

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 115/116 (1940)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Schalensheddach aus Eisenbeton der Schweiz. Bindfadenfabrik Schaffhausen unter besonderer Berücksichtigung der Belichtungsverhältnisse  
**Autor:** Staub, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-51119>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

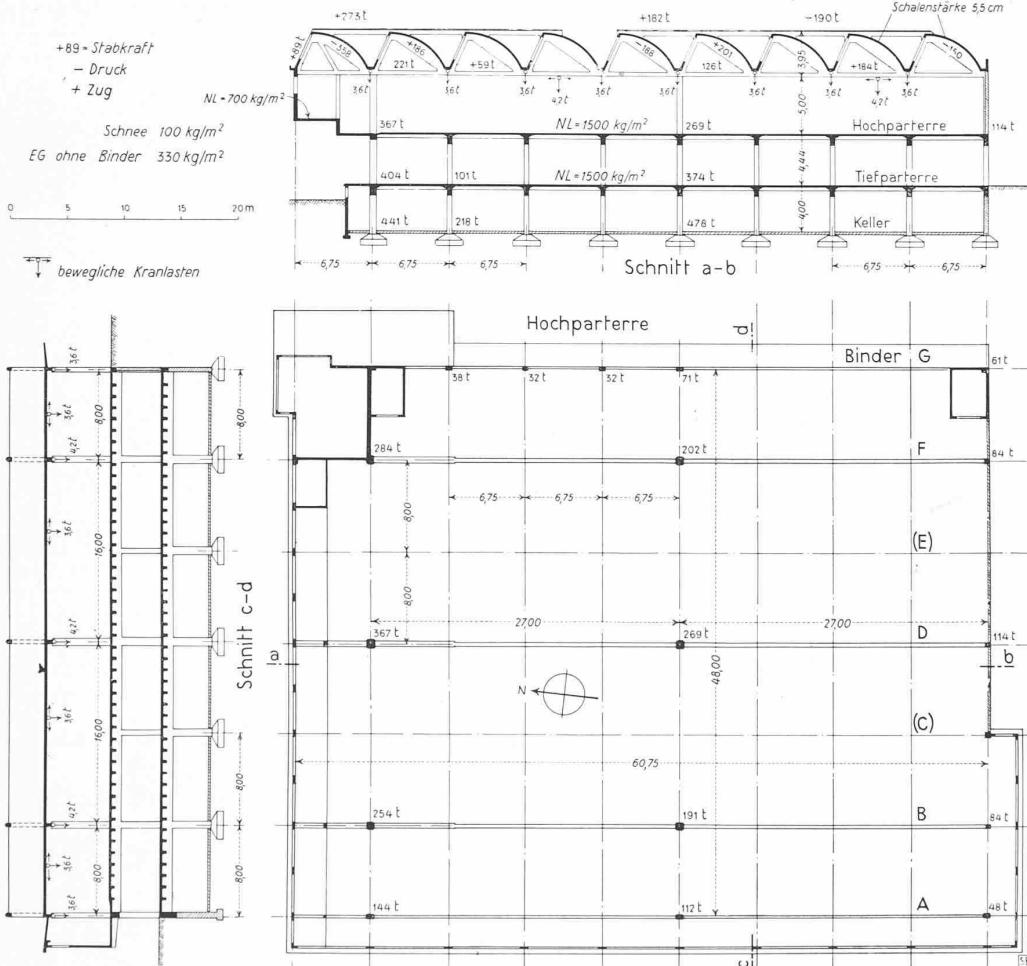
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Abb. 1. Erweiterungsbau der Schweiz. Bindfadenfabrik Schaffhausen, erstellt durch LOCHER &amp; CIE., Zürich



### Schalensheddach aus Eisenbeton der Schweiz. Bindfadenfabrik Schaffhausen unter besonderer Berücksichtigung der Belichtungsverhältnisse

Von Oberingenieur A. STAUB, Zürich<sup>1)</sup>

**1. Allgemeines.** Die Schweizerische Bindfadenfabrik Schaffhausen eröffnete im Frühjahr 1937 auf Grund ihres generellen Bebauungsplanes für die erste Bauperiode der Erweiterungsbauten von rund 3000 m<sup>2</sup> Grundriss eine Konkurrenz zwischen schweizerischen Stahlbau- und Eisenbetonfirmen zur Erlangung von Ausführungsprojekten und Uebernahmofferten für die Rohbaukonstruktion. Der Bauherr entschied sich sehr bald, den Unterbau (Decken über Keller und Tiefparterre) als Rippendecken

Spannung von 1600 kg/cm<sup>2</sup> zu bemessen. Erst nachdem durch das Ausrüsten die der Vorspannung entsprechende Dehnung sich ausgewirkt hatte, wurden die gezogenen Fachwerkstäbe in eine Eisenbetonkonstruktion umgewandelt.

Durch das nachträgliche Einbetonieren werden weitere Vorteile erzielt, wie: Vermeidung oder wenigstens wirksame Herabsetzung der Zugspannungen im Beton der Zugglieder; Verminderung der Nebenspannungen in den Knotenpunkten dank der Nachgiebigkeit der Armierungseisen gegen Winkelverdrehungen; Wirtschaftlichkeit zufolge leichterer Querschnitte und kleineren Eigengewichtes.

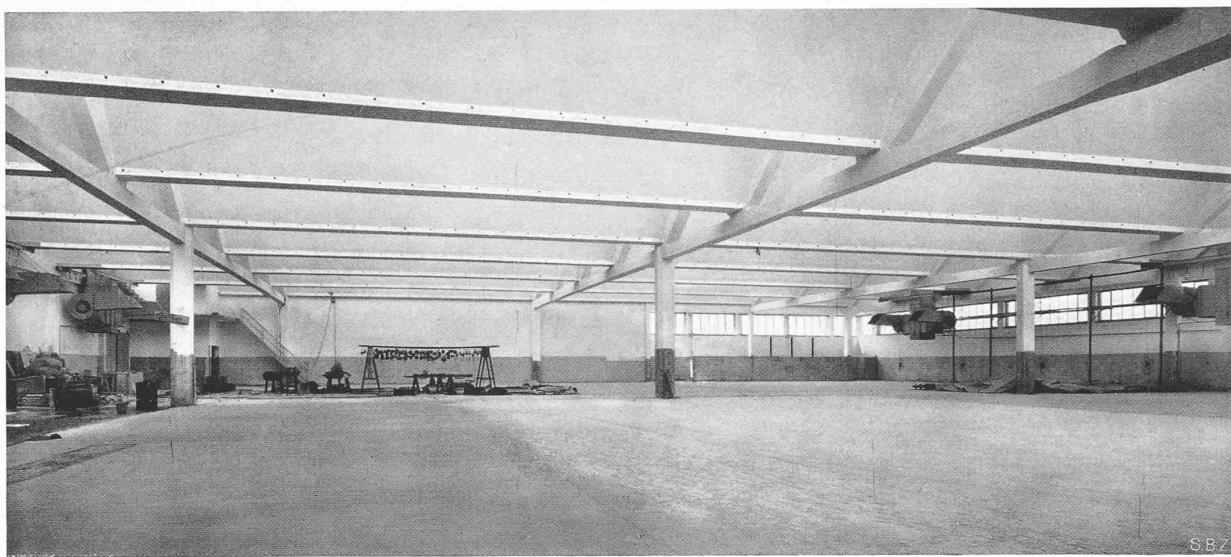
<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag, gehalten am 22. April 1939 in der S.I.A.-Fachgruppe der Ingenieure für Brückenbau und Hochbau.

in Eisenbeton ausführen zu lassen. Für das Sheddach schien ursprünglich die Stahlkonstruktion prädestiniert zu sein. Trotzdem setzte sich das Schalen-sheddach aus Eisenbeton (Abb. 1) durch, mit Rücksicht auf die im Fabrikbetrieb vorhandene sehr feuchte Luft von bis 85 % Wassergehalt, dann aber vor allem auch im Hinblick auf die besseren Belichtungs - Verhältnisse (Abb. 2 und 3, S. 6/7) und die Wirtschaftlichkeit.

Aus dem nebenstehenden Grundriss und den Querschnitten (Abb. 5) sind alle Axenabstände ersichtlich, insbesondere die freien Spannweiten von 16,00 m der Shedschalen. Ebenso sind daraus die in die Shedschalen eingebauten Fachwerke von 2× 27,00 m Spannweite und 6,75 m Auskragung zu erkennen. Dadurch entstehen im Fabriksaal vier stützenfreie Felder von je 432 m<sup>2</sup> Grundrissfläche oder ein grosses Feld von 1728 m<sup>2</sup> mit einer Mittelstütze. Nur auf diese Weise war eine unbehinderte Aufstellung der sehr langen Spinnmaschinen und die volle Ausnützung des vorhandenen Arbeitsraumes möglich.

**2. Die Fachwerkbinder.** Auf Entwurf und Ausführung der Fachwerkbinder wurde besondere Sorgfalt verwendet, denn die auftretenden Stabkräfte sind zum Teil ganz bedeutend (Schnitt a-b, Abb. 4 u. 5, wobei, wie in c-d, auch die beweglichen Kranlasten eingetragen sind).

Sämtliche Zugglieder der Fachwerkbinder wurden erst nach erfolgter Ausrüstung ausbetoniert, so mit nachdem das ganze Eigengewicht des Daches zur vollen Wirkung gelangt war (Abb. 6, S. 9). Dadurch wurde für die Zugglieder eine Vorspannung von mehr als 50 % der maximalen Zugspannung erreicht. Es war naheliegend, die Zugstäbe als Stahlkonstruktion aufzufassen und sie gemäss den geltenden Vorschriften für eine grösste zulässige



SBZ

Abb. 2. Inneres des Schalen-Shedbaues der Schweiz. Bindfadenfabrik Schaffhausen (Ansicht entsprechend Schnitt c-d, Abb. 4)

Die Verankerung der Zugarmierung in den Knotenpunkten wurde derart ausgebildet, dass die Differenz der Zugkräfte von einem Zugstab zum benachbarten im Knotenpunkt abgegeben und von diesem auf die Druckglieder als Druckkraft übertragen wird. Diesem Zweck dienen Ankerplatten von bis zu 70 mm Dicke und Ringplatten, die auf durchlaufende Rundseisen befestigt sind (Abb. 7, Seite 9).

Bei der stellenweise grossen Anzahl Rundseisen und den kleinen verfügbaren Stabquerschnitten war genaues Abbiegen und exaktes Verlegen der Armierungseisen unumgänglich. Lange, am Stabende angeschweißte Gewinde und entsprechende Muffen dienten dazu, nicht nur den Übergang von einem Rundseisenquerschnitt zum andern zu ermöglichen, sondern auch die Länge der Armierungseisen genau zu regeln. Gegenmuttern sicherten die unverschiebbare Lage der Muffen und der Verankerungsplatten. Die mit Gewinden versehenen Stabenden wurden auf der Baustelle selbst an die eigentlichen Armierungseisen angeschweißt mit einem elektrischen Stumpfschweissapparat der Firma Glutz & Cie. in Seebach. — Die Armierung der 5,5 cm starken Shedhülle entspricht dem Verlauf der Zugtrajektorien (Abb. 7 u. 8).

Sämtliche Bauarbeiten wurden von der Firma Locher & Cie. in Zürich ausgeführt, die sich für Berechnung und Entwurf des Schalenheddaches und der Fachwerkbinden mit der Firma Dyckerhoff & Widmann in Verbindung setzte. Diese Firma besitzt im Schalenbau und auch im Bau von Eisenbetonfachwerkbinden eine langjährige Erfahrung, die dem vorliegenden Bau zugute kam.

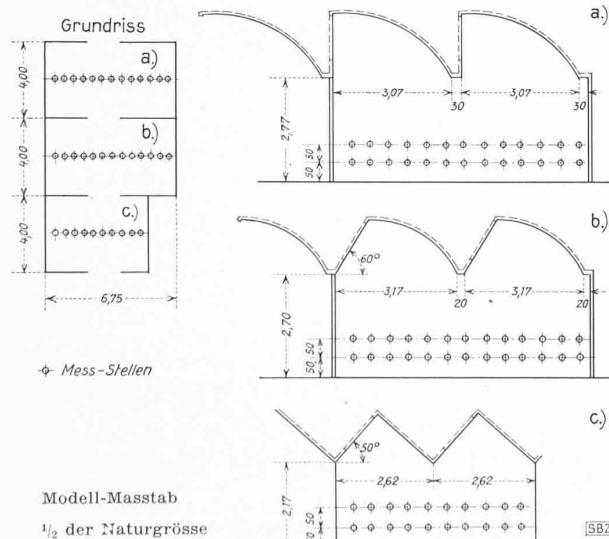


Abb. 9. Versuchszellen mit Helligkeits-Messpunkten

**3. Die Belichtungsverhältnisse.** Der Bauherr legte grosses Gewicht auf gute, gleichmässige Beleuchtung im grossen Fabriksaal mit Shedfenstern. Es wurde vor allem die Frage geprüft, ob vertikale oder, wie üblich, geneigte Shedfenster zur Ausführung gelangen sollen. Vertikale Shedfenster weisen folgende Vorteile auf: Wegfall des Drahtglases und dementsprechend bessere Lichtdurchlässigkeit der Fensterscheiben; geringere Verschmutzung der Fenster; einfache Reinigung und Wegfall der Fahrbühne; bessere Verdunkelungsmöglichkeit für passiven Luftschatz.

Der Bauherr verlangte aber, dass der neue Fabriksaal mindestens die gleiche Helligkeit aufweise, wie die bestehenden Fabrikräume mit den üblichen, geneigten Shedoherlichtern. Es bestand kein Zweifel, dass die gewölbten, auf der Innenseite geweisselten Schalensheds das einfallende Licht in vorteilhafter Weise reflektieren und die gleichmässige Belichtung im Innern des Fabriksaales fördern.

Zur Abklärung all dieser Fragen wurden von der A. E. G. in Zürich umfangreiche lichttechnische Messungen und Untersuchungen durchgeführt. Ihr Zweck bestand in der experimentellen Festsetzung des Tageslichtquotienten für verschiedene Shedformen und Fensterneigungen.

Es wurden aus Schalbrettern Modelle von zwei Sheldfeldern im Maßstab 1:2 erstellt (Abb. 9) und zwar: Schalensheddach mit senkrechten Oberlichtfenstern; Schalensheddach mit 60° geneigten Oberlichtfenstern; Sheddach üblicher Konstruktion, d. h.

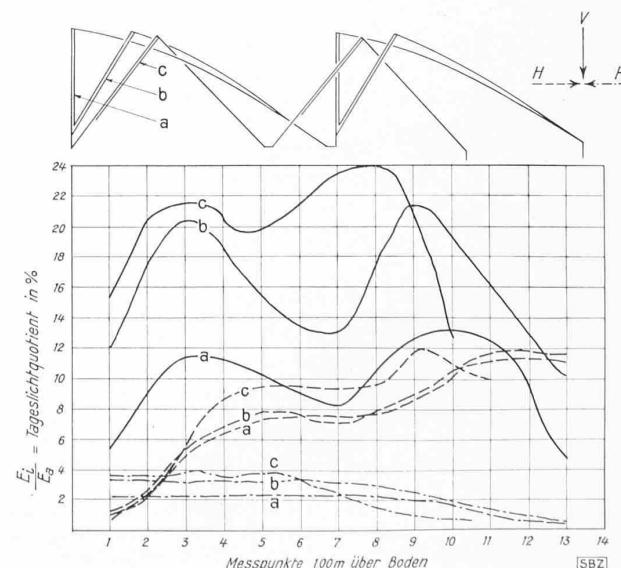


Abb. 10. Ergebnisse der Lichtmessungen im Modell (vgl. Abb. 11)

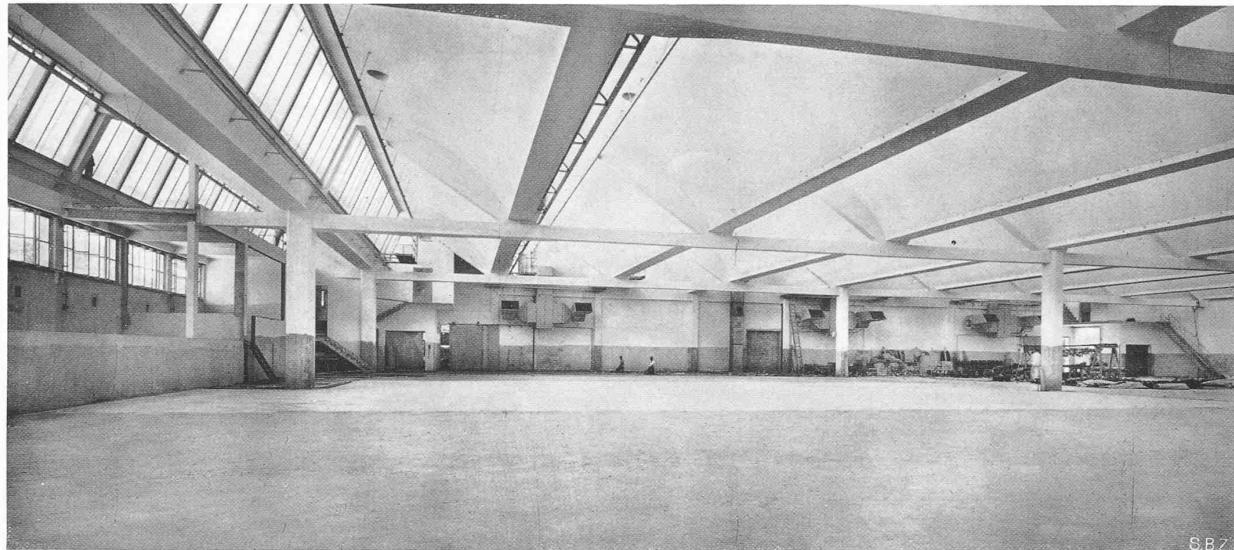


Abb. 3. Inneres des von Locher & Cie. erstellten Schalen-Shedbaues (man beachte die gleichmässige Helligkeit bei Schalen und Boden)

ebene Dachfläche und unter  $50^\circ$  geneigte Oberlichtfenster, entsprechend dem bestehenden, ältern Fabrikbau.

Die A. E. G. Zürich hat den Nachweis erbracht, dass lichttechnische Messungen an Modellen kleinern Maßstabes ohne weiteres verwertbar sind, sofern die Modelle so gross sind, dass die Anwesenheit der Personen, die die Messungen darin ausführen, nicht störend wirkt. Denn  $E_i = \frac{\varphi}{F}$

$$(E_i = \text{Beleuchtungsstärke}, \varphi = \text{Lichtstrom in Lumen}, F = \text{Grundfläche in } m^2).$$

Der Lichtstrom  $\varphi$  ist im vorliegenden Fall direkt proportional der Fensterfläche. Bei einem Modell im Maßstab 1:2 sind sowohl Fensterfläche wie Bodenfläche viermal kleiner als beim Bauwerk selbst. Der Beleuchtungswirkungsgrad als Funktion der Beleuchtungsart, der geometrischen Beschaffenheit des Raumes, der Reflexion von Decke und Wänden bleibt somit konstant.

Die Lichtmessungen wurden mit Hilfe von zwei aufeinander abgestimmten photoelektrischen Messinstrumenten ausgeführt, von denen das eine den Messungen im Freien, unbeeinflusst von der Umgebung, diente und das andere für Messungen im Innern der Versuchsstoffe, sowie in den bestehenden Fabrikräumen verwendet wurde. Solche Lichtmessungen dürfen nicht bei strahlender Sonne, sondern nur bei diffuser Beleuchtung vorgenommen werden, da Schattenwirkungen keine brauchbaren Ergebnisse liefern. In den Versuchszellen wurde das eine Mal ohne Verglasung der Fensteröffnungen und bei rohem Dachpappenbelag der Dachfläche gemessen, und das andere Mal mit eingesetzten Drahtglasscheiben und bei mit Aluminiumfarbe gestrichenen Sheddachflächen (dies mit Rücksicht auf die Reflexion). Die Messungen in 1 m Höhe über Boden ergaben die Tageslichtquotienten der vertikalen und der nach vorne und nach rückwärts gerichteten horizontalen Lichtkomponenten (Abb. 10). Daraus

wurden die mittleren Tageslichtquotienten ermittelt (Abb. 11). Ganz ähnlich gestalten sich die Verhältnisse für Messstellen in 0,50 m Höhe über dem Boden.

Wie zu erwarten war, ist der mittlere Tageslichtquotient der vertikalen Lichtkomponenten beim Sheddach mit der meistgegenen Fensterfläche am grössten und bei demjenigen mit vertikalen Fenstern trotz guter Reflexion an den gewölbten Schalen am kleinsten. Die Tageslichtquotienten der beiden horizontalen Lichtkomponenten zeigen dagegen keine nennenswerten Unterschiede für die drei Versuchsstoffe. Die drei Sheddachkonstruktionen sind somit in bezug auf rein messbare Beleuchtungswerte annähernd gleichwertig, sofern die vertikale Lichtkomponente nicht massgebend ist für die im Fabrikraum vorzunehmenden Arbeiten und die Maschinenbedienung.

Für die Beurteilung der Raumbeleuchtung sind aber noch andere Faktoren massgebend als nur die auf photo-elektrischem Wege messbaren Beleuchtungswerte. Neben der Grösse des Tageslichtquotienten ist vor allem auch die Gleichmässigkeit der Beleuchtung von massgebender Bedeutung (Abb. 3). Lichtgegensätze wie hell belichtete Partien neben Schattenflächen sind möglichst zu vermeiden. Wenn z. B. in einem hell belichteten Raum wirre Schattenlinien das Auge stören, so schützt sich das Auge vor Blendwirkung durch Zusammenziehen der Pupille. Es kann in diesem Falle nur eine kleinere Lichtmenge in das Auge eindringen. Ein solcher Raum wird als schlecht belichtet empfunden, trotzdem u. U. darin ein grosser Tageslichtquotient gemessen werden kann.

Dementsprechend würde das Schalensheddach mit vertikalen Fenstern die beste Lösung darstellen, denn es weist die geringsten Differenzen der Tageslichtquotienten für die drei Lichtkomponenten auf. Die damit verbundenen Nachteile, wie Verengung der Sheddachrinne im Hinblick auf Begehbarkeit, Vergröss-

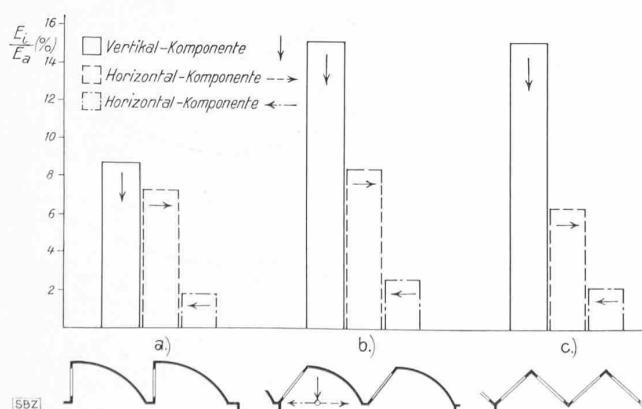


Abb. 11. Vergleich der gemessenen Tageslichtquotienten am 17. Juli 1937, bei bedecktem Himmel,  $E_a$  15 600 bis 22 700 Lux

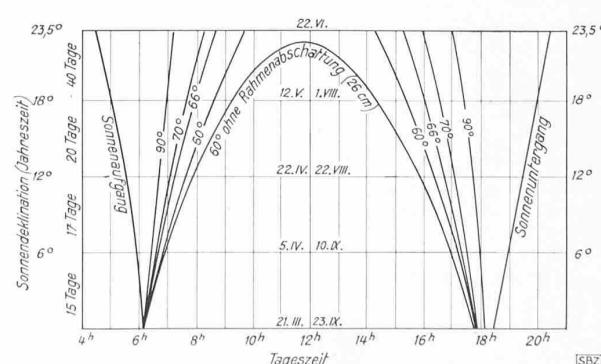


Abb. 14. Diagramm der Sonnenscheindauer im Raum nach Untersuchung von Dr. William Brunner-Högger, Zürich

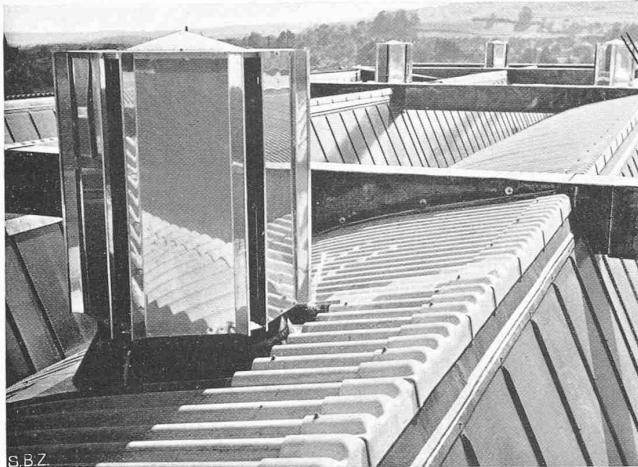


Abb. 13. Kupferne Lüftungshauben im Wellentretnidach

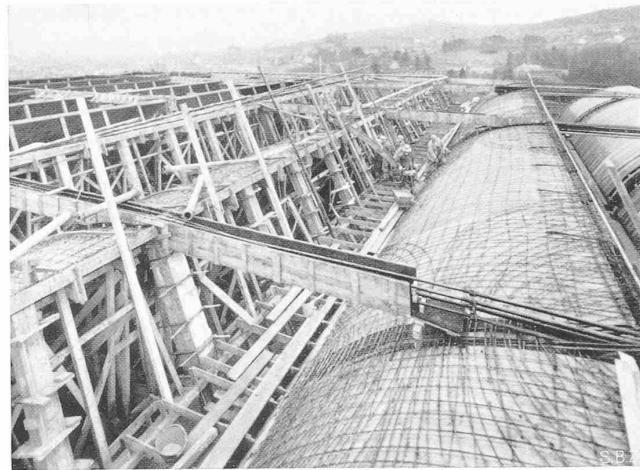


Abb. 8. Armierung der Schalen und Druckgurtungen

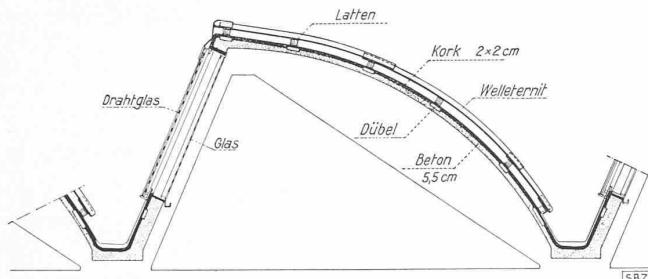


Abb. 12. Wellentretnidach mit Kork-Isolation. — 1:100

serung der Dachfläche in bezug auf Konstruktion, Isolierung und Abdichtung und die daraus entstehenden Mehrkosten führten aber dazu, dem Schalensheddach mit geneigten Fensterflächen den Vorzug zu geben. Abb. 12 zeigt den Schnitt der endgültigen Ausbildung des Daches, Abb. 13 eine Ansicht.

*4. Wahl der Fensterneigung.* Flachere Fensterneigung begünstigt direkt in den Fabriksaal einfallende Sonnenstrahlen, was unerwünscht war. Es wurde daher noch der Einfluss der Fensterneigung in bezug auf einfallende Sonnenstrahlen von Dr. William Brunner-Högger, Zürich, untersucht. Das Ergebnis ist im Diagramm Abb. 14 dargestellt. Aus diesem ist ersichtlich, zu welchen Tageszeiten die Sonnenstrahlen in den verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedenen Neigungswinkeln der Shedfenster in den Fabrikraum eindringen. Auf der Abszisse sind die Tageszeiten, auf der Ordinate ist die Sonnendeklination entsprechend den Jahreszeiten aufgetragen.

Die Untersuchung wurde vergleichsweise durchgeführt für Fensterneigungen von

60° ohne und mit Abschattung durch den 26 cm breiten E.B.-Fensterrahmen  
66°, 70°, 90° mit Abschattung durch den 26 cm breiten E.B.-Fensterrahmen.

Daraus ist ersichtlich, dass z. B. am längsten Tag, am 22. Juni, direkte Sonnenstrahlen zu folgenden Tageszeiten einfallen:  
bei 60° Fensterneigung und 26 cm Rahmenabschattung von Sonnenaufgang, etwa 4.30 Uhr bis etwa 9.40 Uhr und von etwa 14.20 Uhr bis Sonnenuntergang, etwa 20.40 Uhr.  
bei 90° dagegen vormittags nur bis etwa 7.10 und nachmittags erst von etwa 17.00 Uhr an.

Für die verschiedenen Jahreszeiten verkürzen sich diese Zeiten gemäss dem Diagramm, so z. B. am 22. April, bzw. 22. August:  
bei 60° von Sonnenaufgang, etwa 5.30 Uhr bis etwa 7.40 Uhr und von etwa 16.30 Uhr bis Sonnenuntergang, etwa 19.30 Uhr,  
bei 90° morgens bis etwa 7.00 Uhr und abends von etwa 17.00 Uhr an.

Die kleine Verschiebung am Morgen und am Abend röhrt her von der Differenz von 3,9° der Gebäudeaxe zur astrono-

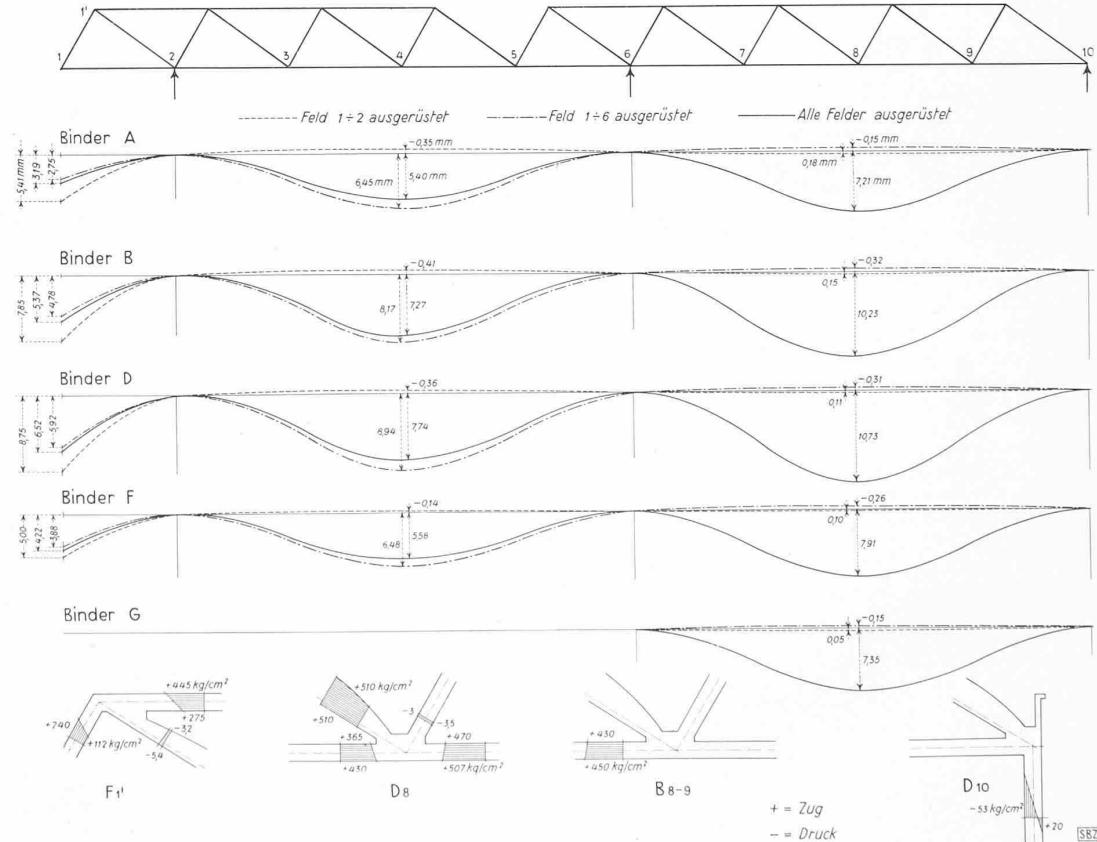


Abb. 15. Biegelinien und Spannungen im Schalenshed-Tragwerk von 2 × 27 m Stützweite ermittelt bei Absenkung des Gerüstes am 6. Januar 1938 (Lage und Bezeichnung der Binder vergl. Abb. 4)



Abb. 7. Zuggurtarmierung mit geschraubten Stößen und Ankerplatten

mischen Nord-Südrichtung (Abb. 4). Auf Grund dieser Ergebnisse wurde die Neigung der Shedfenster auf  $66^{\circ}$  festgesetzt. Der Bauherr nahm somit eine direkte Sonnenbestrahlung des Fabrikraumes im Sommer für kurze Zeit am Morgen und am Abend in Kauf zugunsten einer wirtschaftlicheren Konstruktion.

**5. Ausrüsten der Fachwerkbinden.** Nachdem die Schalen des Sheddaches ausgeschalt worden waren, wurden vorerst die Shedrinnen von Mitte nach den beidseitigen Aufliegern ausgerüstet, alsdann, nach genauem Programm, die Fachwerkbinden, wobei das allmähliche Ueberführen des Eigengewichtes in die Fachwerkbinden angestrebt wurde. Dabei wurden gemessen: die Durchbiegungen der Fachwerkconsolen in allen fünf Axen; die Durchbiegungen in der Mitte der beiden Oeffnungen sämtlicher Fachwerkbinden; die Spannungen bei den Anschlüssen sämtlicher Fachwerkstäbe in den Knotenpunkten  $D_s$  und  $F_1$ , sowie im Stützenkopf  $D_{10}$ ; die Verdrehung einer Anzahl Knotenpunkte. Das Verhalten der gesamten Tragkonstruktion erwies sich als vollkommen elastisch. Sämtliche gemessenen Durchbiegungen und Spannungen ergaben ungefähr die halben Werte der berechneten; der Grund hierfür liegt zur Hauptsache in einer vorzeitigen, selbsttätigen teilweisen Ausrüstung zufolge Schwinden der Holzpfosten.

Die Nebenspannungen (Abb. 15 unten) in den Fachwerkbinden als Folge der biegungsfesten Anschlüsse der Druckstäbe in den Knotenpunkten erwiesen sich als verhältnismässig klein, nämlich höchstens rd. 30% der gleichmässig verteilten Normalspannungen. Dabei ist zu bemerken, dass die aus Rundseisen bestehenden Zugstäbe der Fachwerkbinden im Zeitpunkt der Ausrüstung noch nicht einbetoniert und daher an den Knotenpunkten nahezu gelenkig angeschlossen waren. Die Verteilung der Zugkraft auf die zahlreichen Rundseisen der Zugstäbe im Fachwerk war bei den gemessenen Stellen sehr befriedigend (Abb. 15). Es konnten keine Ueberbeanspruchungen einzelner Rundseisen zu Gunsten der benachbarten Armierungseisen festgestellt werden.

Das gute Gelingen des ganzen Fabrikbaues ist in erster Linie zurückzuführen auf das verständnisvolle Zusammenwirken aller am Bau Beteiligten: Bauherr, Bauingenieur, Architekt, technischer Experte, Astronom, Belichtungsfachmann und Bauunternehmer.

\*

Die Architekten interessieren noch folgende Angaben über konstruktive Einzelheiten, die wir der Eternit-Werkzeitschrift Nr. 4/1939 entnehmen.

Red.

Mit besonderer Sorgfalt wurde die Isolierung des Fabriksaales studiert und ausgeführt, denn jede Kondenswasserbildung an Decken, Wänden und am Fussboden, soweit er frei auskragend konstruiert ist, musste vermieden werden. Zur wirksamen Wärmeisolierung dienten Korkplatten, die beispielsweise auf dem Sheddach in zwei Lagen von je 20 mm Stärke mit dreifachem teerfreiem Asphaltanstrich aufgezogen wurden, wobei die Stösse gegeneinander versetzt sind (Abb. 12). In gleicher Weise erfolgte die Ausführung der Shedrinne. Eine Schutzmörtelschicht über der Dachpappenlage schützt die Isolierung. Darüber ist eine Shedrinne aus starkem verzинntem Eisenblech mit aufgezogenen Seitenwänden bis unter den Eternitbelag angeordnet. Mit seltener Konsequenz wurde das Prinzip der durchgehenden Wärmeisolierung beachtet, auch dort, wo dies konstruktiv nicht ganz einfach zu lösen war, wie z. B. an den Uebergangstellen vom Obergurtstab zur Shedschale.

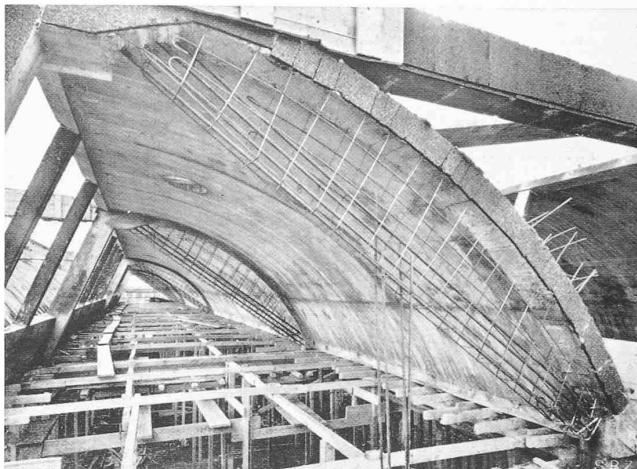


Abb. 6. Gezogene Fachwerkstäbe, vor ihrer Betonierung

Besonders hervorzuheben ist auch die Abdeckung der Shedschalen mit Welleternitplatten, die genau nach der Wölbung der Betonschalen gebogen sind. Für den Abschluss der Dachfirsten über den Shedfenstern fanden ebenfalls besonders geformte Well-Eternitplatten Verwendung (Abb. 13). Dank dieser Formstücke liess sich die Abdeckung der ganzen Dachfläche äusserst einfach und solid ausführen. Irgendwelche Unterhaltskosten sind nicht zu erwarten, um so weniger, als sämtliche Anschlussbleche und sonstigen Spenglerarbeiten in Kupfer erstellt sind. Der Kupferblechanschluss am Fusse der auf dem Dach vorgesehenen Entlüftungshauben an die Welleternitabdeckung ist in einfachster Weise gelöst. Die Befestigung der Welleternitplatten auf der Eisenbetonschale mit dazwischenliegenden Korkplatten erfolgte mittels verzinkten Schrauben, die in einbetonierte eichene Holzdübel eingreifen. Wenn die mustergültige Abdeckung dieses Daches gelungen ist, so ist auch dies der verständnisvollen Zusammenarbeit von Architekt, Eisenbetongenieur und Eternitfabrikant zu verdanken.

### Ueber Fliegerabwehr und Flugzeugtypen

liess sich der «Technische Verein Winterthur» durch die militärischen Fachleute Oberstlt. Kraut und Major Hoegger berichten. Dem bezüglichen Protokoll (vergl. S. 12) entnehmen wir hier, als von allgemeinem Interesse, folgendes.

#### Fliegerabwehr

Die Beschießung von Flugzeugen als rasch bewegte Objekte stellt höchste Anforderungen an die Truppen und ihre technische Ausrüstung, die bereits zu einer verblüffenden Vollkommenheit entwickelt worden ist. Mit dem Kommandogerät wird das Flugzeug anvisiert und seine Stellung und Bewegung registriert. Um aber aus diesen Feststellungen die erforderliche Einstellung der Geschütze, Vorhalt, Elevation, Seitenwinkel und Tempierung der Geschosse zu gewinnen, bedürfen sie zahlreicher Korrekturen, die den Windeinfluss, die Stellung des Kommandogerätes zu den Geschützen, die Dichte der Luft, die Abnutzung des Laufes und den sich daraus ergebenden Geschwindigkeitsverlust der Geschosse und den Ladeverzug berücksichtigen. Ein solches Kommandogerät ist ein wahres Wunderwerk der Technik, enthält es doch z. B. nicht weniger als 38 Motoren. Rein mechanisch besorgt es die erwähnten Korrekturen und leitet dann die Ergebnisse zu den Empfängergeräten der Geschütze, wo Seitenwinkel und Elevation mit Folgezeigern eingestellt werden, während ein dritter Mann die Tempierung der Geschosse mit Hilfe der Tempiermaschine nach Angabe des Kommandogerätes vornimmt. Die weitgehende Mechanisierung hat es ermöglicht, bis zu 27 Schüssen in der Minute abzugeben. Auch der Hülsenauswurf geht automatisch vor sich. Der mechanische Zeitzünder besteht im wesentlichen aus einem Uhrwerk, dessen Unruhe durch Fliehgewichte freigegeben wird, wenn diese infolge des Dralles der Geschosse ausschlagen. Zum Schutz der Truppe enthält das Geschoß weitgehende Sicherungen, die die Zündung beim Fallenlassen verhindern und allfällige Blindgänger ungefährlich machen sollen.

Da bei den Schiessübungen das Ergebnis nicht durch Aufzeichnen der Einschläge festgestellt werden kann, benutzt man Kinoteodolithe als Kontrollgeräte, mit denen Flugzeug und Sprengwolke beobachtet werden und deren Aufzeichnungen in einem elektrischen Auswertungsgerät in 30 bis 40 sec ausge-