

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 113/114 (1939)  
**Heft:** 13

## Inhaltsverzeichnis

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

INHALT: Vorgespannte Armierungs-Zulagen in den Tragwerken aus Eisenbeton. — Baugrund-Untersuchung durch geoelektrische Profilsondierung. — Schreinerei-Gebäude mit Heizzentrale der Maschinenfabrik Aebi & Cie., Burgdorf. — Mitteilungen: Korrosionsschutzverfahren. Schau-

fenster und Hochfrequenz. Die Schweiz. Landesausstellung. Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen. Die neue Kirche in Zollikofen. Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug. — Nekrologe: Carl Gruber. Jules Aug. Smulders. Hans Erismann. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

### Vorgespannte Armierungs-Zulagen in den Tragwerken aus Eisenbeton

Von Dr. Ing. e. h. FRITZ v. EMPERGER, Wien<sup>1)</sup>

Wenn man mit den zulässigen Spannungen über 2000 kg/cm<sup>2</sup> hinausgehen und doch das Auftreten von klaffenden Rissen vermeiden will, so genügen die gewöhnlichen Vorkehrungen zur Eingrenzung der Rissbreiten nicht mehr und man muss Vorspannungen zu Hilfe nehmen. Diese Vorspannungen haben ausschliesslich die Aufgabe, die Rissbreiten herabzusetzen und ändern nichts an der Tragfähigkeit des Balkens, die nach wie vor von der Streckgrenze des verwendeten Stahls abhängig ist. Es sei zunächst auf die Versuche verwiesen, die Ing. E. Hoyer in seinem Buch «Der Stahlsaitenbeton», Tafel 13, veröffentlicht hat: Balken aus Beton von 700 kg/cm<sup>2</sup> Würfel Festigkeit, bewehrt mit 1,5 mm-Draht St 260, wurden mit steigender Vorspannung von 1000, 4000, 8000 und 12000 kg/cm<sup>2</sup> untersucht.

Die in Abb. 1 dargestellten Riss- und Bruchmomente zeigen, wie die Vorspannung das vorzeitige Auftreten der Risse und demgemäss auch deren späteres Klaffen hindert; die Tragfähigkeit bleibt aber unverändert. Mit der steigenden Spannung geht der Zusammenhang und die Wirkung der Vorspannung trotz des hochfesten Betons verloren. Abb. 1 zeigt, dass die Vorspannung, deren Wirkung dauernd zur Rissbekämpfung erhalten bleiben soll, besonders bei Verwendung von gewöhnlichem Beton, nicht zu hoch sein darf. Die Lage des zulässigen Moments erlaubt, die Grösse der Vorspannung anzugeben, die die Zugspannungen im Beton unter zulässigen Lasten ganz aufhebt. Wenn wir in Abb. 1 oberhalb dem Verlauf jener Momente, bei denen Risse unter den zunehmenden Vorspannungen auftreten, jene Momente eintragen, bei denen eine Rissbreite von 0,3 mm erreicht wird, so lässt sich jene verminderte Vorspannung ermitteln, bei der diese Grenze noch nicht erreicht wird. *Es ist dies, und nicht eine absolute Risslosigkeit, jene Forderung im Eisenbetonbau, die wir aufstellen.*

Der in der Abb. 1 gegebene Nachweis über die Einflusslosigkeit der Vorspannung auf die Tragfähigkeit behandelt eine gleichmässige Vorspannung auf alle Teile der Bewehrung. Er soll in der Folge durch Versuche mit zunehmender Vorspannung insofern ergänzt werden, als gezeigt wird, dass die Addition der Zugfestigkeiten von zwei verschiedenen Stahlsorten innerhalb eines Balkenquerschnittes durch entsprechende Ausbildung der Haftfestigkeit erreicht, aber auch in diesem Falle ohne Rücksicht auf die Höhe der Vorspannung unverändert bleibt. Wir sehen also, dass selbst durch eine nur auf einen Teil der Bewehrung angebrachte Vorspannung das Auftreten der Risse und ihre elastische Rückbildung geändert wird und der damit zusammenhängende Spannungsverlauf unter den zulässigen Lasten eine wesentliche Änderung erfährt, die Tragfähigkeit des Balkens jedoch unbeeinflusst bleibt.

Unsere 40 jährige Praxis hat erwiesen, dass es nicht nötig ist, Zugspannungen im Beton ganz zu vermeiden und so Risse auszuschliessen. *Die Rissfreiheit, die wir brauchen, besteht in einer Vermeidung von schädlichen Rissbreiten.* Es genügen demnach für den Gebrauch von hohen zulässigen Zugspannungen zur Ausnützung von hochwertigen Stählen verhältnismässig niedrige Vorspannungen. Es ist daher auch nicht nötig, die Zugkraft auf alle Bewehrungen in einem Querschnitt auszuüben. Es ge-

nügt vielmehr, diese Aufgabe einer Zulage aus einem höherwertigen Stahl zuzuweisen, die gleichzeitig die Tragkraft des Querschnittes erhöht und so auch die zulässigen Spannungen dieser gemischten Bewehrungen vermehrt. Bei der Tragkraft eines so mit zwei Stahlsorten bewehrten Querschnittes werden bei hinreichender Haftfestigkeit beide Streckgrenzen zusammenwirken. Die Addition vollzieht sich zwangsläufig bei der selben Bruchdehnung, während die Zusammenarbeit unter den zulässigen Spannungen durch die Haftfestigkeit gesichert wird.

Die Bewehrung eines solchen Tragwerkes (Abb. 2) besteht aus einer Hauptbewehrung aus gewöhnlichem Stahl I mit Stäben vom Querschnitt  $F_e = \frac{\pi d_I^2}{4}$  mit einer Streckgrenze bzw. einer zulässigen Spannung  $\sigma_{eI}$ , die in der üblichen Weise durch Aufbiegungen und Endhaken mit dem Beton verbunden sind und keine Vorspannung erhalten. Die Zulagen bestehen aus höherwertigem Stahl II von geringem Durchmesser  $F_{eII}$  mit einer wesentlich höheren Streckgrenze  $\sigma_{eII}$ . Auf jeden Stahl aus Stahl I entfallen höhere Zulagen aus Stahl II in der Anzahl  $\gamma$ . Je nach der beabsichtigten Steigerung der Tragfähigkeit mit der durchschnittlichen zulässigen Spannung  $\sigma_{eIII}$ , die sich aus der Anzahl der Zulagen ergibt, beträgt der Gesamtquerschnitt  $F_e = F_{eI} + \gamma F_{eII}$ .

Wenn wir das Verhältnis der Streckgrenze beider Stähle  $\alpha = \frac{\sigma_{eII}}{\sigma_{eI}}$  z. B. mit  $\frac{12000 \text{ kg/cm}^2}{4000 \text{ kg/cm}^2} = 3$  und die verwendeten Kanten im Verhältnis  $\beta = \frac{d_I}{d_{II}}$  z. B.  $\frac{12 \text{ mm}}{3 \text{ mm}} = 4$ , bzw.  $\frac{F_{eI}}{F_{eII}} = \beta^2 = 16$  annehmen, so berechnet sich dadurch der Hebelarm der inneren Kräfte mit  $z$  in bekannter Weise. Es betragen dann die zulässigen, bzw. die Bruchmomente mit zwei symmetrischen Lasten  $P/2$  bei einer Entfernung  $a$  vom Auflager

$$M = \frac{P}{2} a = (F_{eI} + \gamma F_{eII}) \sigma_{eIII} z \approx F_{eI} \left(1 + \frac{\alpha \gamma}{\beta^2}\right) \sigma_{eIII} z \quad (1)$$

$$M = \frac{P}{2} a = (F_{eI} \sigma_{eI} + \gamma F_{eII} \sigma_{eII}) z \approx F_{eI} \sigma_{eI} \left(1 + \frac{\alpha \gamma}{\beta^2}\right) z \quad (2)$$

Die voraussichtliche Erhöhung der Tragfähigkeit ist abhängig von der Höhe der durchschnittlichen Spannung  $\sigma_{eIII}$  und ergibt sich aus der Gleichung

$$\sigma_{eIII} = \sigma_{eI} \frac{\alpha \gamma + \beta^2}{\gamma + \beta^2} \quad (3)$$

Gleichzeitig ergibt sich ein geringer Abfall in der durchschnittlichen Haftspannung

$$\tau_{III} = \frac{dI}{4a} \sigma_{eI} \frac{\alpha \gamma + \beta^2}{\beta \gamma + \beta^2} \quad (4)$$

Wenn wir nach dem erwähnten Beispiel

$\alpha = 3$  und  $\beta = 4$  annehmen, so können wir mit  $\gamma = 4$  eine Erhöhung der zulässigen Spannungen bzw. der Bruchlasten um 40% und dementsprechend eine Ersparnis an Stahl um 29% erreichen. Es vermindert sich die Haftspannung um 12% und unsere Aufgabe besteht darin, die Zusammenarbeit der beiden Stahlsorten sicherzustellen.

Um zu zeigen, was man mit vorgespannten höherwertigen Stahlzulagen erreichen kann, sei das Ergebnis eines der ersten

Versuche wiedergegeben und es sollen an diesem Beispiel die vorangehenden Formeln überprüft werden. Es wurde ein Balken von 2 m Spannweite benützt, dessen Abmessungen die Abb. 2 darstellt. Er war mit einem stärkeren Rundisen bewehrt, um die Einflüsse zu ermesen, ob selbst noch da, wo die Zulage  $F_{eII}$  nur 5,7% von  $F_{eI}$  ausmacht, sich eine Wirkung zeigt. Die Bewehrung bestand aus einem Rundisen  $\varnothing 25$  aus St. 37. Wir hatten uns dabei die Aufgabe gestellt,

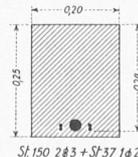


Abb. 2. Balken mit vorgespannten Zulagen

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag in der Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins in Wien, am 17. März 1939.