

# Vorgespannter Beton im Hochbau: Auszug aus dem Vortrag

Autor(en): **Berger, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **78 (1960)**

Heft 14

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-64862>

## **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.

## Vorgespannter Beton im Hochbau

Von **F. Berger**, dipl. Ing. ETH, in Firma Emch & Berger, Bern

DK 624.012.47:624.9

Auszug aus dem Vortrag, gehalten an der Studentagung über aktuelle Probleme des Spannbetons, veranstaltet vom S. I. A., am 23./25. April 1959 in Neuenburg (Manuskript vom Februar 1960)

### 1. Einleitung

Die Idee, durch «Vorspannung» der Eiseneinlagen rissefreien Beton zu erhalten, geht in die Entwicklungsjahre des Eisenbetons zurück. Alle entsprechenden Versuche scheiterten an den mangelnden Materialeigenschaften und den ungenügenden Materialkenntnissen. Als erster schuf der Franzose Freyssinet die theoretischen und praktischen Grundlagen, die zu einer erfolgreichen Verwertung der Idee der Vorspannung führten. So spannte er im Jahre 1928 seine erste Brücke vor. Leider haben die «Patente» zu einer starken Einengung dieser neuen Bauweise geführt, so dass sich die Anwendungen praktisch auf den Tätigkeitsbereich des Erfinders beschränkten.

In unserem Land lag die glänzende Idee völlig brach, bis die Materialknappheit der Kriegsjahre zu einer besseren Materialausnutzung drängte und schliesslich der Patentschutz dahinfiel. Gleichzeitig wurden an der EMPA und am Institut für Baustatik und Massivbau der ETH — unter der Leitung der Professoren *Ritter* und *Lardy* — die materialtechnischen und theoretischen Grundlagen des vorgespannten Betons weitgehend geklärt und im Jahre 1945 in den Mitteilungen der EMPA (Nr. 155) und des Institutes (Nr. 15) veröffentlicht.

Die ersten vorgespannten Bauwerke mit nachträglichem Verbund entstanden vor rund 10 Jahren. Diese neue Bauart war anfänglich eine besondere Spezialität und nur einem kleinen Kreis von Ingenieuren vorbehalten. Die stürmische Entwicklung des vorgespannten Betons hat diesen aber in kurzer Zeit zum Allgemeingut werden lassen.

Nach den ersten Brückenbauten schuf das Bedürfnis nach weitgespannten, stützenfreien Räumen dem Spannbeton auch im Hochbau umfangreiche Anwendungsmöglichkeiten. Insbesondere gilt dies für den Industriebau, wo betriebliche Anforderungen eine möglichst freizügige Nutzung des Raumes verlangen. Auch beim Bau von Verwaltungsgebäuden, Geschäftshäusern und Einstellhallen ist es oft zweckmässig, Spannbeton anzuwenden.

Die weite Verbreitung, welche der vorgespannte Beton in der Schweiz gefunden hat, macht es schwer, einen treffenden Ueberblick über dessen Stand bei uns zu geben. Die zur Verfügung stehende Zeit schränkt die Auswahl auf einige wenige, typische Bauwerke und Anwendungen ein.

### 2. Vorspannsysteme

Mit der Entwicklung des vorgespannten Betons in der Schweiz ist das System BBRV der Stahlton AG. eng verbunden. Diesem ausgezeichneten Spanverfahren ist es weitgehend zu verdanken, dass trotz der raschen Entfaltung des Spannbetons keine schwerwiegenden Rückschläge zu verzeichnen waren. Dieses System wurde in der Folge bei uns fast ausschliesslich angewandt, wobei vor allem in der Westschweiz das System Freyssinet und in der Umgebung von Basel das System Dywidag neben dem vorherrschenden BBRV-Verfahren angewandt wurden. Vor rund zwei Jahren ist ein neues Spannsystem VSL der Spannbeton AG. in Bern erstmals verwendet worden. Dieses Verfahren vereinigt Ideen des BBRV- und Freyssinetsystems in sich und hat sich seither rasch entwickelt. Die damit gewonnenen Erfahrungen waren ebenfalls sehr gut.

### 3. Anwendung der Vorspannung in «Ortsbeton-Konstruktionen»

Die klassischen Anwendungsgebiete der Vorspannung im Hochbau sind die Balken und Rahmen. Die intensive

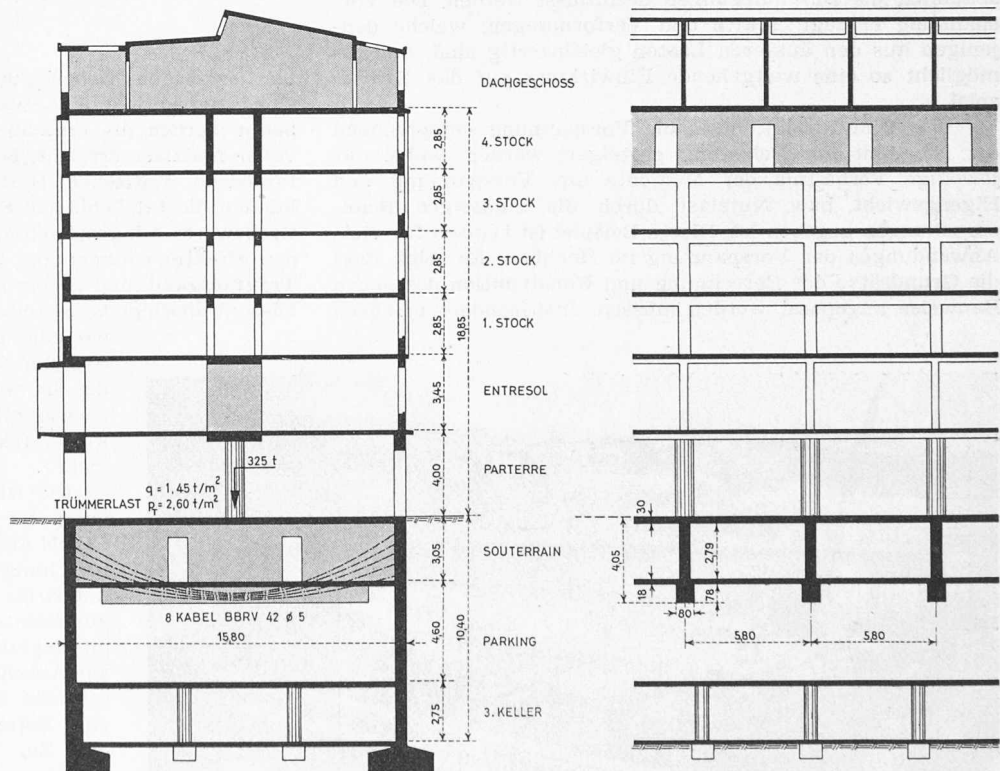


Bild 1. Schematischer Querschnitt durch das Geschäftshaus zum «Drachen» in Basel, mit Einstellhalle. Wandartiger, vorgespannter Träger  
Masstab 1:350

	1. Vorspannetappe	2. Vorspannetappe	3. Vorspannetappe
Vorspannkraft	$8 \times 27 = 216 \text{ t}$	$8 \times 50 = 400 \text{ t}$	$8 \times 75 = 600 \text{ t}$
Stahlspannung	$33 \text{ kg/mm}^2$	$61 \text{ kg/mm}^2$	$91 \text{ kg/mm}^2$
Betonspannung	Oben	$+ 5 \text{ kg/cm}^2$	$+ 22 \text{ kg/cm}^2$
	Unten	$+ 8 \text{ kg/cm}^2$	$+ 1 \text{ kg/cm}^2$
			$+ 5 \text{ kg/cm}^2$

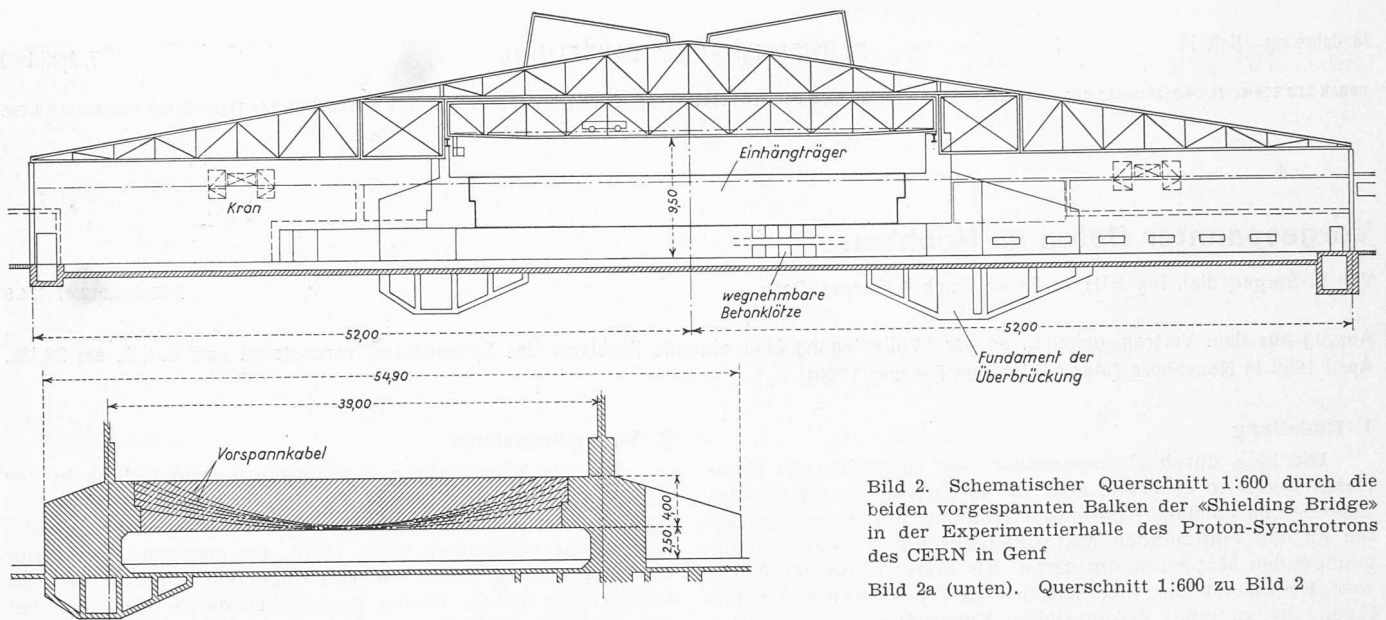
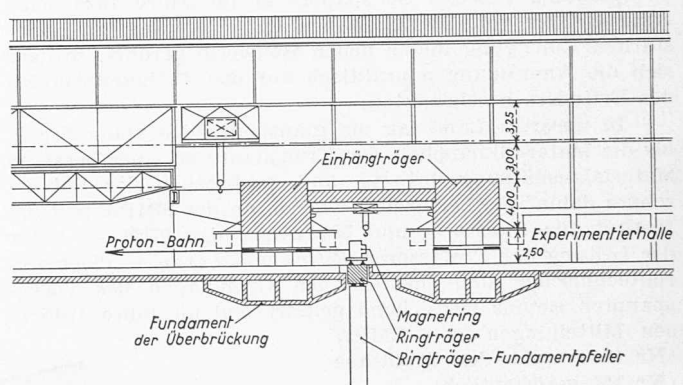


Bild 2. Schematischer Querschnitt 1:600 durch die beiden vorgespannten Balken der «Shielding Bridge» in der Experimentierhalle des Proton-Synchrotrons des CERN in Genf

Bild 2a (unten). Querschnitt 1:600 zu Bild 2

Ausnutzung des umbauten Raumes zwingt oft zu geringen Konstruktionshöhen, und betriebswirtschaftliche Erwägungen verlangen möglichst stützenfreie Räume (Einstellhallen, Verkaufsräume usw.). Da eröffnet sich dem vorgespannten Beton dank seiner Eigenschaften ein ideales Tätigkeitsfeld. Bild 1 zeigt den schematischen Querschnitt eines Geschäftshauses, dessen Lasten im Keller durch einen wandartigen, vorgespannten Träger aufgenommen werden, welcher eine Einstellhalle überbrückt. Während bei einem entsprechenden schlaff-armierten Träger die elastischen und plastischen Verformungen (Kriechen usw.) mit der aufgebrachtten Last proportional zunehmen und sich oft sehr nachteilig (Rissbildungen in Wänden usw.) auswirken, können mit der Vorspannung die Durchbiegungen beeinflusst werden. Die Vorspannung erzeugt Kräfte und Verformungen, welche denjenigen aus den äusseren Lasten gleichwertig sind, und ermöglicht so eine weitgehende Einwirkung auf das Kräftepiel.

Wie Bild 1 zeigt, muss die Vorspannung entsprechend der Zunahme der Belastung gesteigert werden, wobei das jeweilige Verhältnis der Momente aus Vorspannung und Eigengewicht, bzw. Nutzlast durch die zulässigen Beanspruchungen gegeben ist. Dieses Beispiel ist typisch für viele Anwendungen der Vorspannung im Hochbau. Es zeigt, dass die Grundsätze der Berechnung und Konstruktion der neuen Bauweise angepasst werden müssen. Insbesondere erfahren



die bisherigen Überlegungen hinsichtlich der Sicherheit eines Bauwerkes eine wesentliche Aenderung. Im Eisenbeton werden die errechneten max. Spannungen erst unter voller Nutzlast erreicht. Bei Konstruktionen mit schwer erfassbaren statischen Systemen und Auflagerbedingungen können die tatsächlichen Schnittkräfte durch angenommene Grenzwerte «eingeschachtelt» werden. Die Bewehrung, welche den effektiv notwendigen Querschnitt übersteigt, erhöht die Tragfähigkeit und Sicherheit des entsprechenden Bauteiles. Diese Überlegungen gelten beim Vorspannen nicht mehr, wo eine genaue Erfassung der statischen Systeme und Auflagerbedingungen notwendig ist, da eine zu grosse Vorspannkraft ebenso gefährlich werden kann, wie eine zu kleine (es gibt keine sog. «sichere Seite» mehr).

Die Bilder 2 und 3 zeigen die Anwendung der Vorspanntechnik beim Bau des CERN (Europäische Organisation für Kernforschung) in Meyrin. An der Stelle, wo der unterirdische Magnetringsring der Beschleunigungsmaschine (Proton-Synchrotron) durch die Experimentierhalle<sup>1)</sup> hindurchführt, sind zur Abschirmung der schädlichen Strahlung seitliche Betonwände von 5 bis 5,5 m und eine Betondecke von 1,8 m Dicke notwendig. Zur Durchführung der Experimente müssen an beliebigen Stellen kleinere und grössere Teile der Wände entfernt werden können. Zu diesem Zwecke wurde folgende Konstruktion gewählt: Die oberen Teile der beiden Seitenwände sind als selbsttragende Balken ausgebildet und überbrücken die ganze Hallenbreite von 36,5 m ohne Zwi-

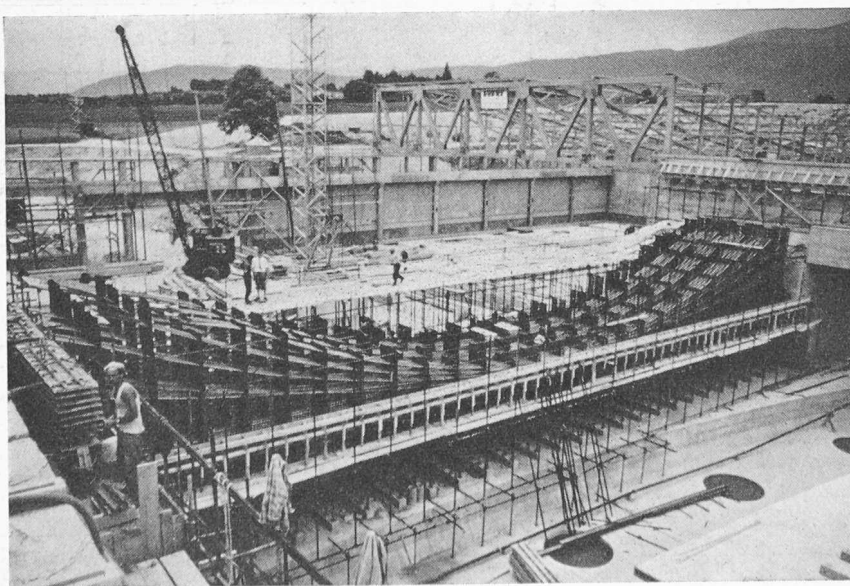


Bild 3. Balken gemäss Bild 2, Ansicht der 304 Kabel System Freyssinet, bestehend aus je 12 Drähten  $\phi$  7 mm

<sup>1)</sup> Siehe «Schweiz. Bauzeitung» 1954, Nr. 37, S. 540, Bild 2, Pos. 15, sowie S. 545, Bild 11.

schenabstützung. An der Unterfläche dieser Balken sind rd. 300 Betonblöcke von je rd. 6 t Gewicht an Laufschiene so aufgehängt, dass sie nach Bedarf ausgefahren werden können. Unter diesen hängenden Blöcken steht eine analoge Blockschicht auf dem Hallenboden, so dass zwischen diesen Blöcken ein durchgehender Schlitz von 30 cm auf der Höhe des Strahls freibleibt. Die beiden Träger sind oben mit Rippen gegenseitig verbunden, deren Zwischenräume mit wegnehmbaren Betonbalken und -platten ausgefüllt sind. Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass bei Umbauten der Versuchseinrichtungen nur sehr geringe Bruchteile der Lasten verschoben werden müssen, und dass deshalb keine störenden Deformationen des Baugrundes zu erwarten sind, was bei den kleinen zulässigen Toleranzen von besonderer Bedeutung ist.

Das Eigengewicht der Balken beträgt 5100 t, die angehängten Blöcke wiegen 1800 t und die Deckenkonstruktion 1200 t. Dazu kommen noch zwei Hallenkrane von 20 t Tragkraft. Um dem Beton die auftretenden Formänderungen infolge Temperaturänderungen, Schwinden, Vorspannung und Kriechen zu erlauben, ist die Spannweite von 36,5 m durch zwei Bewegungsfugen in zwei Kragarme von 1,6 m und einem Einhängträger von 33,3 m unterteilt worden, welcher auf Gummiauflagern ruht, die horizontale Verschiebungen zulassen. Die freien elastischen und plastischen Verformungen der Träger infolge der Vorspannung müssen gewährleistet sein, so dass die angenommenen Auflagerbedingungen erfüllt sind und keine Schäden an den benachbarten Konstruktionen entstehen. Unter Vollbelastung erfährt der Einhängträger ein Biegemoment von 29 700 mt. Zur Aufnahme dieser Beanspruchung war eine Vorspannkraft von 13 500 t notwendig, welche unter sämtlichen Belastungsfällen Zugkräfte ausschliesst. Zu bemerken ist noch, dass ein Teil der Konstruktion wegen des notwendigen Strahlenschutzes aus Barytbeton hergestellt wurde.

Neben der im Hochbau vorherrschenden Vorspannung von Balken und Rahmen kann diese auch bei Platten zweckmässig sein. Bild 4 zeigt eine vorgespannte Platte, welche über den Stützen massiv und im Feld als Hohlkörperperdecke ausgebildet ist. Auffallend sind dabei die Vorspannkabel, die wie ein Hängewerk wirken. Zur Gewährleistung der

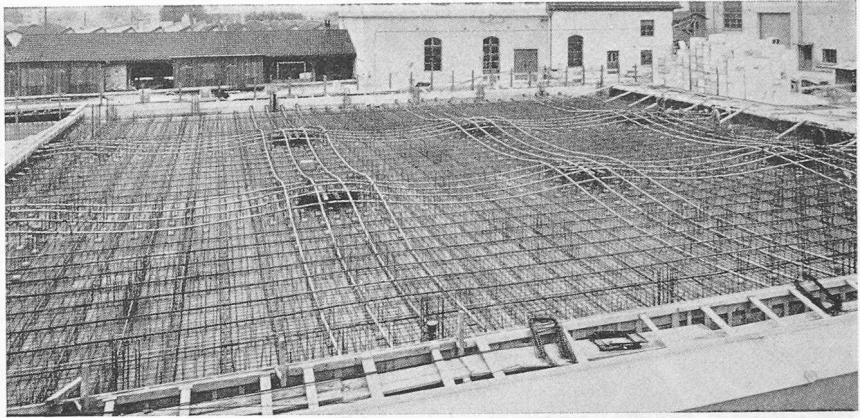


Bild 4. EKZ-Gebäude in Dietikon ZH, verlegte Vorspannkabel und schlaffe Armierung einer Platte

freien Verformbarkeit ruht die Platte durchwegs auf Gummipplattenlagern. Die Fugen gegen die Nachbarkonstruktionen werden erst nach erfolgter Vorspannung ausbetoniert.

Die genaue Erfassung des Kräftespiels von vorgespannten Platten ist jedoch schwierig; insbesondere im Hinblick auf die Auflagerbedingungen, welche aus konstruktiven Gründen nur schwer den Annahmen entsprechend geschaffen werden können (Verschieblichkeit, freie Drehbarkeit usw.). Immer häufiger dient die Vorspannung besonderen Zwecken. So werden Maschinen und Stahlkonstruktionen durch Vorspannkabel mit den Fundamenten verbunden. Mittels Felsankern werden Fundamente, Stützmauern, Brücken- und Wehrpfeiler usw. im Felsen oder entsprechendem Baugrund verankert. Dadurch können sehr grosse Kräfte einwandfrei übertragen werden, wobei insbesondere bei Wechselbeanspruchungen die Formänderungen auf ein Minimum beschränkt werden können. Zylinderschalen, deren Horizontal-schub durch vorgespannte Zugbänder aufgenommen wird, welche am Boden verlegt sind, zeigt Bild 5 (entspricht Bild 3 auf S. 752 von H. 51 der SBZ 1954).

Die Vorspannung hat zu einer bedeutenden Entwicklung von Flächen- und Schalentragerwerken aller Art (Faltwerke, Zylinder-, Kugel- und Buckelschalen, Hängewerke usw.) geführt. Diese Tragwerke zeichnen sich dadurch aus, dass sie vorwiegend durch Normalkräfte (Zug und Druck) beansprucht werden. Durch die Vorspannung gelingt es in idealer

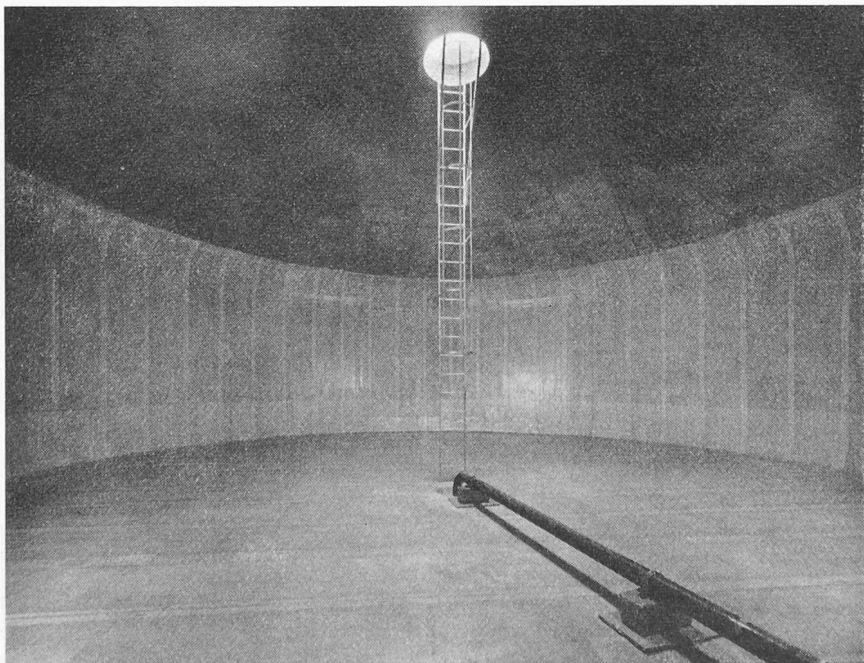


Bild 8. Innenansicht des Oelbehälters mit vorgespanntem Zugring, erbaut für die Firma Dr. A. Wander AG in Neueneegg

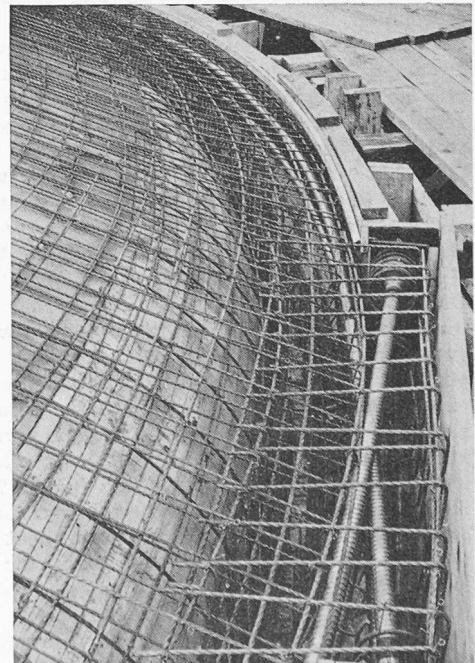


Bild 9. Tangential an den Behälterrand geführte VSL-Spannkabel von 100 t

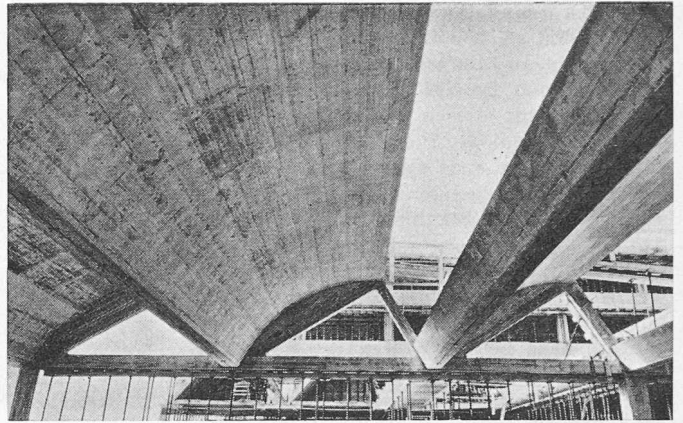
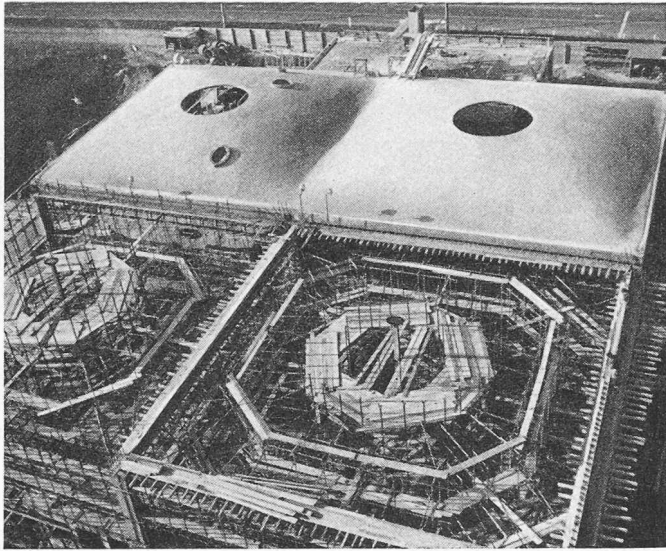


Bild 11. Neubau der Hasler AG in Bern, Vorgespannte Shedschalen (Spannweite 25,2 m, Axabstand 7,8 m) welche auf ein vorgespanntes Fachwerk von 24 m Spannweite abgestützt sind

Bild 10 (links). Carosseriewerke Ramseier & Jenzer in Biel, vorgespannte Buckelschalen

Weise, das Kräftespiel günstig zu beeinflussen, indem die Zugzonen «überdrückt» und dadurch praktisch zugspannungsfreie Flächentragwerke geschaffen werden können. Dem Baustoff Beton sind dadurch neue Möglichkeiten hinsichtlich Form, Spannweiten und Anwendungen erschlossen worden. Ein Falwerk in Spannbeton mit einer Axteilung von 3,5 m und einer Spannweite von 36 m, das quer als monolithisches Tragwerk wirkt, wobei die vollen Dachscheiben mit den Rinnenträgern durch Fensterpfosten verbunden sind, so dass in den Fensterebenen Rahmenträger entstehen, zeigen die Bilder 6 und 7 (entsprechen den Bildern 7 und 12 in SBZ 1959, Heft 40, S. 657 u. 659).

Die Forderung nach der Dichtigkeit lässt im Behälterbau die Anwendung der Vorspannung besonders vorteilhaft erscheinen. Vor allem eignen sich dafür die zylindrischen Behälter mit Kuppeln. Durch die Vorspannung gelingt es, die Biegespannungen abzubauen und so dem Membranspannungszustand möglichst nahe zu kommen. Insbesondere werden beim Bau von Kläranlagen, unterirdischen Oellagern, Wasserbehältern usw. immer mehr vorgespannte Behälter verwendet. Diese Entwicklung wird wesentlich durch das Aufkommen von plastischen Isolationen gefördert. Die Bilder 8 und 9 zeigen einen unterirdischen Oelbehälter von 900 m<sup>3</sup> Inhalt.

Während die Berechnung und Konstruktion von Kugelschalen schon längst bekannt ist, blieb die Ueberdeckung eines rechteckigen Grundrisses ein besonderes Problem. Mit Hilfe von Modellmessungen ist es gelungen, eine sehr tragfähige neue Schalenform zu entwickeln. Bereits sind bei uns einige solcher Buckelschalen ausgeführt worden, wobei jeweils die Randglieder vorgespannt wurden. Bild 10 zeigt den Bau einer Halle, welche mit Buckelschalen überdeckt ist. Gegenwärtig ist eine solche Schale mit einer stützenfreien Grundrissfläche von 60 m × 60 m im Bau, was deren ausgezeichnete Tragfähigkeit deutlich zeigt.

Die Forderung nach weitgespannten, stützenfreien Dachkonstruktionen mit blendungsfreiem Tageslicht hat im Industriebau zu einer häufigen Anwendung von vorgespannten Schalensheds geführt. Diese ermöglichen eine einwandfreie künstliche und natürliche Belichtung und eine wirtschaftliche Ueberdeckung grosser Spannweiten; sie sind feuersicher, staub- und rissefrei und benötigen keinen Unterhalt. Bild 11 zeigt Schalensheds, welche auf einem vorgespannten Fachwerk ruhen. Trotz der Spannweite von rund 24 m und den hohen Lasten konnte das Betonfachwerk sehr schlank ausgebildet werden, da vorwiegend Normalkräfte auftreten und die Knicklängen der Druckstäbe dank der Einspannung in den Schalen sehr klein sind. Die Biegespannungen (sog. Nebenspannungen im Fachwerk) werden durch die Vorspannung wesentlich verkleinert.

In den Schalen sind die Vorspannkabel im oberen und unteren Randglied aus konstruktiven Gründen geradlinig

geführt. Dies ermöglicht eine sehr einfache Verlegung, da die Kabel direkt auf die untere Armierung verlegt und gebunden werden. Sie sind kürzer und handlicher (siehe im Gegensatz dazu das Verlegen langer Kabel auf Bild 14) und weisen keine Reibungsverluste auf. Die Einleitung und Verteilung der Vorspannkraft in der Schale ist in bezug auf die Längsspannungen in Bild 17 generell dargestellt.

Die Vorspannung ermöglicht unter bestimmten Voraussetzungen eine freie (stützenlose) Ausbildung des oberen Schalenrandes, wobei den Verformungen besondere Beachtung zu schenken ist. Die Sheds sind unabhängig voneinander, was zu Vereinfachungen in der Konstruktion der Schalungen (sie kann auf der Fensterseite ausgefahren werden) und der Dilatationsfugen führt. Insbesondere wird dadurch die Vorfabrikation solcher Schalen möglich.

Die Bilder 12 und 13 zeigen Schalensheds einer Textilfabrik, welche in der Mitte durch einen Kastenträger gestützt werden. Dieser bildet gleichzeitig den notwendigen Raum für die Hauptkanäle und Installationen der Klimaanlage. Als Stichkanäle dienen die Shedrinnen.

Bei durchlaufenden Sheds ist eine gerade Kabelführung nicht mehr möglich. Die Vorspannung muss dem Verlauf der Hauptzugspannungen folgen, so dass die Kabel über den Stützen gegen den Schalenscheitel hin verlegt werden müssen, wie dies im Bild 14 dargestellt ist.



Bild 14. Neubau der Graeter & Cie. AG in Birsfelden, Durchlaufender, vorgespannter Schalenshed

Die nächsten Bilder zeigen einen Industriebau, dessen Stützen und Kranbahnen in Stahl ausgeführt wurden. Die vorgespannten Schalen bilden die Riegel der Rahmen und weisen ein sehr hohes Trägheitsmoment auf, so dass die Stützen annähernd total eingespannt sind. Dies ermöglicht eine wirtschaftliche Konstruktion von hoher Steifigkeit, welche für die drei übereinanderliegenden Kranbahnen (150 t, 60 t und 10 t) sehr erwünscht ist. Die Kranbahnen dienen während dem Bau für die verschieblichen Lehrgerüste der Schalen. So war es möglich, trotz den grossen Höhen (U.K. Shed 25 m, bzw. 15 m, bzw. 9 m) günstige Schalungspreise zu erhalten und sämtliche Sheds innert 8 Monaten auszuführen. Bild 15 gibt eine Uebersicht über die Baustelle, während Bild 16 einen Ausschnitt von der 18-m-Halle zeigt. Es ist für die nächste Bauetappe geplant, diese Sheds am Boden vorzufabrikieren und durch Pneukrane auf die Stützen zu heben. In Bild 17 ist die Einleitung und Verteilung der Vorspannkraft in der Schale in bezug auf die Längsspannungen dargestellt. Zur Montage der Krane werden an einzelnen Sheds Hebevorrichtungen angebracht, welche das Versetzen ganzer Kranträger ermöglichen. So musste z. B. ein auf 38 m gespannter Shed für eine Einzellast von rund 65 t in Feldmitte bemessen werden. Eine entsprechende Belastungsprobe ergab dafür eine max. Durchbiegung von 3,4 mm, was die hohe Steifigkeit solcher Schalentragwerke zeigt. Die Bilder 18 u. 19 vermitteln einen Eindruck von den Abmessungen dieser Sheds.

#### 4. Anwendung der Vorspannung in Fertigelement-Konstruktionen

Das Bauen mit Stahlbetonfertigteilen hat durch den vorgespannten Beton eine bedeutende Förderung er-



Bilder 12 und 13. Textilfabrik Schild AG in Bern. Grundrissfläche von rund 5000 m<sup>2</sup>, nur eine Stütze in Hallenmitte, vorgespannte Shedschalen von rund 36 m Spannweite, welche auf einem Kastenträger ruhen

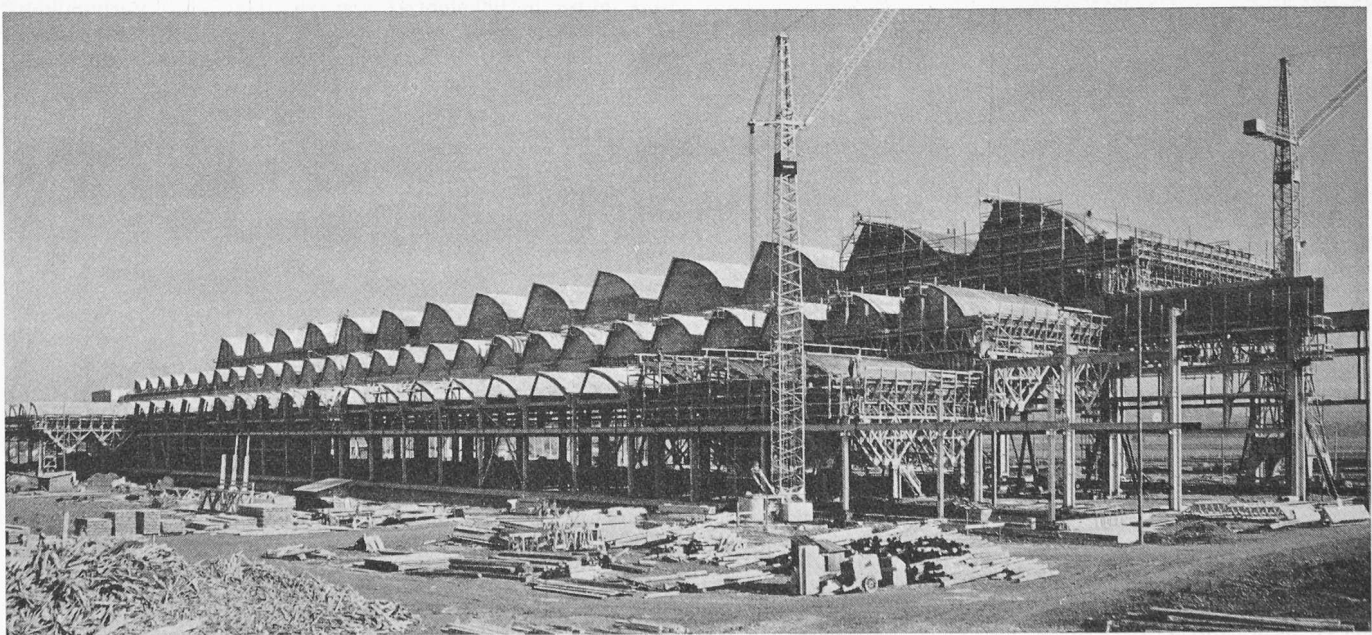
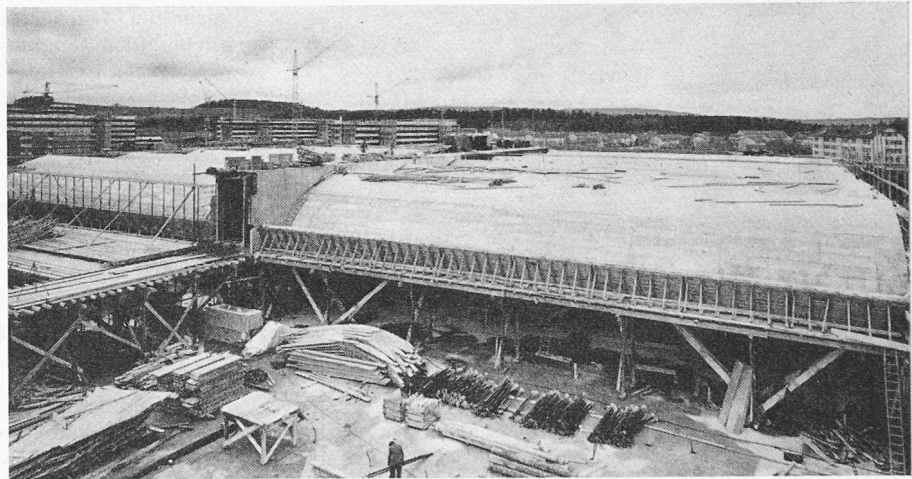


Bild 15. Werkhallen im Birrfeld der Brown, Boveri & Cie. AG. Vorgespannte Schalensheds von 38 m, 24 m und 18 m Spannweite. Die Schalung ruht auf verschieblichen Lehrgerüsten, welche auf die Kranbahnen abgestützt sind

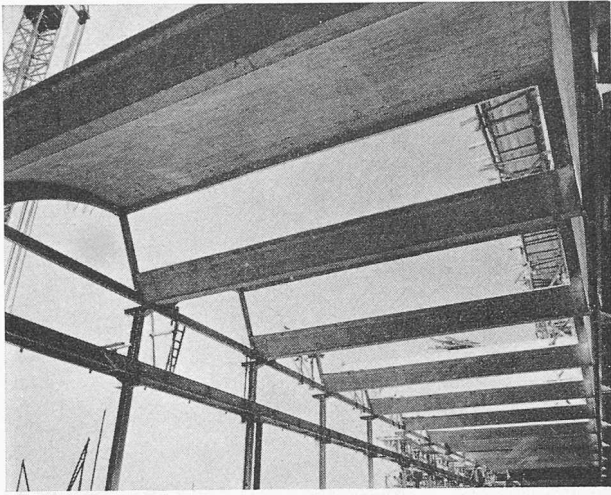


Bild 16. Ausschnitt der 18-m-Shedreihe Bauten Brown Boveri im Birrfeld

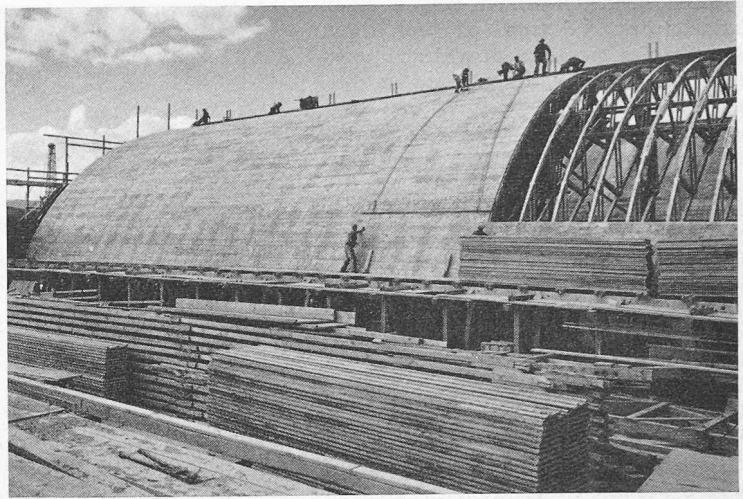


Bild 18. Montage der Schalung eines Sheds von  $l = 38$  m und  $b = 18$  m auf einem verschieblichen Lehrgerüst

halten. Die Forderung, Bauwerke zu schaffen, die in ihrer Qualität den Ortsbetonkonstruktionen ebenbürtig sind, be-

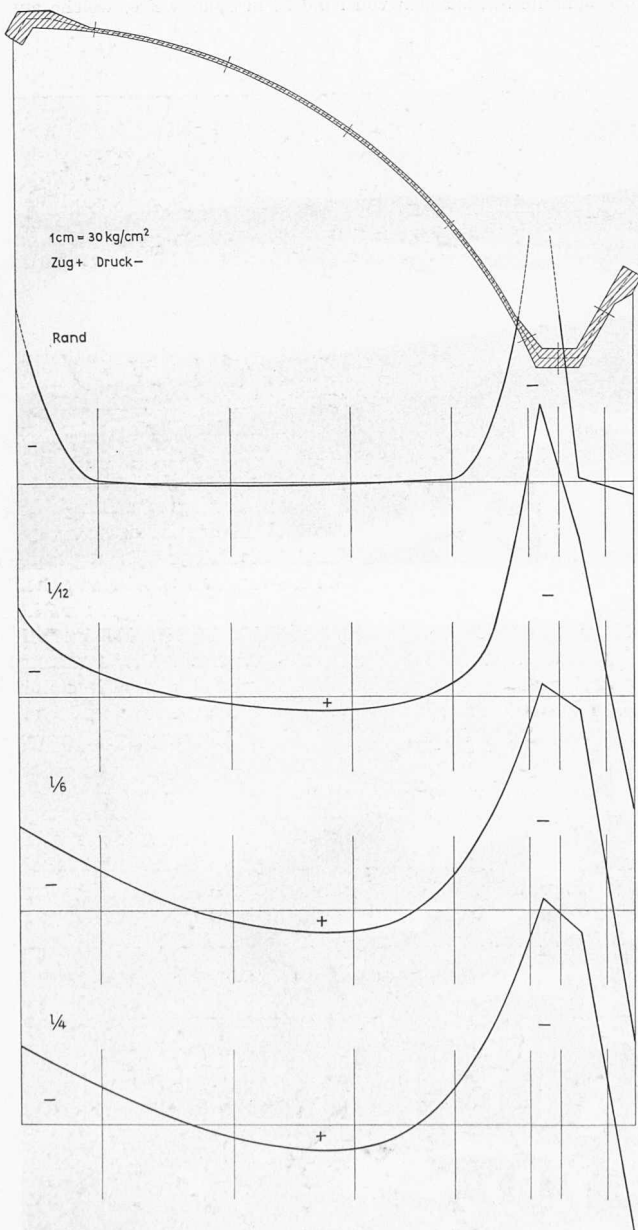


Bild 17. Schematische Darstellung der Längsspannungen infolge der Vorspannung im oberen und unteren Randglied einer Shedschale

dingt möglichst wenig Nahtstellen, führt also zu möglichst grossen Fertigteilen. Andererseits muss deren Gewicht den vorhandenen Baugeräten angepasst werden, damit nicht eine schwerfällige Montage die wirtschaftlichen Vorteile zunichte macht.

Die Montagebauweise wird immer grössere Bedeutung erhalten. Während es in der Vergangenheit stets wirtschaftliche Notzeiten waren, die zu verstärkter Anwendung dieser Bauweise führten, so sind es heute der Mangel an guten Arbeitskräften, das Bautempo, das Verhältnis zwischen Lohn- und Materialkosten, die Unabhängigkeit von der Witterung usw. Bezeichnend ist die Entwicklung in den sog. Oststaaten, wo die Montagebauweise vorwiegt und weiter entwickelt ist, als bei uns. So stehen in Russland Hebezeuge bis zu 120 t Tragfähigkeit für Bauzwecke zur Verfügung.

Die Vorspannung ermöglicht die volle Ausnutzung des Baustoffes, vermindert das Gewicht und erlaubt so möglichst grosse Fertigteile. Diese können auf der Baustelle oder in einem ständigen Betonwerk hergestellt werden. Den Ausschlag dürften im allgemeinen die wirtschaftlichen Gesichtspunkte geben. Dabei spielen natürlich auch die Transportmöglichkeiten, die Qualitätsansprüche, Unterhalt usw. eine Rolle. Je nach den Verhältnissen wird eine Teilmontage, d. h. Verbindung von Fertigteilen mit Ortsbetonteilen oder eine Vollmontage zweckmässig sein. Bei der Teilmontage muss berücksichtigt werden, dass eine Verbundkonstruktion aus zwei verschiedenartigen Baustoffen entsteht, indem die Fertigelemente andere Festigkeiten, Schwind- und Kriechmasse usw. aufweisen, als der Ortsbeton.

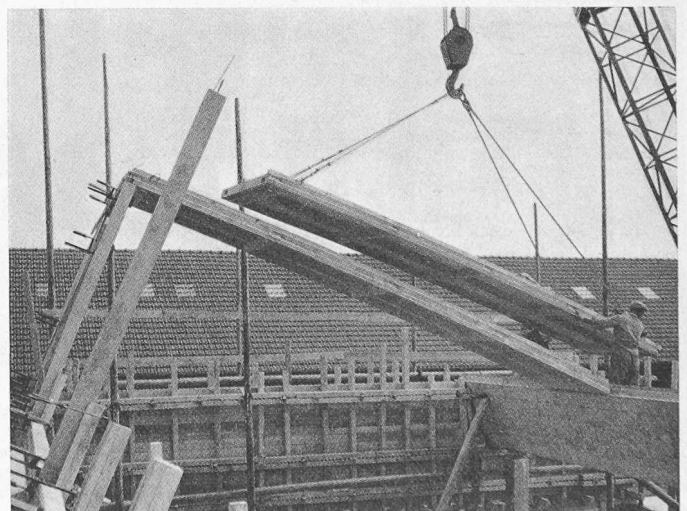


Bild 20. Versetzen vorgespannter Kassettenplatten für den Bau Bild 22

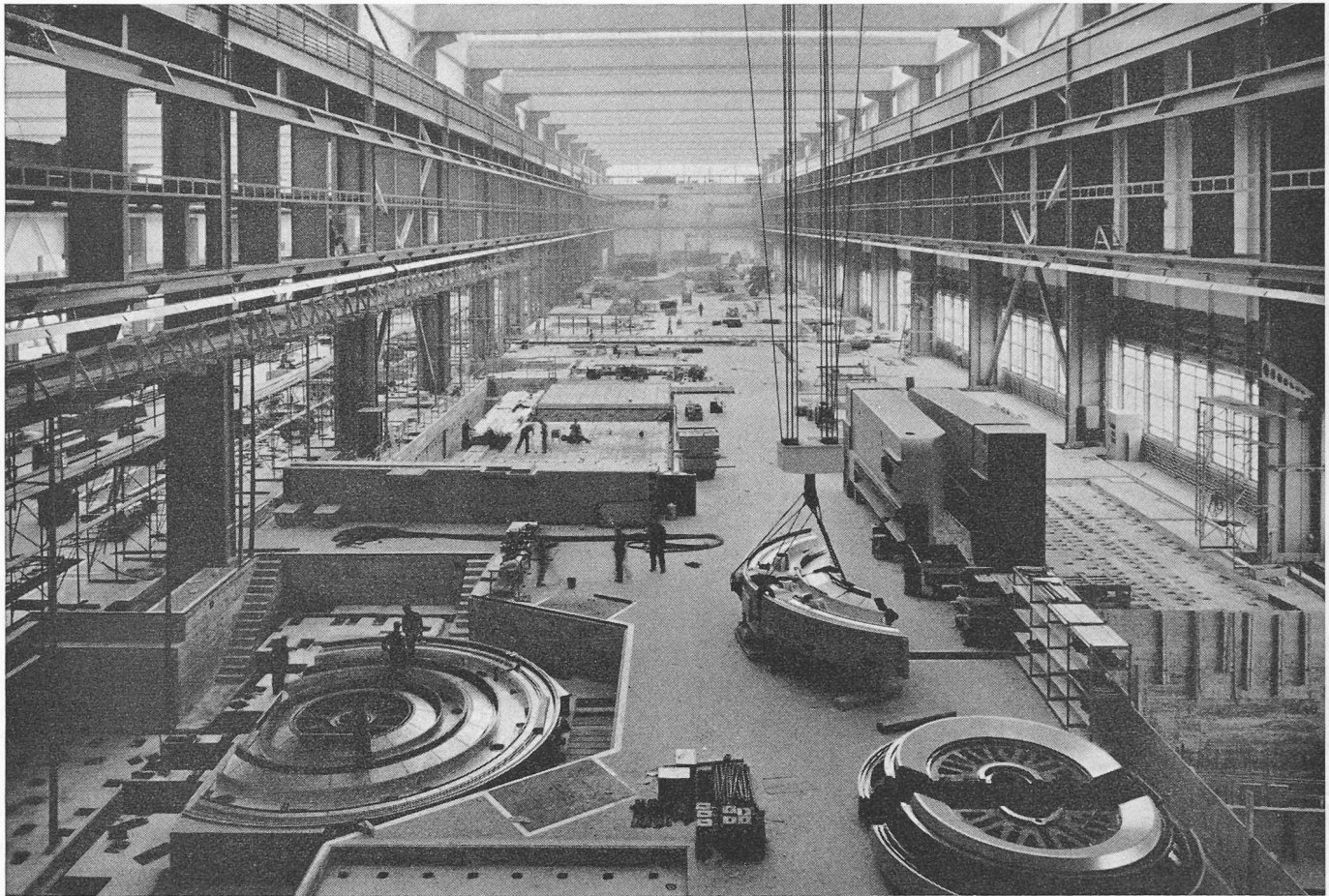


Bild 19. Innenansicht der Shedhalle Bild 15, lichte Höhe bis Unterkant Shed 25,5 m (siehe auch SBZ 1960, H. 9, S. 148, Bild 16)

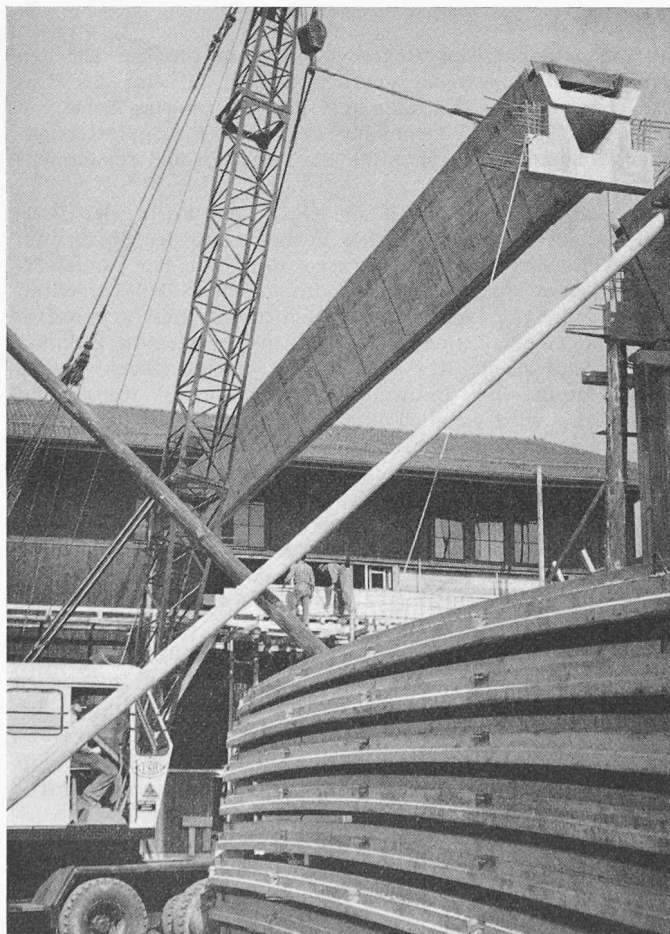


Bild 21. Versetzen vorgespannter V-Träger für den Bau Bild 22

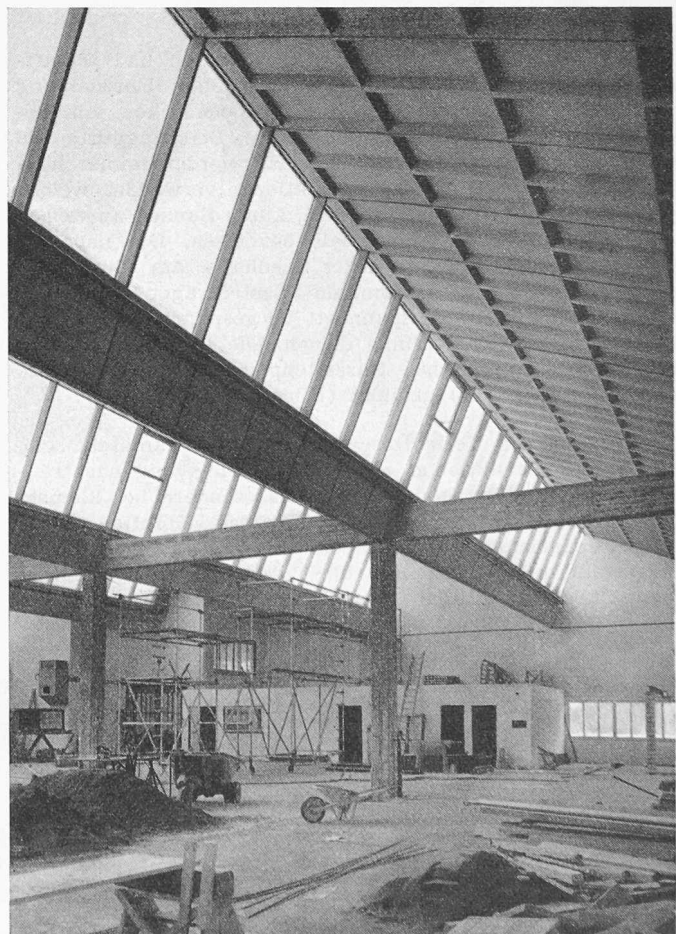


Bild 22. Vorfabrizierte Shedhalle für R. Aebi AG in Regensdorf ZH



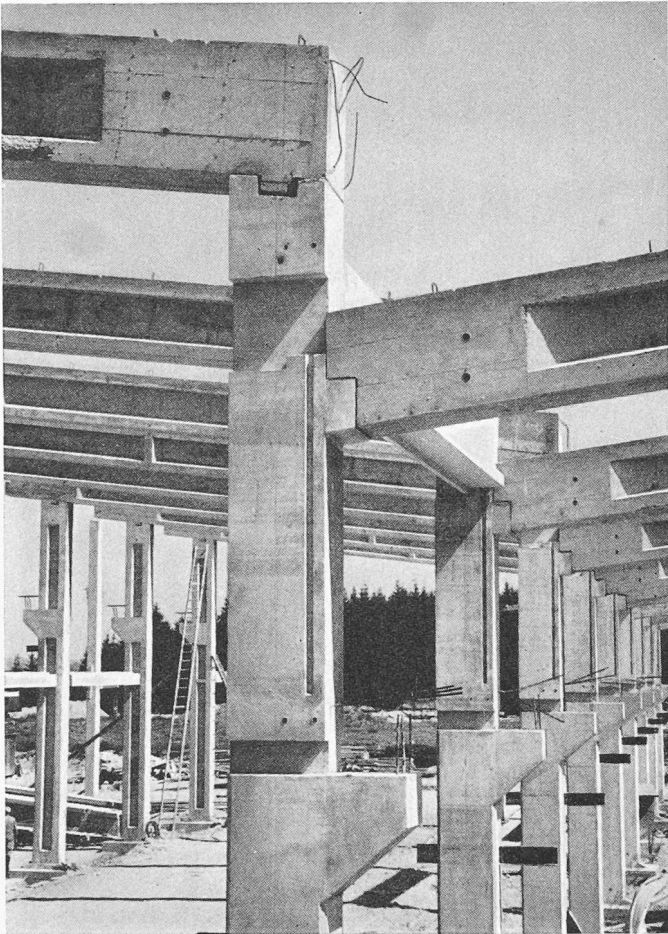


Bild 23. Details einer vorfabrizierten Halle der Stuaug in Zollikofen BE

Die Montagebauweise mit vorgespannten und schlaff-armierten Fertigteilen ist bei uns in voller Entwicklung begriffen. Weitverbreitet sind z. B. Rippendecken mit Betonhourdis, bei welchen vorgespannte Betonzuggurte die Stahlprofile ersetzen. Im Industriebau werden immer häufiger vorfabrizierte Hallenkonstruktionen verwendet, welche im allgemeinen wirtschaftlich sind, kurze Bauzeit aufweisen und praktisch keinen Unterhalt benötigen. Die nächsten Bilder zeigen die Montage einer Shedhalle. Als Haupttrag-element dienen die V-förmigen Kastenträger von 18 m Spannweite, welche im Spannbett vorgespannt wurden und gleichzeitig als Wasserrinne dienen. Die Dachflächen werden durch vorgespannte Kassettenplatten (von rund 120 kg/m<sup>2</sup> Eigengewicht) gebildet (Bilder 20 bis 22).

Je nach den Verhältnissen kann es zweckmässig sein, Spannbettkonstruktionen und Vorspannung mit nachträglichem Verbund zu kombinieren, insbesondere bei kleinem Verhältnis von Eigengewicht zu Nutzlast. Häufig werden auch Fertigelemente mit Kabeln auf der Baustelle selbst hergestellt und versetzt, um die Transportkosten abzumindern. Die Bilder 23 und 24 zeigen ein solches Beispiel.

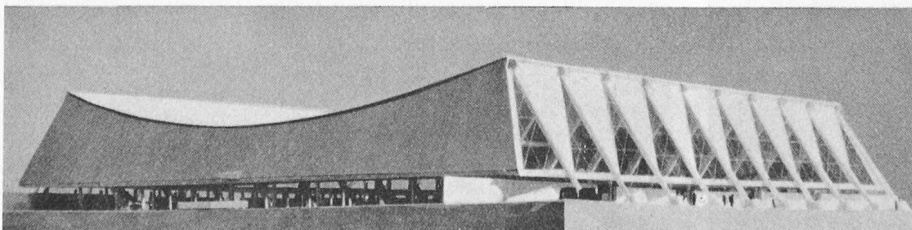


Bild 25. Projekt der Hyspa-Halle in Bern. Hängedach mit vorfabrizierten Dachplatten, welche auf Spannkabeln ruhen. Grundrissfläche rund 90 m × 90 m



Bild 24. Versetzen eines vorgespannten Riegels

Zur stützenfreien Ueberdeckung von grossen Flächen eignen sich Hängewerke vorzüglich. Bild 25 zeigt das Projekt einer Berner Festhalle mit einer Grundrissfläche von rd. 90 m × 90 m. Die Dachhaut wird durch Fertigplatten gebildet, welche von Vorspannkabeln getragen und zusammengespannt werden.

Unsere Ansprüche an die Güte und Form der Bauwerke steigern sich stetig. Die Verfeinerung der Statik und Festigkeitslehre und die bessere Kenntnis der Baustoffeigenschaften erschliessen uns immer neue Möglichkeiten der Formgebung, sparsameren Bemessung und grundsätzlich neue Konstruktionen. Der Ingenieur wird in Zukunft mehr schöpferisch tätig sein müssen, da die zweckmässige Durchbildung eines Bauwerkes dessen Gestalt weitgehend festlegt. So wird es auch immer mehr zu einer engen Zusammenarbeit zwischen Ingenieur, Architekt und Baumeister kommen müssen. Der Entwicklung des Spannbetons und seiner Möglichkeiten muss die formale Gestaltung und die Ausführung parallel folgen. Wie bei den Naturwissenschaften wird auch in der Bautechnik nur das Team-Work zum Ziele führen. Ohne Architekt, der den Möglichkeiten des dargebotenen Baustoffes Gestalt zu verleihen und ohne Unternehmer, der den wachsenden Ansprüchen zu genügen vermag, wird dem Bestreben des Ingenieurs kein Erfolg beschieden sein. Es ist klar, dass ein Vortrag in diesem Rahmen keinen umfassenden Einblick in das Schaffen des «Spannbetoningenieurs» zu bieten vermag. Meine Ausführungen wollten einige interessante Bauwerke zeigen, auf die Möglichkeiten des Spannbetons hinweisen und dem Leser einige Anregungen für eigene Planungen vermitteln.