

# Hölzerne Rahmenkonstruktionen im Nagelbau

Autor(en): **Schubiger, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **121/122 (1943)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53046>

## **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.

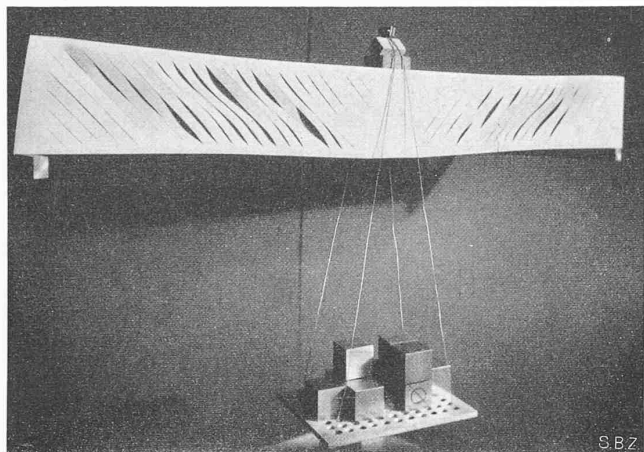


Abb. 10

Modellträger aus Halbkarton zur qualitativen Veranschaulichung des Kräftespiels

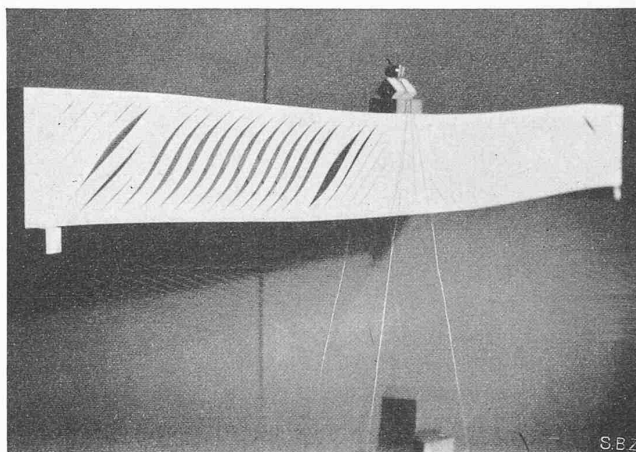


Abb. 11

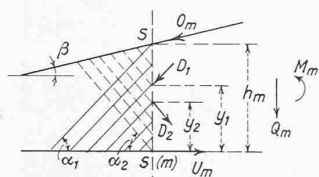


Abb. 12

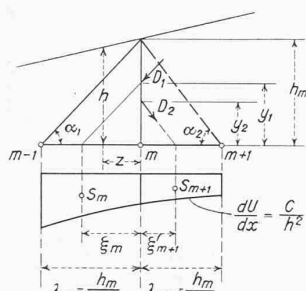


Abb. 13

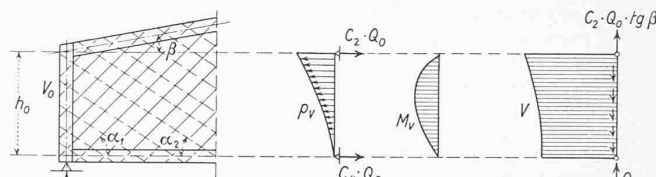


Abb. 14

Für den Fall  $\alpha_1 = \alpha_2$  ergeben sich die Koeffizienten  $c$  der Gleichung (13) zu

$$c_1 = \frac{1}{1 - \varphi \frac{\text{tg}^2 \alpha - \text{tg}^2 \beta}{2 \text{tg}^3 \alpha \text{tg} \beta}}$$

wobei  $\varphi = lg \frac{\text{tg} \alpha - \text{tg} \beta}{\text{tg} \alpha \pm \text{tg} \beta} + \frac{\text{tg} \beta (2 \text{tg} \alpha - \text{tg} \beta)}{\text{tg} \alpha (\text{tg} \alpha - \text{tg} \beta)} - \frac{\text{tg}^2 \beta \text{tg} \alpha}{\text{tg} \alpha + \text{tg} \beta}$

$$c_2 = \frac{1 - c_1}{\text{tg} \beta} \quad c_3 = c_1 \frac{\text{tg}^2 \alpha - \text{tg}^2 \beta}{\text{tg}^2 \alpha} \quad c_4 = \frac{1 - c_3}{\text{tg} \beta} \quad (15)$$

Für den Spezialfall  $\beta = 0$  (Parallelträger) wird  $c_1 = c_3 = 1$  und  $c_2 = c_4 = 0$ .

Bei der praktischen Berechnung gegebener Einzelfälle werden die Koeffizienten bequemer numerisch statt formelmässig bestimmt. Dabei kann ausser  $M$  und  $Q$  selbstverständlich auch die Wirkung einer Längskraft  $N$  durch Erweiterung der Gleichungen (11) und (13) ohne Schwierigkeit berücksichtigt werden.

Als Folge dieser Besonderheiten des Nagelträgers mit veränderlicher Höhe ergeben sich beispielsweise an einem Endpfosten eines solchen Trägers (Abb. 14) folgende besonderen Verhältnisse: Die waagrechten Komponenten der Stegbretterkräfte heben sich hier nicht mehr auf, sondern sie belasten die Endpfosten auf Biegung (Belastung  $p_v$ , Momente  $M_v$ ) und die Endpfosten stützen sich mit den waagrechten Auflagerkräften  $c_2 Q_0$  und  $c_4 Q_0$  auf die beiden Gurtungen ab. Die lotrechten Komponenten  $v$  der Stegbretterkräfte sind nicht mehr gleichmässig über die Trägerhöhe  $h_0$  verteilt; ihre Resultierende erreicht den Wert  $Q_0 (1 + c_2 \text{tg} \beta)$ . Selbstverständlich sind auch die Verbindungen mit Berücksichtigung dieser Besonderheiten zu bemessen. (Schluss folgt)

[Um vorliegendes Heft einheitlich auf den Baustoff Holz zu konzentrieren, verschieben wir den zweiten Teil der Ausführungen Stüssis über den «Lamellenanschluss beim Blechträger» auf die nächste Nummer. Red.]

### Hölzerne Rahmenkonstruktionen in Nagelbau

Von Ing. E. SCHUBIGER, Zürich

#### Maschinenhalle der Autophon A.-G., Solothurn

Zur Erweiterung der Fabrikanlage wurde im Jahre 1942 eine neue Maschinenhalle erstellt: sie misst 43 m Länge und 17 m Breite und besitzt keine Innenstützen. Die Tragkonstruktion besteht aus zehn geganelten Vollwandbindern, die als Zweigelenkrahmen berechnet sind (Abb. 1); ihre Spannweite beträgt 16,5 m, der Binderabstand 4,24 m. Die Fussgelenke werden durch Unterlage einer plastischen Schicht aus Asphaltfilz unter die Hirnholzflächen der Binderstiele gebildet. Zur Aufnahme des Horizontalschubes in der Auflagerebene sind in den Betonsockeln Anschläge aus Winkeleisen verankert. Die Zugkraft wird durch die Armierung der Pilzdecke übernommen.

(es sei ein Moment  $M_m$  und eine Querkraft  $Q_m$  wirkend angenommen) und den innern Schnittkräften Gleichgewicht bestehen und es gelten die drei Gleichgewichtsbedingungen:

$$\left. \begin{aligned} -O_m \cos \beta - D_1 \cos \alpha_1 + D_2 \cos \alpha_2 + U_m &= 0 \\ O_m \sin \beta + D_1 \sin \alpha_1 + D_2 \sin \alpha_2 &= Q_m \\ O_m \cos \beta h_m + D_1 \cos \alpha_1 y_1 - D_2 \cos \alpha_2 y_2 &= M_m \end{aligned} \right\} (11)$$

Dabei bezeichnen wir mit  $D_1$  bzw.  $D_2$  die Resultierende aller durch den Schnitt  $s$  bis  $s$  betroffenen Kräfte in den von links nach rechts steigenden bzw. fallenden Stegbrettern, die wir nach Gleichung (6) zu

$$D_1 = \frac{\sin \alpha_2}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} \int_{m-1}^m \frac{dU}{dx} dx; \quad D_2 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} \int_m^{m+1} \frac{dU}{dx} dx$$

anschreiben können. Da aber die Funktion  $\frac{dU}{dx}$  wegen der veränderlichen Höhe  $h$  nun nicht mehr eine Konstante ist, können nach Abb. 13 die beiden Hebelarme  $y_1$  und  $y_2$

$$y_1 = \xi_m \text{tg} \alpha_1; \quad y_2 = \xi_{m+1} \text{tg} \alpha_2 \quad \dots \quad (12)$$

nun nicht mehr gleich gross sein, d. h. die Diagonalkräfte  $D_1$  und  $D_2$  beteiligen sich an der Aufnahme des Momentes  $M$  und damit werden auch die Gurtkräfte von der Querkraft  $Q$  abhängig.

Damit können wir die Gurtkräfte in folgender allgemeiner Form anschreiben:

$$\left. \begin{aligned} O_m \cos \beta &= c_1 \frac{M_m}{h_m} + c_2 Q_m \\ U_m &= c_3 \frac{M_m}{h_m} + c_4 Q_m \end{aligned} \right\} \dots \quad (13)$$

Die weitere Untersuchung zeigt nun, dass die Koeffizienten  $c$  nur von den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  abhängen, also Tragwerkskonstante sind. Damit wird z. B. in einem Bereich konstanter Querkraft an der Stelle  $z$  (Abb. 13)

$$\frac{dU}{dx} = c_3 \left( \frac{Q}{h} - \frac{M \text{tg} \beta}{h^2} \right)$$

oder wegen  $M = M_m - Qz$ ;  $h = h_m - z \text{tg} \beta$  wird

$$\frac{dU}{dx} = \frac{c_3 (Q h_m - M_m \text{tg} \beta)}{h^2} \quad \dots \quad (14)$$

Da nun aber  $c_3 (Q h_m - M_m \text{tg} \beta) = \text{konst.}$  ist, können die Schwerpunktabstände  $\xi_m$  und  $\xi_{m+1}$  der  $\frac{dU}{dx}$ -Flächen in Abb. 13 wie

für Flächen mit den Ordinaten  $\frac{1}{h^2}$  berechnet werden. Damit sind die Gleichgewichtsbedingungen Gl. (11) [mit Hilfe der Gl. (12) und (13)] lösbar; sie zerfallen je in Teilgleichungen mit den

Werten  $\frac{M_m}{h_m}$  und  $Q$ , durch die die Koeffizienten  $c$  der Gleichungen (13) bestimmt sind. Damit ist die Aufgabe gelöst.

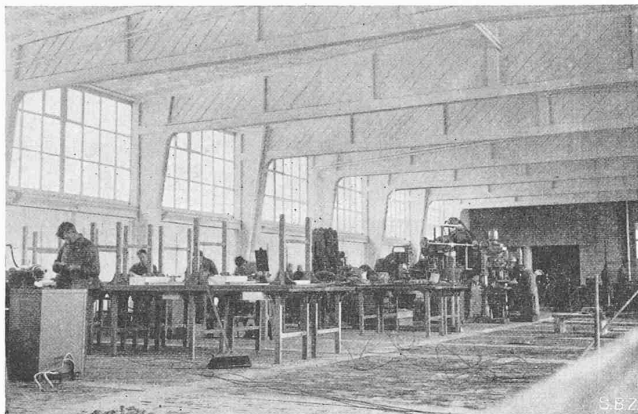


Abb. 6. Maschinenhalle der Autophon A. G. Solothurn

Im Sinne einer Rationalisierung des Holzbaues und der Normierung im Sägereigewerbe wurde für die Nagelkonstruktion durchwegs ein einziges Holzprofil verwendet, nämlich Bretter von 3 cm Stärke und 18 cm Breite. Diese liegen in sechs Lagen übereinander, sodass sich eine Binderbreite von 18 cm ergibt. Auf der Innenkante ist ein Deckbrett 3/18 cm angebracht, mit dem statischen Zweck, die Knicksteifigkeit des Druckgurtes gegen Auskrümmen aus der Trägerebene zu erhöhen. Gleichzeitig wird der Anblick von unten verbessert, indem die nicht überall genau geschnittenen Hirnholzflächen der Diagonalbretter verkleidet sind. Die Brettstöße der vier hochkantgestellten Gurtlamellen sind in Abständen von 2 bis 3 m gegeneinander versetzt angeordnet unter Vermeidung von Stosslaschen. Die drei durchlaufenden Bretter bilden also die Ueberdeckung der Fuge im vierten Brett, welches letztes daher in der Berechnung des Widerstands-Momentes nicht berücksichtigt ist. Im Intervall zwischen zwei Stosstellen genügt die Anzahl Nägel, um einen Viertel der Gurtkraft von der unterbrochenen Lamelle auf ihre Nachbarn zu übertragen. Im Druckgurt sind Blechstreifen in die Fugen eingelegt, die eine direkte Kraftübertragung von Hirnholz auf Hirnholz gewähren.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der biegungsfesten Durchbildung der Rahmenecke geschenkt (Abb. 2 und 5). Bei der Kreuzung der inneren, auf Druck beanspruchten Gurtbretter laufen je zwei solche in jeder Richtung durch, und sind die beiden unterbrochenen sauber eingepasst, sodass eine gewisse Druckübertragung quer zur Faser ausgenützt wird. Die einspringende Ecke ist durch eine Abschrägung ausgekeilt, sodass der Hebelarm vergrößert und die Zugkraft an der äusseren Ecke verringert wird. Die Nagelung ist auf Grund der Querkkräfte, die im Zweigelenkrahmen auftreten, bemessen. Pro Laufmeter Gurtung sind mindestens 30 und höchstens 40 Nägel vorhanden von 150 mm Länge und 5,9 mm Durchmesser. Die eine Hälfte ist von vorn und die andere von hinten eingeschlagen. Sie sind doppelschnittig berechnet, indem die beiden Scherschnitte 6 cm vom Kopf bzw. 3 cm von der Nagelspitze entfernt liegen.

Der Abbund erfolgte im gedeckten Schuppen der Zimmerei Constantin von Arx in Olten. Das Holz konnte von dieser Firma in guter Qualität rasch beschafft werden und wurde während rd. 2 Monaten auf dem Lagerplatz durch luftige Aufstapelung getrocknet. Da keine stärkere Dimension als 3 cm vorkommt, genügte diese kurze Zeit der Lagerung, was für die Einhaltung des Bautermins sehr wertvoll war. Insgesamt waren rd. 40 m<sup>3</sup> Brettmaterial zu verarbeiten. Zur Erleichterung des Transportes vom Werkplatz zur Baustelle (35 km) wurde jeder Binder in drei Teile zu je höchstens 1000 kg zerlegt. Die Montagestösse liegen an denjenigen Stellen des Rahmenriegels, wo das Biegemoment für Eigengewicht Null ist. Auf der Baustelle wurden die Rahmen auf dem Erdgeschossboden liegend zusammengefügt und die Montagenägel eingeschlagen, ähnlich, wie Teile von vollwandigen Blechträgern ineinander geschoben und vernietet werden. Durch Drehung um die Fussgelenke wurden die Binder mit Hilfe von zwei Flaschenzügen aufgerichtet. Das Verlegen der über je zwei Felder durchlaufenden Pfetten und der Dachschalung (Abb. 4) hielt mit der fortlaufenden Bindermontage Schritt, sodass die Halle feldweise eingedeckt und sofort vor Regen geschützt werden konnte. Bei Nagelbindern ist eine Durchnässung möglichst zu vermeiden.

Hölzerne Rahmenkonstruktion in Nagelbau

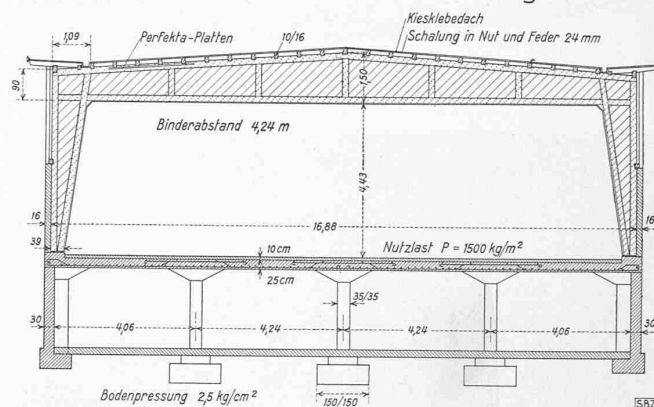


Abb. 1. Schnitt 1:200 der «Autophon»-Maschinenhalle

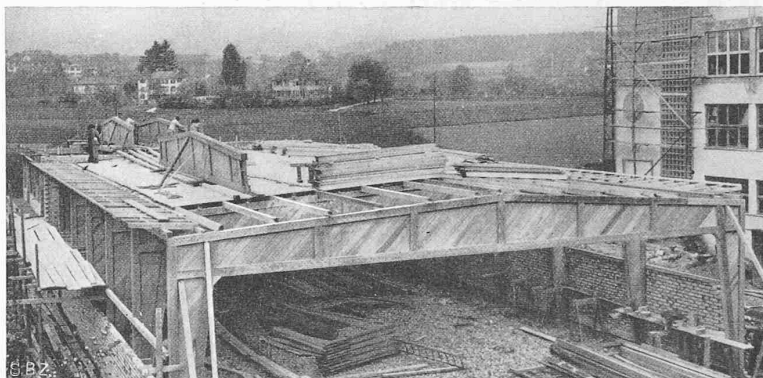


Abb. 4. Maschinenhalle der «Autophon» A. G. beim Aufrichten

Der statischen Berechnung liegen folgende Lasten zu Grunde:

Schnee, 440 × 0,25 . . . . .	110 kg pro m <sup>2</sup>
Kieselbedach . . . . .	50 kg pro m <sup>2</sup>
Perfecta-Isolierplatten . . . . .	30 kg pro m <sup>2</sup>
Schalung und Holzkonstruktion . . . . .	40 kg pro m <sup>2</sup>
	230 kg pro m <sup>2</sup>
Winddruck auf die Fassade . . . . .	80 kg pro m <sup>2</sup>
Windsog an der Fassade . . . . .	40 kg pro m <sup>2</sup>

In der Rahmenberechnung ist ein variables Trägheitsmoment für Stiele und Riegel eingesetzt und zwar des gesamten Vollwandquerschnittes mit vier Gurtbrettern und dem Steg. Um die Abschrägung an der Rahmenecke möglichst klein halten zu können, wurde die theoretische Schlusslinie der Biegemomente etwas gehoben, entsprechend dem plastischen Verhalten der Nagelverbindung. Man nimmt also an, dass sich der Einspannungsgrad dem gewählten Querschnitt am Auflager anpasst, und durch Selbsthilfe des Materials eine Ueberbeanspruchung vermieden wird. In diesem Falle ermittelt man die maximale Biegespannung, indem das Moment im einfachen Balken ( $M_0$ ) zuzüglich Eckmoment infolge Wind durch die Summe der Widerstandsmomente im Firstpunkt und an der Rahmenecke dividiert wird. Man erhält 80 kg/cm<sup>2</sup>, wenn nur drei Gurtbretter und 50 % des Stegquerschnittes in Rechnung gestellt werden. Der Binderstiel ist für Biegung mit Axialkraft bemessen; sein Druckgurt wird für Ausknicken aus der Trägerebene auf eine freie Länge von 4,5 m berechnet.

Abbundhalle der Zimmerei E. & A. Meier, Zürich-Oerlikon

Auf einer Grundfläche von 20 auf 20 m wurde im Jahre 1941 eine Werkstätte erbaut unter Verwendung des Holzmaterials vom Terrassenrestaurant der Landesausstellung 1939<sup>1)</sup>. Aus feuerpolizeilichen Gründen mussten die Umfassungswände massiv ausgeführt werden. Sie sind 12 cm stark gemauert und tragen nicht zur Stabilität des Gebäudes bei. Ueber der Abbundhalle von 20 m Länge und 11 m Breite befinden sich Lagerräume, in denen Holzvorräte von 700 kg/m<sup>2</sup> untergebracht sind. Die grosse Spannweite und schwere Nutzlast führten zu einer starken Tragkonstruktion mit hohen Unterzügen. Dadurch aber, dass diese mit den Stützen biegungsfest verbunden und als geschlossene Rahmen ausgebildet werden, kann man sie niedriger bemessen; gleichzeitig wird die Windstabilität des Gebäudes sichergestellt.

<sup>1)</sup> SBZ, Bd. 113, S. 117\* (1939).