Das Landhaus S.-v.H. in Küsnacht am Zürichsee: Architekten Moser & Kopp, Zürich

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **113/114 (1939)**

Heft 14

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-50584

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Stäbe verteilen wird. Nehmen wir $M_A = 1$ an, so erkennt man, dass die Uebergangszahlen stets < 1 oder höchstens $= 1$ sein können. Bekanntlich ist der Anteil, den ein anschliessender Stab vom eingeleiteten Moment aufnimmt, umso grösser, je steifer er ist. Die Steifigkeit eines Stabes ist aber bekanntlich durch den Reziprokwert $\frac{1}{\tau}$ dargestellt, wo τ die in Gl. (6) definierte Bedeutung hat. Ohne auf die Herleitung einzugehen, lautet nun der allgemeine Ausdruck für die Uebergangszahlen, in Funktion der Werte $1/\tau$:

$$U_{1\text{-}n} = \frac{\frac{1}{\tau_n}}{\frac{1}{\tau_3} + \frac{1}{\tau_3} + \dots \frac{1}{\tau_n}} \qquad (15)$$

$U_{1\text{-}n}$ ist der Momentenanteil, der vom Stab 1 nach dem Stab n übergeht.

Mit Gl. (7) wurde gezeigt, dass man den Wert $1/\tau$ auch schreiben kann: $1/\tau_n = \frac{1}{\beta n} \cdot m_n$, sodass nach Einsetzung dieses Wertes in (15) und entsprechender Umformung (15) übergeht in:

$$U_{1\text{-}n} = \frac{c_n \cdot m_n}{c_2 \cdot m_2 + c_3 \cdot m_3 + \dots c_n \cdot m_n} \qquad c = J/l \qquad (16)$$

Es ist nun nur noch über die Werte m zu entscheiden. Es liegt kein Grund vor, nicht die gleichen Annahmen dafür zu machen, wie bei der Ermittlung der Festpunkte, d. h. wir nehmen sämtliche m mit dem selben Wert an. Durch diese Annahme heben sich die Werte m aus Gl. (16) heraus und diese geht über in die abgekürzte Formel:

$$U_{1\text{-}n} = \frac{c_n}{c_2 + c_3 + \dots c_n} \qquad (17)$$

Die Werte c sind schon von der Festpunktermittlung her bekannt. Auch hier nimmt man mit Vorteil den 1000 fachen Wert an. In der Nennersumme fehlt stets der Wert c desjenigen Stabes, von dem das Moment herkommt. Beim zweistäbigen Knoten wird $U_{1\text{-}n}$ folgerichtig $= 1$.

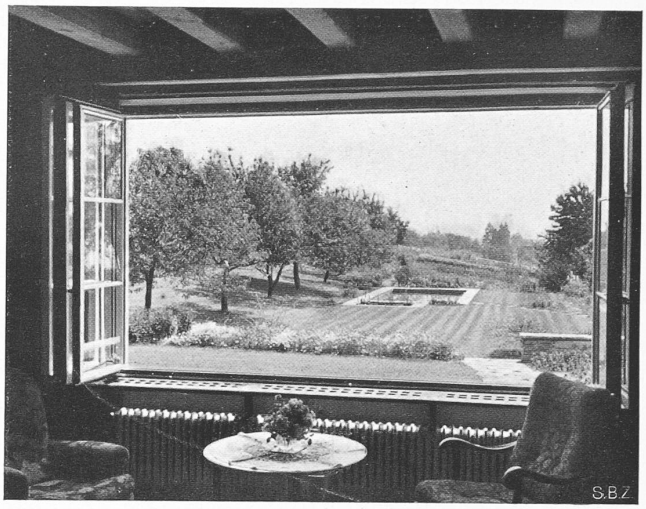


Abb. 14. Ausblick aus der Wohnhalle auf das Schwimmbad

Zahlenbeispiel. Es seien die c-Werte des Beispiels 1 angenommen. Man erhält:

$U_{1\text{-}2} = 38{,}80 : (7{,}22 + 38{,}80) = 0{,}842$ (0,824) Fehler 2 %
$U_{2\text{-}1} = 2{,}52 : (7{,}22 + 2{,}52) = 0{,}260$ (0,276) Fehler 6 %
$U_{2\text{-}3} = 7{,}22 : (7{,}22 + 2{,}52) = 0{,}740$ (0,724) Fehler 2 %
$U_{3\text{-}1} = 2{,}52 : (38{,}80 + 7{,}22) = 0{,}055$ (0,078) Fehler 29 %

Der Fehler von U_{3-1} spielt bei dem kleinen Absolutwert der Uebergangszahl keine grosse Rolle, da praktisch Stab 1 gelenkig angeschlossen.

Damit ist auch für die Uebergangszahlen eine leicht zu behaltende und einfach anwendbare Berechnungsweise gezeigt worden, die es dem praktisch arbeitenden Ingenieur erlaubt, sich rasch und mit genügender Genauigkeit ein Bild über die Momentenverteilung an jedem und zudem einzeln herausgreifbaren Knoten zu machen.

Das Landhaus S.-v. H. in Küsnacht am Zürichsee

Architekten MOSER & KOPP, Zürich

So einheitlich die sachlich bestimmenden Faktoren für die Gestaltung der herrschaftlichen Wohnhäuser in dieser Lage erscheinen, so verschieden sind all die Bauten aus der langen Reihe der hier schon gezeigten [1]) ausgefallen. Heute führen wir unsern Lesern ein Werk vor, das sich in noch ausgeprägterem Mass als dies seit einigen Jahren wieder üblich wird, an traditionelle Formen anlehnt, und bei dem mit besonderer Liebe und in enger Zusammenarbeit von Architekt und Bauherr der schmuckvollen Ausgestaltung aller Einzelheiten die grösste Sorgfalt gewidmet wurde. Wenn in dieser Hinsicht auch für den Durchschnittsgeschmack unserer heutigen Architektengeneration, gemessen am Werkbundgedanken, etwas viel getan sein mag, wollen wir deswegen diesen Bau doch nicht kurzerhand als unzeitgemäss ablehnen — vielmehr möchten wir gerade zeigen, wie sinnvoll, praktisch und wohnlich das Haus geworden ist und auch bleiben wird, selbst wenn die Schönheitsbegriffe unvermuteterweise nochmals nach der Art der «reinen Sachlichkeit» umschlagen sollten.

Zum Verständnis der Gesamtanlage (Abb. 1 bis 4, S. 162/63) ist darauf hinzuweisen, dass der Bauherr sich die spätere Ausnützung des an die Zürichstrasse anstossenden tiefliegenden Grundstückzipfels als Bauplatz durch die Zufahrt zu seinem in

[1]) Wir denken z. B. an die Häuser in Küsnacht von Arch. W. J. Tobler (Bd. 112, Nr. 17), Rüschlikon von Vogelsanger & (†) Maurer (Bd. 111, Nr. 10), Zollikon von A. H. Steiner (Bd. 110, Nr. 18), Witikon von Kündig & Oetiker (Bd. 100, Nr. 15), Wollishofen von W. J. Tobler (Bd. 108, Nr. 1), Kilchberg von Hans Roth (Bd. 107, Nr. 2), auf dem Kapf-Zumikon von W. L. Boedecker (Bd. 103, Nr. 13), Küsnacht von Laubi & Bosshard (Bd. 102, Nr. 20), «Höfli»-Zürichberg von Moser & Kopp (Bd. 101, Nr. 13), im «Düggel» von Lux Guyer (Bd. 99, Nr. 7), Eigenheim O. R. Salvisberg in Bd. 99, Nr. 13, u. a. m.

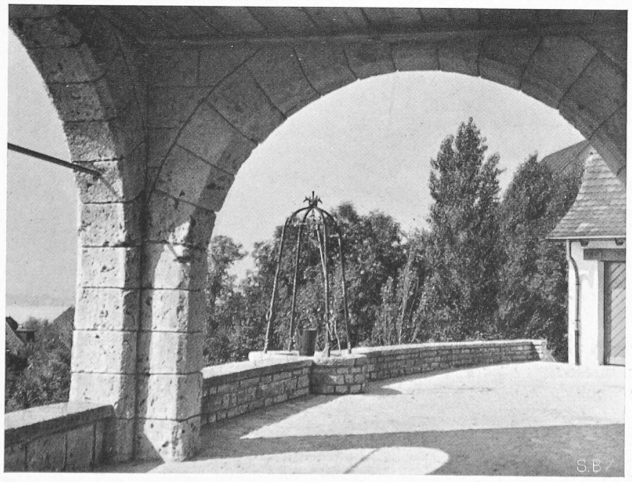


Abb. 11. Durchblick in den Hof mit dem Sodbrunnen

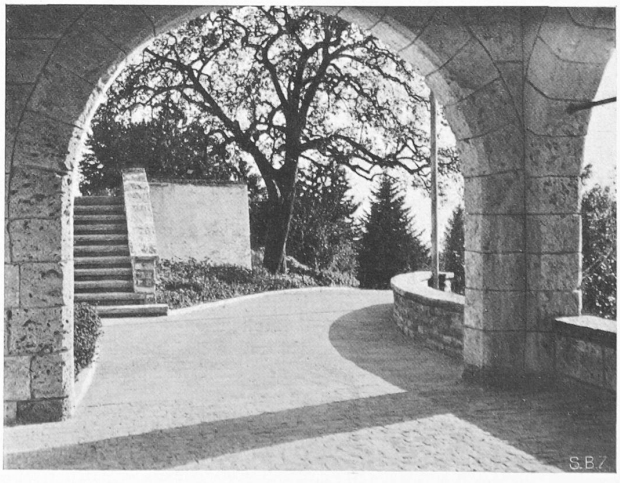


Abb. 10. Oberes Ende der Zufahrtstrasse im Torbogen

Abb. 12. Blick gegen die Stadt

Abb. 13. Südfront des Hauses S.-v. H. in Küsnacht am Zürichsee

die, die Aussicht beherrschende Höhe gestellten Hause nicht verderben wollte. Es blieb ihm daher nichts anderes übrig, als diesen Weg über die als Bauland wertlose Böschung des Grenzbachtobel zu verlegen, was zu der Eisenbetonkonstruktion zwang, die die Abb. 5 bis 9 zeigen. Das Strässchen hat eine Breite von 4 m (auf der Brücke 5 m, um allfälligen künftigen Anforderungen gewachsen zu sein) und gewinnt mit anfänglich 16 % Steigung und einer Kehre die Höhe des Hofes, in den es nach Unterfahrung des Haupthauses hineinführt (Abb. 10 bis 12). Dieser geräumige Hof, der alle Wendemanöver gestattet, ist umsäumt vom Haupthaus, vom Nebenflügel und vom noch niedrigeren Garage- und Waschküchentrakt, sodass nur seine vierte Seite frei bleibt und einen herrlichen Blick auf Stadt und unteres Seebecken gewährt. Der in die Stützmauer reizvoll eingebundene «Sodbrunnen» (Abb. 11) ist nicht etwa blosse Dekoration, sondern erfüllt den praktischen Zweck, alles Regenwasser zu sammeln, das im Garten höchst wertvoll ist, während in der hinteren Ecke des Hofes ein plätschernder Brunnen das seinige zur trauten Hofstimmung beiträgt[2]).

Der Besucher betritt das Haus neben diesem Brunnen und gewinnt über eine Innentreppe die Höhe des Hauptgeschosses (Risse Abb. 15 bis 18). Die grosszügige, «burgmässige» Raumstimmung herrscht auch hier: eine von rohen Lärchenbalken getragene Decke überspannt den weiten Hauptraum (Abb. 19), der als grosse Halle fast die ganze Breite des Hauses einnimmt, und dem alle andern Räume als selbständige Zimmer (Zimmer des Herrn, der Dame), durch eine Schiebetür verbunden (Ess-Zimmer) oder in dauerndem Zusammenhang wie die Arvennische (Abb. 20) zugeordnet sind. Um das Kamin sowohl zu dieser hin, wie gegen den Hauptraum Wärme strahlen zu lassen, ist es um die Ecke gezogen — ein Kompromiss, der ästhetisch natürlich keinen Gewinn bringt. Als dem Hauptraum zugeordnet ist schliesslich auch die grosse, einfach gehaltene Gartenterrasse (Abb. 14) zu bezeichnen, die in schönster Verbindung mit ihm steht.

[2]) Der Leser mag diesen Ausdruck belächeln, aber der Bauherr und viele seiner Gäste empfinden wieder so ursprünglich, dass sie diese steinerne Brunnenschale nicht missen möchten.

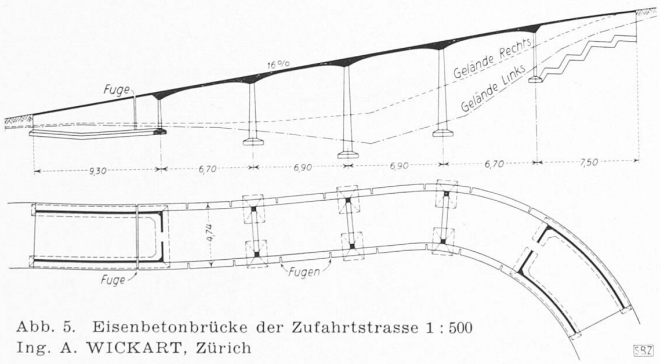


Abb. 5. Eisenbetonbrücke der Zufahrtstrasse 1 : 500
Ing. A. WICKART, Zürich

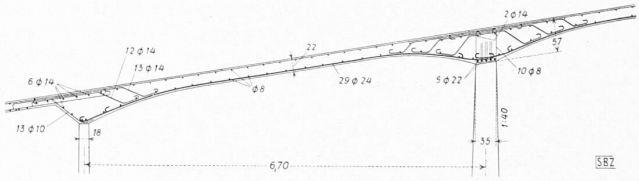


Abb. 6. Armierung, 1 : 120

Abb. 8 und 9. Die Zufahrtstrasse (noch ohne das eiserne Geländer), gegen den See gesehen

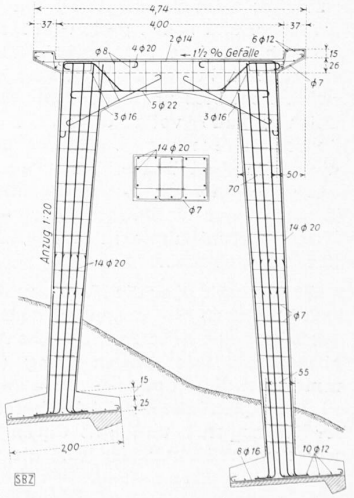


Abb. 7. Brückenjoch 1 : 120

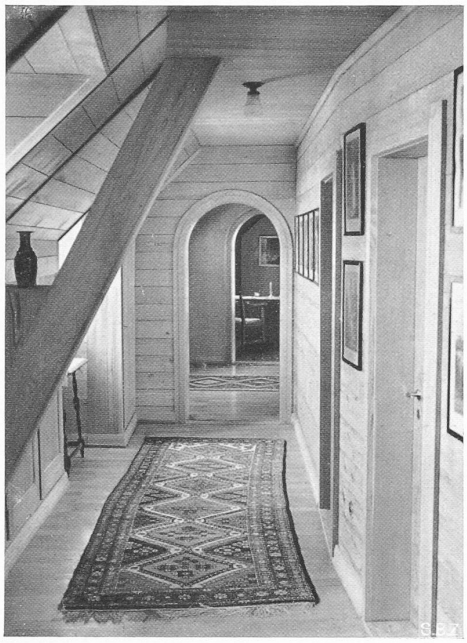


Abb. 22. Gang im I. Stock des Nebenflügels

Abb. 19. Die Halle mit Durchblick zum Wohnzimmer im Erdgeschoss

Bei der Betrachtung dieser Gartenseite sei gleich auf zwei geschickte Lösungen hingewiesen: links den Vorsprung des Damenzimmers, der einen Wetterschutz für die Südfront abgibt, rechts die Stellung des Terrassenanbaues vor dem Esszimmer. Dieser springt bergseits über die Ostfront vor, was ermöglicht, der Terrasse vor dem Elternschlafzimmer die nötige Breite zu geben, ohne durch diesen (ästhetisch unerwünschten) Bauteil die Südfassade stark zu beeinträchtigen. Etwas, das vom architektonischen Standpunkt aus zur Kritik Anlass geben könnte, ist vielleicht die Grösse der Fenster des Damenzimmers, die den Masstab der Südfront etwas drücken (Abb. 13). Auch die Verteilung und Grössenverhältnisse der Westfrontfenster mag man beanstanden — aber in allen diesen Fällen liegen eben praktische Bedürfnisse und Anforderungen des Bauherrn der Lösung zu Grunde, denen die Architekten in dieser «gebundenen Form» bestmöglich zu entsprechen gesucht haben, obwohl dies zweifellos schwieriger war, als wenn sie hätten frei gestalten können. In der Westfront tragen übrigens die roten Ackersteine in Zyklopenvermauerung dazu bei, dass man über das Unausgewogene in der Fensteraufteilung hinwegsieht. Reizvoll ist in der Westansicht auch die geringe Versetzung des vorderen Bauteils des Haupthauses (Grundriss Abb. 15 und Abb. 3), die von der arvengetäferten Spielnische aus einen «Spion»-Ausblick auf den See ermöglicht.

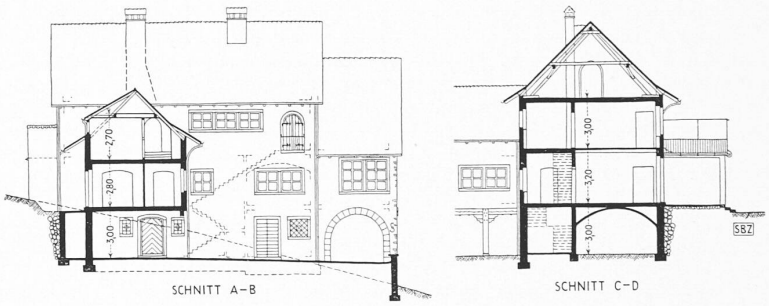
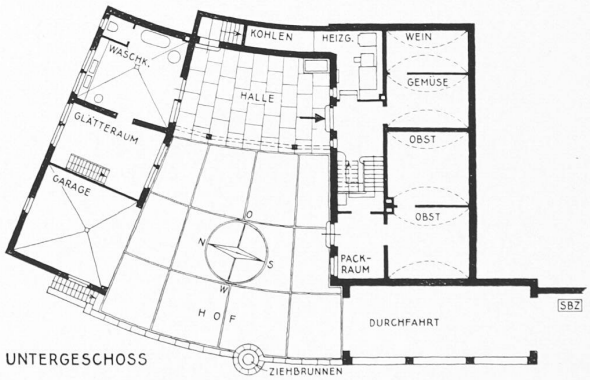


Abb. 18. Schnitte (vergl. Abb. 15). — 1 : 400. — Abb. 17 (unten). Untergeschoss



Der Zusammenhang zwischen Esszimmer, Anrichte und Küche (mit Aga-Kohlenherd) erhellt ohne weiteres aus dem Grundriss; auch auf die Anordnung der Dienstenzimmer jenseits der Küche, und somit ganz vom Herrschaftshaus isoliert, sei besonders hingewiesen. Dass die Installationen aller Art erstklassig und reichlich bemessen sind, versteht sich eigentlich von selbst. Erwähnt sei blos noch, dass für die Heizung und Warmwasserbereitung eine vollautomatische CTC-Zentralheizanlage mit Gilbarco-Oelfeuerung gewählt worden ist, bei der durch Thermostaten jede einstellbare Kesselwassertemperatur selbsttätig konstant gehalten wird. Zudem ist mit dem Heizkessel ein Zentral-Wärmespeicher verbunden, der entsprechend der jeweiligen Warmwasserentnahme in Küche, Bad usw. automatisch wieder auf 75 °C aufgeheizt wird.

Steigen wir über die Nussbaumtreppe (Abb. 21) in den ersten Stock hinauf, so fällt neben den schönen Schlafräumen des Haupthauses besonders die romantische Anlage des leicht gekrümmten Nebenflügels mit seinem Gang (Abb. 22) und seinen Gästezimmern in die Augen — wiederum eine Gestaltung, die ganz und gar persönlicher Liebhaberei entspricht, in ihrer Art aber konsequent und gut durchgeführt ist. Der Gang dient auch dem Wäschetransport; die gebrauchte Wäsche gelangt durch einen Wäschefall am Nordende des Ganges direkt in das Waschhaus am Hof.

Der innere Ausbau wirkt trotz aller Einfachheit (z. T. nur gehobeltes, z. T. geblasenes, z. T. gebeiztes Tannen- und Lärchenholz, nur die Treppe ist in Nussbaum) warm und lebendig, was zum guten Teil auf die liebevolle Gestaltung in der Einzelform, in den Beschlägen usw. zurückzuführen ist (Abb. 20 gibt einen zu unruhigen Eindruck, der der Wirklichkeit nicht ganz gerecht wird). — Die Baukosten betragen gegen 85 Fr./m³.

*

Wir sind etwas breiter geworden, als gewöhnlich. Es geschah in der Absicht, eine heute wieder auflebende Bau-Auffassung an einem guten Beispiel dem Verständnis näher zu bringen. Denn das Bedürfnis nach dieser Art Architektur ist ganz unverkennbar in weiten Kreisen sehr stark vorhanden, und es hat keinen Sinn, wenn begabte Architekten diese Aufgaben verächtlich den Kitsch-Fabrikanten überlassen. Im Gegenteil sollten sie sich in diese Probleme vertiefen, dann werden sie sie auch meistern, und ihre Werke werden Bestand haben über die nächste Schwingung des architektonischen Mode-Pendels hinaus.

Abb. 20. Spielnische in Arvenholz, mit dem altertümlichen Kamin in der Halle

Abb. 21. Gang im I. Stock, Südflügel

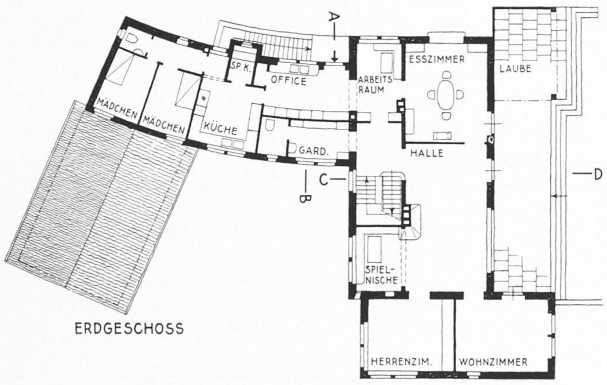


Abb. 15. Grundrisse 1 : 400 des Hauses S.-v. H. in Küsnacht. — Architekten MOSER & KOPP, Zürich

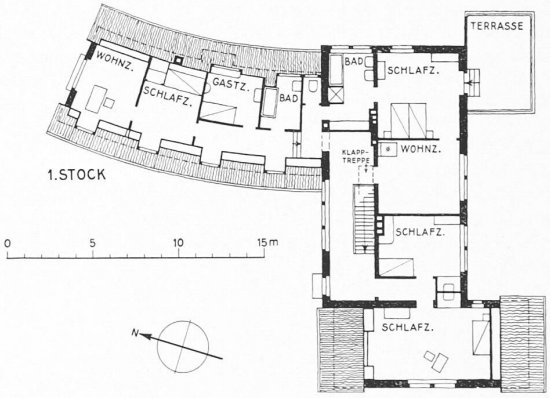


Abb. 16

Die Verwendung von Bambus im Betonbau

Bestimmend für den Versuch[1]), Bambus in Verbindung mit Beton zu verwenden, waren, im Hinblick auf die Verhältnisse in Indien, folgende Umstände: Die Notwendigkeit eines Schutzes des Bambus gegen Feuer, sowie gegen tierische und pflanzliche Schädlinge. Da die Herstellung eines guten Betons technisch und wirtschaftlich auf Schwierigkeiten stösst, sollen durch Verwendung von Bambuseinlagen, die billig zu beschaffen sind, Bauglieder hergestellt werden, die auch bei geringer Betongüte noch die gestellten Forderungen, z. B. bei Wohnbauten, erfüllen.

Die aus früheren Untersuchungen bekannten mechanischen Eigenschaften des Bambus werden beschrieben. Für den E-Modul werden Werte angegeben, die zwischen 170 000 kg/cm² und 220 000 kg/cm² liegen; als Druckfestigkeit des tragenden Querschnitts werden 794 kg/cm² bis 863 kg/cm² und als Zugfestigkeit 1627 kg/cm² bis 2070 kg/cm² genannt. Die Hauptforderungen für die Wirkung der Verbundkonstruktion sind, die dauernde Unversehrtheit der Bambuseinlagen und die hinreichende Uebertragung der Kräfte. Ein Urteil, inwieweit die erstgenannten Forderungen erfüllt werden, erscheint in Anbetracht der kurzfristigen Versuche (Alter der Proben bis zu einem Monat) nicht möglich.

Schwierigkeiten bereitete zunächst die Verhinderung des Schwindens und Quellens und damit die Gewährleistung der Uebertragung der Kräfte durch die Haftung. Doch war es wenigstens für die angegebene Versuchszeit möglich, durch Schutzanstriche das Haften der Bambuseinlagen genügend zu sichern. Sprengrisse, die durch das Quellen entstanden, liessen sich aber nicht immer vermeiden. Zu den eigentlichen Versuchen wurden verhältnismässig kleine Körper benutzt (Prismen 56 · 10 · 10 cm³ und 100 · 20 · 20 cm³). Bei den Biegebalken fand sich der Bambus in der Zugzone als gerade Einlagen, entweder zu Streifen geschlitzt, halbiert oder als Rundstab. Die Verankerung war zum Teil den vorhandenen Querrippen oder den schleifen- bzw. fächreförmig gestalteten Enden der Stäbe zugedacht. Der Bewehrungsanteil lag zwischen 0,8 % und 10 %. Zu den Drucksäulen wurden Bambusvollstäbe bis zu einem Bewehrungsanteil von 26 % verwendet.

Nach den Versuchen ist u. a. folgendes festzustellen: Bei den Biegeversuchen wurde die Risslast durch Bambuseinlagen praktisch nicht erhöht, die Bruchlast dagegen wurde gesteigert. Es besteht die Annahme, dass das beobachtete Aufsprengen des Betons durch die Keilwirkung der ungleichen Stäbe durch Anbringen üblicher Bügel verhindert werden kann. Die Tragfähigkeit der Betonsäule wird durch Bambusrohreinlagen nicht vermindert; im Falle von minderwertigem Beton ist eine geringe Erhöhung eingetreten. — Im ganzen ist festzustellen, dass sich die Arbeit orientierend mit einer Reihe von Punkten befasst, die für das Zusammenwirken von Bambus und Beton wichtig sind, dass aber eine hinreichende Klärung der praktisch auftretenden Fragen noch nicht erreicht ist, insbesondere, weil sich die Versuche nur auf einen kurzen Zeitraum erstreckten. Dazu kommt, dass bei sachgemässer Bauweise der Aufwand (z. B. für Schutzanstriche, für die — noch nicht hinreichend untersuchte — Schubsicherung, für die Rissverhütung, usw.) für diese geringwertigen Bauglieder verhältnismässig gross sein dürfte.

Dr.-Ing. habil *K. Walz* (Stuttgart).

[1]) Versuche von K. Datta im Institut für die Materialprüfungen des Bauwesens an der Techn. Hochschule Stuttgart; vgl. «Bauingenieur», 1936, Heft 3/4. Ferner in «Annali dei Lavori Pubblici», Roma 1939, Fasc. 6.

Abb. 3. Ansicht aus Südwest

Haus S.-v. H. in Goldbach-Küsnacht

Abb. 4. Bergseite aus Osten

wirklichen Werte sind, hängt vom Einspannungsgrad der betr. Stäbe an dem, dem betrachteten Knoten entfernt liegenden Stabende ab. Zum Teil können sie zum vornherein bekannt sein, wenn z. B. einer oder mehrere der Stäbe «äussere», d. h. an einem Ende voll eingespannte oder gelenkig gelagerte Stäbe sind. Sobald es sich aber um «innere» Stäbe handelt, also solche, die an beiden Enden elastisch eingespannt sind, sind die m-Werte bei mehr als zweistäbigen Knoten oder geschlossenen Stabzügen vorläufig unbekannt. Bis jetzt ist man vorerst so vorgegangen, dass man die überzähligen Festpunktabstände schätzungsweise annahm und dann in einem zweiten Rechnungsgang verbesserte. Wir können nun aber folgende, weiter unten bewiesene, wichtige Behauptung aufstellen:

«Die Differenz $\triangle m_n$ zwischen dem genauen Wert von m_n und dem auf Grund von geschätzten Werten m_1, $m_2 \ldots m_{n-1}$ ermittelten Näherungswert m_n' übersteigt nie den maximalen Wert von $\pm \triangle m_{n\max} = 0{,}012$ und erreicht diese Grenze überdies nur, wenn man in der Schätzung den höchstmöglichen Fehler macht, d. h. wenn z. B. sämtliche m_1, m_2 usw. in Wirklichkeit $= {}^2/_3$ sind, man sie zu ${}^1/_2$ schätzt.»

Diese Behauptung wollen wir mit Hilfe einer Kurve, die «*Differenz Grenzwertkurve*» genannt sein soll, beweisen. Es soll ein Knotenpunkt vorliegen, in dem nur «innere» Stäbe zusammenlaufen. Die Werte c_1, c_2, ... c_n sind natürlich bekannt, dagegen sämtliche m-Werte unbekannt. Es werden uns vorläufig bei gegebenen c-Werten nur die Maximal- und Minimalwerte von m_n interessieren, um die maximale Differenz feststellen zu können. Aus (12) erkennt man mit Leichtigkeit, dass wir, um $m_{n\min}$ zu erhalten, sämtliche m mit dem Kleinstwert ${}^1/_2$ einsetzen müssen, und für $m_{n\max}$ alle m mit dem Grösstwert ${}^2/_3$. Die entsprechenden Ausdrücke lauten dann:

$$m_{n\min} = \frac{2 + c_n/0{,}50\,\Sigma c}{3 + 2c_n/0{,}50\,\Sigma c} = \frac{2 + 2c_n/\Sigma c}{3 + 4c_n/\Sigma c} = \frac{2 + 2c'}{3 + 4c'} \qquad (12a)$$

$$c_n/\sum_1^{n-1} c = c'$$

$$m_{n\max} = \frac{2 + c_n/0{,}66\,\Sigma c}{3 + 2c_n/0{,}66\,\Sigma c} = \frac{2 + 1{,}5\,c_n/\Sigma c}{3 + 3\,c_n/\Sigma c} = \frac{2 + 1{,}5\,c'}{3 + 3\,c'} \qquad (12b)$$

Die Differenz $m_{n\max} - m_{n\min} = \triangle m_{n\max}$ ist somit in Abhängigkeit gebracht zu den Werten c', d. h. die Gleichung der gesuchten Differenzkurve lautet:

$$\triangle m_{n\max} = f(c') = \frac{2 + 1{,}5\ c'}{3 + 3\ c'} - \frac{2 + 2\ c'}{3 + 4\ c'} \qquad (13)$$

Durch Nullsetzung der ersten Ableitung $f'(c')$ erhält man den Abszissenwert c' für welchen $\triangle m_n$ den überhaupt grössten Wert erreicht. Die Schlussgleichung, aus der c' hervorgeht, lautet:

$$c' = \frac{6 - \sqrt{3}\,3}{4\sqrt{3} - 6} = 0{,}866$$

Diesen Wert in (13) eingesetzt, ergibt als Maximalwert von m_n: $m_{n\max}$ (absolut) $= 0{,}012$. Man erkennt, dass die Kurve gleich am Anfang ziemlich rasch ansteigt. Da für $c' = \infty\ f(c') = 0{,}50 - 0{,}50 = 0$, sich die Kurve also der c' Axe assymptotisch nähert, muss sie auch einen Wendepunkt besitzen. Durch Nullsetzen der zweiten Ableitung $f''(c')$ erhält man die Lage auch dieses Punktes. Der entsprechende Wert c' ist $= 1{,}74$ und $\triangle m_n = 0{,}0106$. In Abb. 2 ist die der Gl. (13) entsprechende Kurve aufgezeichnet. Aus deren Verlauf ersieht man, dass nach dem raschen Aufstieg zum Maximum die Kurve sehr langsam fällt. Von grösserem Interesse ist aber das Intervall von $c' = 0$ bis $c' = 0{,}866$ oder genau genug bis $c' = 1{,}0$. Es lässt sich nämlich anhand ausgeführter Tragwerke feststellen, dass in der Mehrzahl der Fälle die Werte c' kleiner als 1, und sehr oft kleiner als 0,50 sind.

Wir ermitteln nun den mittleren Wert von $\triangle m_n$ für das Intervall $c' = 0$ bis 0,866. Das entsprechende Kurvenstück entspricht genau genug einer Parabel vierten Grades, dargestellt durch die Gleichung:

$$J_1 = J_0 \left(1 - \frac{x^4}{x_0^4}\right) \qquad \begin{array}{l} x_0 = 0{,}866 \\ x = x_0 - c' \\ J_0 = 0{,}012 \end{array}$$

Das mittlere $\triangle m_n$ kann als mittlere Höhe der Fläche F aufgefasst werden.

$$F = 0{,}012 \int_0^{0{,}866} dx - 0{,}0214 \int_0^{0{,}866} x^4\,dx \qquad \triangle m_n \text{ Mittel} = \frac{F}{x_0}$$

Die Auswertung des Integrals ergibt: $\triangle m_n$ Mittel $= \dfrac{0{,}00832}{0{,}866} = 0{,}0096$

Das zugehörige c' findet man aus Gl. (13) durch probieren und erhält $c' = 0{,}33$. Setzt man nun diesen Wert $c' = 0{,}33$ in die durch Gl. (12a) und (12b) gegebenen Ausdrücke für $m_{n\min}$ und $m_{n\max}$ ein und bildet das Mittel aus beiden Werten, so erhält man einen *mittleren Wert* m_n, der den im allgemeinen auftretenden Einspannungsverhältnissen sehr gut entspricht, umso mehr, als ja bereits festgestellt wurde, wie unempfindlich m_n gegen Variation der m_1, m_2 ... Werte ist. Das genannte, mittlere m_n, das also in Zukunft an Stelle der Werte m_1, m_2, ... m_{n-1} treten wird, ergibt sich zu: m mittel $= 0{,}63$, oder als Reziprokwert $1/m = 1{,}60$. Setzen wir nun den jetzt für *alle anschliessenden* Stäbe 1, 2, ... n-1 gleichen Wert $1/m = 1{,}60$ in die allgemeine Gl. (10) ein, so geht diese über in die abgekürzte Formel:

$$k_n = \frac{c_n}{\sum_1^{n-1} c \cdot 0{,}63} = \frac{1}{0{,}63} \cdot \frac{c_n}{\sum_1^{n-1} c} = 1{,}60\ c' \qquad (14)$$

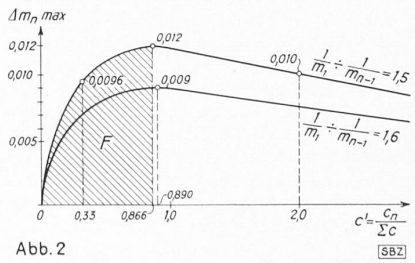


Abb. 2

In Abb. 2 ist die dem Wert 1,60 entsprechende Differenzkurve eingezeichnet. Man erkennt, dass bei Annahme gelenkiger Lagerung sämtlicher n-1 Stäbe die grösste Differenz nur noch 0,009 ist. Da aber der Wert $c' = 1$ äusserst selten erreicht wird, bleibt die Abweichung von m, bezw. k_n vom wahren Wert, vor allem bei mehr als zweistäbigen Knoten sehr gering. Der *Festpunktabstand* ist aber noch unempfindlicher gegen kleine Schwankungen von k, da der Wert $v = 3 + k$ bei Aenderungen von k in der zweiten und in seltenen Fällen in der ersten Dezimalstelle wenig variiert. Anhand einiger Zahlenbeispiele soll gezeigt werden, dass die mit Hilfe der Formel (14) ermittelten Festpunktabstände brauchbare Werte ergeben [1]).

[1]) Die J/l und die genauen Werte der Festpunktabstände wurden entnommen aus: Suter, «Methode der Festpunkte», 1923.

Haus S.-v. H. in Zollikon Arch. Moser & Kopp, Zürich

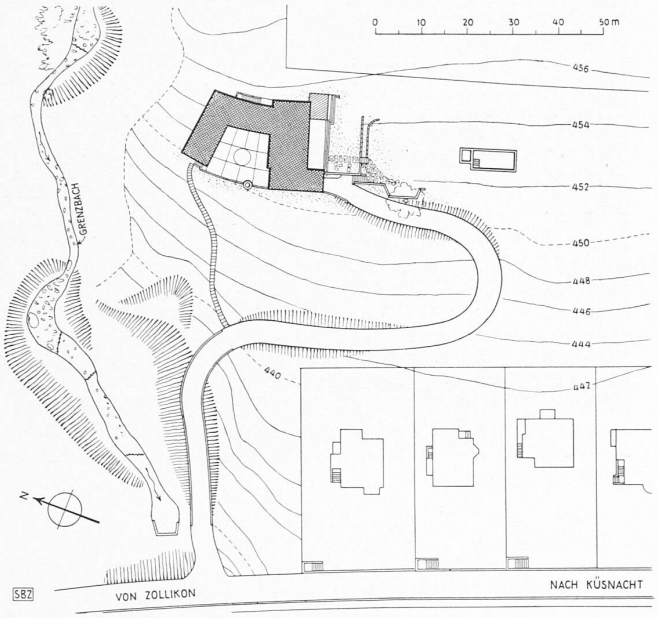
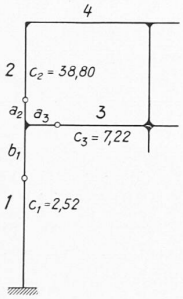


Abb. 1. Lageplan 1 : 1500



Beispiele

a) *Dreistäbiger Knoten.* Trägheitsmomente stark verschieden[2]). Stab 1 am Fusse fest eingespannt. $c_1 = 2{,}52$; $c_2 = 38{,}80$; $c_3 = 7{,}22$.

$$c'_1 = \frac{2{,}52}{38{,}80 + 7{,}22} = 0{,}0547$$

$k_1 = 1{,}60 \cdot 0{,}0547 = 0{,}088$
k_1 genau $= 0{,}106$
$v_1 = 3{,}088 \quad b_1 = 1{,}81$
b_1 genau $= 1{,}80$

$$c'_2 = \frac{38{,}80}{2{,}52 + 7{,}22} = 3{,}98$$

$k_2 = 1{,}60 \cdot 3{,}98 = 6{,}35$
k_2 genau $= 6{,}36$
$v_2 = 9{,}35 \quad a_2 = 0{,}268$
a_2 genau $= 0{,}267$

$$c'_3 = \frac{7{,}22}{38{,}80 + 2{,}52} = 0{,}175$$

$k_3 = 0{,}280$
k_3 genau $= 0{,}339$
$a_3 = 1{,}28$
a_3 genau $= 1{,}26$

b) *Dreistäbiger Knoten.* J-Werte stark verschieden. Stab 1 mit Fussgelenk.

$c_1 = 3{,}46$	$c' = 0{,}130$	$k = 0{,}208$ (0,224)	$b_1 = 2{,}07$ (2,06)
$c_2 = 6{,}17$	$c' = 0{,}258$	$k = 0{,}412$ (0,448)	$a_2 = 1{,}47$ (1,46)
$c_3 = 20{,}50$	$c' = 2{,}130$	$k = 3{,}410$ (4,100)	$a_3 = 0{,}85$ (0,77)

Den Wert a_3 kann man noch genauer erhalten, wenn man sich der allgemeinen Formel (10) bedient und dort für m_1 den hier bekannten Wert 0,50 einsetzt. Dann wird:

$$k_3 = 20{,}50 : (0{,}50 \cdot 3{,}46 + 0{,}63 \cdot 6{,}17) = 3{,}65 \qquad a_3 = 0{,}82$$

Die Differenz beträgt also in diesem extremen Fall nur 6 %.

c) *Zweistäbiger Knoten*

$c_1 = 6{,}17$	$c' = 4{,}22$	$k = 6{,}75$ (6,77)	$b_1 = 0{,}514$ (0,512)
$c_2 = 1{,}46$	$c' = 0\,237$	$k = 0{,}38$ (0,375)	$a_2 = 1{,}618$ (1,620)

Die vorstehenden Beispiele zeigen, dass das abgekürzte Verfahren die Festpunktabstände mit völlig genügender Genauigkeit liefert. Wenn man sich die Annahmen vergegenwärtigt, die meistens schon bei der Ermittlung der Systemaxen und Trägheitsmomente gemacht werden, erkennt man, dass eine kleine Verschiebung der Festpunkte keine grosse Bedeutung haben kann.

Es soll nun noch für den häufig vorkommenden Fall der nur aus zweistäbigen Knoten bestehenden Stabzüge (durchlaufender Balken, offene und geschlossene Rahmen usw.) die allgemeine Formel (10) in etwas andere Form gebracht werden, die es ermöglicht, den Wert k_n direkt aus dem schon ermittelten Wert k_{n-1} zu ermitteln. Dabei kann natürlich k_{n-1} je nach den Auflagerbedingungen der Endstäbe entweder mit der genauen

[2]) Die Werte J werden in Zukunft stets mit 1000 multipliziert, um übersichtlichere c Werte zu erhalten.

Abb. 2. Ansicht aus Westen, von der Zürichstrasse aus

Gl. (10) oder mit der Näherungsformel (14) ermittelt worden sein. Wie leicht zu erkennen, geht Gl. (10) für 2 Stäbe über in:

$$k_n = \frac{1}{m_{n-1}} \frac{c_n}{c_{n-1}} = \frac{1}{m_{n-1}} \cdot c'_n \qquad (10a)$$

Nun ist aber gemäss früherer Definition der Wert m_{n-1} bezw. dessen Reziprokwert:

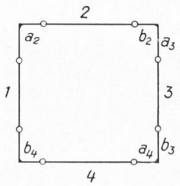
$$1/m_{n-1} = \frac{3 + 2\ k_{n-1}}{2 + k_{n-1}}$$

somit kann die Gl. (10a) auch in folgender Form geschrieben werden:

$$k_n = \frac{3 + 2\ k_{n-1}}{2 + k_{n-1}} \cdot c'_n$$

Beim durchlaufenden Balken, dessen Endfelder entweder fest eingespannt oder gelenkig gelagert sind, ist k_{n-1} natürlich bekannt (0 bezw. ∞) und damit auch alle andern Werte k. Bei geschlossenen Rahmen ermittelt man zuerst irgend einen k-Wert mittels Gl. (14) und setzt diesen Wert als k_{n-1} in (10b) ein. Dadurch erhält man den Wert k_n schon praktisch genau, wie im folgenden Beispiel gezeigt werden soll.

Es sei: $c_1 = c_3 = 3{,}42$
$c_2 = c_4 = 6{,}90$. Zuerst werde k_2 mit (14) berechnet



$$k_2 = 1{,}60\ \frac{6{,}90}{3{,}42} = 3{,}23$$

$a_2 = b_2 = 0{,}37$ (genau 0,36)

$$k_3 = \frac{3 + 6{,}46}{2 + 3{,}23} \cdot \frac{3{,}42}{6{,}90} = 0{,}89$$

$a_3 = b_3 = 0{,}684$ (genau 0,680)

Aus k_3 findet man nun $k_4 = k_2$ verbessert, nämlich $= 3{,}34$. Dieser genauere Wert k liefert nun den genaueren Wert $a_2 = 0{,}362$, der praktisch genau ist.

Die Beispiele, die die Brauchbarkeit des abgekürzten Verfahrens beweisen, liessen sich noch vermehren. Vor allem lässt sich damit auf raschem Weg entscheiden, ob es sich in gewissen Fällen lohnt, teilweise Einspannung überhaupt anzunehmen. Besser allerdings lässt sich dies mit Hilfe der Uebergangszahlen entscheiden, deren Ermittlung, unabhängig von der Festpunktberechnung, in der wie folgt gezeigten Weise erfolgen kann.

II. Uebergangszahlen

Es liege wieder der in Abb. 1 dargestellte Knoten A mit 1 bis n anschliessenden Stäben vor. Es werde nun vom Stabe 1 her ein Moment M_A eingeleitet, das sich auf die übrigen n-1