

# Die "Buckelschale", ein interessantes Bauelement

Autor(en): **Weder, A. / Isler, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 23

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61927>

## **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.

wärts je nach Wirtschaftsentwicklung entstehen können. Bis zu jenem Zeitpunkt würden die Anlagekosten der Kraftwerke allein von gegenwärtig rund 2,83 Mld Franken auf 9,24 Mld Franken ansteigen. Auch bei einem Vollausbau der nutzbaren Wasserkräfte kann nur etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  der gesamten theoretischen Rohwasserkraft der Schweiz nutzbar gemacht werden, so dass es abwegig ist, zu behaupten, unser Land werde mit der Zeit als Folge der Energiegewinnung seines Schmuckes durch die fliessenden Gewässer beraubt. Die Erhaltung gesunder Gewässer, vor allem auch für Zwecke der Erholung, muss auch ein Anliegen derjenigen sein, die diese für die Energiegewinnung nutzen, weshalb Direktor Oesterhaus seinen Vortrag mit einem Appell für den Gewässerschutz schloss.

Anschliessend sprach Dr. P. Jaberg (Zollikon) über «Einige finanzielle und konjunkturpolitische Aspekte der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft». Er unterzog vorerst die durch das Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft publizierte Gesamtbilanz der Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung einer Untersuchung und stellte fest, dass diese Bilanz ein überaus erfreuliches Bild bietet. Nicht nur sind praktisch alle Immobilisationen langfristig finanziert, sondern es ist auch das Verhältnis zwischen Eigen- und Fremdkapital als sehr günstig anzusprechen. Die im Betrieb befindlichen Anlagen waren 1953 auf 36 % abgeschrieben, gegenüber 42 % im Jahre 1940. Eine Analyse der Gewinn- und Verlustrechnung zeigt auf der Ausgabenseite folgende Posten: Verwaltung, Betrieb und Unterhalt 35,9 %, Steuern, Wasserzinsen und Abgaben 22,6 %, Zinsen 9,3 %, Dividenden 3,7 %, Abschreibungen, Rückstellungen und Fondseinlagen 28,5 %. Beim Betrachten dieser Zahlen fällt in der Tat auf, in welcher grosszügiger Weise sich die öffentliche Hand bedient. Die Einnahmenseite besteht praktisch nur aus dem Erlös der Energieabgabe.

In diesem Zusammenhange flocht Dr. Jaberg einige Bemerkungen über die *Abschreibungsgrundsätze* der Elektrizitätsunternehmungen ein, denen für die Gestaltung des Selbstkostenpreises der Elektrizität grosse Bedeutung zukommt. Die Rücklagen bewegten sich in den letzten drei Jahren um die 4 % des Anlagewertes herum. Es liesse sich auch eine vorübergehende Verringerung der Abschreibungsquote sogar unter die als sakrosankt geltenden 3% verantworten, wobei mindestens an eine unterschiedliche Behandlung der Bauten

und der Verteilanlagen zu denken wäre. Gerade bei den Bauten, die jetzt im Gange sind, entfallen ausschlaggebende Beträge auf die Staumauern, so dass eine neue Ueberprüfung der Abschreibungsmodalitäten am Platze sein dürfte.

In bezug auf die *Tarifgestaltung* vertrat der Referent die Auffassung, dass möglichst niedrige, rationell abgestufte Elektrizitätspreise für unsere Volkswirtschaft von grösster Bedeutung sind. Andererseits geht dem Interesse an niedrigen Tarifen dasjenige der Ermöglichung des vollständigen Ausbaus unserer Wasserkräfte vor. Das will heissen, dass die Werke durch genügende Preise in die Lage versetzt werden müssen, ihre finanzielle Lage so gesund zu erhalten, dass ihr Kredit unerschüttert bleibt. Trotz im grossen und ganzen seit 1940 stabil gebliebenen Energiepreisen haben sich die Elektrizitätswerke glänzend entwickelt und finanziell konsolidiert, dies vor allem dank der rationelleren Ausnutzung der Anlagen und der Kapitalbeschaffung zu niedrigen Zinssätzen. Die *Bauverteuerung* konnte bisher durch die *Zinersparnisse* mehr als aufgewogen werden. Hierbei ist wohl zu beachten, dass damit nur Aussagen gemacht werden über die Gesamtlage der Elektrizitätswerke, wobei sehr erhebliche Abweichungen nach oben und nach unten naturgemäss gegeben sind.

Was das für den Bau neuer Wasserkraftwerke massgebende *Tempo* anbelangt, so sprach sich Dr. Jaberg dafür aus, dass es nicht überstürzt werde. Es besteht kein Anlass für eine Torschlusspanik; die grossen Projekte sind aufgeteilt und können vernünftigerweise fast nur noch als Gemeinschaftswerke ausgebaut werden. Konkurrenzangst sollte daher nicht mehr zu einer Ueberforcierung führen, mit der unangenehmen Folge einer Zusammenballung der Aufträge und der möglicherweise unsorgfältigen Arbeitsvorbereitung. Bei einem gemächlicheren Bauen können auch Fortschritte im Bau- und Konstruktionsverfahren besser zur Geltung gezwungen werden. Auch für die Finanzierung würde sich eine Fristerstreckung nur vorteilhaft auswirken. Jedenfalls hat es keinen Sinn, die bestehende Ueberkonjunktur durch Vorwegnahme von Arbeiten, die später vielleicht sogar besser geleistet werden können, noch zu überspitzen, statt diesen Arbeitsvorrat für andere Zeiten etwas zu schonen. Auch bei der Beurteilung dieser Fragen muss, wie bei aller wirtschaftlichen Tätigkeit, das Wohl des Landes oberste Richtschnur sein.

## Die «Buckelschale», ein interessantes Bauelement

Von Dipl. Ing. A. Weder und Dipl. Ing. H. Isler in Firma Weder & Prim, Burgdorf und St. Gallen

DK 624.074.4.012.47

### 1. Allgemeines

Eine Forderung des heutigen Bauens ist die wirtschaftliche Konstruktion grosser, stützenfreier Räume. Es ist bekannt, dass die Lösung dieses Problems bei einstöckigen Bauten am besten mit Schalenkonstruktionen gelingt, wobei sich die Anwendung meist auf Sheds, Kreiskuppeln und Zylinderschalen beschränkt; denn diese Tragwerke sind rechnerisch noch mit tragbarem Aufwand zu erfassen. Nur ver-

einzel wurden weitere Schalenformen entwickelt, so z. B. verschiedene Arten von gewölbten Shed, oder Schalen mit zylindrischem Mittelteil und kuppelförmig gekrümmten Endstücken.

Der Wasserbehälter «Fernstallwald» in Burgdorf<sup>1)</sup> und der neue Kino «Rex» in Rorschach boten den Verfassern Gelegenheit, Schalen mit grösseren Spannweiten zu projektieren und auszuführen. Bei der Kreiskuppel des Behälters (Durchmesser 22 m) waren keine theoretischen Schwierigkeiten zu überwinden, während sich bei der Dachschaale über dem Kinoraum (einem Zylinder mit einseitigem, kuppelförmigem Endstück) bereits die Unmöglichkeit einer genügend genauen Berechnung zeigte, so dass ihre Daten auf Grund von Modellversuchen von Dipl. Ing. E. Schmidt in Basel ermittelt werden mussten. Bei beiden Schalen waren die grossen Vorteile der Vorspannung offensichtlich.

Auf Grund dieser eigenen Erfahrungen und nach Studium der Literatur über früher ausgeführte Schalentragwerke in der Schweiz und im Ausland entstand der Gedanke zur Weiterentwicklung einer Schale über rechteckigem Grundriss. Einzelne Ueberlegungen, auf welche wir im folgenden zurückkommen, führten zu der Lösung einer allseitig stetig gekrümmten, flachen Schalenkonstruktion mit niederen, vorgespannten Randträgern. Die Schale ist dadurch gekennzeichnet, dass sie im Vergleich zur Zylinderschale einen bedeutend höheren Beulwert besitzt und somit bei gegebener Beulsicherheit viel grössere Spannweiten erlaubt.

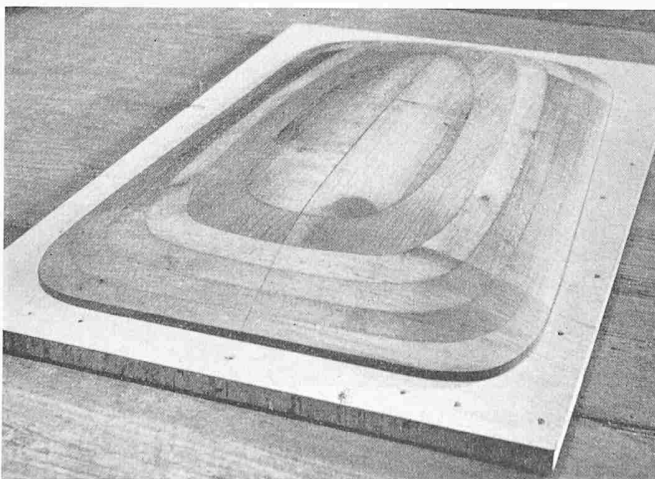


Bild 1. Hartholzmodell im Masstab 1:30

1) SBZ 1955, Nr. 16, S. 236\*

Da eine theoretische Berechnung eines solchen Tragwerkes nicht möglich ist, war man sich von vorneherein klar, dass nur Modellversuche genügenden Aufschluss über die vorliegenden Tragverhältnisse geben konnten.

## 2. Modellversuche

Zunächst wurde die Schale im Masstab 1:30 modelliert und in Hartholz durch einen Modellschreiner nachgebildet (Bild 1). Darnach musste die wichtige Frage des Modellbaustoffes und der Messmethode abgeklärt werden. Auf Grund der neuesten Erfahrungen von Prof. Dr. P. Lardy an der ETH wurde für das Modell Plexiglas verwendet, und für die Messungen bediente man sich der Methode der elektrischen Dehnungsmessstreifen in Verbindung mit einem Philips-Messgerät<sup>2)</sup>.

Das Pressen des 3,4 mm dicken Plexiglaskörpers (Bild 2) stellte an das handwerkliche Können der Fachleute, die ihn ausführten, grosse Anforderungen. Die Herstellung gelang sehr gut, wobei die grösste Abweichung gegenüber der Hartholzlehre  $1/10$  mm betrug. Die verschiedenen Bauteile des Modelles wurden nun mit grossem Arbeitsaufwand entworfen und gebaut, wobei fortlaufend neue Probleme zu lösen waren. Schliesslich konnte die ganze Anlage im Laboratorium für Elektrotechnik am Kant. Technikum in Burgdorf montiert werden (Bilder 3a und 3b). Die einzelnen Teile sollen nachstehend kurz beschrieben werden.

a) *Belastung.* Ein System von Waagbalken verteilt die Last über 64 Aufhängestellen auf die Schale. Plexiglasstücke und Schaumgummiunterlagen sorgen für eine möglichst gleichmässige Belastung über die ganze Dachfläche.

b) *Vorspannung.* Mit Hilfe einer Oelpumpe, eines Verteilsystems und kleiner Kolben können die Miniaturspannkabel einzeln oder in Serie mit einer Kraft von rd. 100 kg gespannt werden. Dabei laufen diese Kabel durch ausgebohrte Längsrinnen in den Plexiglasrandträgern und sind über Holztrommeln verankert.

c) *Elektrische Messanlage.* (Mitarbeiter: Dipl. Ing. H. Bieffer, Burgdorf). 74 Dehnungsmessstreifen wurden an den besonders interessierenden Punkten der Dachschale aufgeklebt und über eine Schaltanlage mit den Registriergeräten ver-

<sup>2)</sup> In diesem Zusammenhang weisen wir auf Veröffentlichungen hin, die in nächster Zeit aus dem Institut für Baustatik und Massivbau an der ETH erscheinen werden.

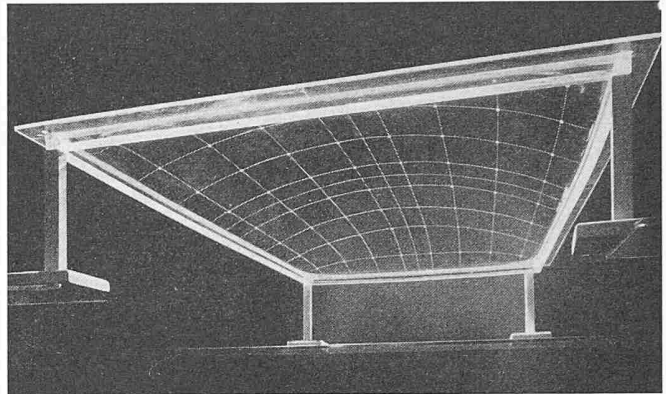


Bild 2. Modell im Masstab 1:30 in Plexiglas

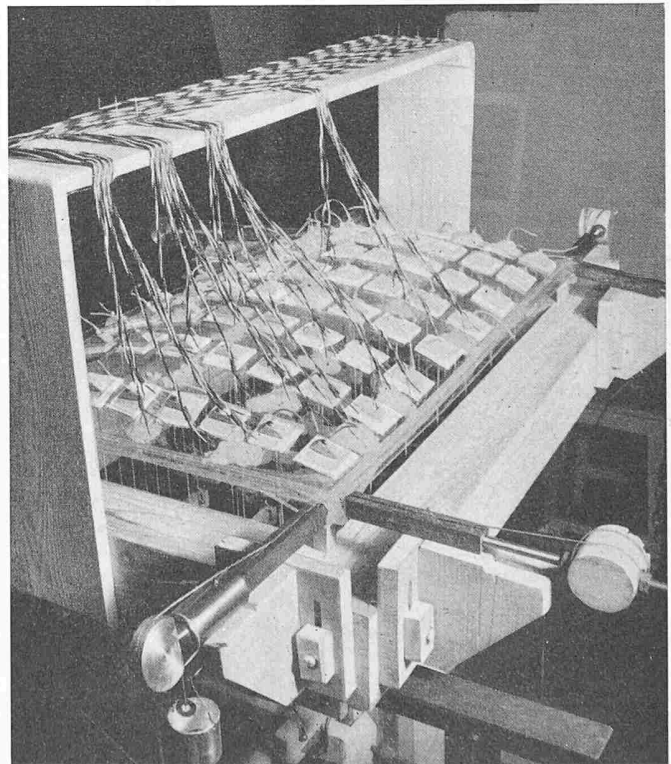
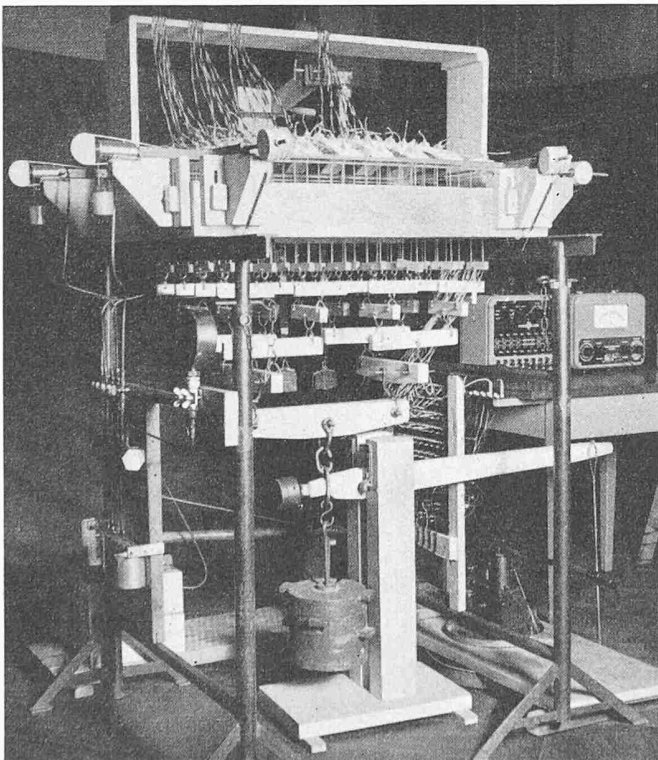
bunden. Da die Messungen sehr empfindlich gegen Spannungsschwankungen im Netz sind, wurde die ganze Anlage an einen Generator mit genauester Spannungsreglung angeschlossen.

In wochenlanger Arbeit wurden nun alle wichtigen Daten der Schale (Normalkräfte, Momente, Beulsicherheit usw.) ausgemessen und umgerechnet und damit die Grundlagen für eine einwandfreie Dimensionierung geschaffen. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Festlegung der günstigsten Vorspannkraft und dem Einfluss der Auflagerungsart gewidmet. Es zeigte sich denn auch, dass diese zwei Faktoren von grosser Wichtigkeit sind, und dass sie das Kräftespiel in der Schale entscheidend beeinflussen.

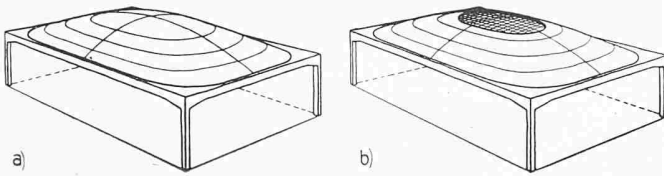
Die Ergebnisse der Modellversuche, über welche an anderer Stelle berichtet werden soll, ergaben die sehr gute Tragwirkung dieser «Buckelschale». Es zeigte sich, dass diese allseitig gekrümmte Schale den Zylinder- oder Shedschalen eindeutig überlegen ist.

## 3. Grundelement und dessen Abwandlungen

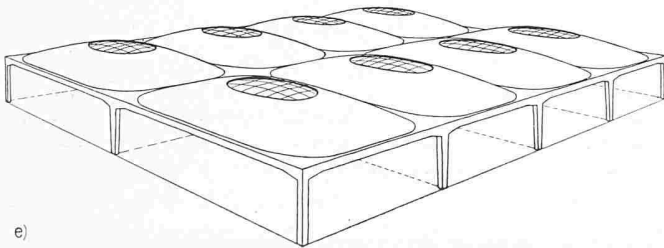
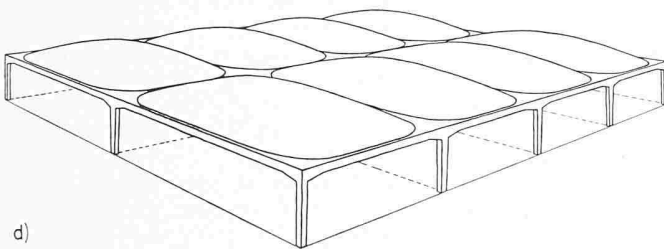
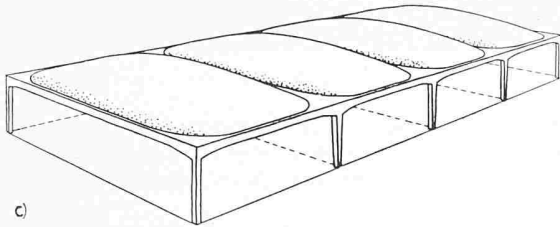
Als Grundelement kann die Einzelschale auf vier Eckstützen angesprochen werden (Bilder 4a und 4b). Ihre besonderen Vorteile liegen im säulenfrei überdeckten Raum von mindestens 400 m<sup>2</sup> und in den stützenlosen Seitenflächen, welche grosszügige Verglasungen oder grossflächige Tore zulassen. Bei stetiger Stützung auf zwei oder vier Seiten



Bilder 3a und 3b. Versuchsanlage zum Belasten und Messen der Dehnungen am Plexiglasmodell



Bilder 4a und 4b. Grundformen der Einzelschale auf vier Eckstützen



Bilder 4c, 4d, 4e. Verschiedene Kombinationen von Einzelschalen

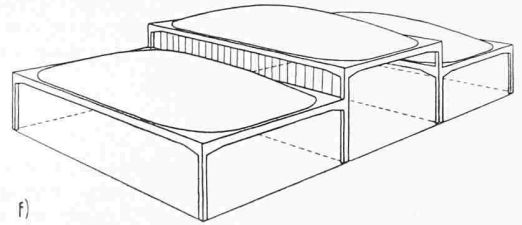


Bild 4f. Halle mit in der Höhe versetzter Einzelschale

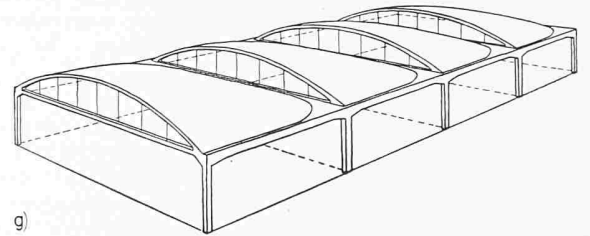


Bild 4g. Hallendach, gebildet aus in der Mitte aufgeschnittenen Einzelschalen

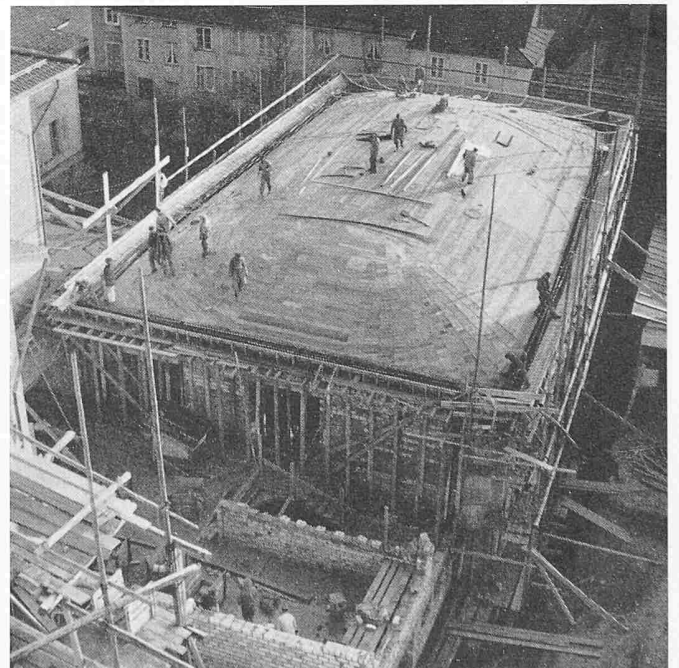
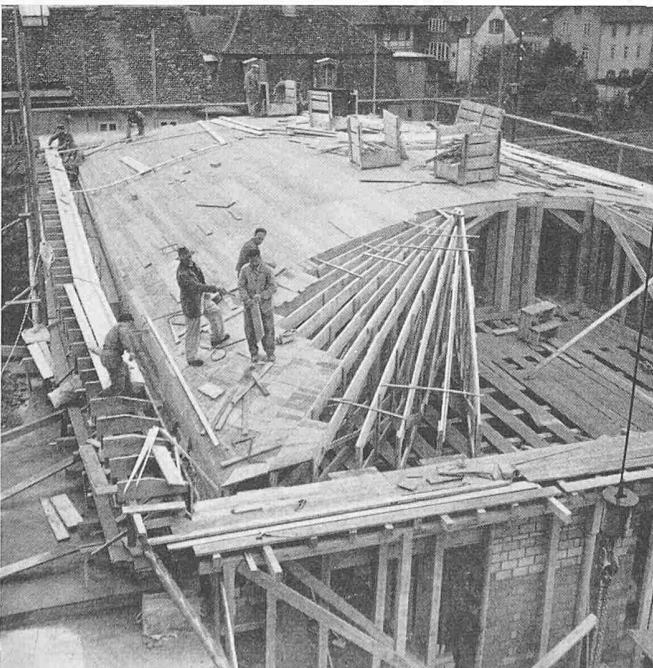
ändert sich das statische Verhalten, so dass die Vorspannkraft wesentlich vermindert werden kann.

Durch Heben des Grundelementes auf der Schmal- oder Breitseite können pultdachähnliche Wirkungen erzielt werden, was unter Umständen architektonische und beleuchtungstechnische Vorteile mit sich bringt. Durch das Aneinanderreihen solcher Einzelschalen (Multiplikation des Grundelementes) kann jede beliebig grosse Grundfläche mit einem Minimum an Innenstützen überdeckt werden (Bilder 4c, 4d und 4e). Durch das Höhersetzen jeder zweiten Schale oder bei grossflächigen Hallen durch schachbrettartiges Versetzen erhält man zusätzliche Fensterflächen und überdies günstige Bedingungen für Kranbahnen in Industriebauten (Bild 4f). Stellt man ganze Schalen schief, oder schneidet man sie in der Mitte auf, so entstehen Dachformen mit Shedbeleuchtung (Bild 4g).

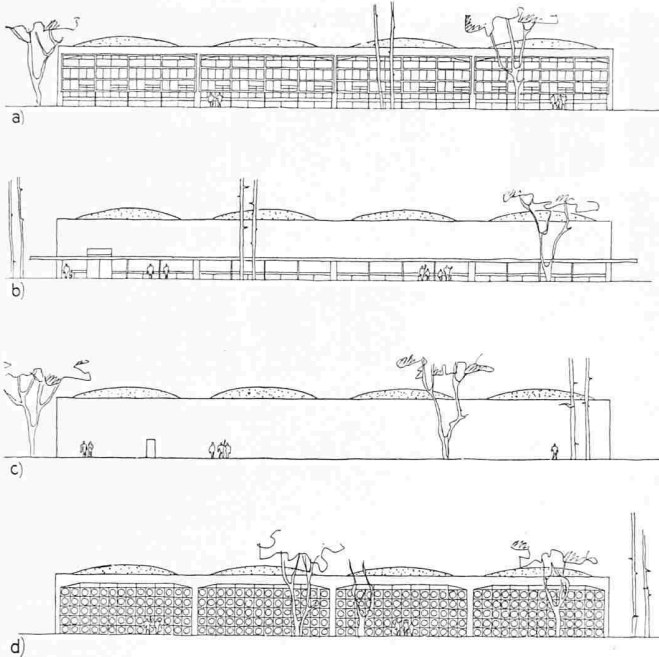
#### 4. Bauausführungen

Nachdem die theoretischen Grundlagen beschafft waren, konnte zur praktischen Ausführung solcher Schalen geschritten werden.

a) *Grundelement.* Anlässlich des Neubaus Hotel Kreuz in Langenthal (Arch. H. Sohm, Utzenstorf) stellte sich das Problem der stützenfreien Ueberdeckung des Konzertsalles



Bilder 5a und 5b. Herstellung der Schalung für den Neubau des Hotels Kreuz in Langenthal



Bilder 7a, 7b, 7c, 7d. Verschiedene Ausführungsformen von Gebäuden mit Dächern aus mehreren Buckelschalen

mit den Abmessungen 24,50/14,50 m. Auf Grund eingehender Kostenvergleichsberechnungen wurde eine allseitig gekrümmte, vorgespannte Eisenbetonschale gewählt und ausgeführt. Zunächst galt es, die entsprechende Schalung abzubinden und zu montieren. Dazu wurden alle 80 cm Lehren eingebaut, was ermöglichte, die «Buckelform» mit grosser Genauigkeit und relativ geringem Arbeitsaufwand nachzubilden (Bilder 5a und 5b). Anschliessend verlegte man die Vorspannkabel (System BBRV) und die schlaffen Armierungseisen, wobei die Eckausbildung mit den sich kreuzenden Spannkabeln besondere Aufmerksamkeit erforderte.

Dank sorgfältiger Siebanalysen und exakter Betonzubereitung war es möglich, mit einer Dosierung von 325 kg Zement pro m<sup>3</sup> Beton eine Druckfestigkeit von 500 kg/cm<sup>2</sup> nach 28 Tagen zu erreichen (Ausführung Gemeinschaftsunternehmen Hornung & Witschi, Langenthal). Nach Vorspannung und Injektion wurde die Dachschale Ende 1954 ausgeschalt; die vorgenommenen Messungen und Beobachtungen ergaben ein durchwegs «modellmässiges» Verhalten des fertigen Bauwerkes (Bild 6).

b) *Multiplikation des Grundelementes.* Bei einem im Bau befindlichen Neubau einer Glasfabrik wird durch Aneinanderreihen von drei «Grundelementen» ein stützenloser Raum von 25/50 m (1250 m<sup>2</sup>) geschaffen. Da die gesamte Halle nur auf acht Stützen steht, kann der Baustoff Glas bei der Konstruktion der Aussenwände nach Belieben angewendet werden, sodass eine maximale seitliche Belichtung entsteht. Es ist vorgesehen, die drei Schalen nacheinander herzustellen, da die dreimalige Verwendung der Schalung eine grosse Kostenersparnis mit sich bringt. Ebenso soll die vorgesehene 50 mm Perfekta-Isolation direkt als Schalung benützt werden, wo-

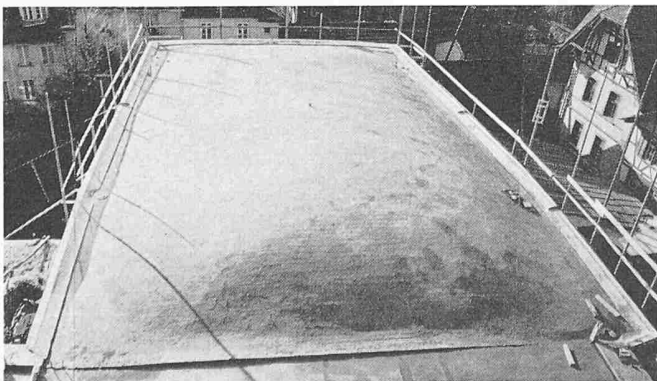


Bild 6. Fertiges Schalendach (Hotel Kreuz, Langenthal)

mit der Holzverbrauch stark herabgesetzt wird, da nur die Lehren abgebunden werden müssen.

### 5. Baukosten

Wohl der grösste Vorteil dieses neuen Bauelementes sind die ausserordentlich geringen Baukosten, mit welchen sich die grossen, stützenfreien Räume in massiver Bauweise herstellen lassen. Bei einer stützenlosen Bodenfläche von rd. 25/16 m und einer Raumhöhe von rd. 6 m ergeben sich mit den Richtpreisen vom 1. März 1955 folgende Werte pro m<sup>2</sup> überdeckter Grundfläche (Dachkonstruktion einschliesslich Randträger [Fensterstürze] und Stützen, ohne Brüstungen und Fundamente) in runden Zahlen:

Art der Arbeiten	Typ 1, 25/16 m Allseitige Stützung	Typ 2, 25/16 m 4 Eckstützen
Rohe Tragkonstruktion	Fr. 55.—	Fr. 67.—
Dachbelag	Fr. 16.—	Fr. 16.—
Isolation	Fr. 8.—	Fr. 8.—
Total pro m <sup>2</sup>	Fr. 79.—	Fr. 91.—

Diese Preise lassen sich bei mehrmaliger Wiederholung des Grundelementes sowie bei Anwendung billigerer Isolationen und Dachbeläge noch herabsetzen.

### 6. Konstruktive Fragen und architektonische Möglichkeiten (Mitarbeiter: Arch. Hesterberg & Fritz, Bern)

Nicht nur in statischer und wirtschaftlicher Beziehung, sondern auch im Hinblick auf verschiedene konstruktive Einzelheiten hat die entwickelte «Buckelform» grosse Vorteile gegenüber den herkömmlichen Bauweisen der Satteldächer, Pultdächer oder Sheds. Nachstehend sollen drei diesbezügliche Fragen aufgegriffen werden:

a) *Belichtung.* Das Problem kann durch den Einbau von Glasbausteinen einwandfrei gelöst werden (Bilder 4b und 4e). Es besteht der Vorteil der direkten und senkrechten Belichtung, wobei die Blendwirkungen durch die Glasbausteine selbst und wenn nötig durch einen Lamellenraster ausgeschaltet werden. Am höchsten Punkt der Schale staut sich die Wärme an und der Schnee schmilzt über den Glasbausteinen fortwährend ab; zudem ist eine Schneeräumung viel einfacher als z. B. im Zwickel eines Shedbaues.

b) *Heizung.* Das Volumen des Raumes ist im Verhältnis zum Satteldach, Pultdach oder Shed bedeutend kleiner, so dass namhafte Einsparungen an Heizmaterial entstehen. Die Schalenform begünstigt zudem eine gute Zirkulation der Luft im Raum und trägt damit zu einer gleichmässigen Erwärmung bei.

c) *Dichtung.* Ausser der eigentlichen Dachhaut und der Ausbildung der seitlichen Ablaufrinnen entstehen überhaupt keine Dichtungsprobleme, was einen billigen Unterhalt der Gesamtkonstruktion gewährleistet. Schwitzwasserbildungen an der Innenseite der Oberlichter werden durch die Warmluftzirkulation vom Raumluftwärmer her verhindert.

Nachdem das Bauelement geschaffen und sein statisches Verhalten abgeklärt ist, hat der entwerfende Architekt nunmehr alle Freiheiten zur Auswertung der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. Besonders das Aneinanderreihen von mehreren Grundelementen führt, verbunden mit entsprechender architektonischer Fassadengestaltung, zu klassischen Architekturformen (Bild 7).

Die Schalen können natürlich gemäss den jeweiligen Besonderheiten in gewissen Grenzen abgewandelt werden; besonders die Vergrösserung der Spannweiten ist ohne weiteres möglich. Auch ist die Einzelschale nicht unbedingt an einen rechteckigen oder quadratischen Grundriss gebunden. Dadurch beschränkt sich die Anwendung nicht nur auf den Bau von Fabriken, Flugzeughallen, Garagen und Lagerhäusern, sondern es bleibt dem Können des Architekten überlassen, auch für weitere Bauprobleme wie Turnhallen, Bahnhofshallen, Warenhäuser, Kinos, Theater, Ausstellungshallen, Konzertsäle und Kirchen den entsprechenden Ausdruck zu finden.