

Zum Durchstanzen von Stützen bei Flachdecken: Stellungnahme zum Diskussionsbeitrag zum gleichnamigen Aufsatz

Autor(en): **Ladner, Marc / Schaeidt, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **91 (1973)**

Heft 9

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71817>

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.

besten Alternativvorschläge dem Volk zur Abstimmung zu unterbreiten.

Wie ein roter Faden geht also durch, dass das «Volk» mitmachen und die wichtigen Entscheide schliesslich selber treffen soll. Aber was für Entscheide? Wer formuliert dieselben? Wer bereitet sie vor? Und damit kommen wir zum *ersten Punkt*:

In der Vorbereitungsphase wurde zunächst unter der Bevölkerung eine Umfrage gestartet. Jedermann hatte Gelegenheit, die ihm wichtig erscheinenden Programmpunkte anzumelden. Unabhängig davon postulierten über zehntausend Basler Bürger und Bürgerinnen in einem Initiativbegehren einen Volkspark; auf der politischen Ebene wurden verschiedene Vorstösse unternommen: ein beratendes Gremium, welches sich aus Politikern, Vertretern der Quartierorganisationen, der Verwaltung und aus Fachleuten verschiedener Richtung zusammensetzt, wurde zur Vorbereitung des Wettbewerbes eingesetzt. Kurz – es wurde versucht, auf breiter Basis möglichst viele Bevölkerungsschichten an der Aufgabe mitwirken zu lassen.

Zum *zweiten Punkt* ist zu sagen, dass nun nicht die Behörde, via ihre Verwaltung, allein über das Programm entscheiden will, sondern im Wettbewerb alle in der Umfrage geäusserten Anregungen zur Diskussion stellt. Aber nicht nur das: sie fragt nach weiteren Nutzungsideen. Sie hat zwar selber die Quartierbedürfnisse, die sich aus ihrer Sicht ergeben, in einem Programm zusammengestellt, überlässt es jedoch jedem Wettbewerbsteilnehmer, seine eigenen Ideen zu formulieren, falls er solche hat. Dabei ist jedermann, der in Basel Wohnsitz hat, zur Teilnahme aufgerufen. Die Ausschreibung richtet sich also an *alle*, die glauben, einen Beitrag leisten zu können. Melden sich Laien, so können sie zwecks Darstellung ihrer Idee Berater und Fach-

leute aus der Region oder aus der ganzen Schweiz beiziehen. Das kann ebensogut heissen, dass jeder auswärtige Architekt, der seine guten Ideen anzubringen wünscht, dank einer Basler Bekanntschaft teilnahmeberechtigt ist. Ich bin gespannt, ob die damit gebotenen Chancen genutzt werden (Abgabetermin der Entwürfe ist der 30. April).

Zum *dritten Punkt* lese ich aus den Grundlagen und Richtlinien zum Wettbewerb: «Nach der Prämierung werden die besten Ideen beider Varianten – gemeint sind der Vorschlag der Volksinitiative für einen Park und derjenige der Regierung für eine Überbauung – dem Volk zur Abstimmung unterbreitet.»

Das Wettbewerbsergebnis wird also zu einem wichtigen Instrument der *öffentlichen Meinungsbildung*, denn ohne der Bevölkerung eine konkrete Vorstellung darüber zu geben, was ein Volkspark, wie und welchen Inhaltes eine Bebauung sein könnte, ist eine Volksbefragung eine wenig aussichtsreiche Sache. So hingegen ist zu erwarten, dass die verschiedenen Ideen, im Modell anschaulich dargestellt, beim Abstimmungskampf lebhaft diskutiert werden. Erst nach der Volksbefragung wird es, in einer zweiten Phase, darum gehen, für die gewählte Nutzung des Areals die städtebaulich richtige Form zu finden.

Die Regierung bezeichnet diese Art der Ausschreibung etwas skeptisch als Experiment; vielleicht hat sie recht! Meines Erachtens wird das Experiment nur dann zum Erfolg, wenn es gelingt, bei möglichst weiten Kreisen Interesse an der Aufgabe zu wecken und möglichst viele Leute zu einer freien Meinungsäusserung – lies: aktiven Teilnahme am Wettbewerb – zu animieren.

Adresse des Verfassers: *Georges Weber* (in Firma *Florian Fischer* und *Georges Weber*, Architekten BSA/SIA), 4000 Basel, Oberer Heuberg 16

Zum Durchstanzen von Stützen bei Flachdecken

DK 624.073.13

Stellungnahme zum Diskussionsbeitrag zum gleichnamigen Aufsatz, erschienen in der SBZ 89 (1971), Heft 49, Seiten 1218–1224

Von Dr. *Marc Ladner* und *Walter Schaeidt*, EMPA, Dübendorf

In seinem Diskussionsbeitrag gibt *Herzog* eine Zusammenfassung seiner in der Österreichischen Ingenieur-Zeitschrift [1] dargelegten Arbeit¹⁾. Darin wird ausgeführt, dass eine statistische Auswertung von 206 in der Literatur beschriebenen Durchstanzversuche [2 bis 11] auf eine sehr einfache Formel führt, nach der sich die Durchstanzlast für Platten ohne Schubarmierung berechnen lässt. Im weiteren werden der Literatur Versuchsergebnisse von zusätzlichen 63 Stahlbetonplatten entnommen [3, 8, 12 bis 17], die teils mit Bügeln, teils mit abgebogenen Stäben auf Schub armiert waren. Auch diese Versuche werden statistisch ausgewertet, um auf diese Weise den Einfluss der Schubarmierung auf die Höhe der Durchstanzlast bei Platten zu bestimmen. Die so erhaltenen Formeln haben zwar den unbedingten Vorteil, dass sie sehr einfach werden und daher leicht anzuwenden sind; doch darf dieser Vorteil nicht darüber hinwegtäuschen, dass es sich im Einzelfall nur um eine grobe Abschätzung der wirklichen Traglast handeln kann, da die Formeln auf den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit beruhen.

Nachdem wir die von *Herzog* angeführten Quellen [2 bis 17], wenigstens soweit uns diese zugänglich waren [ohne 4, 5, 7 und 17], ebenfalls einer intensiven Bearbeitung unterzogen haben, möchten wir mit dem vorliegenden Beitrag die begonnene Diskussion weiterführen.

¹⁾ Der erwähnte Diskussionsbeitrag gelangte erst mit der Veröffentlichung in der SBZ zur Kenntnis der Referenten. *Red.*

Bevor auf die von *Herzog* gemachten Ausführungen im einzelnen näher eingegangen werden kann, scheint es angebracht zu sein, auf einige Grundsätze der statistischen Versuchsauswertung hinzuweisen.

Will man aus verschiedenen Gruppen von Versuchsergebnissen gemeinsame Schlüsse ziehen, dann ist zunächst einmal nachzuprüfen, ob alle diese Gruppen *unter sich* überhaupt *vergleichbar* sind, oder, wie der Statistiker zu sagen pflegt, ob alle diese Gruppen zu der *gleichen Grundgesamtheit* gehören. Wenn, wie das im vorliegenden Fall geschieht, Versuchsergebnisse von Untersuchungen, die in der ganzen Welt durchgeführt worden sind, miteinander verglichen werden, dann besteht zum voraus schon der starke Verdacht, dass diese Bedingung nicht erfüllt sein kann: die meisten Versuche werden im Hinblick auf eine spezifische Fragestellung durchgeführt, so dass naheliegenderweise jeweils die Art und Form der Versuchskörper, die Versuchseinrichtungen und die Versuchsdurchführung ändern müssen. Deswegen muss es *grundsätzlich als unstatthaft* angesehen werden, aus einem so *heterogenen Grundmaterial* mit Hilfe statistischer Verfahren *allgemein gültige Aussagen* machen zu wollen.

Eine weitere Voraussetzung, die für die Anwendung der Statistik erfüllt sein muss, ist das Vorhandensein von Wiederholungen eines Versuches mit der genau gleichen Parameterkombination. Auch diese Anforderung wird vom benützten Versuchsmaterial nur selten befriedigt.

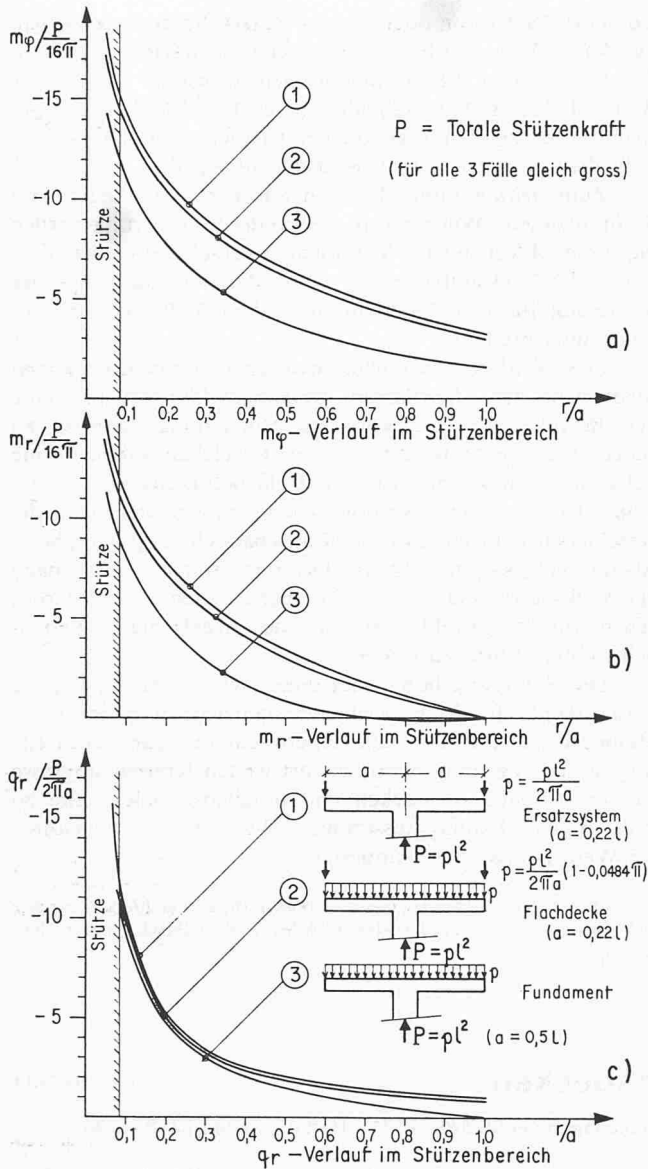
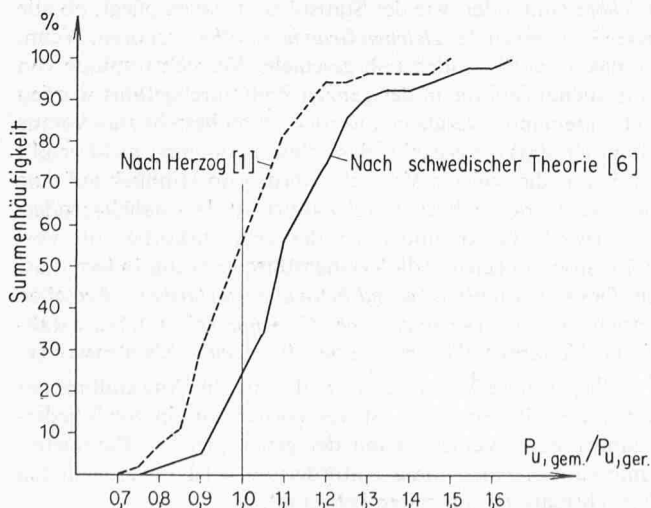


Bild 1. Verlauf der Radial- und Tangentialmomente sowie der Querkräfte für Ersatzsystem 1, Flachdecke 2 und Einzelfundament 3.

Bild 2. Vergleich der Summenhäufigkeit des Verhältnisses von gemessener Durchstanzlast $P_{u,gem}$ zur gerechneten Durchstanzlast $P_{u,ger}$.



Schliesslich kann die Statistik nur eine mehr oder weniger stark gesicherte Abhängigkeit einer Grösse von einer andern, allenfalls eine gegenseitige Beeinflussung einzelner Grössen nachweisen, ohne aber eine physikalische Erklärung für diese Abhängigkeiten zu geben. Deswegen können statistische Untersuchungen im Bereich der Bruchmechanik nur dazu dienen, allfällige Abhängigkeiten aufdecken zu helfen, für die dann aber auch ein passendes mechanisches Modell abgeleitet werden muss. Ist dies möglich, dann werden die derart gefundenen Formeln erst sinnvoll und überdies auch dimensionsgerecht.

Nachdem zwar schon grundsätzlich Zweifel an der Zuverlässigkeit des von Herzog angewandten Verfahrens zur Herleitung seiner Formeln angebracht werden müssen, gibt es aber auch noch weitere Gründe, die ein solches Vorgehen als fragwürdig erscheinen lassen.

Ein Grossteil der von Herzog benützten Versuchsergebnisse stammt nämlich von Durchstanzversuchen an Stahlbetonfundamentplatten [2], die allerdings ein wesentlich unterschiedliches Verhalten zu den Flachdecken zeigen.

Bei der Flachdecke ist die Grösse des massgebenden Deckenausschnittes durch die Lage der Nullpunkte der Radialmomente gegeben (unter idealen Voraussetzungen beträgt der Durchmesser des Kreises dieser Momentennullpunktlinie $0,44 \cdot l$, wobei l den Stützenabstand bezeichnet), während bei Einzelfundamentplatten die Plattengrösse durch andere Gesichtspunkte (zum Beispiel wegen der zulässigen Bodenpressungen) festgelegt wird. Ausserdem greifen beim Deckenausschnitt an der äusseren Berandung Querkräfte an, die beim Einzelfundament vollständig wegfallen. Dadurch unterscheiden sich aber auch die Momenten- und Querkraftverläufe innerhalb der beiden Systeme (Bild 1) und verursachen bei Flachdecke und Einzelfundament ein vollständig anderes Durchstanzverhalten, das gerade durch das Zusammenwirken von Biegemomenten und Querkraft im Stützenbereich hervorgerufen wird. Somit dürfen also die von Richart [2] angegebenen Versuchsergebnisse nicht mit den übrigen Versuchswerten, die von Durchstanzversuchen bei Flachdecken stammen, verglichen werden.

Im weiteren muss es als ein wesentlicher Mangel der Formeln von Herzog empfunden werden, dass der Zusammenhang der Deckenschlankheit mit der Durchstanzmöglichkeit nicht zum Ausdruck kommt. Die Spannweite gehört aber ohne Zweifel mit zu den wesentlichen Einflussfaktoren. Da jedoch alle Versuche an schlanken Decken ausgeführt wurden (bei allen Decken ohne Schubarmierung schwankte $\delta = 0,44 \cdot l/h$ nur zwischen den Werten 13 bis 18), war es für Herzog unmöglich, einen solchen Zusammenhang festzustellen.

Im übrigen leitet Herzog seine Formeln so ab, dass das Verhältnis der rechnerischen zur gemessenen Durchstanzlast im Mittel gleich Eins wird. Ein solches Vorgehen ist immer mit Vorsicht zu betrachten, vor allem wenn es sich, wie im vorliegenden Fall, um einen Tragfähigkeitsnachweis handelt: naturgemäss besteht nämlich nur in der Hälfte aller Fälle überhaupt die Wahrscheinlichkeit, dass die rechnerische Durchstanzlast auch wirklich erreicht oder überschritten werden kann, ohne dass man allerdings für den Einzelfall sagen kann, wo dieser liegt; für die andere Hälfte dagegen wird die rechnerische Tragfähigkeit mehr oder weniger stark überschätzt. Diese Tatsache geht besonders schön aus Bild 2 hervor, wo in einem Summenhäufigkeitsdiagramm die Verhältnisse der gemessenen und gerechneten Durchstanzlasten ($P_{u,gem} / P_{u,ger}$) dargestellt sind, wenn sowohl nach der schwedischen Theorie als auch nach dem Vorschlag von Herzog gerechnet wird. Selbstverständlich wurden für diesen Vergleich nur jene Versuche herangezogen, bei denen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der schwedischen Theorie erfüllt waren.

Was die Rissbildung in der Platte anbetrifft, sei ergänzend noch erwähnt, dass bei Versuchen mit und ohne Schubarmierung festgestellt werden konnte, dass der schräge Bruchriss im Innern der Platte schon längst vorhanden war, bevor er sich an der Aussenseite zeigte. Tritt dieser Riss erst einmal äusserlich auf, dann ist das Durchstanzen vollständig eingetreten und damit ein örtliches Versagen der Flachdecke erreicht, was auch mit der Schubarmierung nicht geändert werden kann.

Schliesslich muss noch mit allem Nachdruck darauf hingewiesen werden, dass alle Versuche und Ableitungen von Formeln bis jetzt ausschliesslich an für die Flachdecken stellvertretenden Deckenausschnitten vorgenommen wurden. Eine Änderung der gültigen Norm in bezug auf die zulässigen Beanspruchungen im Stützenbereich von Flachdecken kann daher erst ernsthaft überlegt werden, wenn Ergebnisse von Versuchen an ganzen Deckensystemen vorliegen. Eine Heraufsetzung der zulässigen Beanspruchungen zur Erzielung von Kosteneinsparungen, wie das Herzog in seinem Diskussionsbeitrag fordert, ist auch jetzt noch als unbegründet zu betrachten und muss daher entschieden abgelehnt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Herzog, M.: Der Durchstanzwiderstand von Stahlbetonplatten nach neu ausgewerteten Versuchen (Vortrag, gehalten vor dem Österr. Ing.- und Arch.-Verein in Wien am 13.1.70). «Österreichische Ingenieur-Zeitschrift» 116 (1971), H. 7, S. 186, 216, 296 und 318.
- [2] Richart, F.E.: Reinforced Concrete Wall and Column Footings. «ACI Journal», Detroit 1948, S. 97.
- [3] Elstner, R.C. and Hognestad, E.: Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs. «ACI Journal», Detroit 1956, S. 29.
- [4] Rosenthal, E.: Reinforced Concrete Flat Slabs. Master's thesis, Israel Institute of Technology, Haifa 1956.
- [5] Musafia, M.: Punching Strength of Reinforced Concrete Slabs. Master's thesis, Israel Institute of Technology, Haifa 1958.

- [6] Kinnunen, S. and Nylander, H.: Punching of Concrete Slabs without Shear Reinforcement. «Kunglich Tekniska Högskolans Handlingar», Stockholm 1960, Nr. 158.
- [7] Tene, Y.: Punching Phenomenon in Rounded Reinforced Concrete Slabs. Master's thesis, Israel Institute of Technology, Haifa 1961.
- [8] Moe, J.: Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footings under Concentrated Loads. PCA Research and Development Laboratories. Bulletin No. D 47. Skokie 1961.
- [9] Hognestad, E., Elstner, R.C. and Hanson, J.A.: Shear Strength of Reinforced Structural Lightweight Aggregate Concrete Slabs. «ACI Journal», Detroit 1964, S. 643.
- [10] Ivy, C.B., Ivey, D.L. and Buth, E.: Shear Capacity of Lightweight Concrete Flat Slabs. «ACI Journal», Detroit 1969, S. 490.
- [11] Mowrer, R.D. and Vandertilt, M.D.: Shear Strength of Lightweight Aggregate Reinforced Concrete Flat Plates. «ACI Journal», Detroit 1967, S. 722.
- [12] Graf, O.: Versuche über die Widerstandsfähigkeit von allseitig aufliegenden, dicken Eisenbetonplatten unter Einzellasten. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Berlin 1938, H. 88.
- [13] Rosenthal, I.: Experimental Investigation of Flat Slab Floors. «ACI Journal», Detroit 1959, S. 153.
- [14] Andersson, J.L.: Punching of Concrete Slabs with Shear Reinforcement. Kunglich Tekniska Högskolans Handlingar (Stockholm) 1963, Nr. 212.
- [15] Franz, G.: Der Stützenbereich von Flachdecken aus Stahlbeton. Comité Européen du Béton, Bulletin d'Information No. 57, London 1966.
- [16] Yitzhaki, D.: Punching Strength of Reinforced Concrete Slabs. «ACI Journal», Detroit 1966, S. 527.
- [17] Wantur, H.L.: Etude expérimentale relative au problème du «poinçonnement» en béton armé. Bulletin No. 22, Commission Belge du Béton Armé, Bruxelles 1970.

Adressen der Verfasser: Dr. sc. techn. Marc Ladner, dipl. Ing. ETH, und Walter Schaeidt, dipl. Ing. ETH, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, EMPA, 8600 Dübendorf, Überlandstrasse 129.

Zum Durchstanzen von Stützen bei Flachdecken

Replik zur vorstehenden Stellungnahme

Bei der Beurteilung von zwei verschiedenen Methoden zur rechnerischen Voraussage der Durchstanzlasten von Flachdecken und Einzelfundamenten ist sicher derjenigen Methode der Vorzug zu geben, welche

- weniger Einschränkungen hinsichtlich des Geltungsgebietes aufweist,
- nicht nur mit ausgewählten, sondern mit allen vorhandenen Versuchen besser übereinstimmt und
- bei gleicher Genauigkeit den geringeren Rechenaufwand erfordert¹⁾.

Dass die Durchstanzlasten von Flachdecken und Einzelfundamenten mit denselben Formeln berechnet werden können, scheint mir kein Nachteil, sondern eher ein Vorteil zu sein. Das Bild 1 von Ladner und Schaeidt zeigt deutlich, dass die der Durchstanzlast entsprechenden Querkraften in den beiden Systemen «Flachdecke» und «Einzelfundament» praktisch identisch verlaufen. Der Unterschied bei den Biegemomenten wird in meiner Berechnungsmethode in völliger Übereinstimmung mit dem Bild 1 von Ladner und Schaeidt explizit berücksichtigt (vgl. SBZ 1971, H. 49, S. 1222, Gl. [1]).

Da die Versuchsergebnisse sowohl für die Flachdecken als auch für die Einzelfundamente – auf Grund des Vorausgegangenen wohl nicht mehr ganz unerwartet – im gleichen

Bereich (vgl. SBZ 1971, S. 1222, Bild 1) liegen, ist es verständlich, dass die von Ladner und Schaeidt als wesentlicher Einflussfaktor bezeichnete Plattenschlankheit, neben der bereits vor 60 Jahren von Talbot als Hauptparameter erkannten Biegezugbewehrung der Platte, höchstens von sekundärer Bedeutung sein kann.

Meine Bemessungsformeln wurden durch eine Regressionsanalyse absichtlich so gewonnen, dass die Übereinstimmung von Rechnung und Versuch – wie dies auch Ladner und Schaeidt bemerken – im statistischen Mittel möglichst gut wird. Es dürfte allerdings klar sein, dass die Grösse des erforderlichen Sicherheitskoeffizienten [18] auch davon abhängt, ob als Vergleichswert die 50 %- oder eine andere Fraktile benützt wird. So wird ja auch in meinem Zahlenbeispiel 1 für die zulässige Durchstanzlast eine 2,5fache Bruchsicherheit verlangt, während der auf der Methode von Kinnunen und Nylander beruhenden Richtlinie 18 der SIA-Norm Nr. 162 (1968) nur eine 2,1fache Bruchsicherheit zugrunde liegt.

Die von mir – nach einem mehrjährigen Studium des Problems – gemachten Vorschläge können, bei objektiver Betrachtung, wohl kaum als unbegründet abgelehnt werden. Man kann mir höchstens vorhalten, dass meine Vorschläge der offiziellen Lehrmeinung vorausseilen.

Dr. Max Herzog

Literaturverzeichnis

- [18] M. Herzog: Die erforderliche Grösse des Sicherheitskoeffizienten. «Die Bautechnik» 47 (1970), S. 135.

¹⁾ Für den von Ladner in der SBZ 1971, H. 49, S. 1218, mitgeteilten Versuch der EMPA liefern sowohl die Methode von Kinnunen und Nylander, als auch meine Methode praktisch dasselbe Ergebnis.