

# Mittel zur Erhöhung der Risslast im Stahlbetonbau

Autor(en): **Friedrich, Erich**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6009>

## **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.

## Va3

### Mittel zur Erhöhung der Risslast im Stahlbetonbau

### Processo permitindo aumentar a carga de fissuração nas construções de betão armado

### Procédé permettant d'augmenter la charge de fissuration dans les constructions en béton armé

### Process of increasing crack formation load in reinforced concrete structures

PROF. DR. ERICH FRIEDRICH  
*Technische Hochschule Graz*  
Graz

#### 1. Einleitung.

Oesterreich ist auf dem Gebiete der Entwicklung von Betonstählen stets führend gewesen. So wurde hier der Istegstahl (Bild 1) entwickelt, der schon im Jahre 1928 im grossen Umfange verwendet wurde. Nach dem Istegstahl war es der Torstahl ( $\Phi 40$  genannt) von den Schmidt-stahlwerken (Bild 2), der besonders nach 1945 einen grossen Teil der gesamten Betonbewehrung gestellt hat. Das Ausgangsmaterial für Torstahl  $\Phi 40$  ist St 37.

Der aus dem Walzwerk kommende Stab hat zwei gegenüberliegende Gratrippen und wird in einer Verwindemaschine im kalten Zustand so um seine Achse verwunden, dass die Gratrippen schraubenförmig nach

einer Rechtsschraube verlaufen. Die Mindeststreckgrenze des Stahles ist  $40 \text{ kg/mm}^2$ . Wird als Ausgangsmaterial ein hochwertiger Stahl mit der natürlichen Streckgrenze von  $40 \text{ kg/mm}^2$  verwendet, so kann durch

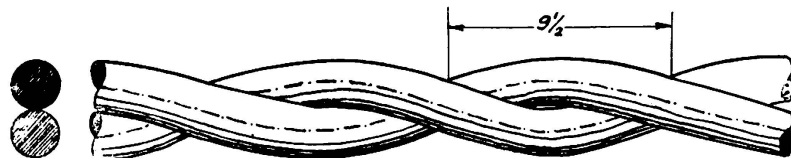


ABB. 1. Istegstahl – Querschnitt und Ansicht

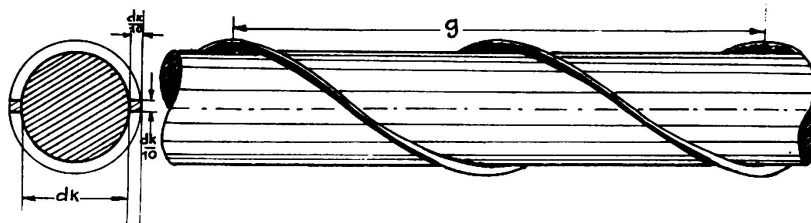


ABB. 2. Torstahl  $\Phi 40$

die Verwindung diese auf  $60 \text{ kg/mm}^2$  gehoben werden. Damit erhält man den Torstahl  $\Phi 60$ , der in Oesterreich in steigendem Masse verwendet wird. Keineswegs ist damit bereits die obere Grenze erreicht. So wird bereits jetzt an der Zulassung eines Stahles gearbeitet, bei dem die Streckgrenze bei  $80 \text{ kg/mm}^2$  liegt. Für plattenförmige Bauteile oder auch für zylindrische Schalen wird das Baustahlgitter verwendet, das eine Streckgrenze von  $50 \text{ kg/mm}^2$  hat. Das Baustahlgewebe wird aus kaltgezogenen Runddrähten hergestellt. Die Drähte werden zu rechteckigen Maschennetzen zusammengelegt und die Knotenpunkte durch elektrische Punktschweissung gegeneinander unverschieblich befestigt. Das Baustahlgitter wird von der Alpenländischen Veredelungsindustrie in Graz und von Felten & Guilleaume in Bruck a. d. M. hergestellt.

Zu diesen bekannten Bewehrungsarten ist ein neuer Stahl, bi-Stahl, genannt, der ebenfalls von der Alpenländischen Veredelungsindustrie in Graz entwickelt wurde, hinzugekommen, der durch neue Gedanken neue Entwicklungsmöglichkeiten, aber auch neue Anwendungsgebiete bringt. Dieser Stahl kommt in zwei Güten (Güte I und Güte II genannt) heraus. Im folgenden wird über die Eigenschaften des Stahles und über die Versuche berichtet, die, wie im Auszug wiedergegeben wird, zur Zulassung des Stahles als Bewehrungsstahl im Betonbau führten.

## 2. Beurteilung von Stählen.

Für die Beurteilung von Stählen sind besonders 2 Gesichtspunkte massgebend:

a.) *Der Bruchzustand:* Die Bemessung muss so durchgeführt werden, dass die erforderliche Sicherheit gegen Erreichen der Bruchlast des Tragteiles eingehalten wird. Abgesehen von wenigen Ausnahmen ist die Streckgrenze des Stahles für den Bruch massgebend. Die Streckgrenze des Stahles ist somit das Hauptkennzeichen für den Betonstahl.

b.) *Der Zustand unter der Nutzlast:* Die Streckgrenze des Stahles kann man immer weiter hinaufrücken. Dies gelingt durch Legierungen oder aber auch durch das Kaltrecken. Bei der Bemessung muss man jedoch auch berücksichtigen, dass unter der Nutzlast der Verbund zwischen Stahl und Beton aufrecht erhalten wird. Während bei der ersten Bedingung durch Versuche ein klares Urteil abgegeben werden kann, herrscht über die Bedingung, wie man den Verbund zu beurteilen hat, noch keine klare Meinung in Fachkreisen. Bekannt ist, dass ein Stahlbetonbalken, der auf Biegung beansprucht wird, unter der Nutzlast bereits Risse hat, so dass der Beton auf der Zugseite nicht mehr mitwirkt. Wenn es nun nicht möglich ist, den Beton rissefrei zu halten, so ist es erforderlich, für die Rissbreiten eine Grenze aufzustellen. In diesem Bericht wird die Grenze für die Rissbreite mit  $0,2 \text{ mm}$  angenommen. Diese Annahme wurde auch von Prof. Graf <sup>(1)</sup> gewählt. Wenn man diese Grösse als den Grenzwert annimmt, so kann man nun die Stahlsorten

---

<sup>(1)</sup> O. Graf; Über die Entwicklung der Eigenschaften der Betonstähle und über die zugehörigen zulässigen Anstrengungen; Bericht über die Hauptversammlung des Deutschen Beton Vereines 1952.

beurteilen und die zulässigen Spannungen festlegen. Am Beispiel des bi-Stahles wird dies gezeigt.

### 3. Beschreibung des bi-Stahles.

Der bi-Stahl (Abb. 3 und 4) besteht aus 2 Längsstäben mit hoher Streckgrenze, die durch Querverbinder zu einem leiterförmigen Einzelstab vereinigt werden. Die Verbindung der Längsstäbe und Querverbinder erfolgt durch elektrische Widerstandsschweissung in der Weise, dass die Sprossen zwischen den Längsstäben stumpf eingeschweisst werden. Der lichte Abstand der Längsstäbe beträgt stets 20 mm (dieser Wert kann an sich beliebig gewählt werden, da aber die österreichischen Vorschriften für 2 Stahleinlagen  $< 20$  mm diesen Abstand vorschreiben, wurde dieser Abstand gewählt). Der Stahl wird in zwei Güten geliefert:

Güte I: Streckgrenze  $\sigma_{es} = 6800 \text{ kg/mm}^2$   
 Zugfestigkeit  $\sigma_{ez} = 8000 \text{ kg/cm}^2$   
 Abstand der Querverbinder: 100 mm

Güte II: Streckgrenze  $\sigma_{es} = 7700 \text{ kg/mm}^2$   
 Zugfestigkeit  $\sigma_{ez} = 9000 \text{ kg/cm}^2$   
 Abstand der Querverbinder: 80 mm

Die Bruchdehnung am kurzen Proportionalstab beträgt für beide Güteklassen 8 %. Die Güteklassen sind durch den Abstand der Querverbinder unterschiedlich gekennzeichnet, sodass eine Verwechslung nicht möglich ist.

Die Spannungs-Dehnungs-Linie für die Güte I (Mindestwerte) zeigt die Abb. 5 und die Güte II Abb. 6. In diesen Abbildungen sind auch die Zahlenwerte für  $\sigma$  und  $\varepsilon$  – in einer Tabelle angegeben, die als Mindestwerte stets eingehalten werden.

Das Material der Längsstäbe ist ein kaltgezogener Stahl mit den durch die Abb. 5 und 6 gekennzeichneten Grössen; das Material der Querverbinder ist demjenigen der Längsstäbe so angepasst, dass eine einwandfreie und der vorgeschriebenen Festigkeit entsprechende Schweissung gewährleistet ist. Die Schweissverbindung zwischen Längsstab und Querverbinder erfolgt mittels elektrischer Widerstandsschweissung, wobei der Schweissvorgang so gesteuert wird, dass ein stetiger Übergang zwischen

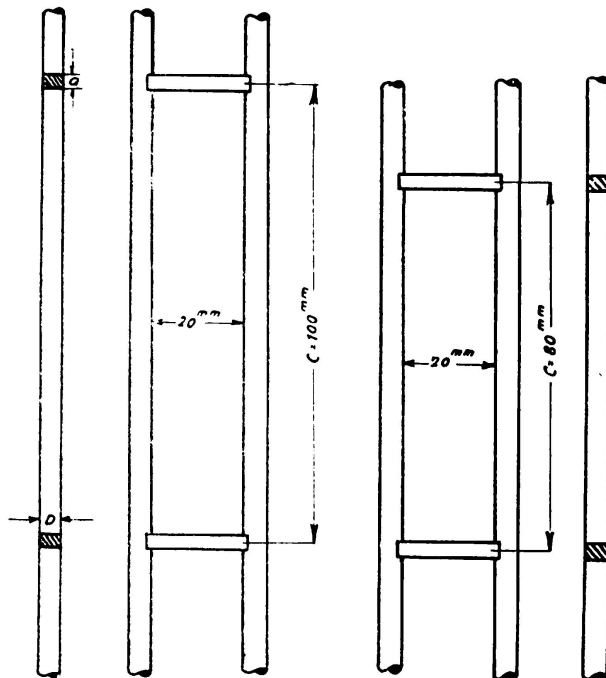


ABB. 3. bi-Stahl 50  
(Güte I)

ABB. 4. bi-Stahl 50  
(Güte II)



dem Gefüge des Querverbinders und der Längsstäbe S. MsKr erfolgt so stark, dass die gerade zugeschnittene Sprosse ein Viertel bis ein Drittel

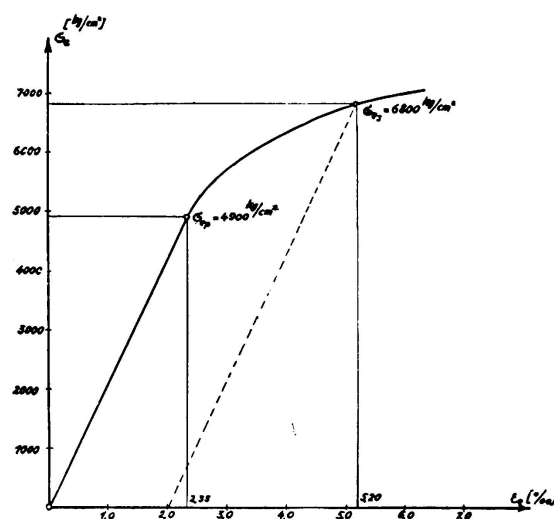


ABB. 5. Arbeitslinie für bi-Stahl (Güte I)

des Längsstabes umschließt. Die Schweissverbindung zwischen Längs- und Querstab hat, auf reinen Schub beansprucht, mindestens ein Drittel der Zerreißfestigkeit der Längsstäbe. Die Schweissung ist so ausgeführt, dass der Längsstab an der Schweisstelle keinen Festigkeitsabfall erfährt. Die Verschweissung erfolgt im Werk in besonderen bi-Stahl Automaten. Die Abb. 7 zeigt den Schweissautomaten und die Abb. 8 die gesamte Anlage. Die Lieferung erfolgt entweder in geraden Stangen (Abb. 9) normalerweise in Längen von 12 m bis 14 m (die Stangen können auf die gewünschte Länge zugeschnitten ge-

| $\epsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1,70                | Hooke-<br>sches<br>Gesetz           | 2,60                | 5315                                | 3,50                | 6030                                | 4,40                | 6500                                | 5,30                | 6825                                |
| 1,80                |                                     | 2,70                | 5425                                | 3,60                | 6090                                | 4,50                | 6545                                | 5,40                | 6850                                |
| 1,90                |                                     | 2,80                | 5525                                | 3,70                | 6145                                | 4,60                | 6590                                | 5,50                | 6865                                |
| 2,00                |                                     | 2,90                | 5615                                | 3,80                | 6200                                | 4,70                | 6630                                | 5,60                | 6875                                |
| 2,10                |                                     | 3,00                | 5695                                | 3,90                | 6255                                | 4,80                | 6670                                | 5,70                | 6880                                |
| 2,20                |                                     | 3,10                | 5770                                | 4,00                | 6305                                | 4,90                | 6705                                | 5,89                | 6885                                |
| 2,33                | 4900                                | 3,20                | 5840                                | 4,10                | 6355                                | 5,00                | 6740                                | 5,90                | 6890                                |
| 2,40                | 5050                                | 3,30                | 5905                                | 4,20                | 6405                                | 5,10                | 6770                                | 6,00                | 6895                                |
| 2,50                | 5190                                | 3,40                | 5970                                | 4,30                | 6455                                | 5,20                | 6800                                | 6,10                | 7000                                |

liefert werden) oder in Ringen (Abb. 10) von solcher Grösse, dass der von ihnen abrollende Stab seine Krümmung verliert und gerade ausläuft.

#### 4. Wirkungsweise von bi-Stahl.

Aus der Beschreibung des bi-Stahles ergibt sich bereits sein Hauptvorteil, der darin besteht, dass eine völlig neue Übertragung der Spannungen von Stahl auf Beton erfolgt. Durch die Querverbinder kann man die Rissentfernung wählen und damit aber auch die Rissbreite bei einer hohen Stahlspannung in den zulässigen Grenzen halten. Damit ist aber ein Mittel uns in die Hand gegeben, die zulässige Spannung höher zu wählen als bisher, da man jetzt auch die Risslast, (d. i. jene Last, bei der die Rissbreite die Grenze 0,2 mm erreicht) die bisher nicht

wesentlich beeinflusst werden konnte, genau bestimmen kann. Geht man von der Bruchlast, die durch die Streckgrenze  $\sigma_{es}$  gegeben ist, aus, so ist die zulässige Spannung bei einem Sicherheitsgrad  $\nu$  der Wert  $\sigma_{ezul} = \frac{\sigma_{es}}{\nu}$ ;

dieser Wert konnte jedoch vielfach deshalb nicht gewählt werden, weil die Risslast eine vorzeitige Schranke setzte. Durch die neue Übertragungsart die Querverbinder, fällt diese Schranke.

Um die Wirkungsweise des bi-Stahles zu erklären, soll zunächst der einfache Fall der reinen Zugbeanspruchung erörtert werden.

Die Abb. 11a zeigt einen Betonstab, in dem ein bi Stahlstab einbetoniert ist. Auf diesen Stab wirkt eine Zugkraft  $Z$  ein. Wenn zwischen Stahl und Beton noch voller Verbund herrscht, so wirken an der Oberfläche der Stahleinlagen noch Haftspannungen. Durch den Querverbinder wird eine Druckkraft  $H$  auf den Beton ausgeübt, die mit den Haftspannungen im Gleichgewicht steht. Die Stahlspannung über den Stahlstäben innerhalb der Querverbinder ist nicht gleichbleibend, sondern nimmt entsprechend der Entfernung vom Punkte A, wo die Druckkraft eingeleitet wird, zu. Setzt man an der Stelle B voraus, dass dort die

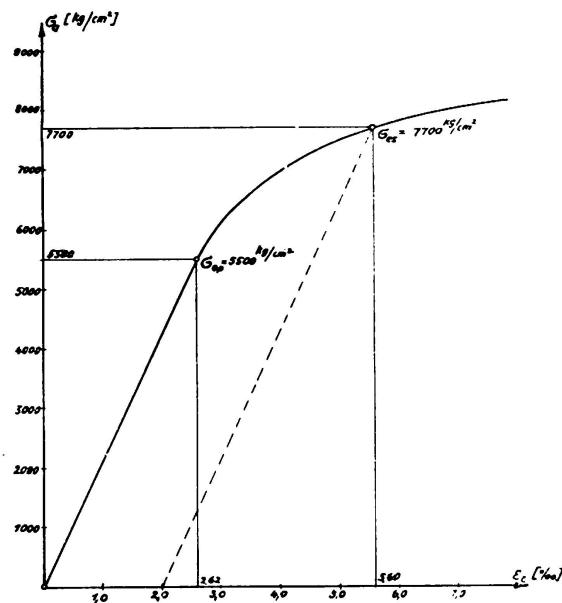


ABB. 6. Arbeitslinie für bi-Stahl (Güte II)

| $\varepsilon_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\varepsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\varepsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\varepsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(‰) | $\varepsilon_e$<br>(‰) | $\sigma_e$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 2,10                                     | Hooke-<br>sches<br>Gesetz           | 2,90                   | 5995                                | 3,80                   | 6860                                | 4,70                   | 7355              | 5,60                   | 7700                                |
| 2,20                                     |                                     | 3,00                   | 6120                                | 3,90                   | 6925                                | 4,80                   | 7400              | 5,70                   | 7725                                |
| 2,30                                     |                                     | 3,10                   | 6240                                | 4,00                   | 6980                                | 4,90                   | 7445              | 5,80                   | 7750                                |
| 2,40                                     |                                     | 3,20                   | 6350                                | 4,10                   | 7040                                | 5,00                   | 7490              | 5,90                   | 7775                                |
| 2,50                                     |                                     | 3,30                   | 6450                                | 4,20                   | 7095                                | 5,10                   | 7530              | 6,00                   | 7800                                |
| 2,60                                     | ↓                                   | 3,40                   | 6545                                | 4,30                   | 7150                                | 5,20                   | 7570              | 6,10                   | 7820                                |
| 2,62                                     |                                     | 3,50                   | 6635                                | 4,40                   | 7205 c                              | 5,30                   | 7605              | 6,20                   | 7840                                |
| 2,70                                     |                                     | 3,60                   | 6715                                | 4,50                   | 7255                                | 5,40                   | 7640              | 6,30                   | 7860                                |
| 2,80                                     | 5850                                | 3,70                   | 6790                                | 4,60                   | 7305                                | 5,50                   | 7670              | 6,40                   | 7880                                |

Stahlspannung  $\sigma_{eII}$  die gesamte Zugkraft aufnimmt, (Grenzfall zwischen Zustand I und Zustand II) so kann man durch geradliniges Verbinden der beiden Spannungen einen Mittelwert für die Haftspannung ermitteln.

Die Gleichgewichtsgleichung ergibt:

$$(1) \quad \tau_{Hm} = \frac{\sigma_{eII} - \sigma_{eI}}{e} \frac{F_e}{U}$$

( $F_e$  = Querschnittsfläche,  $U$  = Umfang der Stahleinlagen,  $e$  = die Entfernung der Querverbinder).

Wenn dieser Wert  $\tau_{Hm}$  die Haftfestigkeit überschreitet, wird der Beton spannungslos und die gesamte Zugkraft wird durch den Stahl allein übertragen.

Die Querverbinder bewirken, dass der Beton an diesen Stellen A und B reißt und dass das Betonstück von der Länge  $e$  die Bewegung

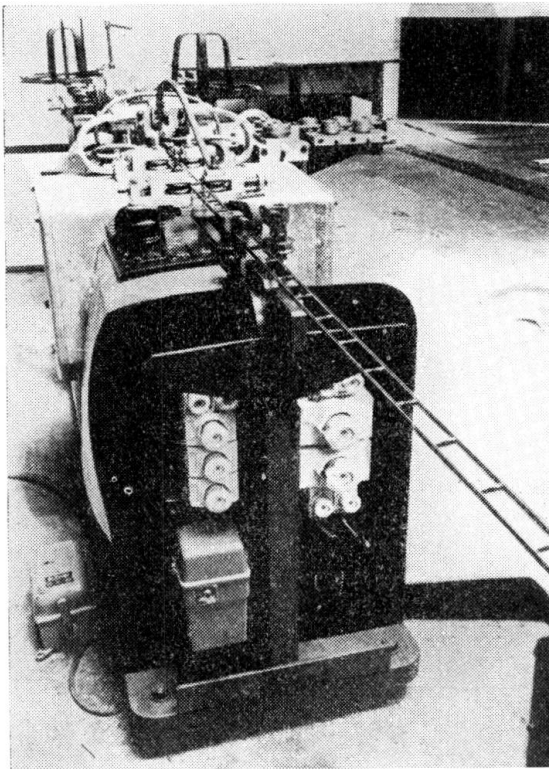


ABB. 7

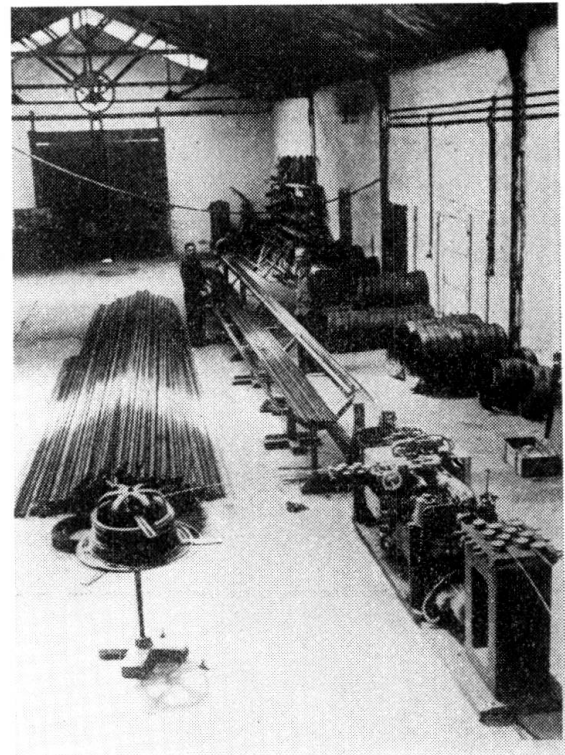


ABB. 8

der Querverbinder mitmacht. Die grösste Rissbreite, die in diesem Zustand auftreten kann ist:

$$(2) \quad \Delta r = \varepsilon_e e = \frac{\sigma_{eII}}{E_e} e$$

Für eine Stahlspannung  $\sigma_{eII} = 4000 \text{ kg/cm}^2$  (für Güte I) und  $e = 10 \text{ cm}$  wird  $\Delta_r = 0,19 \text{ mm}$  und für  $\sigma_{eII} = 4500 \text{ kg/cm}^2$  (für Güte II) und  $e = 8 \text{ cm}$  wird  $\Delta_r = 0,17 \text{ mm}$ . Man erkennt, dass die Rissbreite innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Klaffende Risse können bei bi-Stahl nicht auftreten, da sich an jeder Sprossentstelle ein Riss ausbildet. Die Berech-

nung hat den ungünstigsten Fall angenommen, dass der Beton völlig spannungslos ist und der Stahl allein sich dehnt. Die tatsächlich zu erwartenden Risse sind kleiner als nach der Gleichung (2).

Bei auf Biegung beanspruchten Bauteilen (Abb. 12) ergeben sich ebenfalls zwei Fälle. Der erste Fall ist der, dass innerhalb der Querverbinder der Beton noch an den Stahleinlagen haftet. Dieser Fall wird hier

nicht weiter beschrieben, weil es im Betonbau üblich ist, nur die Grenzfälle zu berücksichtigen, bei denen entweder der Bruch oder sonst ein unzulässiger Zustand eintritt. Bei der hier angestellten Betrachtung tritt ein solcher Grenzzustand dann ein, wenn die Haftfestigkeit überwunden wird. Dann treten die Querverbinder wieder in besondere Wirksamkeit, weil sie die gesamten waagrechten Kräfte übertragen. Wie aus Abb. 12 hervorgeht, ergibt die Gleichgewichtsgleichung:

$$(3) \quad H_n = Z_{n+1} - Z_{n-1,n}$$

Die waagrechte Kraft  $H$ , die eine Sprosse aufnehmen kann, wurde versuchsmässig gefunden. Bei diesem Versuch waren bei einem bi-Stahlstab nur je ein Querverbinder über den Auflagern vorhanden.

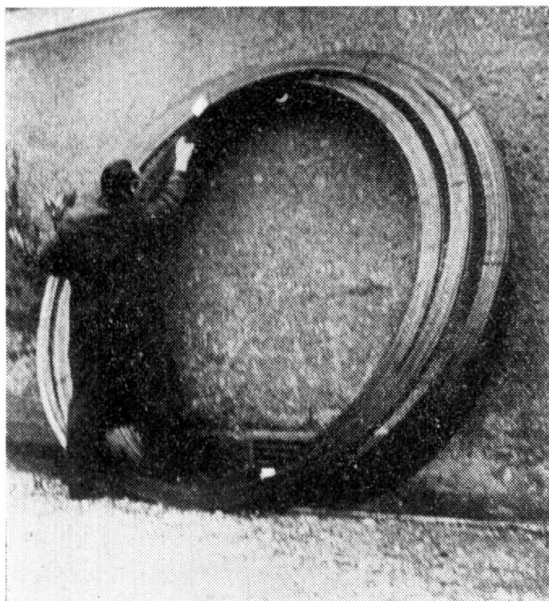


ABB. 10

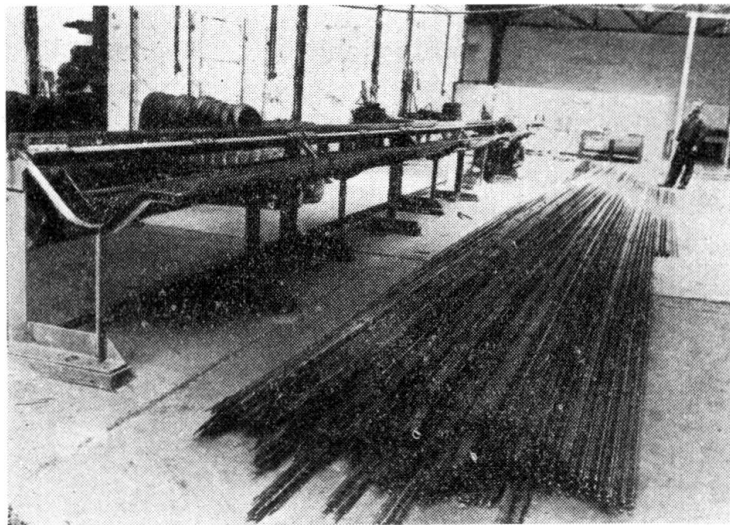


ABB. 9

Die Stahleinlagen waren überdies eingefettet. Der Beton war in Feldmitte unterbrochen und an dieser Stelle war ein Stahlgelenk in der Druckzone eingebaut worden. Die Zugzone wurde nur durch den Bewehrungsstahl überbrückt. Für einen bi-Stahl mit dem Durchmesser 7,6 mm ergab sich die aufnehmbare Zugkraft  $H_{\max}$  beim Bruch, der durch Abscheren des Querverbinders vom Längsstab eintrat, zu 4395 kg. Aus dieser Zahl wurde bei 4-facher Sicherheit die grösste zulässige waagrecht Kraft, die von einem Querverbinder aufgenommen werden kann, festgelegt und für andere bi-Stahl-Abmessungen entsprechend der Scherfläche abgewan-

delt. Praktisch tritt dieser Wert niemals auf, da durch die Vielzahl der Querverbinder die tatsächlich auftretende Kraft  $H$  stets kleiner als  $H_{zul}$  ist. Damit ergibt sich ein weiterer Vorteil des bi-Stahles: *Man kann auf Endhaken verzichten.*

Bewehrungsstäbe, die nicht mehr zur Momentendeckung erforderlich sind, können in der Zugzone endigen.

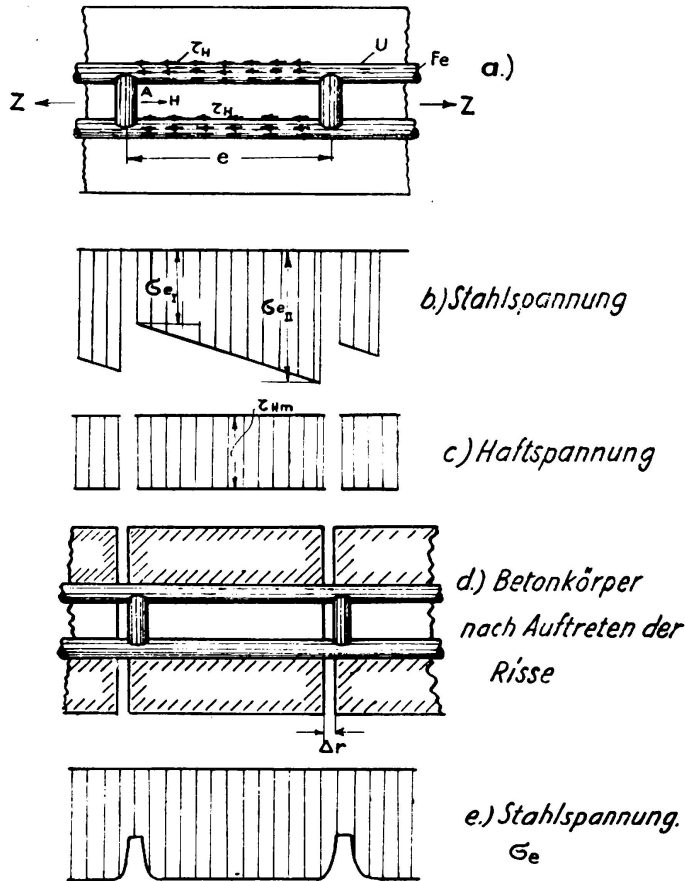


ABB. 11

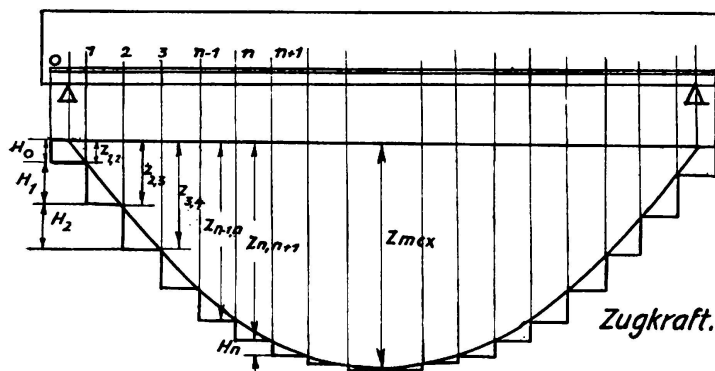


ABB. 12

### 5. Versuchsergebnisse.

Um die Bewehrung zu erproben, wurden zahlreiche Versuche angestellt. Über einige Ergebnisse der Versuche wird nun berichtet. Die Abb. 13 zeigt die Eigenschaften des bi-Stahles. Wird ein Teilstück eines bi-Stahles mit einem Querverbinder herausgeschnitten, so kann man den einen Längsstab um 180° drehen, ohne dass der Querverbinder an der Schweisstelle Risse zeigt. Die Zugversuche, die die in den Abb. 5 und 6 dargestellten Arbeitslinien für die beiden Güteklassen ergaben (als Mindestwerte), zeigten stets, dass der Bruch nie an den Schweisstellen eintrat. Ein Verbiegen eines Stabes um 90° des Längsstabes, auch wenn die Schweisstelle für die Querverbinder in der ungünstigsten Stelle liegt, ist ohne Risse möglich. Ebenso kann man die Querverbinder ohne Abreißen an den Schweisstellen und ohne Anrisse um 90° drehen.

Um den bi-Stahl als Bewehrung im Betonbau zu erproben, wurden eine Reihe von Balken hergestellt und durch Belastung bis zum Bruch untersucht. Die Belastung wurde stufenweise aufgebracht. Während der



Belastung wurden die Dehnungen, die Durchbiegung und die Risserscheinungen untersucht. Bei der Auswertung wurde die tatsächliche Spannungsdehnungslinie für den Beton und den Stahl zu Grunde gelegt <sup>(2)</sup> und zu jeder Laststufe die zugehörige Stahlspannung ermittelt. Die Abb. 14 zeigt als Beispiel die Versuche mit bi-Stahl  $\phi$  7,6 mm und Betongüte B 160. In einem Koordinatensystem wurde die Stahlspannung und als Ordinate das

Biegemoment  $m = \frac{M}{bh^2}$  (bezogen

auf die Breite  $b = 1$  und die Höhe  $h = 1$ ) aufgetragen. Das zulässige Biegemoment ergibt sich, indem man den Wert bei Auftreten der Streckgrenze durch den Sicherheitsgrad  $\nu = 1,7$  dividiert. In Abb. 14 wurde der Punkte B mit A verbunden. Die Division durch 1,7 ergibt

den Punkt C. Die Waagrechte CD durch den Punkt C bis zur Verbindungslinie AB ergibt einen Wert für die zulässige Spannung ( $\sigma_{eB} = 4610$  kg/cm<sup>2</sup>). Von der Abszisse nach unten wurden die gemessenen Rissbreiten  $\Delta_r$  aufgetragen. Zieht man für die zulässige Rissbreite  $\Delta_r = 0,2$  mm die Waagrechte EF, so ergibt diese bei F ein zweites Mass für die zulässige Stahlspannung  $\sigma_{ev} = 4760$  kg/cm<sup>2</sup>. Die Abb. 15 zeigt das Ergebnis der Versuche bei gleichem Stahldurchmesser aber verschiedener Betongüte B 160 und B 225, wobei bei einem Versuch mit B 225 die Längsstäbe noch aufgeraut waren. Die Versuche zeigen, dass die Betongüte auf die Risslast und Bruchlast geringen Einfluss hat. Dieses Ergebnis ist erklärlich, da in beiden Fällen die Bruchursache die Streckgrenze des Stahles ist (schwach bewehrter Bereich). Beide Grenzwerte  $\sigma_{eB}$  und  $\sigma_{ev}$  liegen stets knapp beisammen und sind stets über 4500 kg/cm<sup>2</sup>, so dass es gerechtfertigt ist, diesen Wert als zulässig in die Bedingungen aufzunehmen. Dieser Wert wurde daher für die Güteklasse II festgelegt. Für die Güteklasse I wurde 4000 kg/cm<sup>2</sup> gewählt.

Der Einfluss der Grösse des Durchmessers der Stahleinlagen auf  $\sigma_{eB}$  und  $\sigma_{ev}$  ist in Abb. 16 dargestellt. Bei den Versuchsreihen a, b, n, war der Durchmesser der Stahleinlagen 7,6 mm und bei k, h, s, 10,0 mm. Auch hier liegen die beiden Werte, sowohl  $\sigma_{eB}$  wie auch  $\sigma_{ev}$  über 4500 kg/cm<sup>2</sup>. Der Einfluss des Durchmessers, wie auch der Betongüte ist gering. Die Abb. 17 zeigt das Bruchbild eines Balkens der Reihe a, aus dem deutlich die gleichmässige Aufteilung der Risse hervorgeht (Die

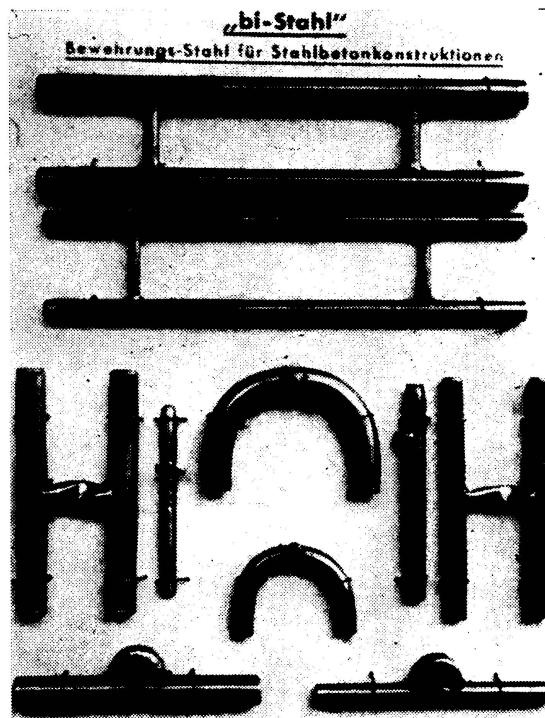


ABB. 13

<sup>(2)</sup> E. Friedrich, Bemessung und Entwurf im Stahlbetonbau, I. Akad. Druck-u. Verlagsgesellschaft Graz, 1954.



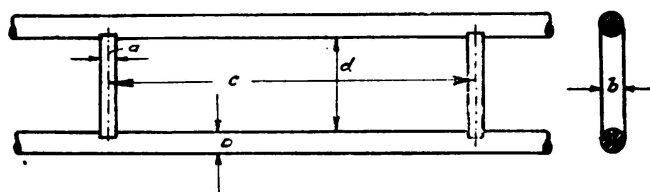
sich der Stahl nach einer Schraubenlinie gedreht hat, denn die Grate sind noch deutlich im Beton zu erkennen. Die Abb. 19 zeigt oben den Balken mit dem grossem Riss links. Darunter links wird gezeigt, wie sich der Stahl hineingeschraubt hat. Zum Vergleich ist ein Masstab angelegt. Deutlich ist im Beton noch der Grat zu erkennen. Das rechte Bild zeigt noch einmal den Torstahl und die blossgelegte Fläche im Beton. Diese Bilder lassen vermuten, dass bei den Formstählen üblicher Art, die Übertragung der Spannungen vom Stahl auf den Beton nur durch die Haftspannungen erfolgt. Man wird noch klären müssen, wie gross die Grate oder sonstigen Mittel sein müssen, um eine wirksame Vergrößerung der Haftspannungen zu erzielen, so dass die Spannungen, die durch die hohe Streckgrenze sonst gegeben wären, auch wirklich ausgenützt werden können.

Bei Rundstählen ist es charakteristisch, dass die Breite von Rissen, wenn die Haftspannung überwunden ist, an manchen Stellen bei zunehmender Belastung sogar zurückgeht. Dafür bildet sich dann ein Riss aus, der sehr rasch an Breite zunimmt.

## 6. Folgerungen.

Die nachfolgende Zahlentafel gibt die Abmessungen der bi-Stähle an.

| Bezeichnung | Längsstäbe         |                                                    |                  | Querverbinder           |                                  | Güte I<br>Abstand<br>c<br>mm | Güte II<br>Abstand<br>c<br>mm |
|-------------|--------------------|----------------------------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|             | Durchm.<br>D in mm | Zugkraft<br>für = 4500<br>kg/cm <sup>2</sup> in kg | Abstand<br>in mm | Querschnitt<br>a x b mm | Schweisfläche<br>cm <sup>2</sup> |                              |                               |
| bi 100      | 2 × 10,0           | 7000                                               | 20               | 5,0 × 10,0              | 1,046                            | 100                          | 80                            |
| bi 94       | 2 × 9,4            | 6250                                               | 20               | 5,0 × 9,5               | 0,984                            |                              |                               |
| bi 88       | 2 × 8,8            | 5500                                               | 20               | 4,0 × 8,8               | 0,738                            |                              |                               |
| bi 82       | 2 × 8,2            | 4750                                               | 20               | 4,0 × 8,0               | 0,606                            |                              |                               |
| bi 76       | 2 × 7,6            | 4000                                               | 20               | 4,0 × 7,5               | 0,597                            |                              |                               |
| bi 70       | 2 × 7,0            | 3500                                               | 20               | 4,0 × 7,0               | 0,687                            |                              |                               |
| bi 65       | 2 × 6,5            | 3000                                               | 20               | 3,5 × 6,5               | 0,472                            |                              |                               |
| bi 60       | 2 × 6,0            | 2500                                               | 20               | 3,5 × 6,0               | 0,440                            |                              |                               |
| bi 55       | 2 × 5,5            | 2000                                               | 20               | 3,0 × 5,5               | 0,354                            |                              |                               |
| bi 50       | 2 × 5,0            | 1750                                               | 20               | 3,0 × 5,0               | 0,314                            |                              |                               |
| bi 46       | 2 × 4,6            | 1500                                               | 20               | 2,5 × 4,5               | 0,233                            |                              |                               |
| bi 42       | 2 × 4,2            | 1250                                               | 20               | 2,5 × 4,0               | 0,206                            |                              |                               |
| bi 38       | 2 × 3,8            | 1000                                               | 20               | 2,5 × 4,0               | 0,199                            |                              |                               |
| bi 34       | 2 × 3,4            | 800                                                | 20               | 2,5 × 3,5               | 0,178                            |                              |                               |
| bi 30       | 2 × 3,0            | 630                                                | 20               | 2,0 × 3,0               | 0,126                            |                              |                               |





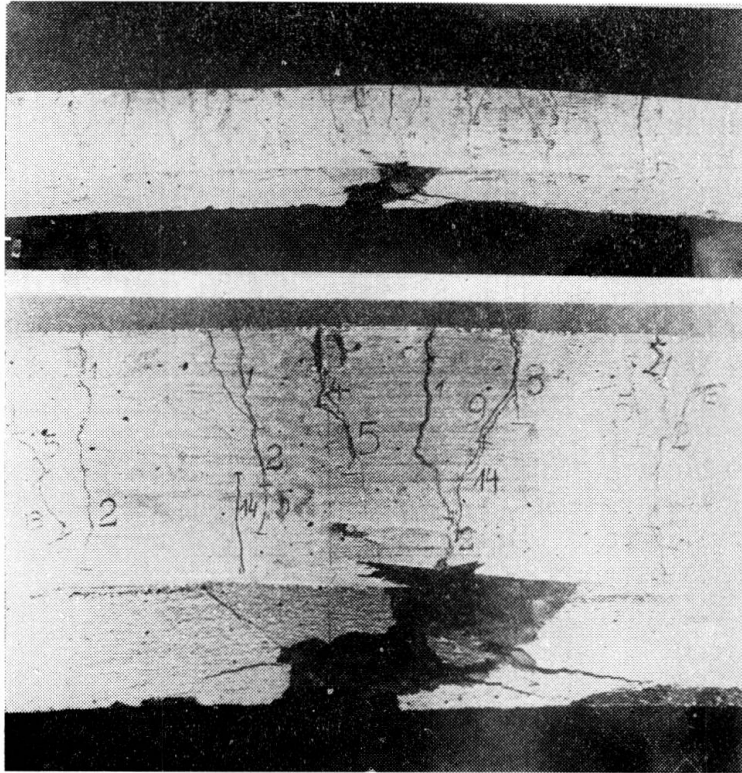


ABB. 17

Abb. 5 und 6 massgebend. Die Höchstwerte der Stahlspannungen und Dehnungen betragen:

|                                   | Güte I | Güte II |
|-----------------------------------|--------|---------|
| $\sigma_{es}$ in $\text{kg/cm}^2$ | 6800   | 7700    |
| $\varepsilon_{es}$ in $\text{‰}$  | 5,2    | 5,6     |

Das zugehörige Formänderungsgesetz für Beton ( $\sigma - \varepsilon$  -Linie) entspricht der Parabelgleichung:

$$\sigma_b = K_b \left( 2 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_B} \right) \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_B}$$

|                |       |                             |                                 |
|----------------|-------|-----------------------------|---------------------------------|
| mit den Weiten | B 160 | $K_b = 120 \text{ kg/cm}^2$ | $\varepsilon_B = 1,5 \text{ ‰}$ |
|                | B 225 | 170                         | 2,0                             |
|                | B 300 | 225                         | 2,0                             |
|                | B 400 | 300                         | 2,0                             |

Für bewegte Lasten ist die zulässige Spannung nach dem Gebrauchslastverfahren zu berechnen, wobei die Werte wie folgt zu wählen sind

$$\frac{A}{B} = + 0,50 \quad \sigma'_{e \text{ zul}} = \sigma_{e \text{ zul}}$$

(<sup>3</sup>) ONORM B 4200

Nach dem Gutachten des Sachverständigen Ausschusses für das Land Steiermark wurden folgende, nur auszugsweise wiedergegebene, Bedingungen für die Verwendung festgelegt. Die zulässige Stahlspannung für die Bemessung nach dem Gebrauchslastverfahren (<sup>3</sup>) für vorwiegend ruhende Last beträgt  $\sigma_{e \text{ zul}} = 4000 \text{ kg/cm}^2$  für die Güte I und  $4500 \text{ kg/cm}^2$  für die Güte II.

Für die Bemessung nach dem Traglastverfahren für vorwiegend ruhende Last ist die Spannungs-Dehnungs-Linie nach den

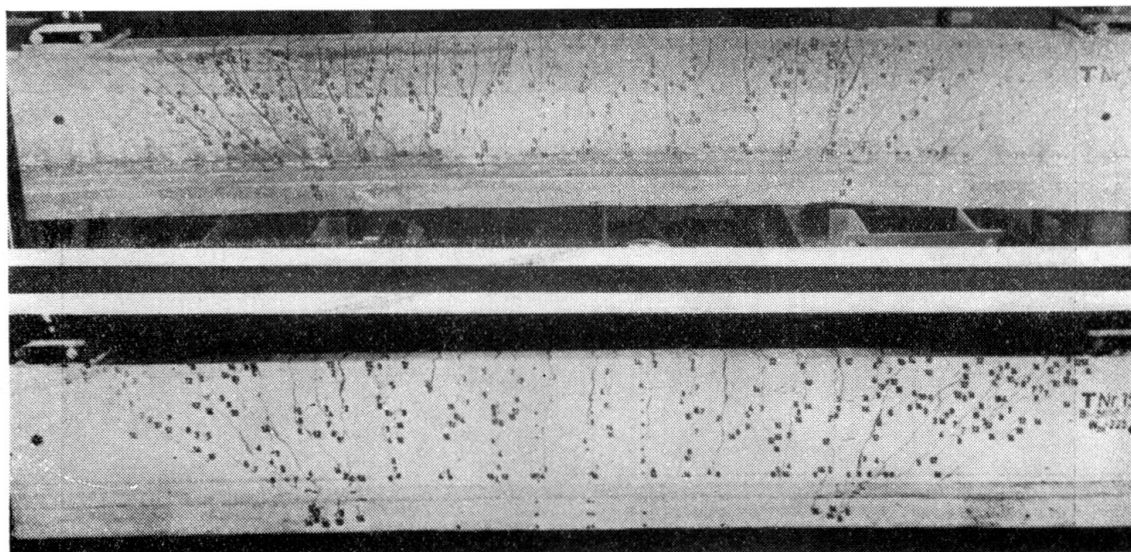


ABB. 18

$$\frac{A}{B} = 0,00 \quad \sigma'_{e\text{zul}} = 0,75 \sigma_{e\text{zul}}$$

$$\frac{A}{B} = -1,00 \quad \sigma'_{e\text{zul}} = 0,40 \sigma_{e\text{zul}}$$

Dabei sind A der kleinere und B der grössere Wert der schwankenden Belastung. Zwischenwerte sind geradlinig einzuschalten. Der bi-Stahl kann stets ohne Endhaken verlegt werden. Die Aufnahme der waagrechten Kraft eines Querverbinders richtet sich nach folgender Tafel (Wert in kg)

| Bez    | Güte I | Güte II |  | Bez | Güte I | Güte II |
|--------|--------|---------|--|-----|--------|---------|
| bi 100 | 1620   | 1840    |  | 60  | 690    | 770     |
| 94     | 1540   | 1735    |  | 55  | 540    | 609     |
| 88     | 1350   | 1420    |  | 50  | 494    | 550     |
| 82     | 1040   | 1180    |  | 46  | 366    | 412     |
| 76     | 970    | 1100    |  | 42  | 324    | 367     |
| 70     | 910    | 1037    |  | 38  | 324    | 367     |
| 65     | 740    | 833     |  | 34  | 279    | 320     |
|        |        |         |  | 30  | 197    | 222     |

Bewehrungsstäbe, die nicht zur Momentendeckung erforderlich sind, können in der Zugzone endigen, sofern die waagrechte Zugkraft durch die Querverbinder aufgenommen wird. Über den theoretischen Endpunkt ist der bi-Stahl stets um 3 Querverbinderabstände zu verlängern. Der bi-Stahl kann auch als Druckbewehrung, sowohl bei Biegung als auch bei Längskraft verwendet werden.



ABB. 19

Im Vorstehenden wurden nur die Bedingungen angeführt, die allgemeines Interesse haben. Sie zeigen uns, dass die Entwicklung von neuen Bewehrungsstählen noch keineswegs abgeschlossen ist. Auch für den vorgespannten Beton hat der bi-Stahl grosse Bedeutung, auf die jedoch hier nicht mehr eingegangen wird.

#### ZUSAMMENFASSUNG

In dem Aufsatz wird über einen neuen Bewehrungsstahl, den bi-Stahl, berichtet, der in Oesterreich entwickelt wurde. Im bi-Stahl erfolgt die Übertragung der Spannungen vom Stahl zum Beton nicht durch Haftspannungen, sondern durch Querverbinder. Durch die Anordnung der Querverbinder ist man in der Lage, die Risslast (d. i. jene Last, bei der die Risse die Breite von 0,2 mm erreichen), bedeutend zu erhöhen, sodass es möglich ist, eine zulässige Spannung von 4500 kg/cm<sup>2</sup> zu erhalten. Überdies braucht man beim bi-Stahl keine Endhaken, womit eine Reihe von wirtschaftlichen Vorteilen verbunden sind. In dem Aufsatz wird über die Eigenschaften des Stahles, über die Versuche und über die Bedingungen der Zulassung berichtet.

#### RESUMO

O autor apresenta um novo tipo de armadura para betão armado a que chamou «bi-armadura». Com a «bi-armadura», a transmissão dos esforços do aço para o betão não se faz por aderência mas sim por

meio de travessas de ligação. A disposição destas travessas permite aumentar consideravelmente a carga de fissuração (por definição, carga sob a qual aparecem fissuras de 0,2 m/m), de modo que a tensão admissível pode atingir 4500 kg/cm<sup>2</sup>. Este tipo de armadura permite ainda dispensar os ganchos extremos o que traz vantagens económicas consideráveis.

O autor apresenta igualmente resultados de ensaios e indica algumas propriedades destas armaduras fazendo também considerações sobre as exigências dos Regulamentos.

#### R É S U M É

L'auteur présente un nouveau type d'armature pour béton à laquelle il a donné le nom de «bi-armature». Avec la «bi-armature», la transmission des efforts de l'acier au béton ne se fait plus par adhérence, mais par des traverses reliant les fers longitudinaux. La disposition de ces traverses permet d'augmenter considérablement la charge de fissuration (par définition: charge sous laquelle apparaissent des fissures de 0,2 m/m de large) ce qui permet d'avoir une contrainte admissible de 4500 Kg/m<sup>2</sup>. Ce type d'armature permet encore de supprimer les crochets extrêmes ce qui présente un intérêt économique non négligeable. L'auteur présente également des résultats expérimentaux et quelques propriétés de ces armatures ainsi que des considérations sur les exigences des Normes.

#### S U M M A R Y

The author presents a new type of concrete reinforcing steel bar which he calls «double bar». With «double bar», the transmission of tensile forces from the reinforcing steel to the concrete is not carried out by adhesion but by a series of transverse connecting bars. The disposition of these connecting bars is such that it allows a considerable increase of the cracking load (by definition: load for which appear cracks 0,2 m/m wide) thus increasing the maximum permissible stress to 4500 Kg/m<sup>2</sup>. This type of reinforcement further allows to do away with hooks which renders it economical.

The author also presents experimental results as well as some interesting characteristics of this type of reinforcement and includes considerations about the requirements of the various Standards.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide