

Über die Sicherheiten der Eisenbetonmauern

Autor(en): **Moe, A.J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2782>

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.

II a 8

Über die Sicherheiten der Eisenbetonbauten.

La sécurité des ouvrages de béton armé.

The Factor of Safety of Reinforced Concrete Structures.

A. J. Moe,

Beratender Ingenieur, Kopenhagen.

1. Definition des heutigen Sicherheitsgrades.

Die Sicherheit statischer Konstruktionen wird heute durch zulässige Spannungen festgesetzt. Gewöhnlich definiert man den Sicherheitsfaktor als das Verhältnis zwischen der Bruch- oder Fließgrenze des Materials und der zulässigen Spannung.

Diese Definition genügt aber nicht.

Im Laufe der Zeit hat man zufällig entdeckt, wo noch Sonderbedingungen notwendig sind.

Beispiel: Bei Stützmauern muß man sowohl für Sicherheit gegen zu großen Druck auf den Baugrund als auch für Sicherheit gegen Umkippen sorgen.

Bei Altanplatten gilt etwas ähnliches.

Für gemauerte Schornsteine hat man die Sonderbedingung eingeführt, daß die theoretischen Zugspannungen nicht tiefer als bis zum Schwerpunkt des Querschnittes eindringen dürfen.

In allen diesen Fällen sind die Sonderbedingungen als Stabilitätsbedingungen zu betrachten.

Besonders bemerkenswert ist es, daß die zulässigen Spannungen für Säulen keine Bedeutung mehr haben. Es werden heute zwar noch zulässige Spannungen in Abhängigkeit von der Knicklänge vorgeschrieben, aber dies ist nur eine Umschreibung der Säulenformeln, sozusagen ihre tabellarische Auflösung.

Dagegen werden die Säulen heutzutage tatsächlich für eine mit den Sicherheitskoeffizienten multiplizierte Belastung dimensioniert, weil keine Verhältnismäßigkeit zwischen Belastung und Spannung besteht. Bei der Bemessung der Säulen geht man also von der Bruchbelastung aus. Dies steht im Gegensatz zur Dimensionierung von Zugbewehrungen, wo man als Bruchursache eine Zunahme der Dehnung ohne Belastungssteigerung annehmen kann.

Also: Eine kurze und einfache Definition des Sicherheitsgrades in statischen Tragwerken, wie er zur Zeit angewandt wird, ist gar nicht möglich.

Es soll noch erwähnt werden, daß die Sicherheit gegen dynamische Beanspruchungen heutzutage teilweise als Stoßzuschlag eingeführt wird. Das bedeutet wieder eine andere Form der Sicherheit als die ursprüngliche durch zulässige Spannungen.

2. Nachteile des heutigen Sicherheitsfaktors bei Anwendungen auf Tragwerken.

Es ist ein allgemeiner Nachteil der heutigen Form des Sicherheitsgrades, daß er nicht kurz und einfach definiert werden kann.

Auch ist es nachteilig, daß die vorherrschende Art der Gewährleistung der Sicherheit, nämlich durch zulässige Spannungen, in vielen wichtigen Fällen keine oder nur eine untergeordnete Bedeutung hat (bei Stabilitätsproblemen, Säulen, dynamischen Beanspruchungen).

Ein Nachteil ist es ferner, daß neben der Hauptregel viele verschiedene und ungleichmäßige Sonderbedingungen aufgestellt werden müssen. Bald wird der Sicherheitskoeffizient im Verhältnis zur Belastung und bald im Verhältnis zur Bruchfestigkeit oder zur Fließgrenze festgesetzt.

Mit der Erhöhung der Baustoffgüte dürften die Stabilitätsfragen mehr und mehr in den Vordergrund treten. Vielleicht sind noch mehr Sonderbedingungen als die bis jetzt bekannten erforderlich.

Es ist ein Nachteil, daß die Hauptregel der Sicherheit nicht von selbst Sicherheit für alle Stabilitätsfälle bietet.

Daß die Form der Sicherheit nicht gestattet, verschiedenartigen Spannungen verschiedene Gewichte zuzuteilen, ist auch ein Mangel.

Zum Beispiel sollten gewissen Eigenspannungen und Montagespannungen andere Gewichte zugeteilt werden wie gewöhnlichen von der Belastung im endgültigen Tragwerk hervorgerufenen Spannungen.

Es ist ein Nachteil, daß das Eigengewicht mit demselben Sicherheitsfaktor multipliziert wird, wenn es zu Gunsten wirkt, wie wenn es zu Ungunsten wirkt.

Die meisten Fälle, in denen Sonderbedingungen erforderlich sind und die zulässigen Spannungen dadurch in der Hauptsache überflüssig werden, beruhen auf der Unproportionalität zwischen Belastung und Spannung.

Bei Säulen wird die fehlende Proportionalität durch die Ausbiegung hervorgerufen; sonst ist die Hauptursache der Unproportionalität darin zu suchen, daß die Eigengewichtsbelastung und die bewegliche Belastung sozusagen ungleichnamige Größen sind. Das heißt, daß die vom Eigengewicht und von ruhender Belastung hervorgerufenen Spannungen und die von beweglicher Belastung hervorgerufenen Spannungen nicht ohne weiteres zusammengezählt werden dürfen.

3. Besondere Nachteile der heutigen Form der Sicherheit bei Verwendung auf Eisenbetonbauten.

Die erwähnten Nachteile gelten allgemein für die meisten Konstruktionen und für alle Baustoffe.

Der Eisenbeton hat nun Eigenschaften, welche die gewöhnliche Form der Sicherheit besonders unzweckmäßig machen.

Erstens: Eisenbeton ist ein heterogenes Material. Gewöhnlich werden die Eiseneinlagen den Zugspannungen so genau wie möglich angepaßt. Das heißt: wenn Zugspannungen an anderen Stellen wie vorausgesetzt auftreten, dann liegen die Verhältnisse im Verbundkörper besonders ungünstig. Dieser Umstand verursacht bei Eisenbeton eine besondere Unproportionalität zwischen Belastung und Spannungen. Eisenbeton ist viel empfindlicher gegenüber Änderungen in

dem Verhältnis zwischen ruhender und beweglicher Belastung als Konstruktionen aus homogenen Baustoffen.

Noch gefährlicher ist eine Änderung in dem Verhältnis zwischen ruhender und beweglicher Belastung für Eisenbetongewölbe. Der Bogen verhält sich in dieser Hinsicht für alle Baustoffe etwas ungünstiger als Balkenkonstruktionen.

Beispiel: Ein Zweigelenk-Dachgewölbe mit 24 m Spannweite, 4 m Pfeilhöhe, 15 cm Dicke, oben und unten mit $5 \varnothing 10$ mm/m armiert, erhält bei einer ruhenden Belastung von 400 kg/m^2 und einer beweglichen Belastung von 100 kg/m^2 die Spannungen:

$\sigma_j \sim 943 \text{ kg/cm}^2$ und $\sigma_b \sim 44,8 \text{ kg/cm}^2$. Wenn die bewegliche Belastung allein um 50 % erhöht wird, das heißt auf $p = 150 \text{ kg/m}^2$, wachsen die Spannungen an auf:

$$\begin{aligned} \sigma_j &\sim 1770 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{und} \\ \sigma_b &\sim 65,9 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Das heißt: σ_j ist um 87,5 % und σ_b um 47,2 % erhöht worden.

Für eine einfach gestützte Eisenbetonplatte, die für $g = 400 \text{ kg/m}^2$ und $p = 100 \text{ kg/m}^2$ dimensioniert ist, ergibt sich dagegen, wenn p um 50 % erhöht wird, sowohl σ_j wie σ_b nur eine Erhöhung um 10 %.

Diese Zahlen sprechen für sich.

Konstruktionen, die man mit besonderer Rücksicht auf die speziellen Eigenschaften der ruhenden Belastung entworfen hat, sind besonders empfindlich gegenüber Änderungen in dem Verhältnis zwischen ruhender und beweglicher Belastung. Eisenbetonkonstruktionen sind im allgemeinen ungünstiger gestellt als Eisen- und Holzkonstruktionen, teils weil Eisenbeton ein größeres Eigengewicht besitzt und teils infolge der Heterogenität.

Ein anderer Grund, die heutige Form der Sicherheit bei Eisenbetonkonstruktionen zu verlassen, ist die erhöhte Bedeutung des Bruchzustandes beim Eisenbeton.

Das *Hooke'sche* Gesetz gilt für Beton und Eisenbeton nicht. Aus wirtschaftlichen Gründen geht man jedoch bei der Festlegung der Voraussetzungen für die Querschnittsbemessungen davon aus. Diese Voraussetzungen sind auf Grund von Bruchversuchen aufgestellt worden.

Auch bei der Berechnung der Schnittkräfte (Momente, Normalkräfte u. dgl.) gehen wir immerfort weiter in der Richtung, den Bruchzustand vorauszusetzen.

Die erhöhte Bedeutung des Bruchzustandes schiebt die Frage einer logischen Definition des Bruchzustandes in den Vordergrund. Diese Frage läßt sich aber nicht mittels der gewöhnlichen zulässigen Spannungen beantworten.

Ein dritter Grund, der für das Verlassen der zulässigen Spannungen als Sicherheitsbestimmung spricht, ist das große Eigengewicht.

Konstruktionen mit verhältnismäßig großem Eigengewicht können wir eher überbelasten, als Konstruktionen mit verhältnismäßig kleinem Eigengewicht.

Das heißt: Die ruhende Belastung, die nicht unbegrenzt über die angenommenen Größen hinaus steigen, keine wechselnde Gestalt annehmen kann und keine dynamischen Beiwirkungen hat, halten wir für günstiger als die bewegliche Belastung. Wir sollten demnach bei der Erörterung des Sicherheitsgrades die ruhende Belastung günstiger ansetzen als die bewegliche Belastung.

Mit Rücksicht auf die dynamischen Beiwirkungen ist dies auch bereits durch Einführen von Stoßzuschlägen geschehen, aber sonst erweist sich die gewöhnliche Berechnungsweise mit zulässigen Spannungen für die ruhende Belastung als zu ungünstig.

Dies gilt allgemein für alle Baustoffe, aber der Nachteil ist am größten beim Massivbau, also: Der Eisenbeton wird gegenüber Eisen und Holz zu ungünstig gestellt.

In noch einer anderen Beziehung ist die gewöhnliche Berechnungsweise unlogisch. Wenn eine Konstruktion bei der Ausführung bedenkliche Fehler aufweist, geht man in den meisten Ländern nicht sofort dazu über, sie niederzureißen, sondern führt erst eine Probelastung aus. Sind die Fehler bedenklich ernst, werden die Probelastungen mit Übergewicht (z. B. 50 v. H.) an den gefährlichsten Stellen ausgeführt. Widerstehen die Konstruktionen diesen Probelastungen zuverlässig, so werden sie als verwendbar angesehen.

Man vertraut einer Konstruktion, die eine hinreichende Sicherheit gegenüber der beweglichen Belastung gewährt, ohne die ungeprüfte Sicherheit gegenüber der ruhenden Belastung zu berücksichtigen. Es sei noch darauf hingewiesen, daß es gefährlich werden kann, eine Konstruktion, die für ein bestimmtes Verhältnis zwischen beweglicher und ruhender Belastung berechnet ist, einer Belastung auszusetzen, bei der dieses Verhältnis bedeutend größer ist.

Das große Eigengewicht der Eisenbetonkonstruktionen ist eine wertvolle Eigenschaft, die nicht unnötig bestraft werden soll.

4. Was soll von dem Sicherheitsgrad gedeckt werden?

Mit wenigen Worten und in großen Zügen soll folgendes genannt werden:

- a) Fehler und Ungenauigkeiten in den Berechnungsvoraussetzungen.
- b) Materialfehler.
- c) Ungenauigkeiten bei der Ausführung.
- d) Ungenauigkeiten der angesetzten Nutzlast.

Oder mit anderen Worten: Nebenspannungen, Eigenspannungen, gewisse Wechsellastspannungen, Zusatzspannungen, Montagespannungen, Berechnungsungenauigkeiten, reine Materialfehler, Ungenauigkeiten in den Querschnittsabmessungen der von den Werken gelieferten Einheiten (Eiserne Stäbe), Montage- und Ausführungsungenauigkeiten, Eigengewichtsungenauigkeiten, gewisse zufällige Überbelastungen, Abweichungen in Größe und Verteilung der vorausgesetzten Nutzlast, ausnahmsweise große Überbelastungen (Belastungsproben) usw.

Selbst mäßig angesetzte Werte für die verschiedenen Fehler und Ungenauigkeiten können von der gewöhnlichen Größe des Sicherheitskoeffizienten nicht gedeckt werden. Nur *wahrscheinliche* Kombinationen verschiedener Fehler können gedeckt werden.

Wahrscheinliche Kombinationen können aber sowohl aus einzelnen großen Werten bestehen als auch aus vielen kleinen oder Mittelwerten.

Es läßt sich nun aber nachweisen, daß Fehler mehrerer der genannten Gruppen sich ausschließlich oder am wirtschaftlichsten durch eine rechnungsmäßige, vergrößerte bewegliche Belastung decken lassen. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß ruhende Belastung durch bewegliche ersetzt werden kann, während bewegliche Belastung sich nicht durch ruhende ersetzen läßt.

Eine Ausnahme bilden gewisse reine Materialfehler, die am besten durch eine niedriger angenommene Bruch- oder Fließgrenze gedeckt werden können. Man muß sich eben darüber im klaren sein, welchen Zweck die Sicherheit hat.

Der Verfasser ist der Meinung, daß die Sicherheit gegen Bruch das Wesentliche ist. Sicherheit gegen Risse und dergleichen ist wichtig, kommt aber erst in zweiter Linie.

5. Ein neuer Vorschlag eines Sicherheitsgrades für den praktischen Gebrauch.

Die heutige Form des Sicherheitsgrades lautet:

$$(1) \sigma_p + \sigma_g + \sigma_w + \sigma_t \leq \sigma_{zul} = \frac{1}{n} \sigma_B$$

Für Säulen:

$$(2) P_{zul} \leq \frac{1}{n} P_{Bruch}.$$

Für Stabilitätsprobleme:

$$(3) M_{günstig} \geq n' M_{ungünstig}.$$

p bezieht sich auf die bewegliche Last

g „ „ „ „ ruhende Last

w „ „ „ „ Windlast

t „ „ „ „ Temperaturspannungen u. dgl.

σ_B ist die durch Versuche ermittelte Bruch- oder Fließgrenze

n und n' sind Sicherheitskoeffizienten.

Die erste und allgemeinste Regel kann umgeschrieben werden auf:

$$(4) n \cdot \sigma_p + n \cdot \sigma_g + n \cdot \sigma_w + n \cdot \sigma_t = \sigma_B \quad \text{oder}$$

$$(5) \sigma_{(n \cdot p)} + \sigma_{(n \cdot g)} + \sigma_{(n \cdot w)} + \sigma_{(n \cdot t)} = \sigma_B$$

(das heißt, die von den mit n multiplizierten Belastungen hervorgerufenen Spannungen).

(5) stellt rechnungsmäßig den Bruchzustand dar und stimmt mit (2) überein, steht aber im Widerspruch zu (3), denn n' ist gewöhnlich kleiner als n. Eindeutig ist die Definition des Bruchzustands also nicht. Ferner kann man sich das Eigengewicht gar nicht auf das n-fache vergrößert denken. Für die Säulen muß man sich allerdings diese Abstraktion vorstellen.

In dem neuen Vorschlag werden die drei Bedingungen (1), (2) und (3) in einer einzigen zusammengefaßt, nämlich:

$$\sigma_{(n_g \cdot g)} + \sigma_{(n_p \cdot p)} \leq n_B \cdot \sigma_B = \sigma'_B. \quad (I)$$

Ähnliche Vorschläge sind bereits von Ingenieur *Gerber* u. a. vorgebracht, jedoch nicht näher durchgeführt worden.

n_g ist der Sicherheitskoeffizient des Eigengewichts, n_p ist der Sicherheitskoeffizient der beweglichen Belastung und n_B , das kleiner als 1 ist, ist der Materialsicherheitskoeffizient. Wenn man die Koeffizienten n_p und n_g so wählt, daß das Verhältnis n_p/n_g genügend groß wird — zum Beispiel gleich 1,5 — so ist die Sicherheit gegen Umkippen, das heißt bei Stabilitätsproblemen, automatisch vorhanden, und man braucht dann keine Sonderbedingungen. σ_B ist die mittels Versuchen festgestellte Bruch- oder Fließgrenze, zum Beispiel die

28-tägige Betondruckfestigkeit. Der kleinere Wert $\sigma'_B = n_B \sigma_B$ wird als die rechnermäßige Bruchspannung definiert. Die maßgebenden Bruchspannungen werden eindeutig durch $\sigma'_B = n_B \sigma_B$ festgesetzt, und man kann mit den so bestimmten Spannungen ohne weiteres rechnen.

Die rechnermäßige Bruchbelastung ist eindeutig durch $n_p \cdot p + n_g \cdot g$ usw. bestimmt. Der rechnermäßige Bruchzustand einer Konstruktion ist eindeutig durch die rechnermäßigen Bruchspannungen und die rechnermäßige Bruchbelastung festgelegt. Wenn man das Hooke'sche Gesetz als Berechnungsgrundlage verlassen will, was wir in vielen Fällen beim Eisenbeton bereits getan haben, dann müssen die Arbeitslinien durch rechnermäßige Arbeitslinien ersetzt werden. Wir wissen, daß die durch Versuche bestimmten Baustoffeigenschaften für die in Konstruktionen eingebauten Baustoffe nicht ohne weiteres gelten können. Es ist besser, sofort sichere, rechnermäßige Eigenschaften festzusetzen, so daß die Berechnungsgrundlage folgerichtig und logisch aufgebaut werden kann und nicht allein durch einen summarischen Sicherheitsfaktor gedeckt wird.

Wenn man mehrere äußere Kräfte hat, zum Beispiel eine senkrechte Nutzlast, Wind und Zusatzkräfte (Schwinden des Baustoffes, Temperatur, Nachgiebigkeit der Stützen), kann man die wahrscheinlichen Kombinationen in folgender Weise berücksichtigen:

$$\sigma_{(n'_g \cdot g)} + \sigma_{(n'_p \cdot p)} + \sigma_{(n_w \cdot w)} + \sigma_{(n_x \cdot x)} = n_B \sigma_B \quad (\text{II})$$

wo n'_g und n'_p kleinere Werte haben als n_g und n_p in der Gleichung I.

Dieses Verfahren kann natürlich noch weiter entwickelt werden, aber für praktische Verhältnisse genügt es, die beiden Bedingungen I und II vorzuschreiben. Zusatzspannungen, die von einer statischen Unbestimmtheit herühren, sind für den Bruch weniger gefährlich als Belastungsspannungen. Im allgemeinen werden sie kleiner als mit dem Hooke'schen Gesetz als Grundlage berechnet, weil die Arbeitslinien unserer Baustoffe gegen die Formänderungsachse abbiegen. Ferner mindern sich die Zusatzspannungen, wenn bleibende Formänderungen auftreten. n_x kann also kleiner gewählt werden als n_p und n'_p .

Wenn eine bewegliche Belastung überwiegend im Verhältnis zu den übrigen ist, zum Beispiel die lotrechte Nutzlast im Verhältnis zu Wind- und Bremskräften, dann genügt eine Bedingung und zwar nach Form II.

Also genügt es allgemein, nur eine Bedingung aufzustellen, nämlich II.

Es ist folgewidrig, zwei Bedingungen vorzuschreiben, nämlich eine mit und eine ohne Nebenspannungen, wie wir es zur Zeit tun. Die gewöhnliche Bedingung $\sigma_g + \sigma_p \leq \sigma_{zul}$ wird wahrscheinlich bei statisch unbestimmten Konstruktionen mit einigen Zusatzspannungen kombiniert. Diese Bedingung ist sonach im Gegensatz zu $\sigma_g + \sigma_p + \sigma_{zul} \leq \sigma_{zul, \text{erhöht}}$ für die Abmessungen bestimmend, was oftmals vorkommen kann. Dann ist die Sicherheit in der statisch unbestimmten Konstruktion kleiner als in der statisch bestimmten Konstruktion.

Besser ist es jedenfalls, wie in diesem Vorschlag, einen kleineren Sicherheitsfaktor für die Zusatzkräfte als für die Hauptbelastungen vorzuschreiben. Die Zusatzkräfte allein können nämlich keinen Bruch herbeiführen, und die Wahrscheinlichkeit, daß die größten Zusatzkräfte und die größte Nutzlast gleichzeitig auftreten, ist kleiner als daß die größte Nutzlast allein auftritt.

Für mehr oder weniger genaue Berechnungen kann man zwei verschiedene Sicherheitsfaktor-Gruppen aufstellen. Zum Beispiel: $n_{g,1} - n_{p,1} - n_{x,1}$ und $n_{B,1}$ für genauere und $n_{g,2} - n_{p,2}$ und $n_{B,2}$ für weniger genaue Berechnungen.

Solche Bestimmungen sind für den Hochbau praktisch anwendbar.

Wenn man gewisse Eigenspannungen — z. B. die in der fertigen Konstruktion auftretenden Montagespannungen — sicherheitsmäßig den Eigengewichtsspannungen gleichsetzt, was sich sehr gut begründen läßt, dann werden die Berechnungen in vielen Fällen noch vereinfacht. Zum Beispiel kann die Berechnung von Melankonstruktionen, bei denen man den in der steifen Eiseneinlage auftretenden Vorspannungen eine Sonderstellung geben will, sehr vereinfacht werden. Überhaupt gilt, daß die hier aufgestellten Sicherheitsbedingungen es ermöglichen, besonderen Spannungen eine Sonderstellung zu geben, ohne daß das Berechnungsverfahren verwickelter wird. Diese Tatsache ist sehr wichtig, weil die älteren Berechnungsverfahren die Möglichkeit ausschließen, die verschiedenen Anwachsmöglichkeiten der verschiedenen Spannungsarten zu berücksichtigen

Hinsichtlich der Melankonstruktionen soll noch eine Eigentümlichkeit hervorgehoben werden.

Wenn die Vorspannung in der steifen Eiseneinlage z. B. zwei Drittel der zulässigen Beanspruchung beträgt, dann kann man infolge der gewöhnlichen Berechnungsweise den Gesamtquerschnitt nur mit $\frac{\sigma_{j, zul}}{3 \cdot 15} (F_b + 15 F_j)$ beanspruchen. Das hat aber keinen Sinn. Wenn die Vorspannung gleich $\sigma_{j, zul}$ wäre, sollte dann der Gesamtquerschnitt (Beton + Steife Eiseneinlage + Rundeisen) gar keine weitere Belastung tragen können?

Wenn eine weitere Steigerung der Vorspannung verhindert werden soll, muß man bei den älteren Berechnungsverfahren sehr künstliche Umschreibungen benutzen und weitere besondere Ausnahmeverordnungen aufstellen.

Nach dem vorgeschlagenen Verfahren werden die Berechnungen vereinfacht, nämlich: $n_g \sigma_{j, Vorsp.} + n_g \sigma_{j, g, fertig} + n_p \sigma_{j, p, fertig} \leq n_B \sigma_B$ und gleichermaßen für die Betonspannung. Man rechnet also gleich mit den vorkommenden Belastungen der Konstruktion und addiert alle Spannungen zum Schluß. Nur ist zu beachten, daß das Verhältnis n_p/n_g nicht zu klein gewählt werden darf.

Das Eigengewicht kann zuweilen beweglich auftreten, nämlich im Verhältnis zu den festgesetzten Werten, sowohl bezüglich seiner Größe als auch infolge einer gewissen Verschiebbarkeit. Es könnte nun naheliegen, einen gewissen Teil der ruhenden Belastung als beweglich anzusehen. Das ist aber unpraktisch, weil es die Berechnungen unnötig kompliziert — d. h. man erhält zwei verschiedenen aufgebauten beweglichen Lasten anstatt einer — und weil die entsprechende Verschiebbarkeit der ruhenden Belastung begrenzt ist. Große Querbalken kann man sich nicht wesentlich verschiebbar denken. Dagegen läßt sich sehr gut annehmen, daß eine Platte in verschiedener Dicke ausgegossen wird, so daß das Eigengewicht nicht gleichmäßig verteilt wirkt, wie vorausgesetzt.

Besser ist es, diese Bewegung der ruhenden Belastung durch den Sicherheitsfaktor der beweglichen Lasten zu decken. Nur, wenn die ruhende Last sehr groß im Verhältnis zu der beweglichen ist, genügt diese Maßnahme nicht. Es ist sowohl logisch als auch praktisch begründet für diese Ausnahmefälle vor-

zuschreiben, daß die gesamte bewegliche Last nicht kleiner als ein gewisser Bruchteil der gesamten ruhenden Last — zum Beispiel 10 % — für jedes Konstruktionsglied festgesetzt werden soll. Diese Bestimmung kann allerdings nur bei den Hauptgliedern großer Konstruktionen mit kleinen Nutzlasten in Betracht kommen.

6. *Die wichtigsten Vorteile bei der Anwendung des neuen Vorschlages.*

- a) Die Deckungsmöglichkeiten des neuen Vorschlages sind vielseitiger als die der gewöhnlichen Berechnungsverfahren.
- b) Die beiden Hauptgruppen von Wirkungen, für die der Sicherheitsfaktor Deckung geben soll, nämlich Materialfehler und Belastungsfehler — haben jede ihren Sicherheitskoeffizienten.
- c) Sicherheit bei Stabilitätsproblemen kann man automatisch ohne Sonderbedingungen bekommen.
- d) Ein großes Eigengewicht, das allgemein als vorteilhaft anzusehen ist (gegen Explosionsgefahr, gegen dynamische Wirkungen, gegen Schalldurchgang usw.) wird nicht unnötig ungünstig beurteilt.
- e) Konstruktionen, die sich bei späteren genauen Untersuchungen als besonders gelungen erwiesen haben, können ohne Risiko stärker ausgenützt werden.
- f) Probelastungen mit erhöhter Nutzlast an den gefährlichsten Stellen können ohne außergewöhnliches Risiko ausgeführt werden.
- g) Es soll erkannt werden, daß der wirkliche Sicherheitsgrad einer bestehenden Konstruktion gleich dem Verhältnis zwischen der absolut größten Nutzlast, die beim Bruchversuch auf die Konstruktion im Bruchaugenblick aufgebracht werden kann, und der bei der Berechnung vorausgesetzten Nutzlast ist. Ferner muß darauf hingewiesen werden, daß die rechnermäßige Sicherheit gegen Bruch sich von der wirklichen Sicherheit nicht zu weit entfernen darf. Dieses Ziel ist bei der vorgeschlagenen, aber nicht bei der gewöhnlichen Berechnungsweise erreicht.
- h) Das große Gebiet, das von unserem Sicherheitsfaktor umfaßt wird, kann bei diesem Vorschlag wenigstens einer logischen Behandlung unterworfen werden und braucht nicht, wie bei den gewöhnlichen zulässigen Spannungen, als ein mehr oder weniger dunkles summarisches und nicht zugängliches Gebiet vor uns zu liegen.
- i) Die rechnermäßigen Bruchspannungen, die rechnermäßigen Bruchbelastungen und somit der rechnermäßige Bruchzustand können festgelegt werden.
- k) Die bei Näherungsberechnungen zulässigen Abweichungen vom *Hooke'schen* Gesetz u. dgl. können festen und folgerichtigen Regeln unterstellt werden.
- l) Die Sicherheit gegen Risse, gegen wiederholte Belastungen usw. kann mit denselben Hilfsmitteln und mit größerer Wahrscheinlichkeit erreicht werden, als bei dem gewöhnlichen Verfahren.
- m) Die Berechnungsgrundlage wird folgerichtiger und die statischen Berechnungen werden sicherer und einfacher, besonders bei Konstruktionen mit Stabilitätsproblemen, Vorspannungen u. dgl.

Die Werte der Sicherheitskoeffizienten müssen im Endergebnis mit den Berechnungsvorschriften und den Ausführungsvorschriften übereinstimmen.