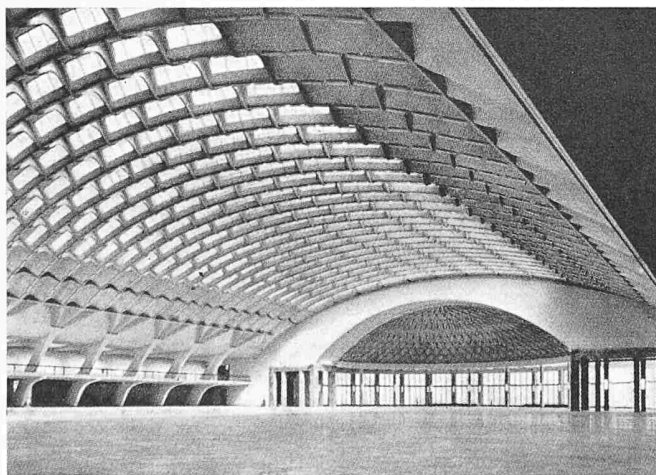


Bild 10. Ausstellungshalle in Turin, 1948. Bogen in gewellter Form mit seitlichen Oberlichtern von 96 m Spannweite aus vorfabrizierten Elementen in Stahlbeton. Länge der Halle 75 m. Im Hintergrund eine ebenfalls aus vorfabrizierten Elementen bestehende halbe Kuppel von 40 m Spannweite. Entwurf der Tragkonstruktion: Roberto Biscaretti di Ruffia, Turin, und Prof. Pier Luigi Nervi, Rom. Ausführung: Società Ing. Nervi e Bartoli, Rom

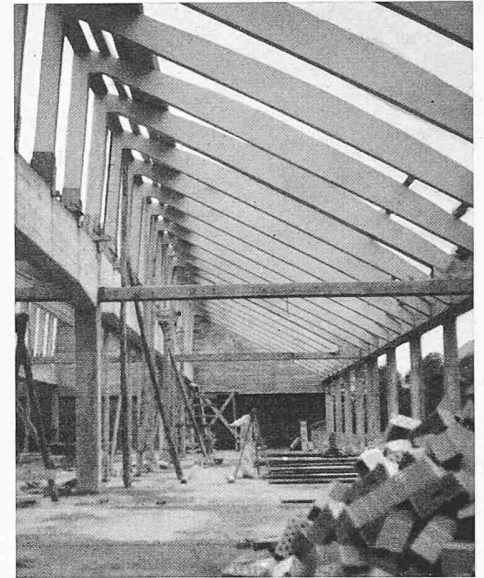


Bild 8 (rechts). Zweigfabrik der Bally Schuhfabriken AG. in Schattdorf (Uri), 1954. Shedhalle über einem Grundriss von 48,40x43,50 m mit 16,0 m Spannweite aus vorfabrizierten Betonfertigelementen, Rinnenträger von 16 m Spannweite und 95 cm Höhe auf Hallenboden fabriziert und teilweise durch Kabel aus Drähten  $\varnothing$  5 des Systems BBRV vorgespannt, hochgehoben als einfacher Balken unter Eigengewicht und zusammengekoppelt durch Vorspannung, so dass für Eigengewicht der Shedrahmen + Dachhaut und Nutzlast durchlaufende Balken über 3 Feldern entstehen, Spannkraft 130 t, Shedrahmen 12 cm breit mit 7,20 m Spannweite und 2,75 m Höhe aus Stahlbeton. Entwurf der Tragkonstruktion: Studienbureau der Bauunternehmung Rothpletz, Lienhard & Cie. AG., Aarau. Ausführung: Bauunternehmung Imholz, Schattdorf

fabrikation ist die Unterteilung des Tragbalkens selber in Einzelemente, die in einer Betonfabrik erzeugt werden, auf der Baustelle leicht zu transportieren sind, am Boden zusammengesetzt, durch Vorspannung zusammengehalten und an Ort und Stelle mittels Derricks verlegt werden können. Ueber die so errichteten Flugzeughallen der British European Airways im Londoner Flughafen wurde hier 1954, S. 722, ausführlich berichtet.

#### b) Bogenkonstruktionen

Bei den Bogenkonstruktionen können die Querschnittsgestaltung und die Formgebung so entworfen werden, dass die Steifigkeit mit minimalem Eigengewicht erreicht wird, unter Anpassung an die architektonischen und Belichtungs-

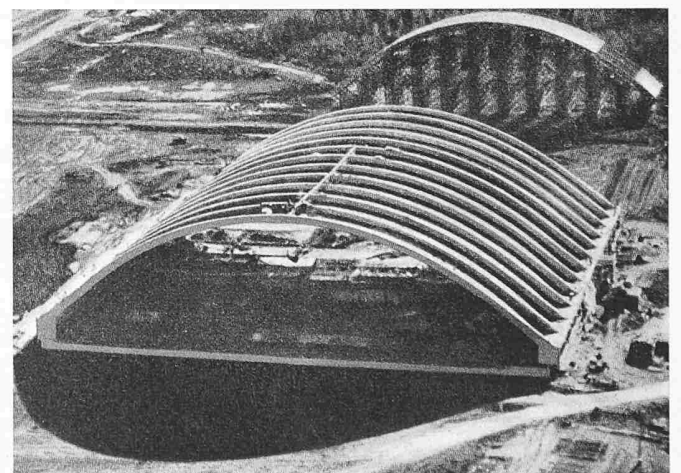


Bild 13. Flugzeughalle in Rapid City, South Dakota (USA), 1950. Zylindrische Schalengewölbe von 103,70 m Spannweite und 96 m Länge, bestehend aus 13 Bogenrippen in Abständen von 7,60 m, Pfeilhöhe 22,50 m, Breite 61 cm, Höhe im Kämpfer 215 cm, im Scheitel 152 cm, Schale 12,7 cm dick, Höhe über Boden im Scheitel 27,40 m. Ausführung in 6 Abschnitten von 15,2 m auf verschiebbarem Lehrgerüst. Entwurf der Tragkonstruktion: MM. Roberts and Schaefer Company, beratende Ingenieure, Chicago

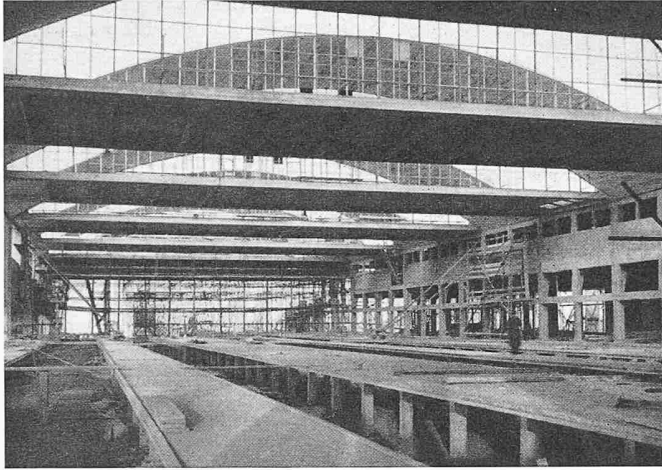


Bild 11. Umladehalle des Güterbahnhofes Lausanne-Sébeillon, 1953. Länge 144 m, Breite 36,35 m, Gewölbe von 9,95 m Totalbreite mit 36,35 m Spannweite, 5,70 m Pfeilhöhe und Zugbänder, vorgespannt durch das System Freyssinet, bestehend aus 2 Bogenrippen, 35 cm breit und 48 cm hoch im Scheitel, und einer Zylinderschale von 10 cm dazwischen. An den Bogenrippen ist durch Hängestangen eine Rippendecke von 9,60 m Spannweite angehängt. Die senkrechten Flächen zwischen Bogenrippen und Rippendecke sind verglast. Entwurf der Tragkonstruktion: Bureau A. Sarrasin, Lausanne. Ausführung: Consortium der Bauunternehmungen Foretay S. A., A. Girsberger S. A. und J. Müller & Fils, Lausanne

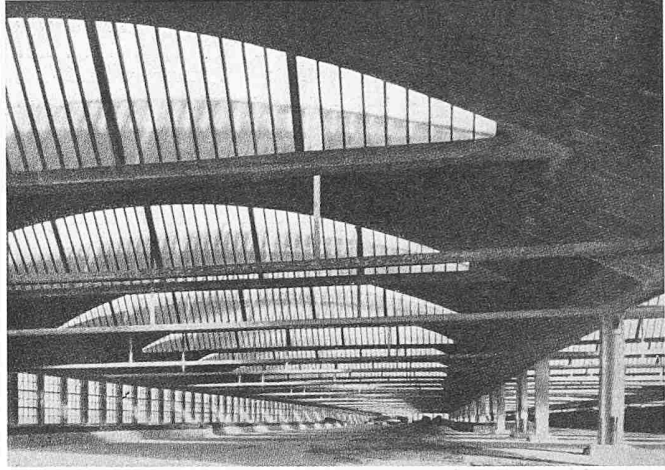


Bild 12. Güterbahnhofhalle der S. N. C. F. in Pantin-Bobigny (Frankreich), 1949. Länge 324 m, Breite 108 m, mit 2 inneren Säulenreihen, Abstand 8,85 m und 14,75 m. Gewölbe von 32,45 m, 36,65 m und 38,90 m Spannweite, Pfeilhöhe 5,50 m, sogenannte Schalengewölbe in V-Form, bestehend aus 3 Rippen von 45 cm Höhe und Schale 7 cm, Gewölbrebreite variierend infolge der geneigten Fensterflächen, mit vorgespannten Zugbändern, Nutzhöhe der Halle 5,50 m. Ausführung mit rollendem Lehrgerüst aus Stahlrohr vierzehnmals wiederverwendet, Vorspannung der Zugbänder durch Spreizen von Drähten  $\varnothing$  10 mm. Entwurf der Tragkonstruktion: Prof. J. Mesnager, Paris. Ausführung: Société de Constructions Ed. Coignet, Paris

Bedingungen, und dass die Hauptbeanspruchungen Druckspannungen sind, so dass die Anwendung von vorgefertigten Fertigelementen möglich wird. Bild 10 zeigt eine Ausstellungshalle, bei welcher die einzelnen Bogen Wellen darstellen und durch Stahlbeton-Fertigelemente ausgebildet sind, die auf einem Lehrgerüst aus Stahlrohr zusammengesetzt werden. Die Bogen der Stockwell-Autobusgarage in London, die hier 1954, S. 120 gezeigt wurde, sind durch Rippen mit gebogenem Flügel ausgebildet, die einem fliegenden Vogel gleichen, so dass breite und durchgehende Oberlichter entstehen.

### c) Gewölbe und Schalen

Bei den einfach gekrümmten Schalen spielen die zylindrischen Schalen mit verschiedenen Formen der Leitlinie die Hauptrolle. Dabei unterscheiden wir zwischen kurzen Schalen und langen Schalen, je nach Grösse des Verhältnisses Krümmungsradius zur Länge oder Spannweite,  $r/l$ . Dieses Verhältnis, das bei ungefähr 0,6 liegt, bestimmt auch die Tragweise und diktiert die Berechnungsweise. Bei Zusammen-

setzung von Abschnitten von zylindrischen Schalen entstehen die berühmten Vieleckkuppeln (Bild 2), wobei beachtliche Spannweiten auf Einzelsäulen zu erreichen sind (280 m beim Ausführungsprojekt des Münchener Hauptbahnhofes).

Die sehr kurzen, zylindrischen Schalen, bestehend aus zwei bis drei Bogenrippen mit Zugband, wollen wir als «Gewölbe» bezeichnen. Sie sind als Einheit zu betrachten und werden für Hallen verwendet, wo die Belichtungsverhältnisse aus zwei oder mehreren Richtungen besonders gut sein müssen. Bild 11 zeigt eine Umladehalle eines Güterbahnhofes, wobei die senkrechten Flächen zwischen Bogenrippe und Zugband verglast sind, und wo an den Bogenrippen noch eine Rippendecke angehängt ist (Flachdach). Bei Bild 12, einer anderen Güterbahnhofhalle, sind die Fensterflächen geneigt und es entstehen die sogenannten Gewölbe in V-Form, wobei die Breite im Kämpfer grösser ist als im Scheitel.

Grössere, zylindrisch kurze Schalen wurden bei Flugzeughallenbauten viel verwendet (Bild 13), und für ein Stadion in Montgomery, Alabama (USA), das hier 1954, S. 20



Bild 14. Ausstellungshalle 5 in München, 1953. Halle: Länge 120,68 m, Breite 40 m. Zylindrische Schale von 30 m Breite, Krümmungsradius 75 m, mit Hauptbindern alle 10 m, 30 m Spannweite und 10 m Ausladung. Die Binder wie auch die Randecken der Schale in der Diagonalrichtung sind durch das System Dywidag mit Stäben  $\varnothing$  26 vorgespannt. Entwurf der Tragkonstruktion: Studienbureau Dyckerhoff & Widmann KG., München. Ausführung: Bauunternehmung Dyckerhoff & Widmann KG., München.

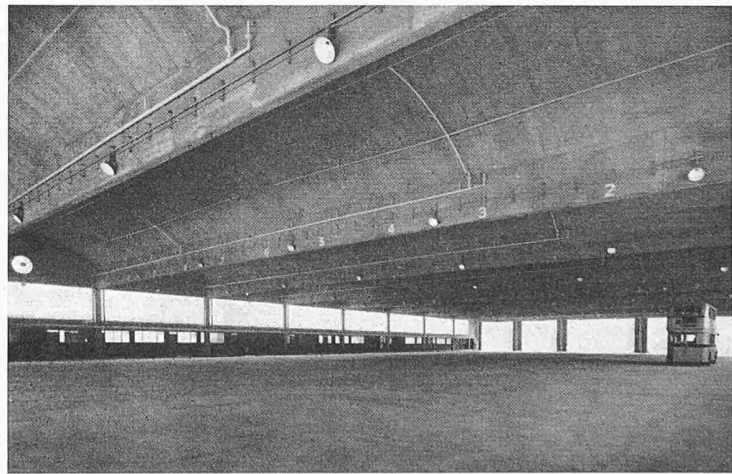


Bild 15. Omnibus-Garage in Bournemouth (England), 1951. Länge 91,5 m, Breite 46 m. 9 zylindrische Schalen mit Randgliedern, Spannweite 45,35 m, Breite 10,06 m, Schalendicke 6,5 cm, Krümmungsradius 7,0 m, Pfeilhöhe der Tonnen 2,08 m, Höhe des Randträgers 168 cm mit 25 cm Breite. Randträger durch System Magnel-Blaton vorgespannt mit 3 parabolischen Kabeln, das unterste mit 56  $\varnothing$  7 in Kasten 6,4/19, die zwei oberen mit je 48  $\varnothing$  7 in Kasten 6,4/18, gespannt mit 8800 kg/cm<sup>2</sup>, Spannkraft total 380 t. Entwurf der Tragkonstruktion: R. Travers Morgan and Partners, London. Ausführung: James Drewitt and Son Ltd., und Vibrated Concrete Construction Company Ltd.



zeigt wurde, hat man eine Spannweite von 114,25 m mit einer Pfeilhöhe von 30 m erreicht (Entwurf *Ammann & Withney*, beratende Ingenieure, New-York). Eine sehr kühne Konstruktion ist die Ausstellungshalle 5 in München (Bild 14), wo, bei einem Abstand der Binder von 10 m, ein Krümmungsradius von 75 m ausgeführt wurde; Binder und Ecken der Schale sind dabei vorgespannt. Eine hübsche und phantasievolle Fabrikationshalle wurde als Shedkonstruktion mit schräggestellten zylindrischen kurzen Schalen ausgeführt, wobei die Binder als Fachwerkbogen in Verbundkonstruktion entworfen sind (Halle der Gummibandweberei in Gossau, SBZ 1954, S. 614 und 751).

Bei den zylindrischen Schalen der langen Typen wurden am meisten die symmetrischen Schalen mit oder ohne Rand-

glieder und die asymmetrischen in Form von Shedschalen verwendet. Bild 15 zeigt eine Omnibusgarage, die mit Schalen von 45,35 m mit vorgespannten Randgliedern abgedeckt ist. Die erste, mit Freyssinet-Kabeln vorgespannte zylindrische Schale mit Randgliedern wurde im Jahre 1943 bei den Flugzeughallen in Karachi mit einer Spannweite von 39 m ausgeführt. Vorgespannte Schalen mit gekrümmten Kabeln ohne Randträger wurden in England bei der Papierfabrik von Mersey mit einer Spannweite von 25,30 m, einer Breite von 7,62 m, einer Stichhöhe von 1,33 m und einer Dicke von 6,5 cm und Oberlichtern ausgeführt (Entwurf *C. V. Blumfield*). In der Schweiz hat das Bureau *E. Schmid* in Basel solche mit 20 m Spannweite und geraden Vorspannkabeln für eine Garage entworfen und ausgeführt.

Schluss folgt

## Gletscherschwankung und Gletscherbewegung

Von Dr. Robert Haefeli, a. Prof. ETH, Zürich

### I. Einleitung

Zwischen Schwankung und Bewegung eines Gletschers bestehen mannigfaltige Wechselwirkungen, denen nachzuspüren zu den interessantesten Aufgaben der Gletscherforschung gehört. Sind es doch gerade diese beiden polaren Begriffe, die uns die wahre Natur des Gletschers besonders deutlich zum Bewusstsein bringen. Sie wird dadurch offenbar, dass einerseits die Gestalt des Gletschers einer fortschreitenden Veränderung — *Schwankung* genannt — unterworfen ist, während andererseits die gestaltbildende Substanz selbst wieder einen ständigen Wandel (Metamorphose) und Austausch erleidet. Der Austausch erfolgt durch die *Gletscherbewegung*, die den Stoff vom Nährgebiet zum Zehrgebiet befördert, wobei sich die Umwandlung vom Firn- zum Gletscherkorn vollzieht. Die Schwankung bildet dabei die Regel, während der *stationäre Zustand* des Gletschers als Wende zwischen Wachstum und Schwund die seltene Ausnahme darstellt. In diesem speziellen Zustand hört die Schwankung praktisch auf, d. h. sie ist auf den jährlichen, einem langsamen Atmen vergleichbaren Rhythmus zwischen Sommer und Winter reduziert und lässt die Gletscherbewegung gleichsam in «Reinkultur» erscheinen (Idealgletscher).

Der Altmeister der Geologie, Prof. Alb. Heim, der die Bedeutung glaziologischer Forschung frühzeitig erkannte, hat dem schweizerischen Standardwerk «Vermessungen am Rhonegletscher» [1] folgende Worte vorausgehen lassen: «Für die Menschheit, die darauf angewiesen ist, die Gaben der Natur verständlich zu benützen, gewinnt die Erforschung aller ihrer Erscheinungen und damit im besonderen auch der Erscheinungen im Lebenshaushalte des Gletschers immer mehr Bedeutung, denn auch hier ist die wissenschaftliche Erkenntnis die Grundlage unserer Zukunft.» Diese Worte gelten in unserem technischen Zeitalter mehr denn je.

Mit einem geradezu unheimlichen Tempo ist es der menschlichen Zivilisation in den letzten Dezennien gelungen, nicht nur die höchsten Höhen zu erklimmen, sondern auch immer weiter in die nördlichsten und südlichsten Breiten der Erde — die gewaltigen vergletscherten Gebiete der Arktis und Antarktis — vorzudringen. Kein Wunder, dass die von den grossen Naturforschern vergangener Jahrhunderte begründete Glaziologie, welche eine der wichtigsten Grundlagen für die genannte Entwicklung bildet, heute den Techniker ebenso interessiert wie den reinen Naturwissenschaftler und Geologen. Deshalb sei nachstehend versucht, ältere und neuere Ergebnisse glaziologischer Forschungen unter besonderer Berücksichtigung alpiner und arktischer Verhältnisse in das Blickfeld des Ingenieurs zu rücken. Im Zeichen der Zentennialfeier der ETH lässt uns dabei der nachfolgende Rückblick auf den seit hundert Jahren fortschreitenden Gletscherschwund jener Männer gedenken, welche den Ruf unseres Landes als Heimat der Gletscherkunde begründet haben.

### II. Hundert Jahre Gletscherschwund

#### 1. Rückblick

Die Erkenntnis, dass der Gletscher in integraler Weise auf alle Arten der Klimaschwankungen auf mehr oder weniger sensible Art reagiert, lässt ihn je länger je mehr zu einem der wichtigsten Indikatoren der Klimaforschung werden. Schon Albert Heim bezeichnete den Gletscher als ein «gewaltiges Klimatoskop, das die Summenwirkung vieler Faktoren im Laufe von Jahrzehnten anzeigt und das zugleich in seinem Haushalt von Ernährung und Abschmelzung Jahre und Jahrzehnte ausgleicht» [1, 2].



ca. 1640                      1818                      1818  
1602 (heute überbaut)

Bild 1. Rhonegletscher im August 1848, nach einem Aquarell von H. Hogard [1], mit Endmoränen früherer Jahre