

Ueber die Berücksichtigung der Gurtsteifigkeit bei der Berechnung der "mittragenden Breite"

Autor(en): **Reissner, Erich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **107/108 (1936)**

Heft 18

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-48398>

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.

INHALT: Ueber die Berücksichtigung der Gurtsteifigkeit bei der Berechnung der «mitttragenden Breite». — Zum Vollausbau der Kerenzbergstrasse. — Neue Bauten in Holland. — Tagung des Schweizerischen Werkbundes in Bern. — Mitteilungen: Ratterschwingungen. Höchstdruck-Dampfspeicher. Die II. Internationale Alpenwertungsfahrt. Polytechnische

Vereinigung für wirtschaftliche Studien. Ein neues Amthaus der Stadt Zürich. Hochwertige Schweissverbindungen. Das neue Feuerwehrgebäude in Bern. — Wettbewerbe: Verlegung der Lorrainehaldenlinie mit Aareübergang der SBB in Bern. — Nekrologe: Karl Becker. Hyppolit Saurer. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- u. Vortrags-Kalender.

Band 108

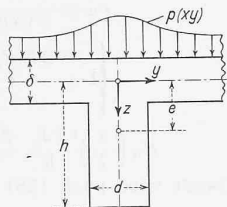
Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 18

Ueber die Berücksichtigung der Gurtsteifigkeit bei der Berechnung der „mitttragenden Breite“

Von Dr. Ing. ERICH REISSNER, Berlin.

Um die Berechnung elastischer Platten, die durch Balken unterstützt sind, durchzuführen, hat man zu berücksichtigen, dass ein Teil der Platte gleichzeitig als Verstärkung des tragenden Balkens wirkt, der so einen zusätzlichen Gurt erhält. Die Breite dieses zusätzlichen Gurtes, die sogenannte «mitttragende Breite» ist bisher in der Weise berechnet worden, dass man in plausibler Weise die Plattenbelastung längs des Balkens verteilte und dann zu dieser Belastungsverteilung unter Vernachlässigung der Biegesteifigkeit der Platte mit Hilfe der Theorie des ebenen Spannungszustandes eine mitttragende Breite berechnete¹⁾. Da jedoch der Biegezustand in der Platte den ebenen Spannungszustand beeinflusst, so ist dieses Verfahren nicht ganz folgerichtig, wie schon bei Aufstellung dieser Theorie bemerkt wurde²⁾.



Im folgenden soll gezeigt werden, wie die Aufgabe ohne Vernachlässigung gelöst werden kann, und an einem Beispiel ihr zahlenmässiger Einfluss festgestellt werden³⁾.

Es werde eine elastische Platte von der Dicke δ und der Steifigkeit $N = E \delta^3 / 12 \left(1 - \frac{1}{m^2} \right)$ betrachtet, die durch einen Balken von der Querschnittsfläche F_0 und einem Trägheitsmoment J_0 unterstützt wird. Der Einfachheit halber werde von vornherein angenommen, die Platte sei so belastet, dass der Spannungszustand zu beiden Seiten des Balkens der gleiche ist.

Wir haben erstens einen Biegezustand in der Platte, bei dem die Durchbiegung w wie bekannt der Differentialgleichung $N \Delta \Delta w = p(x, y)$ genügt. Ausserdem ist die Platte aber auch Sitz eines ebenen Spannungszustandes, da infolge der Kopplung von Platte und Balken mit der Durchbiegung des Balkens eine Zerrung der Plattenmittelfläche in seiner Nähe verbunden ist. Die Steifigkeit der Stützung hängt davon ab, wie weit ins Innere hinein sich diese Zerrung fortpflanzt.

Die Spannungen des ebenen Spannungszustandes lassen sich, wie ebenfalls bekannt, folgendermassen als partielle Ableitungen einer Spannungsfunktion Φ schreiben:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2}, \quad \tau = - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} \quad (2)$$

Dabei genügt Φ der Differentialgleichung

$$\Delta \Delta \Phi = 0 \quad (3)$$

wie mit Hilfe der Spannungs-Formänderungsbeziehungen

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{E} \left(\sigma_x - \frac{1}{m} \sigma_y \right) \\ \epsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{E} \left(\sigma_y - \frac{1}{m} \sigma_x \right) \\ \gamma &= \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{G} \tau \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

abgeleitet wird.

Die Durchbiegung des unterstützenden Balkens von vorläufig unbekannter Gesamtsteifigkeit J werde mit z bezeichnet.

Dann muss längs der Verbindungslinie Platte-Balken (von Chwalla a. a. O. als Kontaktlinie bezeichnet) das folgende System von Bedingungen erfüllt sein.

Wegen der vorausgesetzten Symmetrie hat man

$$y = 0 : \quad \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

$$\text{und} \quad y = 0 : \quad v = 0 \quad (6)$$

¹⁾ Siehe z. B. E. Reissner, «Z. f. ang. Math. u. Mech.», 15 (1935), p. 359, wo man auch vorhergehende Arbeiten über diesen Gegenstand von Th. v. Karman, G. Schnadel, W. Metzger, H. Reissner und E. Reissner angegeben findet. Ferner E. Chwalla, «Stahlbau», 9 (1935), p. 73, der eine noch vollständigere Literaturzusammenstellung gibt.

²⁾ Th. v. Karman, A. Föppl-Festschrift, 1924, p. 116, sowie E. Chwalla, a. a. O.

³⁾ In einer früheren Mitteilung des Verfassers im «Kong. Norske Vidensk. Selsk. Fork.», 8 (1935), p. 13 ist ein weniger einfacher Ansatz zur Lösung dieser Frage gegeben, der allerdings dafür den im allgemeinen vernachlässigbaren Einfluss der Schubspannungen im Steg berücksichtigt.

Die dritte Bedingung sagt aus, dass längs des Anschlusses die Plattendurchbiegung mit der Biegunslinie des Balkens übereinstimmen muss, sodass man weiter für

$$y = 0 : \quad w = z \quad (7)$$

hat. Viertens ist offenbar die Dehnung der Oberkante des Balkens gleich der Zerrung der Plattenmittelfläche längs des Anschlusses. Also gilt mit einem vorläufig unbekanntem Abstand e von Balkenschwerpunkt-Plattenmittelfläche

$$y = 0 : \quad e z'' = \epsilon_x \quad (8)$$

Fünftens ist schliesslich noch die Differentialgleichung für die Biegunslinie des Balkens aufzustellen. Als Belastung wirkt der Sprung $2 p_y$ in der Plattenquerkraft sowie eine eventuell vorhandene Linienlast $P(x)$ kgcm⁻¹. Wegen der Symmetrie haben wir somit $y = 0 : (E J z'''' - 2 p_y = P(x))$. Dabei bedeutet J das noch nicht bekannte längs des Balkens veränderliche Trägheitsmoment von Balken plus nichttragendem Gurt.

Nun führen wir als «mitttragende Breite» λ diejenige Gurtbreite ein, für die sich an der Anschlussstelle Steg-Gurt bei der Annahme konstanter Längsspannungsverteilung nach der Breite hin dieselbe Längsspannung ergibt wie bei dem Träger mit nach der Seite hin abklingenden Gurtspannungen. Wenn die Breite der Platte mit $2b$ bezeichnet wird, ist also

$$\lambda = \frac{\int_0^b \sigma_x dy}{E e z''} = \frac{\int_0^b \sigma_x dy}{E (\epsilon_x)_y = 0} \quad (10)$$

zu setzen. Zwischen λ , e und J bestehen folgende Beziehungen: Erstens die Bedingung der Schwerpunktslage

$$2 \lambda \delta e = \left(\frac{h}{2} - e \right) F_0 \quad (11)$$

zweitens die Formel für das gesamte Trägheitsmoment J bei Vernachlässigung des Gurträgheitsmomentes um seine eigene Schweraxe

$$J = J_0 + \left(\frac{h}{2} - e \right)^2 F_0 + 2 \lambda \delta e^2$$

die unter Beachtung von (11) weiter

$$J = J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 - \frac{1}{2} e h F_0 \quad (12)$$

wird.

Mit Hilfe von (11) und (12) werden nun die Bedingungen (8) und (9) umgeformt. Aus (8) wird

$$y = 0 : \quad \frac{1}{2} h F_0 z'' = (2 \lambda \delta + F_0) \epsilon_x$$

und weiter mit (10)

$$\left. \begin{aligned} y = 0 : \quad \frac{1}{2} h F_0 z'' &= \left(\frac{2 \delta}{E \epsilon_x} \int_0^b \sigma_x dy + F_0 \right) \epsilon_x \\ y = 0 : \quad E \frac{1}{2} h F_0 z'' &= 2 \delta \int_0^b \sigma_x dy + E F_0 \epsilon_x \end{aligned} \right\} \quad (8^*)$$

Aus (9) ergibt sich unter Benutzung von (12)

$$y = 0 : \left[E \left(J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 \right) z'' - \frac{1}{2} h F_0 e z'' \right] - 2 p_y = P(x)$$

was mit (8) die Form

$$y = 0 : E \left[\left(J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 \right) z'' - \frac{1}{2} h F_0 \epsilon_x \right] - 2 p_y = P(x) \quad (9^*)$$

annimmt.⁴⁾ Das System der Bedingungen (5), (6), (7), (8*) und (9*) reicht nun mit den noch hinzukommenden Bedingungen an den übrigen Plattenrändern, die von Fall zu Fall verschieden sein können, aber keine besonderen Schwierigkeiten bieten, vollkommen aus, das Problem zu einem bestimmten zu machen.

⁴⁾ Eliminiert man aus (9*) z'' mittels Gl. (8*), so ergibt sich

$$E \left[\frac{4 \delta \left(J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 \right)}{h F_0} \int_0^b \sigma_x dy + \frac{2 J_0}{h} \epsilon_x \right] - 2 p_y = - P(x)$$

Vernachlässigt man nun hier die Plattensteifigkeit N , m. a. W. setzt man $p_y \equiv 0$, so kann man die vorstehende Gleichung zweimal nach x integrieren und erhält in

$$\epsilon_x + \frac{2 \delta \left(J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 \right)}{J_0 F_0} \int_0^b \sigma_x dy = \frac{h}{2 J_0} M(x)$$

die Randbedingung der üblichen Theorie der tragenden Breite.

Dies werde an einem Beispiel gezeigt. Dabei werden solche in Wirklichkeit vorkommende Randbedingungen an den Plattenrändern quer zur Balkenaxe vorausgesetzt, dass die Aufgabe mit bekannten Lösungen der Differentialgleichungen (1) und (3) behandelbar ist und dass überdies ein Vergleich mit einem der bereits früher untersuchten einfacheren Probleme aus der Theorie der tragenden Breite bei nichtberücksichtigter Biegesteifigkeit möglich ist.

Eine solche Bedingung besteht in der Annahme gelenkiger Stützung von starren Endquerschnitten. Also für $x = 0$ und $x = l$

$$w = 0 \dots \dots \dots (13)$$

$$M_x = 0 \dots \dots \dots (14)$$

$$\sigma_x = 0 \dots \dots \dots (15)$$

$$v = 0 \dots \dots \dots (16)$$

Von den nachstehenden Lösungen der Gl. (1) und (3)

$$w = \sum_{n=0}^{\infty} \sin \alpha_n x \left[(A_n + B_n \alpha_n y) e^{-\alpha_n y} + (C_n + D_n \alpha_n y) e^{+\alpha_n y} + Y_{np}(y) \right] \quad (17)$$

$$\Phi = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \alpha_n x \left[(E_n + F_n \alpha_n y) e^{-\alpha_n y} + (G_n + H_n \alpha_n y) e^{+\alpha_n y} \right] \quad (18)$$

$$z = \sum_{n=1}^{\infty} K_n \sin \alpha_n x \dots \dots \dots (19)$$

werden die Forderungen (13) bis (16) von jedem Reihengliede identisch erfüllt, wenn

$$\alpha_n = \frac{n\pi}{l}, n = 1, 2, 3, \dots \dots \dots (20)$$

gewählt wird. Die Funktion $\sum \sin \alpha_n x Y_{np}(y)$ ist dabei ein partikuläres Integral der Gl. (1).

Durch die Randbedingungen (5) bis (9*) und die noch hinzukommenden vier Bedingungen am Rande $y = b$ lassen sich die neun Koeffizienten $A, B, C, D, E, F, G, H, K$ bestimmen.

Wir wollen uns weiterhin auf die Betrachtung des Falles $b = \infty$ beschränken, nehmen also an, dass wir es mit einem durch eine Rippe quer unterstützten Plattenstreifen zu tun haben.

Dann müssen, da überall Spannungen und Formänderungen endlich bleiben, die Koeffizienten $C_n = D_n = G_n = H_n = 0$ gesetzt werden und wir haben dann einfacher

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \alpha_n x \left[(A_n + B_n \alpha_n y) e^{-\alpha_n y} + Y_{np}(y) \right] \quad (23)$$

$$\Phi = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \alpha_n x (E_n + F_n \alpha_n y) e^{-\alpha_n y} \quad (24)$$

Für die Belastung machen wir nun, um am einfachsten den Einfluss der Plattensteifigkeit N übersehen zu können, die an sich von der Berechnungsart nicht geforderte Annahme, dass sie ausschliesslich aus der linienförmigen Last P längs des Versteifungsbalkens besteht, also $p(x, y) = 0$ und demzufolge $Y_{np}(y)$ anzunehmen ist.

$P(x)$ denken wir uns durch seine Fourierreihe gegeben

$$P(x) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n \sin \alpha_n x \dots \dots \dots (25)$$

Für die Koeffizienten A_n usw. erhalten wir aus den Symmetriebedingungen (5) und (6) die folgenden Gleichungen

$$-A_n + B_n = 0 \dots \dots \dots (5a)$$

$$E_n(m+1) + F_n(m-1) = 0 \dots \dots \dots (6a)$$

Also ist infolge der Symmetrie

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} A_n (1 + \alpha_n y) e^{-\alpha_n y} \sin \alpha_n x \dots \dots (26)$$

$$\Phi = \sum_{n=1}^{\infty} E_n \left(1 - \frac{m+1}{m-1} \alpha_n y \right) e^{-\alpha_n y} \sin \alpha_n x \dots (27)$$

Damit folgt für die tragende Breite λ aus (10)

$$\lambda = - \left(\frac{\partial F}{\partial \epsilon_x} \right)_{y=0} = l \frac{\sum_{n=1}^{\infty} n E_n \sin \alpha_n x}{\pi (3m^2 + 2m - 1) \sum_{n=1}^{\infty} n^2 E_n \sin \alpha_n x} \quad (28)$$

Die weiteren Randbedingungen liefern

$$K_n = A_n \dots \dots \dots (7a)$$

und damit

$$\frac{1}{2} h F_0 E \alpha_n A_n + \left(2 \delta \frac{2m}{m-1} + F_0 \frac{3m^2 + 2m - 1}{m(m-1)} \alpha_n \right) E_n = 0 \quad (8a^*)$$

Schliesslich folgt aus (9*) unter Beachtung der Tatsache⁵⁾, dass

$$p_y = -N \frac{\partial}{\partial y} \Delta w \dots \dots \dots (29)$$

ist, die Beziehung

⁵⁾ Vergl. A. Nadai, Elastische Platten, Verlag Springer, 1. Aufl., S. 21.

$$\left[E \left(J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 \right) \alpha_n + 4N \right] A_n + \frac{1}{2} h F_0 \frac{3m^2 + 2m - 1}{m(m-1)} \alpha_n E_n = \dots \dots \dots (9a^*)$$

Aus (8a*) und (9a*) finden wir den zur Berechnung der tragenden Breite λ nach (28) erforderlichen Koeffizienten E_n

$$\alpha_n E_n \left\{ \frac{1}{2} h F_0 \frac{3m^2 + 2m - 1}{m(m-1)} \alpha_n - \left(\frac{1}{2} h F_0 E \alpha_n \right)^{-1} \left[2 \delta \frac{2m}{m-1} + F_0 \frac{3m^2 + 2m - 1}{m(m-1)} \alpha_n \right] \left[E \left(J_0 + \frac{1}{4} h^2 F_0 \right) \alpha_n + 4N \right] \right\} = P_n$$

oder mit der abkürzenden Bezeichnung

$$c_n = \frac{4m^2}{\pi (3m^2 + 2m - 1)} \frac{l \delta}{F_0} \left(1 + \frac{h^2 F_0}{4 J_0} \right) \left\{ 1 + \frac{2N F_0 \left(\frac{2}{n\pi} \frac{l \delta}{F_0} + \frac{3m^2 + 2(m-1)}{2m^2} \right)}{E J_0 \delta \left(1 + \frac{h^2 F_0}{4 J_0} \right)} \right\} \dots (30)$$

$$E_n \left(\frac{\pi}{l} \right)^4 \frac{2 J_0}{h} \frac{3m^2 + 2m - 1}{m(m-1)} = - \frac{P_n}{(n + c_n) n^3} \quad (31)$$

Damit wird nach (28)

$$\lambda = l \frac{2m^2}{\pi (3m^2 + 2m - 1)} \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{P_n \sin \alpha_n x}{n^2 (n + c_n)}}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{P_n \sin \alpha_n x}{n (n + c_n)}} \dots (32)$$

Wenn in (30) $N = 0$ gesetzt wird, so ergibt sich das Resultat der bisherigen Theorie¹⁾. Der Grenzübergang in dieser einfachen Form ist jedoch nur möglich, wenn keine flächenhaft verteilten Belastungen $p(x, y)$ vorhanden sind, die ja überhaupt erst infolge der Plattensteifigkeit auf den Balken übertragen werden.

Ein Zahlenbeispiel. Für die Durchrechnung betrachten wir einen Balken von Rechteckquerschnitt $dh = F_0$, der durch eine Einzellast Q kg in Trägermitte belastet wird. Dann ist

$$P(x) = \frac{4Q}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{n\pi}{2} \sin \alpha_n x \dots \dots (33)$$

also

$$P_n = \frac{4Q}{l} \sin \frac{n\pi}{2} \dots \dots \dots (34)$$

Aus (30) folgt, wenn $m = 3$ gesetzt wird

$$c_n = 1,434 \frac{l \delta}{h \alpha} \left[1 + 0,562 \left(\frac{\delta}{h} \right)^2 \left(\frac{0,636}{n} \frac{l \delta}{h \alpha} + 1,778 \right) \right] \quad (35)$$

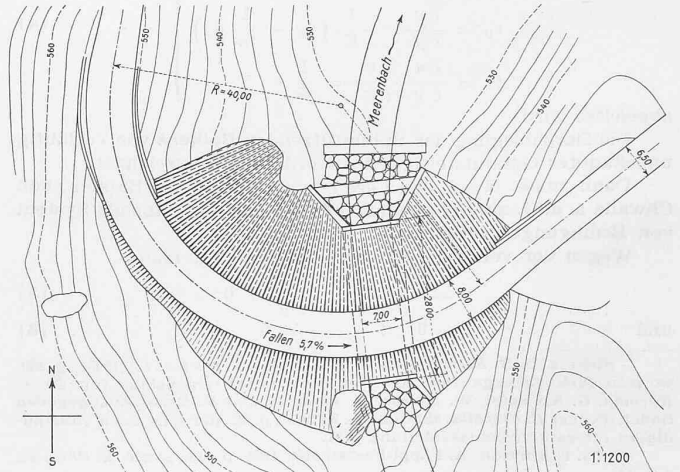
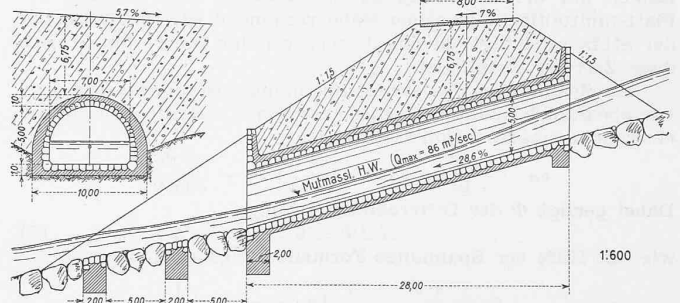


Abb. 3. Durchlass von 30 m² durch den Damm im Meerenbachtobel hinter Mühlhorn (Deponie des Ausbruchs aus dem Fuchsfallenhorn-Tunnel).

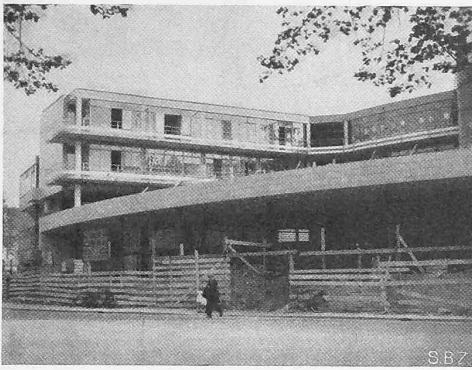


Abb. 3. Hotel Gooi, Strassenansicht.

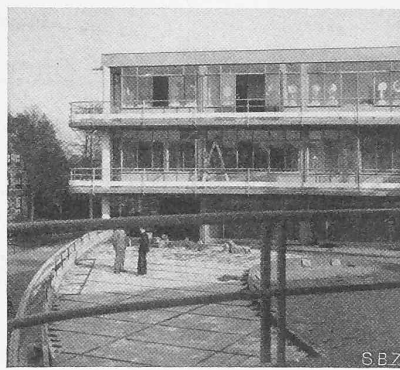


Abb. 4. Terrassendach über dem Café.

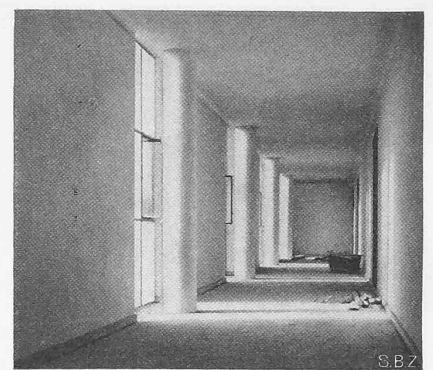


Abb. 5. Gang vor den Hotelzimmern.

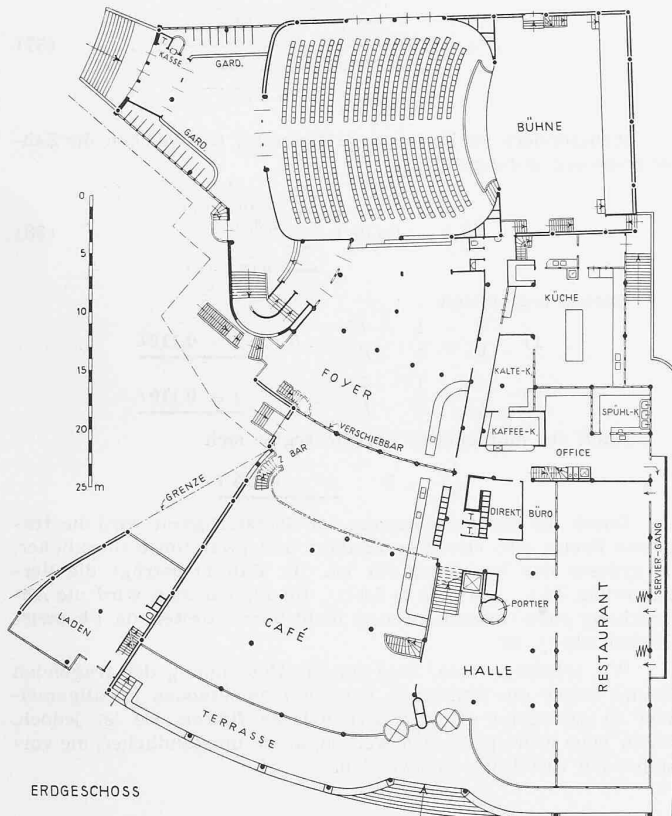


Abb. 1 und 2. Grundrisse und Schnitt 1:600 des Grand Hotel Gooi in Hilversum. — Arch. † J. DUIKER.

Anders jedoch, wenn man sich für den Spannungszustand selbst interessiert und sich nicht damit begnügt, eine Analogie zur elementaren Berechnungsmethode durchzuführen. Wenn man z. B. wissen möchte, welche Last ein Versteifungsbalken erhält, dann lässt es sich nicht umgehen, die Plattensteifigkeit zu berücksichtigen. Es bereitet keine Schwierigkeit, anhand der vorstehenden Ausführungen diese weiteren Fragen im Bedarfsfalle zu klären, worauf hier nicht eingegangen wird. Es soll nur noch einmal auf das wesentlich neue dieser Arbeit: die Aufstellung der Übergangsbedingungen (8*) und (9*), hingewiesen werden.

Zum Vollausbau der Kerenzerbergstrasse

Nachdem der Kanton Glarus bis zum Herbst 1933 die bestehende Strasse über den Kerenzerberg von Mollis bis Stocken im Wesentlichen ausgebaut hatte (vergl. Bd. 103, Seite 91*), vollzieht sich der Anschluss an die Uferstrasse bei Mühlehorn zu vollziehen. Hierfür waren verschiedene Varianten studiert worden, von denen schliesslich die auf den Seiten 192 und 193 dargestellte den Vorzug erhielt; die Finanzierung ist vollzogen, die Ausführung ist im Gang. Damit glaubt der Kanton Glarus den Forderungen des internationalen Verkehrs für viele Jahre Genüge geleistet zu haben. Sollte der Bundesrat trotzdem eine linksufrige Walensestrasse für notwendig erachten, so würde Glarus an deren Bau (Strecke Mühlehorn-Niederurnen) herantreten; der von Graubünden, St. Gallen und Zürich als dringend bezeichnete

Bau der rechtsufrigen Walensestrasse dagegen (die den Kanton nicht berührt, vergl. «SBZ» 30. Mai d. J.) wird von Glarus aus verkehrswirtschaftlichen und technischen Gründen bekämpft.

Neue Bauten in Holland

von HANS SUTER, Dipl. Arch., Uetikon a. See

Wenn ich im Folgenden von einigen neuen Bauten berichte, will ich damit nicht den Eindruck erwecken, als ob in Holland immer noch die regste Bautätigkeit herrsche. Im Gegenteil, das Baugewerbe ist schon länger als bei uns beinahe stillgelegt. Dazu kommt noch eine eigentümliche behördliche Abneigung gegen Veranstaltung von Wettbewerben; die grössten Bauaufgaben werden durch direkten Auftrag vergeben. Ueber diesen Zustand hörte ich manche bittere Klage aus der jungen Architekten-Generation, der dadurch die Möglichkeit zu Talentproben zum vornherein genommen wird. Erst nach langem, zähem Kampf und unter dem Druck der Verhältnisse haben die Architekten-Vereinigungen für den Neubau des Amsterdamer Rathauses die Ausschreibung eines allgemeinen Ideenwettbewerbes erzwingen können.

Dass diese junge Generation wirklich Talente aufweist, zeigt das Haus D. in Leeuwarden von Arch. M. Duintjer, Amsterdam (Abb. 21 und 22, S. 197). Fünf Backstein-Tragwände bestimmen klar — ohne dass dadurch die Grundriss-Entwicklung behindert würde — die konstruktive Anlage; diese gibt im Gegenteil Anlass