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

Band: 2 (1936)

Artikel: Zu "Berechnungsgrundlagen des Eisenbetons"

Autor: Roš, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2791

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: 07.08.2025

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

II c 4

Zu „Berechnungsgrundlagen des Eisenbetons".

Les principes de calcul du béton armé.

On the principles of calculation for reinforced concrete.

Dr. Ing. h. c. M. Roš,
Professor an der Eidg. Techn. Hochschule und Direktionspräsident der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Zürich.

Zu der viel und meist ganz unrichtig umstrittenen n-Frage ist ausdrücklich festzustellen, daß sie inbezug auf die Größe innerhalb gewisser Grenzen belanglos wird, wenn man die zulässigen Spannungen auf den gewählten n-Wert (n = 10, 15 oder 20) abstimmt. Das in der allerletzten Zeit angestrebte gänzliche Weglassen der n-Zahl ist als Irrung zu bezeichnen, die nicht Vereinfachung und Abklärung bringt, vielmehr Verwirrung und Unordnung schafft. Die n-Zahl, über deren Größe man wohl verschiedener Meinung sein kann, kann in der Berechnungsweise des Stahlbetons grundsätzlich nicht entbehrt werden; sie ist eine für die Zwecke der Praxis zutreffende Grundlage der Stahlbetontheorie.

Die klassische Stahlbeton-Theorie, welche sich für Druck, Zug und Biegung auf das Gesetz von *Navier-Hooke* stützt und für Knicken auf der verallgemeinerten *Euler-Formel* fußt, hat in den allerletzten Jahren auf materialtechnischen Erkenntnissen beruhende Ergänzungen erfahren, welche sich namentlich auch in das Gebiet der plastischen Verformungen erstreckten und für die zutreffendere Beurteilung der wirklichen Sicherheit von Stahlbetonbauten sehr wertvoll sind.

Innerhalb der als *zulässig erkannten Beanspruchungen* aber rechtfertigen es unsere heutigen Kenntnisse

über das Spannungs-Verformungsgesetz des Betons und Armierungsstahles,[1]

über die Verhältniszahl $n = \frac{E_e}{E_b}$ im elastischen Bereich,[2]

über die Beziehung zwischen der Prismendruckfestigkeit ${}_p\beta_d$ und dem Elastizitätsmodul des Betons ${}_bE_e$,[1]

über die Bruchgefahr mehrachsig beanspruchten Betons — Versuche der E.M.P.A. im Lichte der *Mohr*'schen Bruchtheorie —,[3]

über die Ermüdungsfestigkeit — Ursprungsfestigkeit — des Betons und des Bewehrungsstahles[4] sowie

über die Gesetze der Knickstabilität zentrisch und exzentrisch gedrückter Säulen — Versuche und Theorie der E.M.P.A. —[5]

bei Aufrechterhaltung engster Beziehungen zwischen dem Konstruktionsbüro, dem Laboratorium, der Baustelle und dem Bauwerk selbst, *Eisenbetontragwerke*

nach der klassischen Theorie der Elastizität zu berechnen, ermöglichen uns konstruktive Maßnahmen — Gesamtanordnung und Einzelheiten — richtig vorzukehren und die Organisation der Baustelle sowie die Erstellung des Bauwerkes selbst so durchzuführen, daß wir uns über den Spannungszustand und die

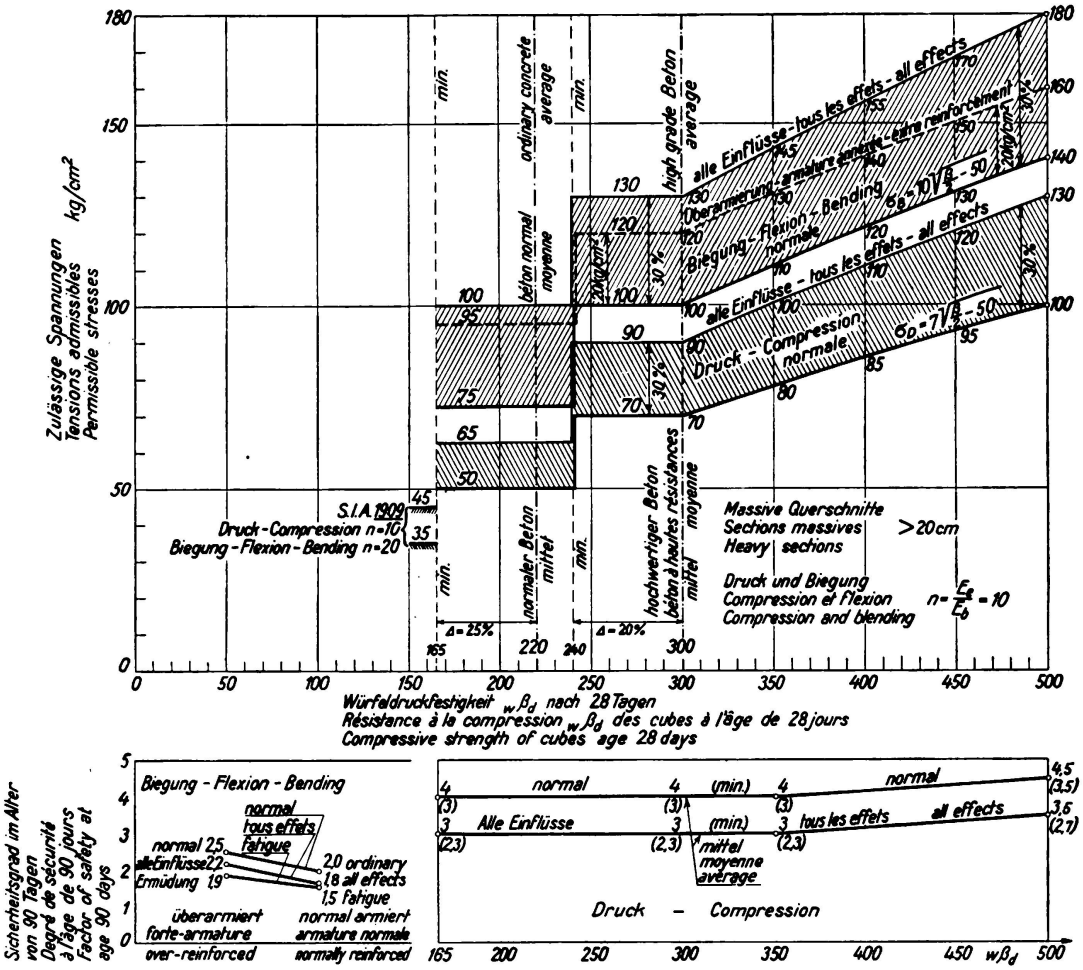


Fig. 1.

Schweizer Eisenbetonverordnung vom 14. Mai 1935. Zulässige Spannungen des Betons und Bewehrungsstahles in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit sowie von der Streckgrenze des Bewehrungsstahles.

Schräge Hauptzugspannungen.

Normaler Beton: $\tau_{zul} = 4$ kg/cm² Hochwertiger Beton: 5 kg/cm²

Bewehrungsstahl: Zulässige Spannungen $_{zul}\sigma_e$.

Alle Einflüsse:

Ohne Temperatur und Schwinden normal 1400 kg/cm², hochwertig 1700 kg/cm²

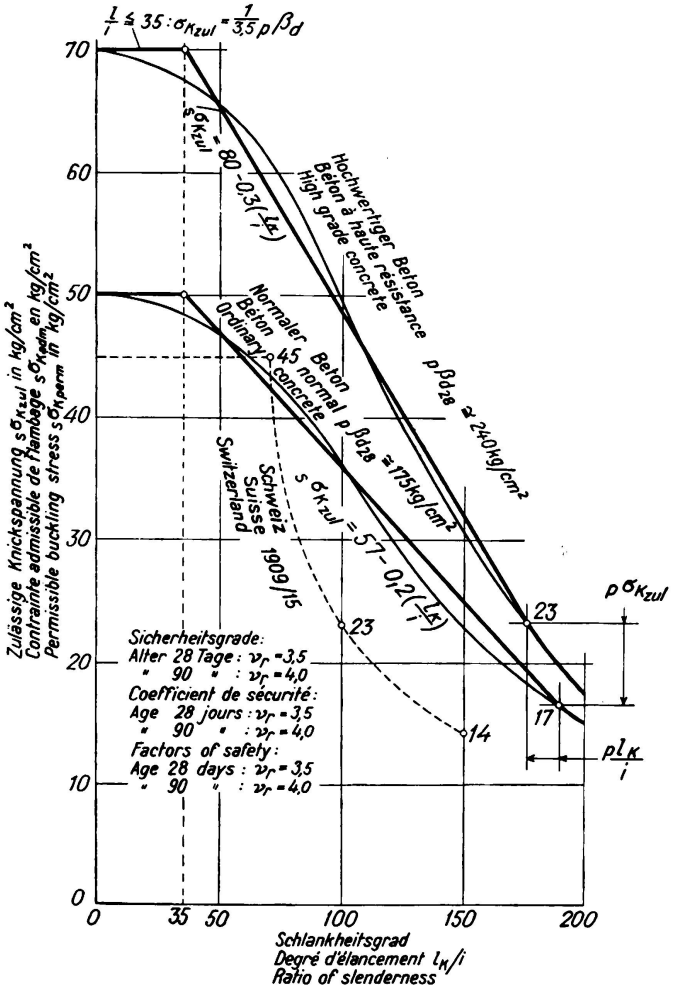
Mit „ „ „ „ 1500 „ „ 1900 „

Arbeitsweise diejenige Gewißheit verschaffen, welche uns die ausreichend genaue Beurteilung des wirklichen Sicherheitsgrades ermöglicht.

Eingehend durchgeführte Versuche an ausgeführten Eisenbetonbauwerken beweisen, daß sie sich wie elastische Gebilde verhalten.[6]

Die Elastizitätslehre wird somit, entgegen allen gegenteiligen Bestrebungen, auch in Zukunft die Grundlage für die Bemessung und für die Beurteilung der Sicherheit von Stahlbeton-Bauwerken bilden, wobei dem Einfluß der Plastizität des Betons auf die Tragfähigkeit gebührend Rechnung zu tragen ist,[7] immerhin ohne das Material seiner letzten Reserven gänzlich zu berauben.[8]

Man darf behaupten, daß die Ermittlung der Längs- und Querkräfte sowie Biegemomente, als Folge der Wirkung äußerer Kräfte, heute in allen Ländern



$_p\beta_d$ Prismendruckfestigkeit des Betons

σ_q Quetschgrenze des Bewehrungsstahles

F_b Betonquerschnitt

F_e Querschnitt des Bewehrungsstahles

μ Bewehrungsanteil $F_e : F_b$ in %

Knicktragkraft:

$$\frac{P_K \cong {}_s\sigma_K F_b \left(1 + \frac{\sigma_q}{{}_p\beta_d}\mu\right)}{{}_{zul}P_K = {}_s\sigma_{K_{zul}} \cdot F_b (1 + n\mu)}$$

Proportionalitätsgrenze:

$$\sigma_P \cong 0{,}33\ {}_p\beta_d$$

$$_p\sigma_{K_{zul}} \cong \frac{1}{3{,}5} \cdot 0{,}33\ {}_p\beta_d$$

$$\frac{{}_pl_K}{i} = \pi \sqrt{\frac{E' \min}{0{,}33\ {}_p\beta_d}}$$

$$E' \min = 0{,}75 \cdot 550\,000 \frac{{}_p\beta_d}{{}_p\beta_d + 150}$$

Fig. 2.

Betonsäulen nicht umschnürt, längsbewehrt $\mu \cong 1\,\%$.
Zulässige Schwerpunkt-Knickspannungen $_s\sigma_{K_{zul}}$ für $m = 0$.
Beton normal und hochwertig.

grundsätzlich nach den gleichen Regeln erfolgt, so daß, wenn auf internationalem Boden noch einheitliche Grundsätze für die Bewertung im Bruch-, Ermüdungs- und Knickzustand geschaffen werden, die internationale Regelung einheitlicher rechnerischer Sicherheiten nur noch eine Sache einsichtsvoller und wohlbegründeter Verständigung verbleibt.

Die *Vereinheitlichung der Grundsätze* hätte auf Grundlage der materialtechnischen Charakteristiken, welche in allen Ländern wohl nicht ziffermäßig,

doch begrifflich gleich sind, zu erfolgen. Zu den materialtechnischen Charakteristiken des Stahlbetons gehören:

die Verhältniszahl $n = \frac{E_e}{E_b}$

die Fließgrenze des Bewehrungsstahles σ_f
Streckgrenze σ_s wenn Zug,
Quetschgrenze σ_q wenn Druck,

die Ermüdungsgrenze — Ursprungsfestigkeit — des Bewehrungsstahles $\sigma_u \cong 0{,}85\ \sigma_f$,

die Prismendruckfestigkeit des Betons
${}_p\beta_d \cong 0{,}8\ {}_w\beta_d$, ${}_w\beta_d$ = Würfeldruckfestigkeit,

die Proportionalitätsgrenze des Betons
$0{,}33\ {}_p\beta_d \cong {}_b\sigma_{zul} \cong \sigma_p$ = Knickspannung *Euler*,

die Ermüdungsfestigkeit des Betons
$\sigma_u \cong 0{,}6\ {}_p\beta_d$ = Ursprungsfestigkeit,

der Knickmodul T_K und

der Bewehrungsanteil (Armierungsprozentsatz) $\mu = \frac{F_e}{F_b}$.

Bei Einhaltung eines rechnerischen, zwischen $\sim 1{,}8$ und $\sim 2{,}5$ liegenden Sicherheitsgrades gegen statischen Bruch und eines Sicherheitsgrades gegen Ermüdung von $\sim 1{,}5$ bis 2,0 sowie von ~ 3 bis ~ 4 für Knicken, stets auf die Gesamtlast bezogen, empfiehlt es sich, nachfolgende Werte den *zulässigen Spannungen* zugrunde zu legen:

	alle Einflüsse ohne Schwinden und Wärme σ_{zul}-Werte	alle Einflüsse mit Schwinden und Wärme σ_{zul}-Werte
Beton Bewehrungsanteil normal .	$\sim 0{,}4\ {}_p\beta_d$	$\sim 0{,}5\ {}_p\beta_d$
überbewehrt ${}_{eff}\sigma_e < {}_{zul}\sigma_e$ . . .	$\sim 0{,}4\ {}_p\beta_d$ $+ 0{,}05\ ({}_{zul}\sigma_e - {}_{eff}\sigma_e)$	$\sim 0{,}5\ {}_p\beta_d$ $+ 0{,}065\ ({}_{zul}\sigma_e - {}_{eff}\sigma_e)$
Bewehrungsstahl normale Qualität $\sigma_s \cong 2400$ kg/cm²	$\sim 0{,}5$ bis $0{,}6 \cdot \sigma_s$	$\sim 0{,}65\ \sigma_s$
hochwertig $\sigma_s \cong 3500$ kg/cm²	$\sim 0{,}45$ bis $0{,}5 \cdot \sigma_s$	$\sim 0{,}55\ \sigma_s$.

Die höheren Werte der zulässigen Betonbeanspruchungen für überbewehrte Querschnitte, bei welchen somit die zulässigen Spannungen der Stahlbewehrung nicht voll ausgenützt sind — bei Beibehaltung der gleichen n-Zahl wie für normal bewehrte Querschnitte, was richtiger als die Erhöhung der n-Zahl ist —, sind durch die Ergebnisse von zahlreichen Bruchversuchen durchaus begründet und stehen auch mit theoretischen Erwägungen im Einklang (tiefere Lage der Null-Linie; Plastizität des Betons).

Die zulässige Randspannung des Betons für Biegung darf der verminderten Bruchgefahr wegen um rund 40 % höher als bei der Volumenbeanspruchung für Druck angesetzt werden.

Die Auswirkung der in den vorausgegangenen Abschnitten erörterten Grundsätze auf die neue Schweizerische Eisenbetonverordnung vom 14. Mai 1935 ist in Fig. 1 veranschaulicht. Es sind graphisch dargestellt:

die zulässigen Betonspannungen $_{zul}\sigma_l$, für Druck und Biegung,[9] in Abhängigkeit von der Betongüte (Würfeldruckfestigkeit) und

die Sicherheitsgrade, auf ein Alter von 90 Tagen bezogen.

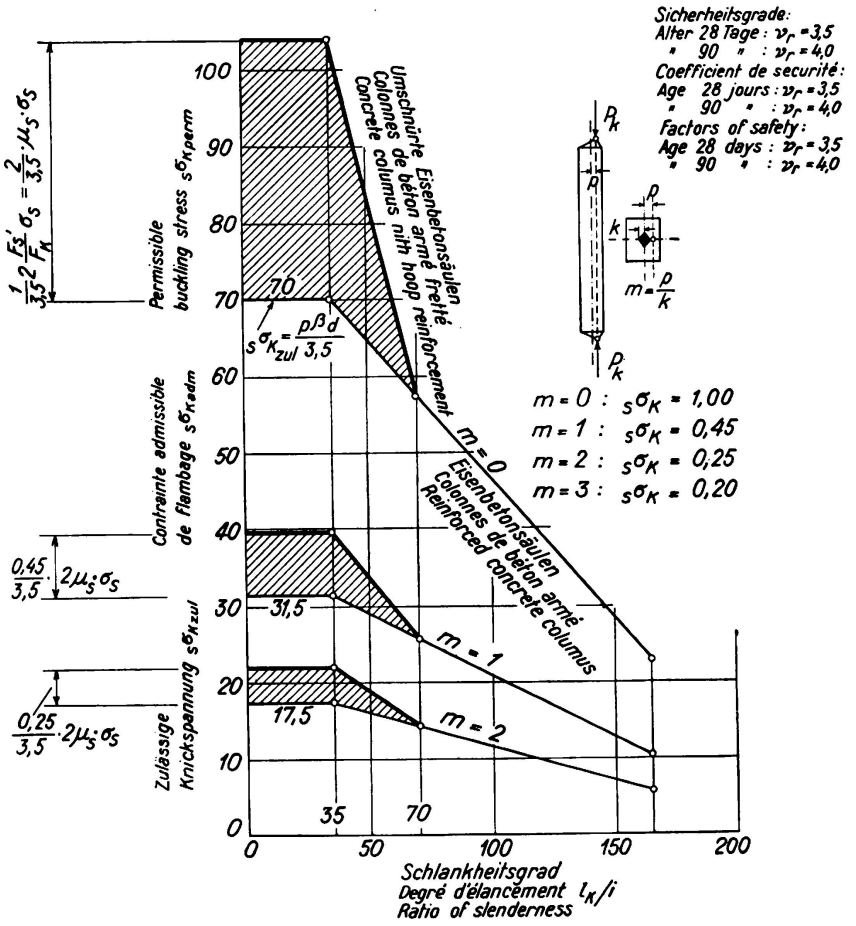


Fig. 3.

Betonsäulen umschnürt, längsbewehrt. Zulässige Schwerpunkt-Knickspannungen $_s\sigma_{K\,zul}$.

Für m = 0, m = 1 und m = 2 — Beton hochwertig —.

Eisenbetonsäulen längs armiert:

Knicktragkraft: $$P_K \cong {}_s\sigma_K F_b \left(1 + \frac{\sigma_q}{{}_p\beta_d} \cdot \mu\right); \quad \left(\frac{l_K}{i}\right) \geqq 70$$

Eisenbetonsäulen längs armiert und umschnürt:

Tragkraft: $$P_{Bruch} = {}_bF_K \left({}_p\beta_d + 2\,\mu_s \cdot \sigma_s\right) \left(1 + \frac{\sigma_q}{{}_p\beta_d}\,\mu\right); \quad \left(\frac{l}{i}\right) \leqq 35$$

Knicktragkraft: $$P_K \cong {}_s\sigma_K \left({}_bF_K + \frac{\sigma_q}{{}_p\beta_d} F_e + 2\,\frac{\sigma_s}{{}_s\sigma_K} F'_s \frac{70 - \frac{l_K}{i}}{35}\right);$$

$$35 \leqq \left(\frac{l_K}{i}\right) \leqq 70.$$

Die zulässigen Knickspannungen von nicht umschnürten und umschnürten Säulen in normaler und hochwertiger Betonqualität sind den Fig. 2 und 3 zu entnehmen. Die Darstellung der Fig. 1, 2 und 3 lassen auch den großen Fortschritt der Stahlbeton-Bauweise der allerletzten Zeit und neue Möglichkeiten der Gestaltung erkennen.

Die gegenwärtigen, auf theoretische Disziplin, materialtechnischen Gesetzmäßigkeiten — Festigkeit, Verformung — und Erfahrung[10] sich stützenden Erkenntnisse rechtfertigen internationale Zusammenarbeit zur Verwirklichung des Gedankens der

Vereinheitlichung der Grundsätze materialtechnischer Gesetzmäßigkeit und Festlegung einheitlicher Sicherheitsgrade der Stahlbeton-Bauweise.[11]

Bibliographie.

1 *M. Roš:* „Die Druckelastizität des Mörtels und des Betons." Bericht Nr. 8 der E.M.P.A., Zürich 1925.

2 *M. Roš:* „Coefficient d'équivalence $n = \frac{E_{acier}}{E_{béton}}$ et tensions admissibles du béton et de l'acier." Premier Congrès International du Béton et du Béton armé, Liége 1930.

3 *M. Roš* und *A. Eichinger:* „Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr — II. Nichtmetallische Stoffe." Bericht Nr. 28 der E.M.P.A., Zürich 1928.

4 *S. A. Mortada:* „Beitrag zur Untersuchung der Fachwerke aus geschweißtem Stahl und Eisenbeton unter statischen und Dauerbeanspruchungen." Bericht Nr. 103 der E.M.P.A., Zürich 1936.

5 *M. Roš:* „La stabilité des barres comprimées par des forces excentrées." Association internationale des ponts et charpentes, Congrès de Paris 1932, Publication préliminaire. — *O. Baumann:* „Die Knickung der Eisenbetonsäulen." Bericht Nr. 89 der E.M.P.A., Zürich 1934.

6 *F. Campus:* „Influence des propriétés physiques des matériaux sur la statique du béton armé." Association internationale des ponts et charpentes, Congrès de Paris 1932, Rapport final.

7 *O. Baumann:* „Die Knickung der Eisenbetonsäulen." Bericht Nr. 89 der E.M.P.A., Zürich 1934.

8 *M. Roš:* „Aktuelle Probleme der Materialprüfung." Technische Rundschau, Bern 1932.

9 Die zulässigen *schrägen Hauptzugspannungen* im Beton sollen $\sim 1/_{12}$ bis $\sim 1/_{14}$ der zulässigen Druckspannung nicht überschreiten; bei Überschreitung sind sie vollauf von schräg angeordneten Bewehrungseisen aufzunehmen.

10 *M. Roš:* „Erfahrungen mit ausgeführten Eisenbeton-Bauwerken in der Schweiz und deren Lehren für die Portlandzementindustrie." Separatabzug aus dem XXIV. Jahresbericht 1934 des Vereines schweizerischer Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten.

11 *M. Roš:* „Vereinheitlichung der materialtechnischen Erkenntnisse und des Sicherheitsgrades im Stahlbeton." Monatsnachrichten des Österreichischen Betonvereins, IV. Jahrgang, Wien 1937.