

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 23

Artikel: Die Verbundsäule im Lichte der jüngsten Versuche
Autor: Emperger, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83007>

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>

Die Verbundsäule im Lichte der jüngsten Versuche.

Von Dr. FRITZ EMPERGER, Wien.

In der Berechnung der Eisenbetonsäulen hat sich eine Umgestaltung vollzogen, die nach langem Tasten und einer grossen Zahl von Versuchen in aller Herren Länder, in den Schlussfolgerungen des Pariser Kongresses für Brücken- und Hochbau 1932 dahingehend Ausdruck gefunden hat, dass das Additionsge setz als allgemeine Rechnungsunterlage anerkannt wird; wir wollen in der Folge eine Uebersicht über den Stand dieser Bestrebungen geben. An Stelle jener allgemein für die Säulenberechnung gültigen Formel, nach der die zulässige Last bei einer Säule vom Betonquerschnitt F_b und vom Stahlquerschnitt F_e bestimmt wurde aus der Gleichung:

$$P = \sigma_b (F_b + n F_e) = \sigma_b F_i \dots \dots \quad (1)$$

worin der Beiwert n , mit 10 oder 15 angegeben, das Verhältnis der Elastizitätskoeffizienten von Stahl und Beton bedeutet, soll nunmehr eine Gleichung treten, die eine Addition der zulässigen Spannungen beider Stoffe bereits im Stadium der zulässigen Lasten voraussetzt und lautet:

$$P = \sigma_b F_b + \sigma_e F_e = \sigma_b (F_b + n F_e) \dots \dots \quad (2)$$

Der Beiwert n ist bei dieser Auffassung das Verhältnis der zulässigen Spannung von σ_b für Beton und σ_e für Stahl und bewegt sich in den Grenzen von etwa 15 bis 27 bei exzentrisch belasteten Säulen und von 20 bis 34 bei zentrisch belasteten Säulen (nach den österr. Annahmen der zulässigen Spannungen).

Der Uebergang zwischen der alten und dieser Auffassung hat sich in der Weise vollzogen, dass man zunächst einen Beiwert benutzt hat, der das Verhältnis der Bruchfestigkeit beider Baustoffe berücksichtigte. Wir finden z. B. in den letzten Entwürfen der Schweizer Vorschriften 1931 und 1932 diesen Weg vor; es lautet dort die Formel für umschnürte Querschnitte mit einem Kernquerschnitt von F_k

$$P = \sigma_b \left(F_k + \frac{K_e}{0,75 K_w} F_e + \frac{2 K_u}{0,75 K_w} F_u \right) \dots \dots \quad (3)$$

In dieser Gleichung, bei der nur die Bezeichnungen vereinheitlicht worden sind, bedeutet $0,75 K_w$ die Säulenfestigkeit des Beton von einer Würfelfestigkeit K_w und F_u den Querschnitt, K_u die Streckgrenze des Umschnürungsdrabtes. Eine ähnliche Auffassung zeigen die neuen deutschen Vorschriften.

Durch die zahlreichen, unter den verschiedensten Verhältnissen ausgeführten Versuche mit Säulen mit hoher Bewehrung zunächst mit einbetonierten Stahlsäulen¹⁾, dann mit umschnürtem Gusseisen²⁾ und endlich mit umschnürtem Stahl³⁾ bzw. mit verbügeltem Stahl⁴⁾ erscheint es hinreichend feststehend, dass man durch entsprechende Vorkehrungen die Addition der Festigkeiten beider Baustoffe beim Bruch erzielen kann, sofern man einen Beton von hinreichender Stauchfähigkeit benutzt oder seine Stauchfähigkeit durch die Ausbildung der Querbewehrung sicherstellt. Es kann dann die volle Ausnutzung des Stahls der Längseisen erreicht werden, entsprechend der Gleichung:

$$P_{\text{Bruch}} = K_b F_b + K_e F_e \dots \dots \quad (4)$$

Aus dieser Gleichung leiten die deutschen Vorschriften durch eine Division mit der gleichen Sicherheit 3 der ganzen Säule, wie sie dem Beton entspricht, die zulässige Last ab.

$$P = 1/3 (K_b F_b + K_e F_e) = K_b/3 (F_b + K_e/K_b F_e) \dots \dots \quad (5)$$

¹⁾ Forscherarbeiten aus dem Gebiete des Eisenbeton Heft VIII 1908 und „Beton und Eisen“ 1907.

²⁾ Heft III der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses, „Beton und Eisen“ 1912 u. a. m.

³⁾ Heft XI der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses, „Beton und Eisen“ 1912 u. a. m.

⁴⁾ Holländische Versuche, beschrieben in Heft XIII der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses, und im Kongressbericht 1932.

Diese Auffassung bedeutet eine grosse Benachteiligung der einbetonierten Stahlsäule. Wenn wir eine Stahlsäule einbetonieren und sie nach dieser Formel berechnen, so besitzt sie eine geringere zulässige Last als ohne Berücksichtigung des versteifenden Beton. Der Unterschied dieser neuen Regeln im Vergleich mit der alten Regel in Gl. (1) ist kein nennenswerter⁵⁾, sodass diese Regel nur als eine unnötige Komplikation der Berechnung bezeichnet werden kann. Es wäre einfacher gewesen, die alte Regel, die nur bis zu 3% Bewehrung gegolten hat, bis zu 8% auszudehnen.⁶⁾

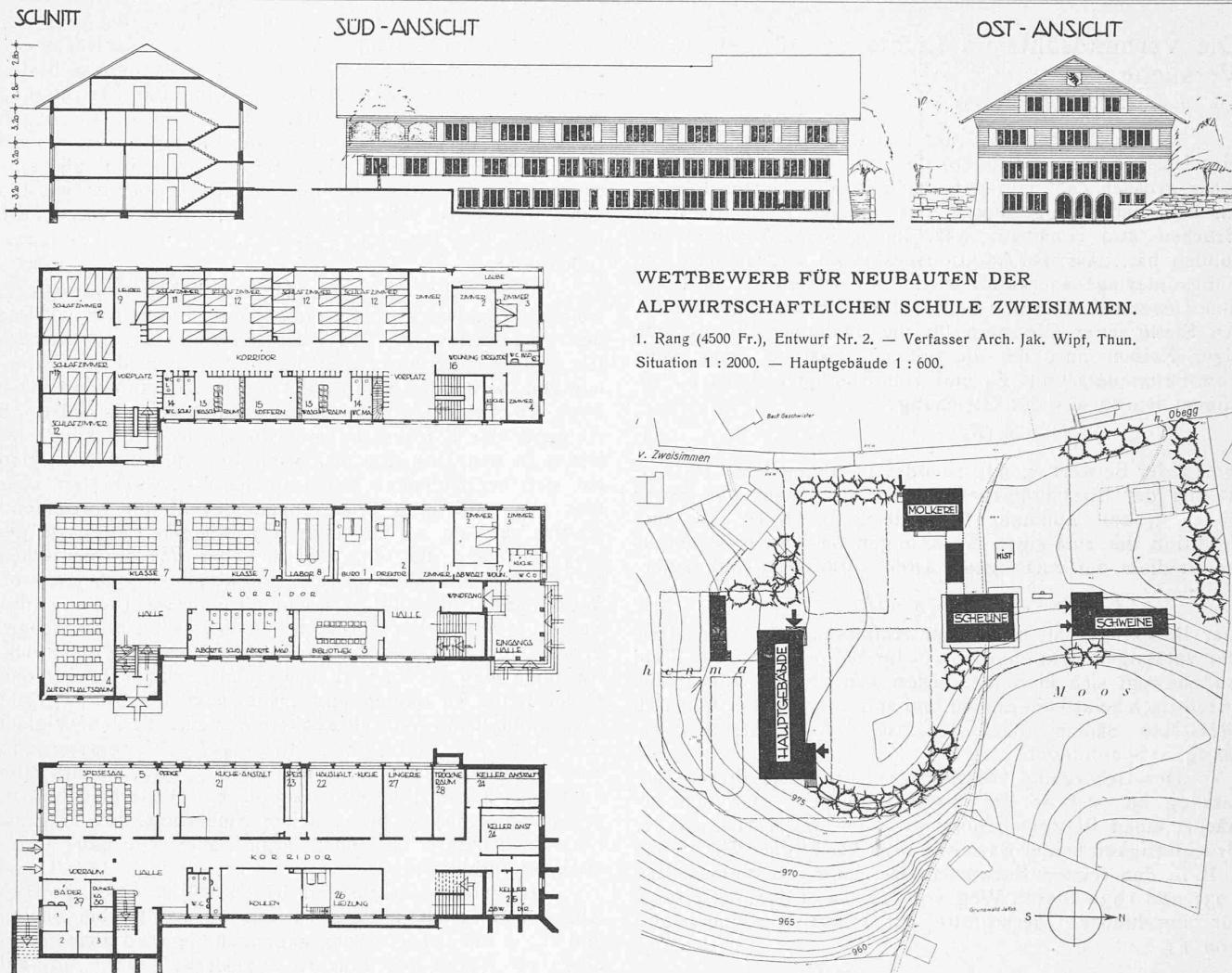
Diese unhaltbaren Verhältnisse haben zunächst, so weit die Stahlsäule in Betracht kommt, auf dem Gebiete der Vorschriften die österr. Knicknorm (Oenorm B 1002, III. Auflage) durchbrochen. Es finden sich dort Bestimmungen, wann die Stahlsäule, sobald sie einbetoniert ist, ohne Knickabminderung zu berechnen ist. Es wäre die Aufgabe der Eisenbetonvorschriften, die Mitwirkung des Beton in den Druckgliedern weiterhin zu würdigen. Man hat sich im Säulenbau bisher in der Weise geholfen, dass man die zulässigen Spannungen des Beton fortlaufend erhöht hat, um so zu höheren zulässigen Lasten zu gelangen. Wohin das führt, davon geben uns die deutschen Vorschriften ein nicht gerade nachahmenswertes Beispiel. Wir finden dort die zulässige Bruchbeanspruchung des Beton bei zentrischer Belastung mit $K_w/3$ ebenso hoch angegeben vor, wie die Randspannung bei Biegungsdruck. Nachdem man in ein und demselben Gebäude immer den selben Beton für Säulen und Träger anwenden wird, ergibt eine einheitliche Würfelfestigkeit K_w eine Säulenfestigkeit $K_b = 0,75 K_w$ und einen Biegungsdruck entsprechend einer Randfestigkeit $K'_b = K_w$ bis $1,33 K_w$, sodass eine derartige Säule nur eine 2,25-fache Sicherheit besitzt, gegenüber einer 3- bis 4-fachen Sicherheit des Trägers. Diese scheinbare Gleichheit ergibt aber ein ganz unzulässiges Verhältnis.

Die österr. Vorschriften haben früher einen grossen Abstand eingehalten. Jetzt ist man auf $K_w/3,5$ bei Säulen und $K_w/3$ bei Trägern herabgegangen, es wird aber neuerdings auf $K_w/2,6$ bei Trägern angestrebt. Ohne uns auf diese Frage hier weiter einzulassen, sei doch gesagt, dass bei der Säule durch die niedrige zulässige Inanspruchnahme des Beton sich die Forderung nach einer entsprechenden Berücksichtigung des Stahlquerschnittes ergibt. Um dieser Forderung vollauf gerecht zu werden, müssen wir die Sicherheit der Säule entsprechend abstimmen, jenachdem es sich um eine schwach (etwa 1%) armierte Eisensäule handelt, bei der eine dreifache Sicherheit am Platze ist, oder aber um eine einbetonierte Stahlsäule von bis 8% Bewehrung, bei der eine Annäherung der Sicherheit an die des Stahles mit 2 am Platze ist. Dieser Forderung nach einer abgestuften Sicherheit, die den Unterschied zwischen schlaffer und steifer Bewehrung berücksichtigt, entspricht der Zusammenhang zwischen der Bruchgleichung (4) und der Gl. (2) der zulässigen Lasten. Diese vom Verfasser aufgestellte Beziehung findet sich ausführlich im Heft XII der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses behandelt, und es ist erfreulich, dass der selbe Gedankengang im Bericht Aufnahme gefunden hat, der anlässlich der letzten Tagung (Chicago Febr. 1933) des American Concrete Institute im Journal Heft 6 dieser Körperschaft veröffentlicht ist. Dieser stellt einen Auszug und die Schlussfolgerung aus den Versuchen dar, die der leider inzwischen verstorbene Prof. Slater von der Lehigh Universität und Prof. F. E. Richart von der Universität von Illinois durchgeführt haben.

Nach der Aufwerfung der Frage des Additionsge setzes in Beton und Eisen 1907 bzw. im Forscherheft VIII 1908 auf Grund einer 1902 einbetonierten Säulenreihe ist es der amerikanischen Fachwelt vorbehalten geblieben, diese Form zuerst in den Vorschriften (Standardspezifi-

⁵⁾ „Beton und Eisen“ 1933, Heft 6 „Die einbetonierte Stahlsäule“.

⁶⁾ Siehe „Beton und Eisen“ 1933, Seite 94, Abb. 2.



kation 1924) aufzunehmen. Auch dieser erste Versuch hatte eine ähnliche Form wie die vorerwähnten Gl. (3) und (5), während der neueste Vorschlag nach entsprechender Umänderung der Bezeichnungen wie Gl. 2 lautet. Die amerik. Fachwelt hält jedoch seit jeher an der Auffassung fest, dass die Wirkung der Umschnürung rechnerisch nicht berücksichtigt werden soll. Diese Ablehnung der in Europa allgemein üblichen Berücksichtigung der Umschnürung lässt sich nur so erklären, dass die Amerikaner den Umstand geltend machen, dass die Umschnürung wie jede Querbewehrung unter zulässigen Lasten sich nicht auswirkt. Diese Auffassung ist jedoch im Widerspruch mit der Ableitung aus einer Bruchgleichung. Dabei berücksichtigen alle amerikanischen Vorschläge den Gebrauch einer Umschnürung in der Höhe der zulässigen Spannungen so einheitlich, dass nur eine Art von Umschnürung in Betracht kommt. Der in dem erwähnten Bericht wiedergegebene Vorschlag für die zulässige Last der Säulen mit Bügeln lautet:

$$P = 0,19 K_w F_b + 0,36 K_e F_e \dots \dots \dots \quad (6)$$

Nach den österr. Vorschlägen lautet die selbe Formel:

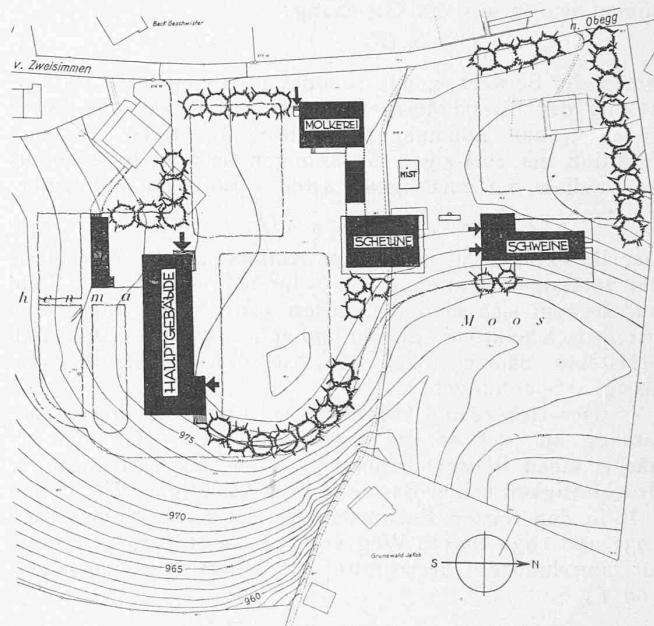
$$P = 0,28 K_w F_b + 0,5 K_e F_e \dots \dots \dots \quad (7)$$

Wir sehen aus diesem Vergleich, dass die zulässige Inanspruchnahme des Beton in Amerika noch weit niedriger angesetzt wird. Sie ist in Deutschland $K_w/3$, in Oesterreich $K_w/3,5$ und in Amerika weniger als $K_w/5$.

Was nunmehr die Ausnutzung des Stahles anbelangt, so haben die amerikanischen Versuche sich mit der Stauchfähigkeit des Beton nicht beschäftigt, und demnach auch die Ausnutzung des Stahles so gering angesetzt. Auf Grund unserer österr. Versuche, die durch die Versuche

WETTBEWERB FÜR NEUBAUTEN DER ALPWIRTSCHAFTLICHEN SCHULE ZWEISIMMEN.

1. Rang (4500 Fr.), Entwurf Nr. 2. — Verfasser Arch. Jak. Wipf, Thun.
Situation 1 : 2000. — Hauptgebäude 1 : 600.



in Holland mit Bügeln eine wesentliche Ergänzung erfahren haben, lässt sich die Mitarbeit des Stahles derart abstimmen, dass bei einer kleinsten Querabmessung der Säule d und bei einem Bügelabstand von $= d$ $= d/2$ $= d/4$ die Ausnutzung des Stahles $= 0,37 K_e = 0,45 K_e = 0,5 K_e$ beträgt. Nach den österr. Vorschlägen soll die Gl. (2) auch für schwach umschnürte Säulen benutzt werden, während bei starken Umschnürungen die Gleichung gelten soll, die den Stahl voll ausnutzt.

$$P = 0,28 K_w F_b + 0,5 K_e F_e + 0,75 K_u F_u \dots \dots \dots \quad (8)$$

Der amerikanische Vorschlag dagegen lautet:

$$P = 0,28 K_w F_b + 0,45 K_e F_e \dots \dots \dots \quad (9)$$

Ein Vergleich von Gl. (8) und (9) zeigt, dass beide Gleichungen als nahezu identisch anzusehen sind, wenn die Mitwirkung der Betonschale $\sigma_b F_{sch} = \sigma_b (F_e - F_k)$ nicht grösser ist als die Wirkung der Umschnürung $0,75 K_u F_u$. Wir sehen also, dass die amerikanischen Vorschriften starke Umschnürungen ausschliessen; wohin die disbezügliche Begrenzung in den deutschen Vorschriften führt, davon geben die Darlegungen von Dr. Hajnal in „Beton und Eisen“ 1933, Heft 2, Seite 32 insofern einen bezeichnenden Aufschluss, als sich dort Prozente der Umschnürung bis 9,36 % als nach den deutschen Vorschriften zulässig angeführt vorfinden. Es ist wichtig hervorzuheben, dass die amerikanischen Fachleute aus ihren Versuchen die selbe Grenze zwischen leichter und starker Umschnürung abgeleitet haben, wobei unter einer starken Umschnürung eine solche zu verstehen ist, die ein Abfallen der Schale ermöglicht, wobei die Säule noch weiterhin ihre Tragkraft vermehrt. Diese Grenze wird sowohl in Heft XIII der Berichte des österreichischen Eisenbetonausschusses wie

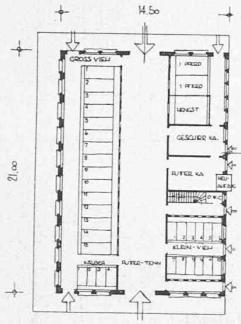
1. Rang (4500 Fr.).
Entwurf Nr. 2.
Arch. Jak. Wipf, Thun.

SÜD-ANSICHT

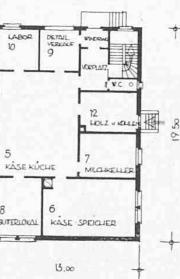


Scheune und Molkerei.
Masstab 1 : 600.

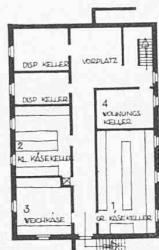
GRUNDRISS SCHEUNE



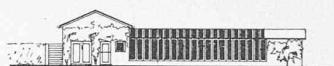
MOLKEREI : ERDGESCHOSS



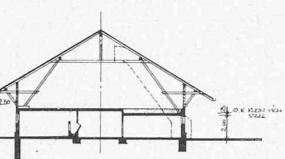
KELLER



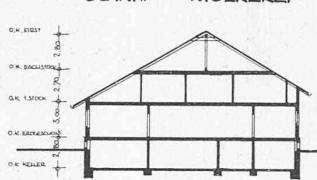
SÜD-ANSICHT



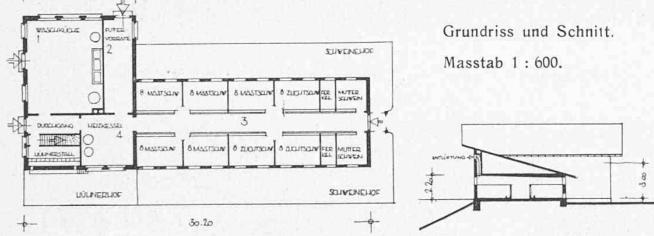
SCHNITT SCHEUNE



SCHNITT MOLKEREI



WÄSCHEREI UND SCHWEINESTALL



im amerikanischen Bericht gleichartig angegeben, und lautet in diesem:

$$2 F_u K_u = 1,15 K_w (F_b - F_k) \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die amerikanischen Versuche Betonsorten von 125 bis 500 kg/cm² = K_w umfassen und verschiedene Altersstufen, Herstellungs- und Aufbewahrungsformen berücksichtigt haben. Als Stahl für die Längseisen finden sich Sorten von 2700 bis 4600 kg/cm² Stauchgrenze untersucht vor. Ein einzelner Versuch auch mit 6700 kg/cm²; die dabei verwendete Stahlmenge betrug 1,5 %, 4 %, 6 % und in einem Falle auch 17,5 %. Für die Umschnürung wurde 1,2 % und 2 % aus einem Stahldraht von 3900 bis 5800 kg/cm² Streckgrenze verwendet, was keinesfalls wenig ist, wenn man die hohe Festigkeit des Drahtes berücksichtigt. Diese Streckgrenze wurde bei einer Dehnung von 5 % festgestellt. Auf diesen Unterschied mit den hiesigen Versuchen muss besonders aufmerksam gemacht werden, umso mehr als erst vor kurzem die Bedeutung einer höheren Stahlfestigkeit des Umschnürungsdrahtes gewürdigt wurde.⁷⁾ Neuerdings ist man zur Erkenntnis gelangt, dass es auch nötig ist, die Dehnung des verwendeten Stahldrahtes zu berücksichtigen. Wir verweisen diesbezüglich besonders auf die holländischen Versuche im Heft XIII, österr. E. B. A.

Um das ganze Gebiet der Berechnung von Druckgliedern abschliessend zu überblicken, müssen wir auch jene Fälle miteinbeziehen, bei denen die Kräfte exzentrisch angreifen. Wir halten dabei an dem Standpunkt der deutschen Vorschriften fest, dass bei statisch unbestimmten Systemen die Berechnung mit $n = 10$ auszuführen ist, und

⁷⁾ Heft XI der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses.

nung aufzustellen, wodurch im Sinne der seinerzeitigen Ausführungen über diese Frage eine Berücksichtigung der verschiedenen Stahl- und Betonqualitäten ermöglicht würde.⁸⁾

Wir stehen ferner auf dem ebenfalls von der deutschen und österr. Vorschrift eingenommenen Standpunkt, dass bei exzentrischen Säulen eine Grenze zu ziehen ist, wo die rechnungsmässige Zugspannung $\frac{1}{4}$ der Randspannung auf der Druckseite überschreitet. In diesem Fall ist für die Berechnung der Abmessungen der übliche Vorgang der Vernachlässigung des Zugquerschnittes am Platze. Im Falle einer kleineren Exzentrizität ist jedoch die exzentrische Säule in ähnlicher Weise nach dem Additions gesetz wie die zentrisch belastete Säule zu berechnen und für die Berechnung der Abmessungen jenes n einzufügen, das sich aus dem Verhältnis der zulässigen Inanspruchnahme des jeweils verwendeten Beton und Stahles ergibt mit der einzigen Abänderung, dass in diesem Falle die zulässigen Inanspruchnahmen für Biegung einzusetzen wären. Das ist in grossen Zügen jener Aufbau der Vorschriften für die Säulenberechnung, der den letzten Stand unserer Erkenntnis berücksichtigt und zu einer wirtschaftlichen Ausbildung im Säulenbau Anlass geben wird.

Wettbewerb für Neubauten der alpwirtschaftlichen Schule in Zweisimmen.

Es handelt sich hier um einen potenziert beschränkten Wettbewerb, indem nur in den Aemtern Saanen, Ober- und Niedersimmental, Oberhasli, Interlaken, Frutigen und Thun ansässige Architekten und Fachleute zugelassen waren. Diese in mancher Hinsicht nachteilige Beschränkung erklärt sich wohl dadurch, dass mit den besondern landwirtschaftlichen, technischen und klimatischen Verhältnissen eng vertraute Bewerber bevorzugt wurden.

Die Bauaufgabe gliedert sich in die Erstellung eines Schul- und Unterkunftsgebäudes, eines Molkereigebäudes, eines Stallgebäudes für Gross- und Kleinvieh, eines Wäscherei- und Schweinstallgebäudes, sowie eines Treibhauses in den Gartenanlagen. Diese Gebäude konnten freistehend

⁸⁾ „Beton und Eisen“ 1931, Seite 340 „Der Beiwert $n = 15$ “ und Folge, sowie „Beton und Eisen“ bis 1933, die Abhandlungen aus Heft V und VI von Schreier und Steuermann, sowie das in Erscheinung begriffene Heft XIV der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses.