

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 17 (1974)

Artikel: Normenvergleich: Zusammenfassung der Ergebnisse

Autor: Menn, C.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-16485>

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: 01.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Normenvergleich; Zusammenfassung der Ergebnisse

Comparison of Codes: Summary of Results

Comparaison des règlements de construction. Résumé des résultats

C. MENN
Prof. Dr.
ETH Zürich
Zürich, Schweiz

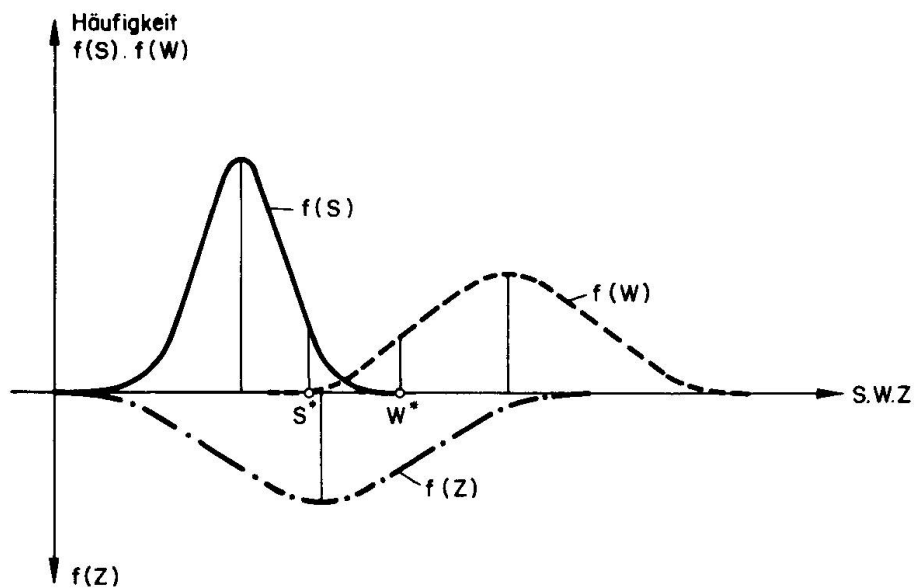
1. Bedeutung der Normen

Die Normen sind für den praktizierenden Ingenieur ein unentbehrliches Hilfsmittel. Bei der Ausübung seiner Arbeit verlässt er sich darauf, dass ein im Sinne der Normen berechnetes und bemessenes Bauwerk eine ausreichende Sicherheit aufweist, dh. dass das Bauwerk allen vorhersehbaren Beanspruchungen standhalten kann, ohne dabei Schaden zu nehmen.

Andererseits sind die Normen auch eine Art von Spielregel bei der Ausarbeitung von Konkurrenzentwürfen. Da stillschweigend vorausgesetzt wird, dass normentsprechende Bauwerke den gleichen minimal erforderlichen Sicherheitsgrad aufweisen, bilden die Normen diesbezüglich für alle Projektvarianten eine gemeinsame Vergleichsbasis.

Die Aussagekraft der Normen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit ist dagegen relativ begrenzt, da diese Faktoren im allgemeinen durch die Konzeption des Entwurfes weit stärker beeinflusst werden.

Die Bedeutung der Normen als Arbeitsinstrument ist bestimmt vorrangig und ausschlaggebend; die Verwendung als Spielregel dürfte aber dazu geführt haben, dass die Normen einen imperativen Charakter angenommen haben und dass schon kleine Abweichungen als Regelverstösse gegen die Baukunst angesehen werden oder sogar die Ablehnung eines Projektes zur Folge haben können.



Sicherheitszahl $\gamma = \frac{W^*}{S^*}$

Sicherheitszone $Z = W - S$

Versagenswahrscheinlichkeit $P_f = \int_0^{\infty} f(S) dS \int_0^{\infty} f(W) dW$

Fig. I

2. Ziel der Untersuchung

Bei der raschen Entwicklung auf der wissenschaftlichen Ebene ist es heute den meisten praktizierenden Ingenieuren nicht mehr möglich, die Uebersicht über die teils sehr komplexen Zusammenhänge zu wahren. Umso grösser ist deshalb ihr Vertrauen in Normen, die vorwiegend von wissenschaftlich tätigen Fachleuten ausgearbeitet und periodisch revidiert werden. Im allgemeinen wird auch angenommen, dass Normen auf deterministischer Grundlage aufbauen. In Tat und Wahrheit werden jedoch Anpassungen und neue Vorschläge von Spezialisten auf einem bestimmten Fachgebiet ausgearbeitet und mit grösseren oder kleineren Modifikationen von der zuständigen Normenkommission zum Beschluss erhoben. Es ist deshalb selbstverständlich, dass Normen in vielen Belangen subjektiven Charakter haben und nicht frei von Fehlern sein können. Ganz abgesehen davon besteht auch heute noch nicht eine einheitliche Auffassung in Bezug auf die grundlegende, anzuwendende Sicherheitstheorie, die als Basis aller Normen gelten könnte.

Die Berechnung und Bemessung schlanker Druckglieder bereitet in dieser Hinsicht ganz besondere Probleme: Grundsätzlich beruht die moderne Sicherheitstheorie auf einer probabilistischen Betrachtungsweise; dabei wird die auf einen Querschnitt einwirkende Schnittkraft S der Querschnittsbeanspruchbarkeit bzw. dem Querschnittswiderstand W gegenübergestellt. S und W sind dabei mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

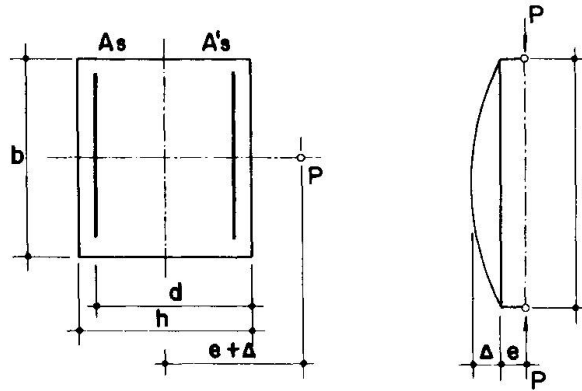
Die Beanspruchung S wird vor allem durch die Belastungsannahmen und die Unzulänglichkeiten des Berechnungsmodells beeinflusst, während für die Verteilungsdichte des Querschnittswiderstands W vor allem Streuungen der Baustoffeigenschaften und Querschnittswerte verantwortlich sind.

Im allgemeinen sind die Verteilungskurven der Schnittkraft S und des Querschnittswiderstandes W unabhängig voneinander und als Sicherheitskriterium kann unter Verwendung gewisser Fraktilwerte eine Globalsicherheit als Quotient von W^*/S^* , eine Sicherheitszone Z als Differenz $W-S$ (mit entsprechendem Variationskoeffizient σ_Z) oder aufgrund streng probabilistischer Ueberlegungen eine Versagenswahrscheinlichkeit definiert werden.

Bei schlanken Druckgliedern sind die Verhältnisse dagegen verwickelter. Die Verteilkurve der Beanspruchung S wird in diesem Falle wegen des Effektes 2. Ordnung massgeblich auch durch die Streuung der Baustoffeigenschaften und die Querschnittsunsicherheiten beeinflusst. Schlechte Baustoffeigenschaften und Querschnittsunsicherheiten, die den Querschnittswiderstand vermindern, haben unter Umständen eine wesentliche Vergrösserung der Schnittkraft zur Folge; dh. die Verteilkurven von S und W sind gekoppelt; die Bestimmung des Globalsicherheitskoeffizienten, der Sicherheitszone oder der Versagenswahrscheinlichkeit wird dadurch wesentlich erschwert. Dazu kommt noch, dass sowohl Beanspruchung wie auch Beanspruchbarkeit als Interaktion von Biegung und Normalkraft aufzufassen sind.

Diese komplizierten Verhältnisse müssten natürlich auch in den Normen zum Ausdruck kommen und es war das Ziel der vorliegenden Untersuchung, Normen verschiedener Länder in dieser Beziehung miteinander zu vergleichen; es bestand aber keineswegs die Absicht, die verschiedenen Normen kritisch zu beurteilen. Die beträchtlichen Divergenzen der miteinander verglichenen Normen dürften aber doch den Anstoss dazu geben, dass die neue Sicherheitstheorie auf der wahrscheinlichkeitstheoretischen Grundlage künftig als Normenbasis anerkannt und angewendet wird.

Die im Vorbericht enthaltene Arbeit über "Stützen aus Stahlbeton; ein Vergleich verschiedener Normen" (1) wurde von Prof. J. Schneider, Generalsekretär für Massivbau der IVBH, vorbereitet und ausgewertet. Der ausserordentlich interessante Vergleich konnte dank der Mitarbeit der nationalen Gruppen der IVBH durchgeführt werden. Es wäre wünschenswert, wenn die Tätigkeit der Normenkommissionen auf diesem Gebiet auch in Zukunft gesammelt und verglichen würde. Eine Klärung und durchsichtigere Gestaltung der Richtlinien ist heute umso wünschenswerter, weil der Ingenieur in der Praxis die grosse Zahl der neuen Veröffentlichungen nicht verarbeiten kann und dringend auf ein objektives Urteil der wissenschaftlichen Spezialisten angewiesen ist.



$$b = 40 \text{ cm} = 15.75 \text{ in}$$

$$h = 35 \text{ cm} = 13.78 \text{ in}$$

$$d = 31.5 \text{ cm} = 12.40 \text{ in}$$

$$A_s = A'_s, A_c = 1400 \text{ cm}^2 = 217 \text{ si}$$

$$\text{Bewehrungsgehalt } \rho_f = \frac{A_s + A'_s}{b \cdot h}$$

$$\text{Prismendruckfestigkeit } f_c = 270 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{Variationskoeffizient } V_c = 10 \%$$

$$\text{Stahlflusssspannung } \sigma_y = 5000 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{Variationskoeffizient } V_s = 5 \%$$

Fig. 2 Standard-Stütze mit Querschnittsabmessungen und Baustofffestigkeiten

3. Fragebogen

Für die Durchführung des vorliegenden Normenvergleichs wurde von Prof. J. Schneider ein Fragebogen ausgearbeitet, der an die 33 nationalen Gruppen der IVBH und an 27 weitere Länder versandt wurde. Die Auswertung der Umfrage beruht auf den Antworten der 28 Länder, die im Vorbericht aufgeführt sind (1); das CEB beteiligte sich ebenfalls an dieser Arbeit und ist deshalb mit seinen Vorschlägen ebenfalls in den Vergleichsdiagrammen aufgeführt. Von den grösseren Ländern trafen leider keine Antworten aus China und Brasilien ein. Immerhin sind die Ergebnisse der Umfrage repräsentativ für Konstruktionsnormen, die 50% der Weltbevölkerung betreffen und wenn der Zementverbrauch als Massstab des Bauens in Stahlbeton angenommen wird, dann betrifft der vorliegende Vergleich sogar ca. 80% der ausgeführten Stahlbetonkonstruktionen.

Im Rahmen einer relativ beschränkten Untersuchung befasste sich die Umfrage neben dem grundsätzlichen Bemessungsverfahren (Bemessung nach zulässigen Spannungen unter Gebrauchslast oder Bemessung für Traglast) ausschliesslich mit der rechnerischen Beanspruchbarkeit eines bestimmten Querschnitts und mit der zulässigen Lastbeanspruchung einer Standardstütze gemäss Bild 2. Probleme der Zwangsbeanspruchung etc. wurden nicht in Betracht gezogen.

Querschnittswerte und Baustoffe wurden wie Bild 2 zeigt genau definiert; die Berechnung der zulässigen Last hatte unter Berücksichtigung der drei wichtigsten Parameter, wie Knicklänge λ , Bewehrung p_t und Lastexzentrizität e zu erfolgen.

Die Grundlage der Auswertung bildeten die folgenden in der Umfrage gewünschten Diagramme:

1. Rechnerische Beanspruchbarkeit des Querschnittes (Querschnittswiderstand)

1.1 $P_u(e)$ Parameter p_t ($\lambda=0$)

2. Zulässige Stützenbelastung

2.1 zul $P_1(e)$ Parameter p_t λ sehr klein

2.2 zul $P_1(p_t)$ Parameter λ $e = 0$

2.3 zul $P_1(\lambda)$ $p_t = \text{konst. } 1,71\%$ $e = 0$

2.4 zul $P_1(e)$ Parameter λ $p_t = \text{konst. } 1,71\%$

2.5 zul $P_1(p_t)$ Parameter e $\lambda = \text{konst. } 10 \text{ m}$

Die Ausarbeitung der Diagramme durch die Vertreter der an der Umfrage beteiligten Länder erfolgte im allgemeinen mit grosser Sorgfalt. Trotzdem waren in einzelnen Fällen grobe Fehler erkennbar, die selbstverständlich in der Auswertung so gut wie möglich eliminiert wurden. Es ist allerdings auch möglich, dass einzelne Diagramme gewisse kleinere Fehler enthalten, die die Auswertung etwas verfälschen.

4. Auswertung

Eine erste eingehende Auswertung der Umfrage ist in sehr anschaulicher Art im Vorbericht zu diesem Symposium dargestellt (1). Wie Prof. Schneider in der Zusammenfassung sagt, deckt sie in der nach verschiedenen Normen berechneten zulässigen Last unerwartet grosse Unterschiede auf. Die ausschlaggebenden Ursachen dieser Unterschiede sind wohl darauf zurückzuführen, dass keine einheitliche Auffassung über die anzuwendende Sicherheitstheorie besteht.

Im folgenden wird nun nochmals kurz auf einige wesentliche Divergenzen hingewiesen:

4.1 Beanspruchbarkeit des Querschnittes bzw. Querschnittswiderstand

Bild 3 zeigt den rechnerischen Querschnittswiderstand des der Umfrage zugrundegelegten Querschnittes bei einem Bewehrungsgehalt von $p_t = 1,71\%$ und zwar im Bereich $e/h = 0$, $e/h = 0,2$ und $e/h = \infty$ (reine Biegung). Daneben ist als Vergleichswert die sogenannte exakte Lösung, die für die mittleren Parameterwerte mit der Wirklichkeit am besten übereinstimmen dürfte, eingetragen. Grundsätzlich ist der Querschnittswiderstand natürlich ein stark streuender

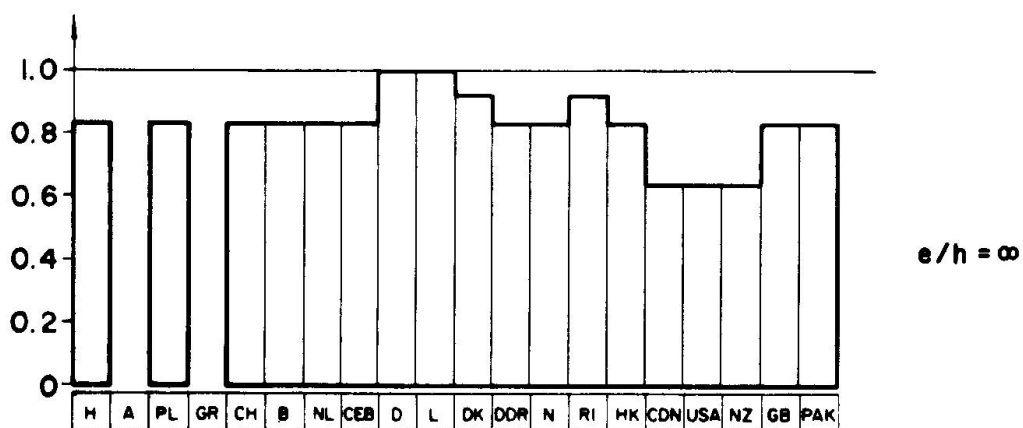
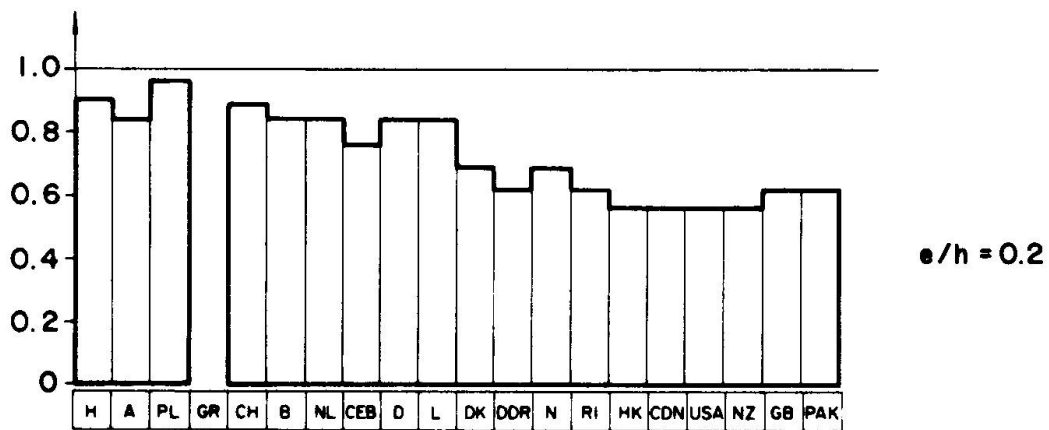
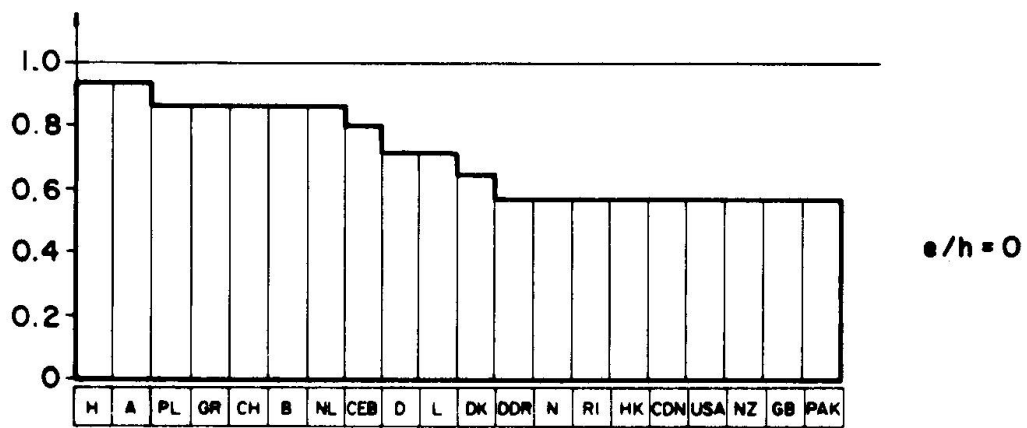


Fig.3 Querschnittswiderstand

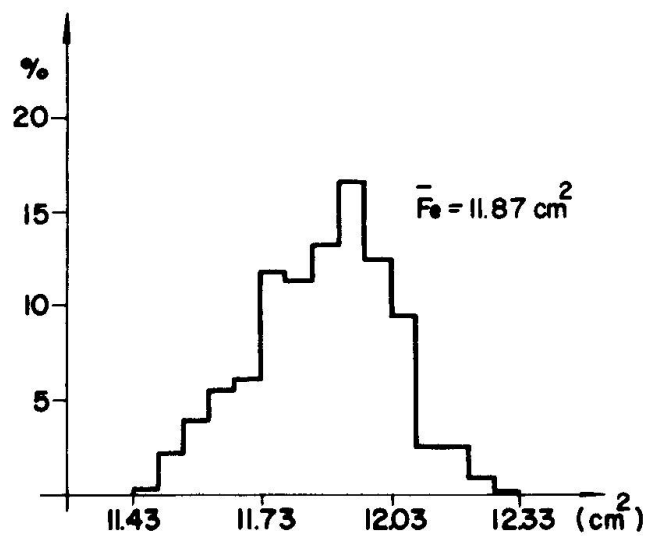
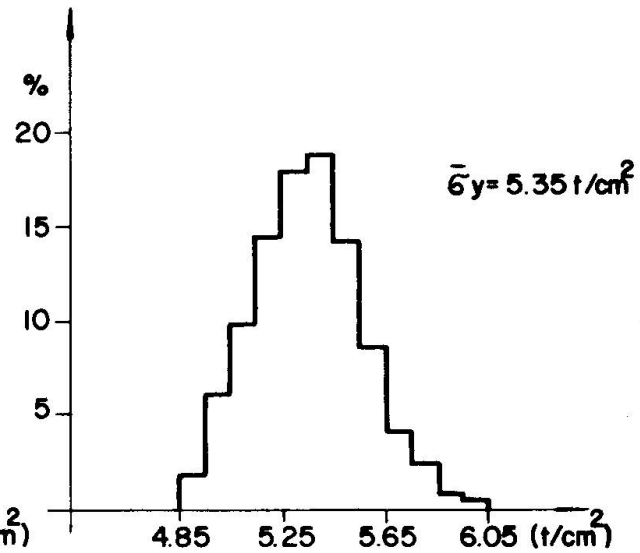
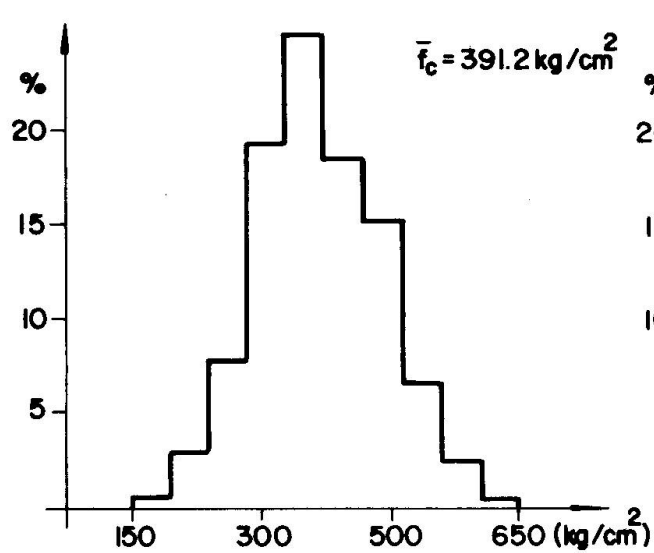
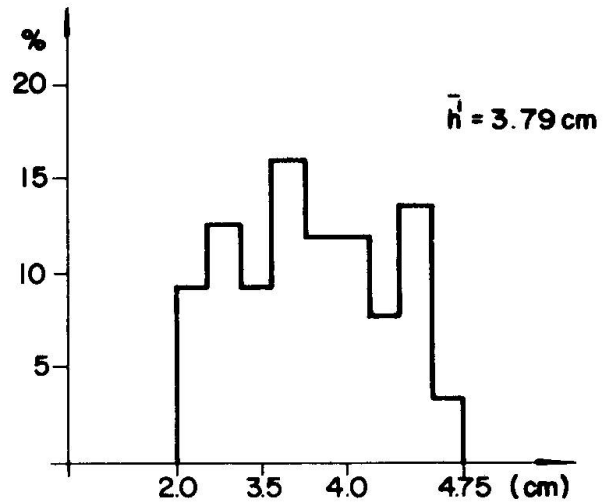
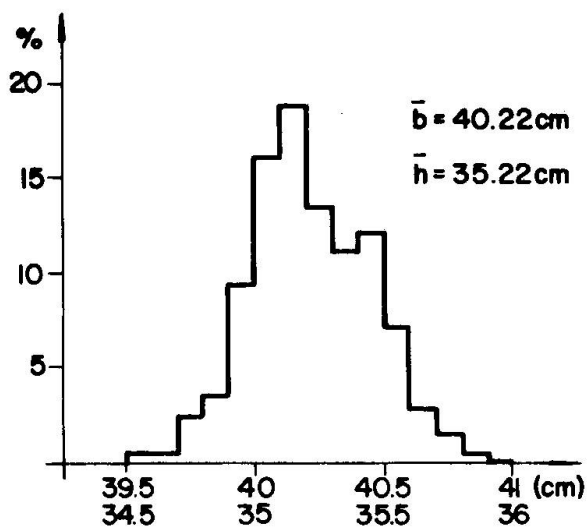


Fig. 4 Häufigkeitsverteilung der Querschnittswerte und Baustofffestigkeiten

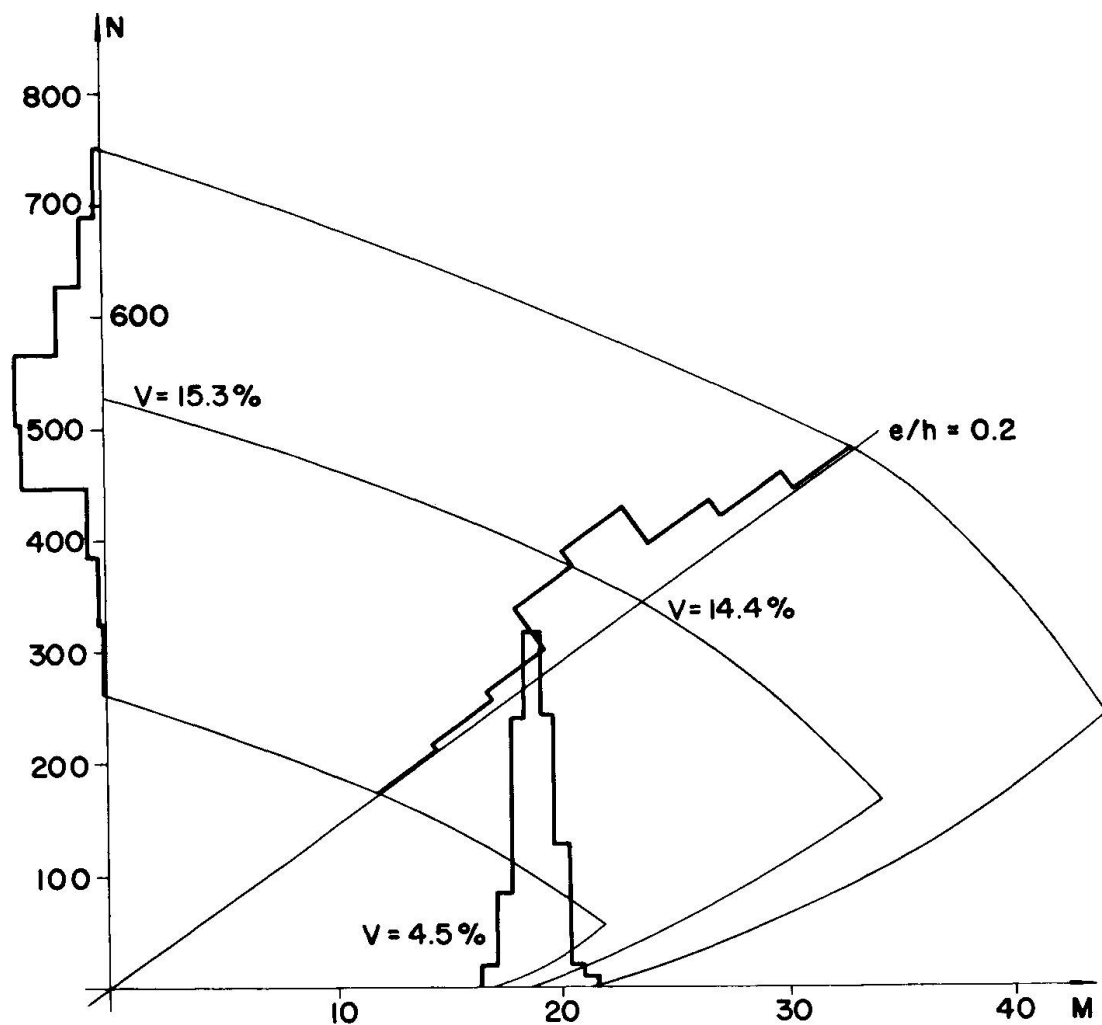


Fig.5 Querschnittswiderstand für Variation der Querschnittsabmessungen und Baustofffestigkeiten gemäss Fig. 4

Wert, der abgesehen von den Baustofffestigkeiten auch von den Querschnittsabmessungen abhängig ist. Deshalb ist neben dem sogenannten exakten Wert auch die Standardabweichung und die 5%-Fraktile des Querschnittswiderstandes angegeben, wenn für die Baustofffestigkeiten die im Fragebogen angegebenen Variationskoeffizienten (10% für Beton, 5% für Stahl) berücksichtigt werden. In einer bisher unveröffentlichten Untersuchung von Prof. Schneider wurde die Parameterstreuung anhand von sehr vielen ausgeführten Beispielen ermittelt; die entsprechenden Hystogramme sind in Bild 4 dargestellt. Daraus wurde nach der Monte-Carlo-Methode die Widerstandsverteilkurve (Bild 5) ermittelt; die entsprechende Standardabweichung und die 5%-Fraktile (1,65-fache Standardabweichung) sind auch in Bild 3 eingetragen.

4.2 Zulässige Stützenbelastung

Der sicherheitstheoretische Zusammenhang zwischen Schnittkraft und Querschnittswiderstand ist bei schlanken Druckgliedern schwierig darzustellen, weil - wie erwähnt - in beiden Verteilfunktionen zum Teil die gleichen Unsicherheitsfaktoren vorhanden sind (Baustoff- und Querschnittskennwerte).

Diese Schwierigkeit lässt sich im vorliegenden einfachen Beispiel dadurch umgehen, dass anstatt Schnittkraft und Querschnittswiderstand Last und Bruchlast miteinander verglichen werden.

In den Bildern 6a, 6b und 7a, 7b ist die zulässige Stützenlast der verschiedenen Normen und die Bruchlast P_u im Verhältnis zum Vergleichswert $P_0 = A_c f_c + (A_s + A'_s) \cdot \sigma_y$ bei einem konstanten Bewehrungsgehalt von $p_t = 1,71\%$ dargestellt. Für die Bruchlast P_u sind zudem Standardabweichung und 5%-Fraktile für die Festigkeitsstreuungen gemäss Fragebogen eingetragen. Es werden folgende typische Fälle verglichen: P_u und P_{zul} für $\lambda = 0$, $e/h = 0$ (Bild 6a); $\lambda = 100$, $e/h = 0$ (Bild 6b); $\lambda = 0$, $e/h = 0,2$ (Bild 7a); $\lambda = 100$, $e/h = 0,2$ (Bild 7b).

Wie bereits erwähnt, beeinflussen Baustoff- und Querschnittsstreuungen bei schlanken Druckgliedern wegen der Verformung 2. Ordnung ganz wesentlich die Grösse der Schnittkraft; denn Streuungen, die den Querschnittswiderstand abmindern, reduzieren auch die Steifigkeit und vergrössern demzufolge das Moment 2. Ordnung. Die Sicherheit müsste demzufolge bei schlanken Druckgliedern grösser sein als die Sicherheit bei gedrunenen Stützen. Wie die Normen diesen Effekt beurteilen, zeigen die Bilder 8 und 9. Das Verhältnis P_u/P_{zul} entspricht im Prinzip einem Globalsicherheitskoeffizienten. Man erkennt aus den Bildern, dass bei zentrischer Belastung der Globalsicherheitskoeffizient bei schlanken Stützen ($\lambda = 100$) in den meisten Normen in der Tat grösser ist als bei gedrunenen Stützen ($\lambda = 0$). Bei einer Lastexzentrizität von $e/h = 0,2$ ist dies aber bei den meisten Normen nicht der Fall. Allerdings ergäbe sich ein etwas günstigeres Bild, wenn man das Verhältnis P_u (5%-Fraktile) zu P_{zul} bilden würde.

Das Verhältnis P_u/P_{zul} wurde auch in Bezug auf eine Variation des Bewehrungsgehaltes untersucht. In den Bildern 10 und 11 sind die Fälle P_u/P_{zul} für $e/h = 0$; $\lambda = 0$ (10a) und $\lambda = 100$ (10b) sowie $e/h = 0,2$; $\lambda = 0$ (11a) und $\lambda = 100$ (11b) für starke und schwache Bewehrung aufgezeichnet. Mit Ausnahme des Falles 10b sind bei der Variation des Bewehrungsgehaltes innerhalb der betreffenden Norm keine wesentlichen Unterschiede im Globalsicherheitskoeffizienten erkennbar; andererseits weisen aber die einzelnen Normen ganz beachtliche Unterschiede auf.

Extreme Divergenzen zeigt der Fall 10b ($e/h = 0$, $\lambda = 100$). Das Verhältnis P_u/P_{zul} ist bei stark bewehrten Stützen zum Teil wesentlich anders als bei schwach bewehrten. Wie zu erwarten ist, weisen aber Stützen mit starker Bewehrung durchwegs einen kleineren Globalsicherheitskoeffizienten auf als jene mit schwacher Bewehrung.

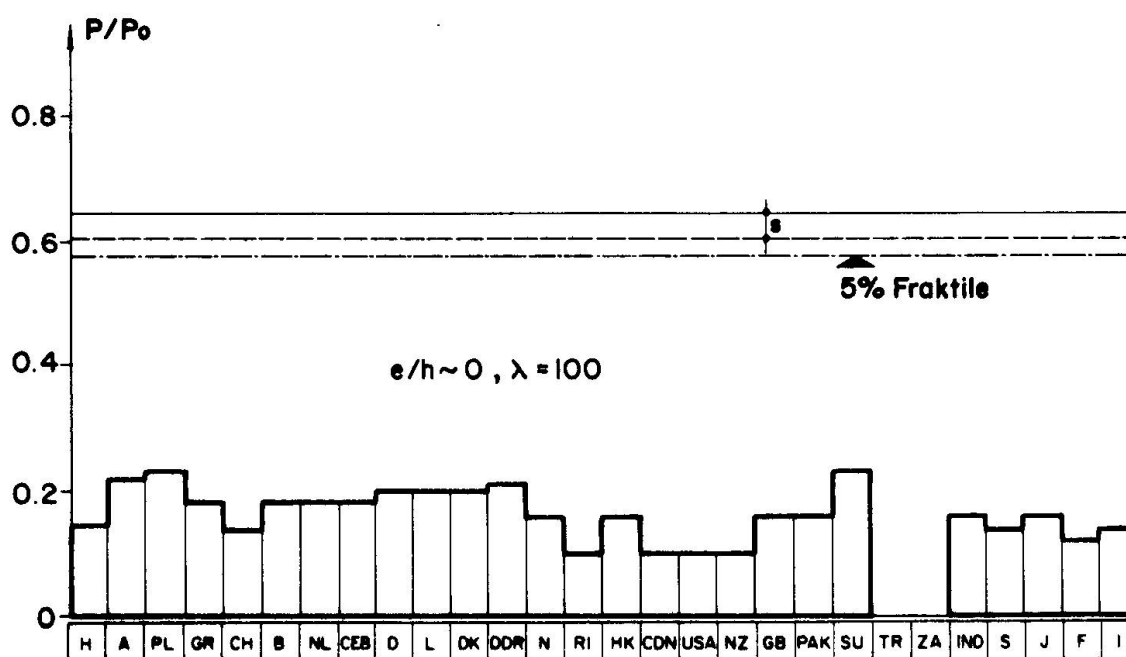
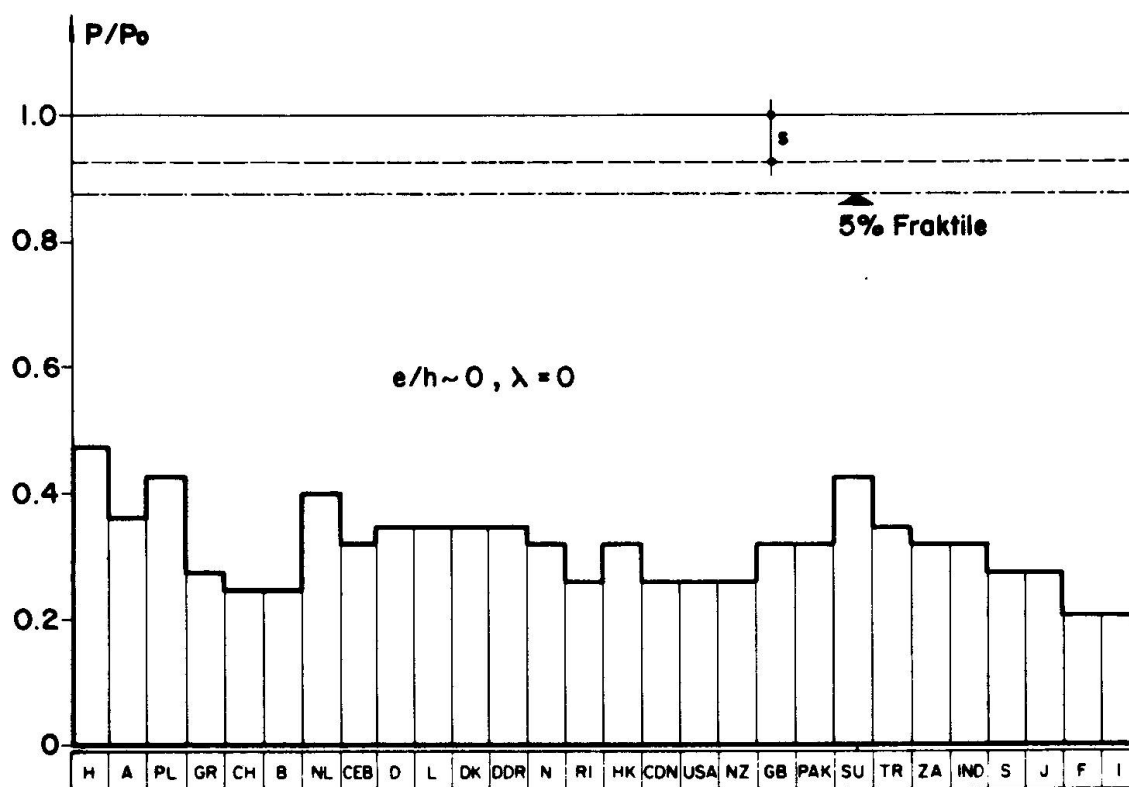


Fig.6 Traglasten und zulässige Lasten $P_0 = A_c \cdot f_c + (A_s + A'_s) \sigma_y$

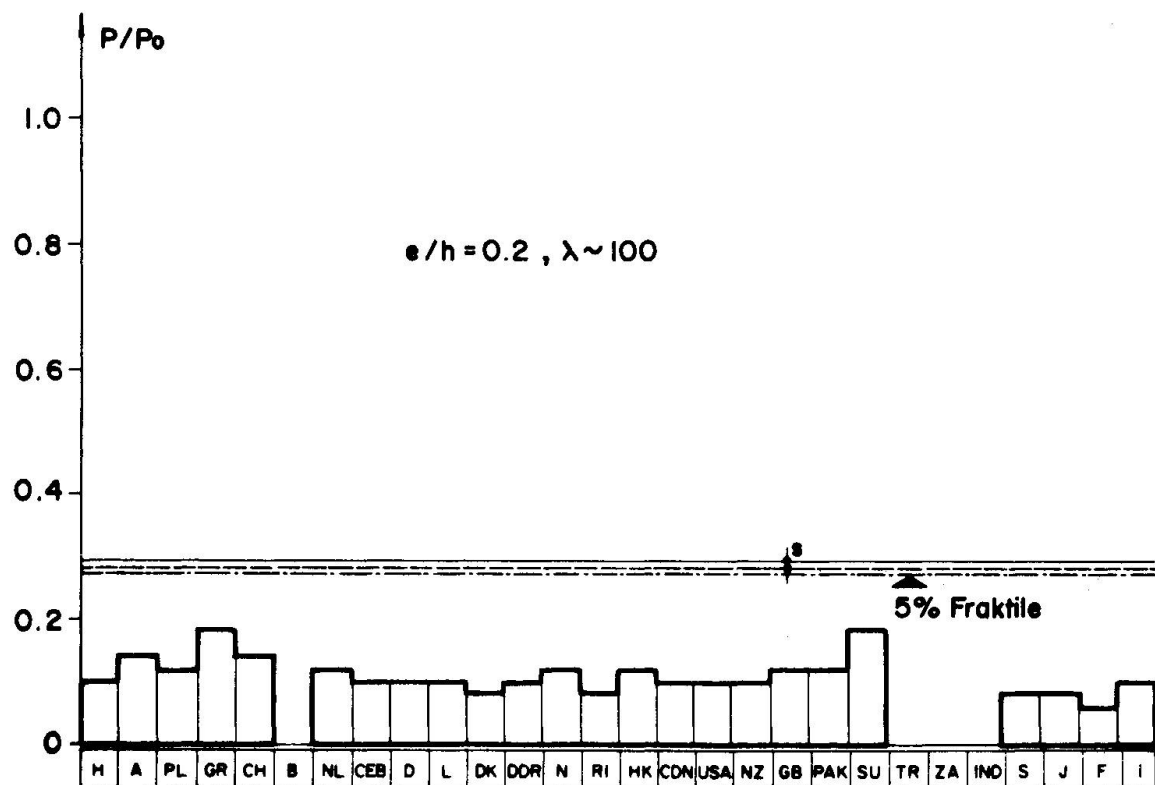
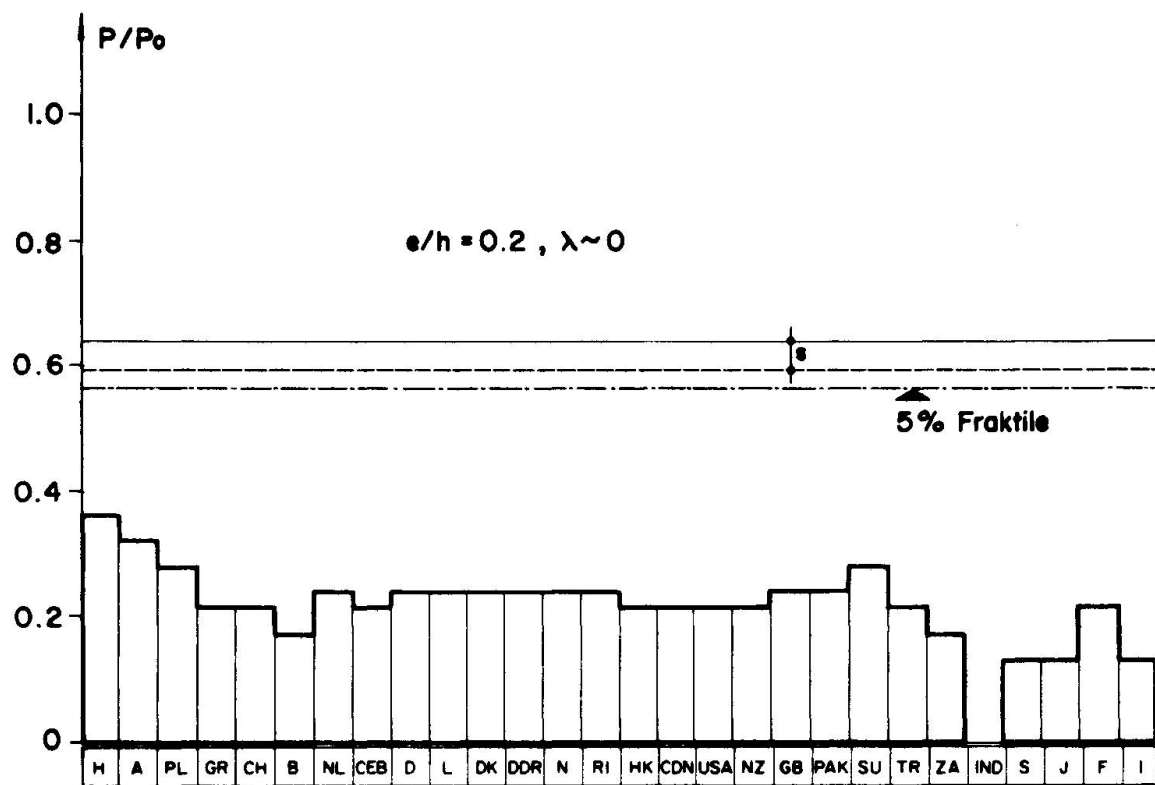


Fig. 7 Traglasten und zulässige Lasten $P_0 = A_c \cdot f_c + (A_s + A'_s) \sigma_y$

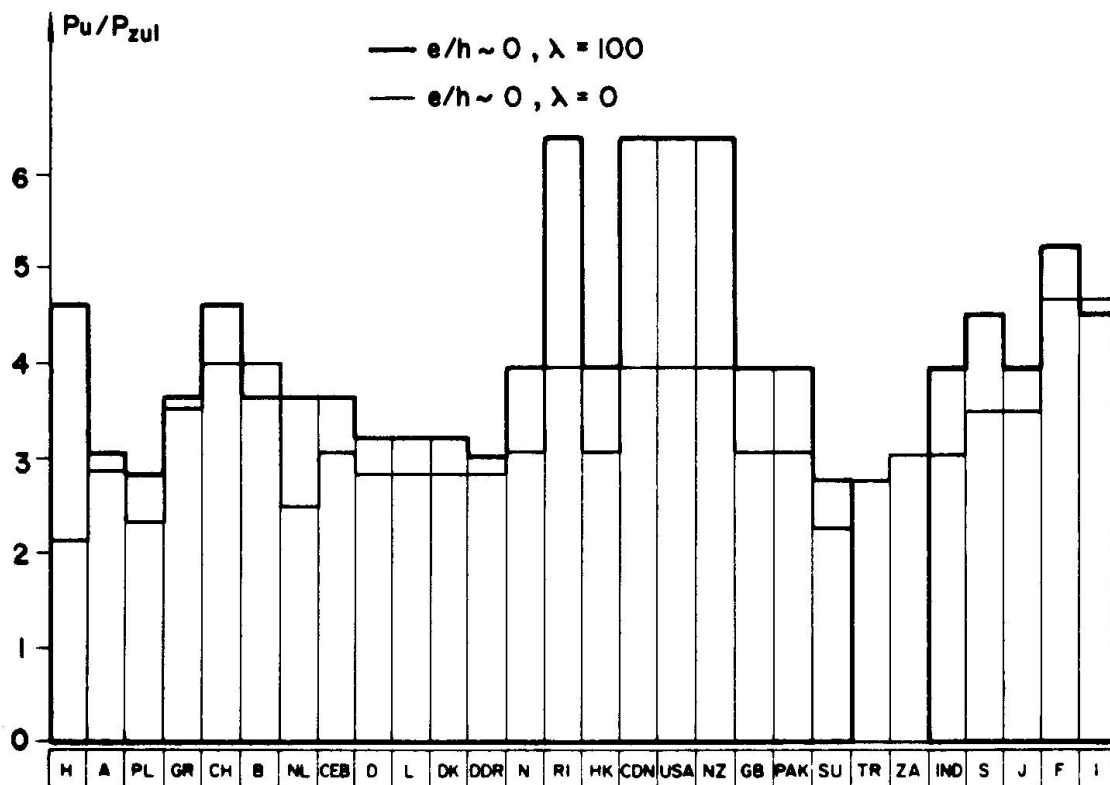


Fig.8 Verhältnis Traglast zu zulässiger Last

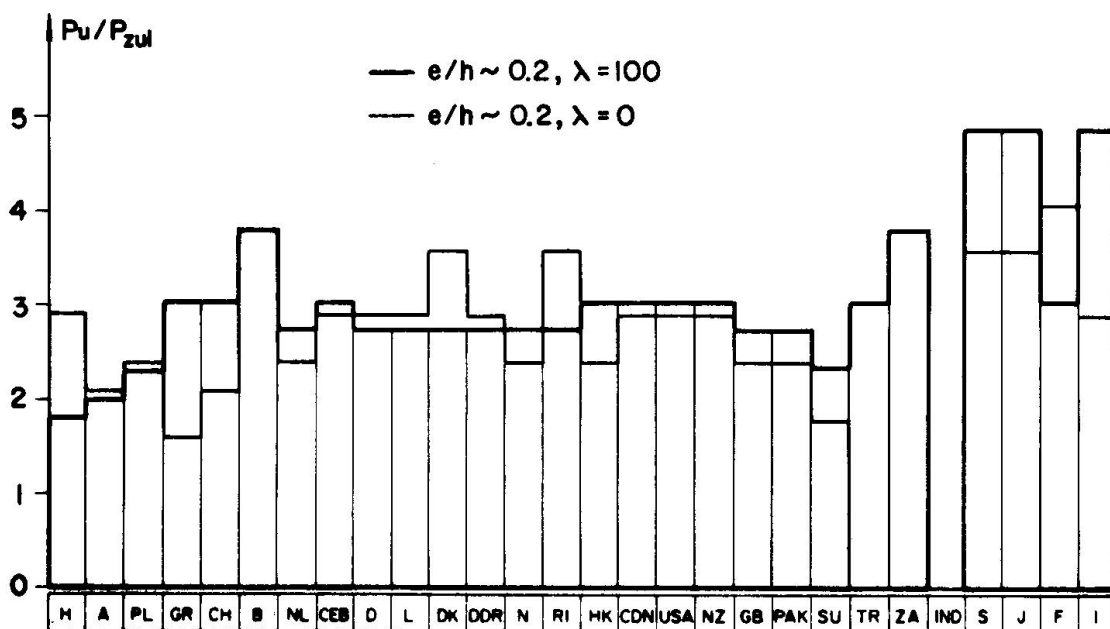


Fig.9 Verhältnis Traglast zu zulässiger Last

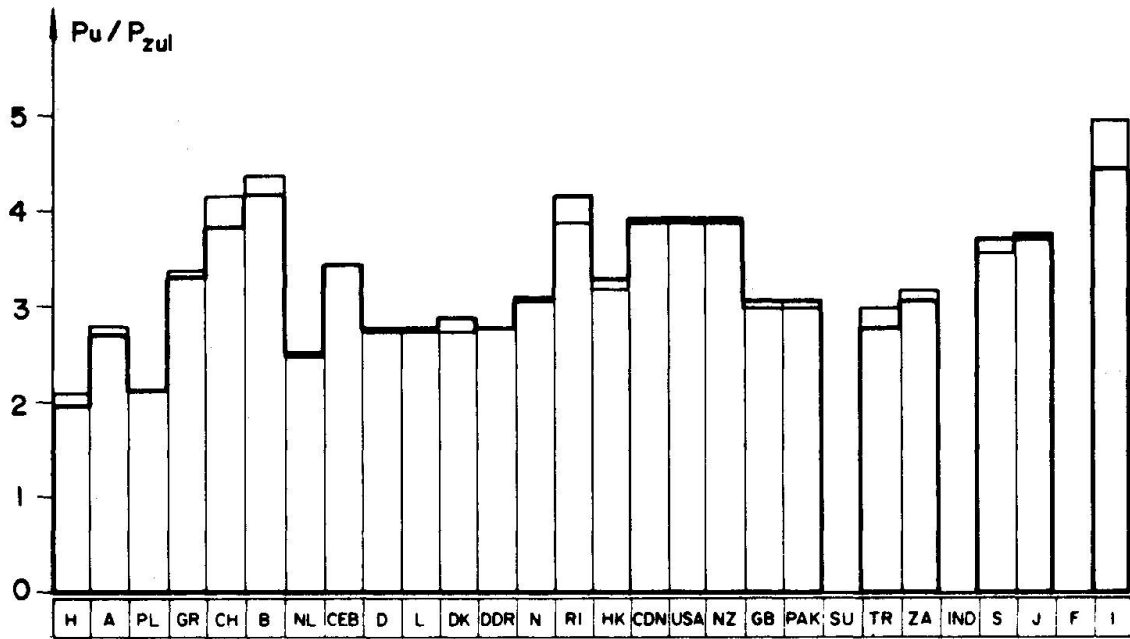


Fig. 10a

$e/h=0, \lambda=0$ — $p_t = 0.0043$
 — $p_t = 0.0129$

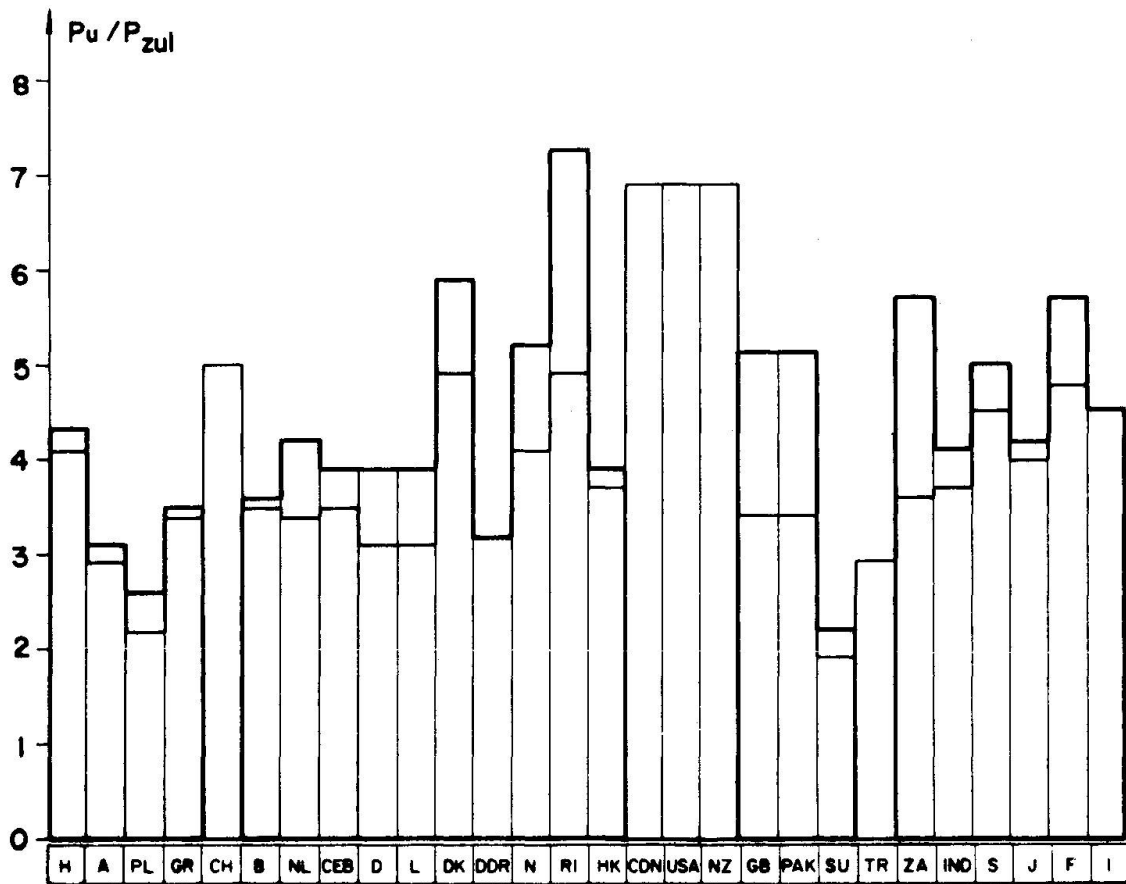


Fig. 10b

$e/h=0, \lambda=100$ — $p_t = 0.0043$
 — $p_t = 0.0129$

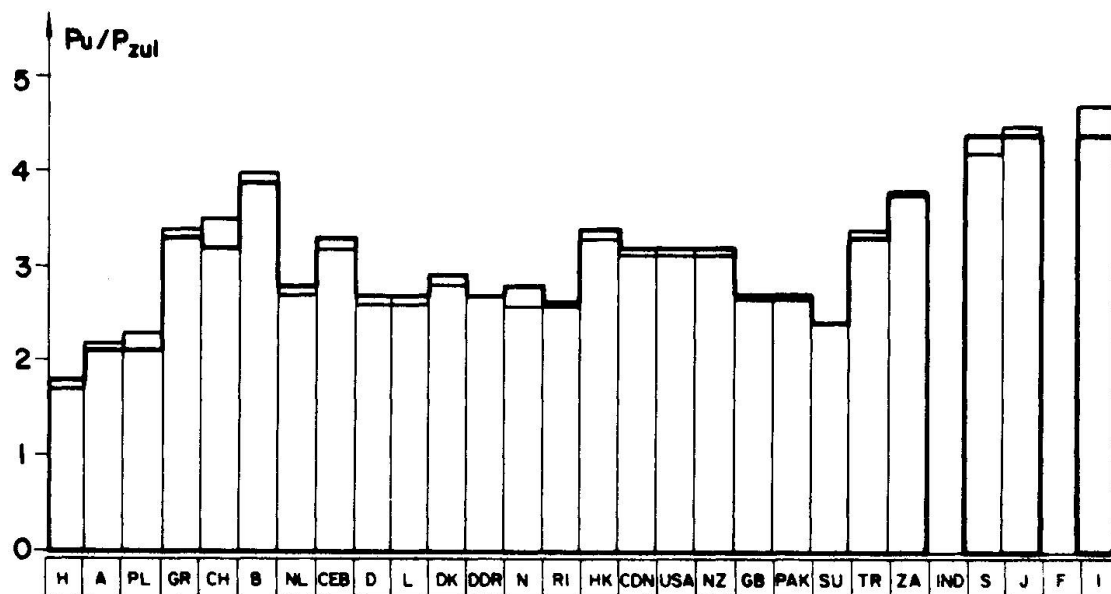


Fig. IIa

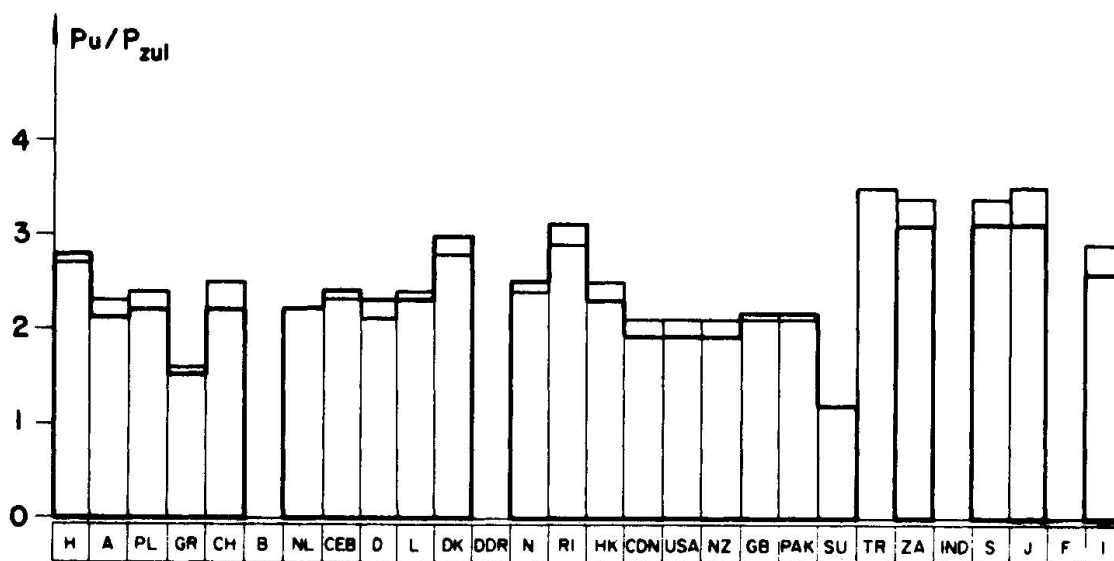
 $e/h=0.2, \lambda=0$ $p_t = 0.0043$ $p_t = 0.0129$ 

Fig. IIb

 $e/h=0.28, \lambda=100$ $p_t = 0.0086$ $p_t = 0.0129$

ZUSAMMENFASSUNG

Der durchgeführte Normenvergleich zeigt, dass die Sicherheitstheorie die grundlegende Basis der Normenvorschriften ist. Ausserdem spielt auch die in den Normen vorgesehene Berechnungsmethode eine wesentliche Rolle bei der Festlegung der zulässigen Last. Dieser Aspekt ist aus der durchgeführten Umfrage allerdings nicht erkennbar.

SUMMARY

The comparison of the different codes proves that the safety theory is the fundamental basis for the prescription of codes. Besides, the method of calculation provided by the codes is of great importance in the determination of the ultimate load. Still this aspect does not result from the enquiry.

RESUME

La comparaison des règlements de construction montre que la théorie de sécurité forme la base fondamentale des prescriptions des règlements. En outre, la méthode de calcul retenue dans les règlements joue un rôle important en ce qui concerne la fixation de la charge admissible. Cet aspect ne ressort cependant pas de l'enquête.

Leere Seite
Blank page
Page vide