

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111/112 (1938)  
**Heft:** 6

## 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:** 01.04.2025

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

INHALT: Die Wirksamkeit der Vorspannung im einfach und im symmetrisch bewehrten Eisenbeton-Rechteckquerschnitt. — Verschleiss der Bogenschienenflanken. — Das Stuyvenberg-Spital in Antwerpen und das kreisrunde Krankenzimmer. — Die Bauaktion des «WIR» (Wirtschaftsring). — Mitteilungen: Eidg. Technische Hochschule. Ueberlandstrassen und Fussgänger. Bestimmung elastischer Konstanten mittels Ultraschall. Turboelektrische Lokomotive für 5000 PS. Von der Pragerstrasse. Gross-

bauten in Ingenieur-Holzbau. Gezeitenkraftwerk in U. S. A. Betonbrücken und Landschaft. Röntgenographischer Ferienkurs an der T. H. Berlin-Charlottenburg. «Holter»-Betonstrassenbeläge. — Nekrologe: Gottfried Keller. August Meyer. — Wettbewerbe: Bullingerdenkmal am Grossmünster in Zürich. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 111

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 6

## Die Wirksamkeit der Vorspannung im einfach und im symmetrisch bewehrten Eisenbeton-Rechteckquerschnitt

Von Dipl. Ing. ALBERT SENN, Zürich

Die Vorspannung der Armierung im Eisenbetonbau ist in den letzten Jahren in vermehrtem Masse zur Sprache gekommen. Sie bezweckt bekanntlich die Erzeugung von Betondruckspannungen in der späteren Beton-Zugzone, und damit eine Vermeidung der Rissbildung. Mit den folgenden Ableitungen soll gezeigt werden, in welchem Masse solche Vorspannungen im Eisenbetonquerschnitt durch die Eigenschaften des Betons, nämlich Schwinden und plastische Verformung (Kriechen), vermindert werden.

### 1. Verminderung der Eisenvorspannung und Erzeugung der Beton-Vorspannungen bei Auslösung der Armierungsvorspannung

Es bedeute in Abb. 1:

$\sigma^*$  = Vorspannung der Bewehrung,  
 $\sigma_{e'}$  = Bewehrungsspannung nach Auslösung der Vorspannung,  
 $\sigma_{b'}$  = Betonspannung in der Faser der Bewehrung nach Auslösung der Vorspannung.

Die nach der Auslösung der Vorspannung in der Armierung verbliebene Spannkraft  $N_{e'} = f_e \sigma_{e'}$  steht im Gleichgewicht mit den erzeugten Betonspannungen, die sich nach der Formel

$$\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{Mx}{J}$$

berechnen, wobei  $x$  den Abstand der betr. Faser von der Schwerachse,  $F$  den Querschnitt und  $J$  das Trägheitsmoment des nicht-armierten Betonquerschnittes bedeuten. Die Betonspannung in der Faser der Bewehrung erreicht daher folgenden Wert:

$$\sigma_{b'} = \frac{N_{e'}}{bh} + \frac{N_{e'} \left( \frac{h}{2} - a \right)^2}{bh^3} = \frac{N_{e'}}{bh} \left( 4 - 12 \frac{a}{h} + 12 \frac{a^2}{h^2} \right)$$

$$\sigma_{b'} = \frac{N_{e'}}{bh} k \quad (1)$$

wobei  $k = 4 - 12 \frac{a}{h} + 12 \frac{a^2}{h^2}$  eine Querschnittskonstante ist, die für den symmetrisch bewehrten Querschnitt den Wert 1 hat. Aus der Abb. 1 folgt nun weiter für die Dehnungen:

$$\epsilon^* = \epsilon_{e'} + \epsilon_{b'}$$

also

$$\sigma^* = \sigma_{e'} + n \sigma_{b'} \quad (2)$$

Setzt man für  $N_{e'} = \mu b h \sigma_{e'}$  so erhält man aus den Gleichungen (1) und (2)

$$\sigma^* = \sigma_{e'} + n \mu k \sigma_{e'}$$

$$\sigma_{e'} = \frac{\sigma^*}{1 + n \mu k} \quad (3)$$

woraus

und da  $\sigma_{b'} = \frac{\sigma^* - \sigma_{e'}}{n}$  so wird

$$\sigma_{b'} = \frac{\mu k \sigma^*}{1 + n \mu k} = \mu k \sigma_{e'} \quad (4)$$

Für den symmetrisch bewehrten Querschnitt ( $k = 1$ ) vereinfachen sich diese Formeln auf

$$\sigma_{b'} = \frac{\sigma^*}{1 + n \mu} \quad \text{und} \quad \sigma_{e'} = \frac{\mu \sigma^*}{1 + n \mu}$$

Für den einseitig bewehrten Querschnitt berechnen sich sodann die Randspannungen zu

$$\sigma_u \text{ (Druck)} = \frac{\frac{h}{2} + x'}{\frac{h}{2} + x' - a} \sigma_{b'} \quad \sigma_o \text{ (Zug)} = \frac{\frac{h}{2} - x'}{\frac{h}{2} + x' - a} \sigma_{b'}$$

wobei  $x'$  den Abstand der neutralen Faser von der Schwerachse bedeutet. Dieses  $x'$  folgt aus der Gleichung

$$\sigma = \frac{N}{F} - \frac{Mx'}{J} = 0 \quad \text{zu} \quad x' = \frac{h^2}{6h - 12a}$$

Da im Allgemeinen die Auslösung der Vorspannung zu einem Zeitpunkt erfolgen muss, da der Beton noch nicht seine volle Festigkeit erreicht hat, und daher auch das Elastizitätsmodul des Betons noch verhältnismässig klein ist, so muss bei der Be-

rechnung von  $\sigma_{e'}$  bzw.  $\sigma_{b'}$  für die Zahl  $n$  ein entsprechend hoher Wert eingesetzt werden, z. B.  $n = 20$  ( $E_b = 100\,000$ ).

In Tabelle I sind für einige Bewehrungsgehalte  $\mu$ , unter der Annahme  $n = 20$ , für  $a = 0,1h$  und für den symmetrischen Querschnitt die Reduktionskoeffizienten für  $\sigma_{e'}$  und  $\sigma_{b'}$  angegeben.

TABELLE I

$\mu$	für $a = 0,1h$		für $a = 0,5h$ (symmetrische Bewehrung)	
	$\sigma_{e'} =$	$\sigma_{b'} =$	$\sigma_{e'} =$	$\sigma_{b'} =$
0,005	0,77 $\sigma^*$	0,0112 $\sigma^*$	0,91 $\sigma^*$	0,0045 $\sigma^*$
0,010	0,63	0,0184	0,83	0,0083
0,015	0,53	0,0232	0,77	0,0115
0,020	0,46	0,0268	0,71	0,0142
0,025	0,41	0,0297	0,67	0,0167
0,030	0,36	0,0318	0,62	0,0186

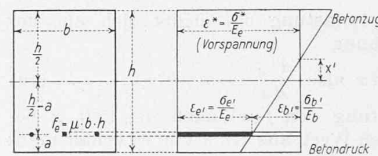


Abb. 1

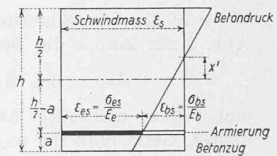


Abb. 2

### 2. Veränderung der Spannungen $\sigma_{e'}$ und $\sigma_{b'}$ infolge Schwinden des Betons

Durch das Schwinden des Betons entstehen Armierungs- und Betonspannungen nach dem selben Gesetz, wie bei der Auslösung der Vorspannung in der Armierung; nur entsteht durch das Schwinden in der Armierung eine Druckspannung  $\sigma_{es}$ , und in der Betonfaser längs der Armierung eine Zugspannung  $\sigma_{bs}$ , d. h. die Vorspannungen  $\sigma_{e'}$  und  $\sigma_{b'}$  werden um  $\sigma_{es}$  resp.  $\sigma_{bs}$  verkleinert.

Bezeichnet man (Abb. 2) mit  $\epsilon_s$  das Schwindmass des nicht-bewehrten Betons, so erhält man nun, entsprechend den Formeln (3) und (4) für die Armierung (Druck)

$$\sigma_{es} = \frac{\epsilon_s E_e}{1 + n \mu k} \quad (5)$$

und für die Betonfaser längs der Armierung (Zug)

$$\sigma_{bs} = \frac{\mu k \epsilon_s E_e}{1 + n \mu k} \quad (6)$$

Die nach dem Schwinden verbleibenden Vorspannungen in der Armierung und in der Betonfaser längs der Armierung betragen daher

$$\sigma_{e2} = \frac{\sigma^* - \epsilon_s E_e}{1 + n \mu k} \quad (7)$$

$$\sigma_{b2} = \mu k \sigma_{e2} \quad (8)$$

In Tabelle II sind für ein Schwindmass von  $\epsilon_s = 0,4 \text{ ‰} = 0,0004$  die Schwindspannungen in Armierung und Beton für die selben Querschnitte wie in Tabelle I berechnet.

TABELLE II

$\mu$	$\epsilon_s = 0,0004$		$\epsilon_s E_e = 800 \text{ kg/cm}^2$	
	für $a = 0,1h$		für $a = 0,5h$ (symmetrische Bewehrung)	
	$\sigma_{es}$ (Druck)	$\sigma_{bs}$ (Zug)	$\sigma_{es}$ (Druck)	$\sigma_{bs}$ (Zug)
0,005	620 kg/cm <sup>2</sup>	9 kg/cm <sup>2</sup>	727 kg/cm <sup>2</sup>	4 kg/cm <sup>2</sup>
0,010	510 „	14 1/2 „	667 „	7 „
0,015	426 „	18 1/2 „	615 „	9 „
0,020	370 „	21 1/2 „	570 „	11 1/2 „
0,025	325 „	24 „	533 „	13 1/2 „
0,030	290 „	25 1/2 „	500 „	15 „