

Zusammenfassend ist also den angeführten Versuchen vor allem zu entnehmen, daß sich unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen die schräge Rißlast bei Verwendung von hochwertigem Beton erheblich größer ergibt als bei Verwendung von gewöhnlichem Beton.

Wird deshalb die S. 106 erwähnte obere Begrenzung der in Rechnung zu stellenden Schubspannungen mit  $18 \text{ kg/cm}^2$  berücksichtigt, so weisen die Balken  $c_{I-III}$  und  $d_{I-III}$  immer noch eine 1,08- und 1,24fache Sicherheit gegenüber dem Auftreten der ersten Schrägrisse auf, also eine ähnliche Sicherheit wie die Balken  $c_{1-3}$  und  $d_{1-3}$ , bei denen dieselbe eine 1,04- und 1,24fache ist, wenn eine Schubspannung von  $14 \text{ kg/cm}^2$  in Rechnung gestellt wird.

Dabei ist zu beachten, daß in praktischen Fällen gewöhnlich reichlichere Eisenabbiegungen vorhanden sein werden als bei den behandelten Versuchen und durch eine gute Aufteilung derselben die Schubröße ebenso hinausgeschoben werden können wie die gewöhnlichen Risse im Bereich des größten Biegemomentes.

Da die Bruchlasten der Balken  $c_{I-III}$  und  $d_{I-III}$  gegenüber den Balken  $c_{1-3}$  und  $d_{1-3}$  im Mittel um etwa 40% größer waren, ist aus den angeführten Versuchen weiter zu entnehmen, daß die Verbundfestigkeit zwischen Beton und Eisen bei Verwendung von hochwertigem Beton erheblich gesteigert werden kann.

Dies geht auch aus verschiedenen Bruchbildern der Abb. 18 hervor, die eine wirkungsvollere Verankerung der abgebogenen Eisen bei den Balken aus hochwertigem Beton erkennen lassen, indem bei diesen Balken das Zersprengen des Betons durch die Haken nicht so weitgehend war wie bei den Balken aus gewöhnlichem Beton (vgl. z. B. die Abb. 18e und f).

Nachdem mittels der angeführten Versuche an Balken aus gewöhnlichem und hochwertigem Beton, die keine oder nur wenige Schubsicherungseisen aufwiesen, zunächst klargestellt wurde, daß die Güte des verwendeten Betons sowohl für den erreichbaren Sicherheitsgrad gegenüber dem Auftreten der ersten Schubröße von erheblichem Einfluß ist und es auch für den erreichbaren Sicherheitsgrad gegenüber der unter der Bruchlast vorhandenen Schubspannung sein kann, werden im nächsten Abschnitt weitere Versuche an Plattenbalken aus hochwertigem Beton mit teilweiser oder voller Schubsicherung angeführt, aus denen der Einfluß dieser Sicherung auf die erreichbaren Werte  $\tau_{0\text{max}}$  hervorgeht.

## 6. Folgerungen.

Als wichtigstes Ergebnis der Ermittlungen ist anzuführen, daß der Sicherheitsgrad von hochbeanspruchten Platten und Balken aus hoch- oder höchstwertigem Beton, bei denen der Bruch durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen in der Zugzone eingeleitet wird, also die Biegewirkung die Schubwirkung übertrifft, den durch das Verhältnis  $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e\text{zul}}}$  bestimmten Sicherheitsgrad infolge der Wirkung der zusammengesetzten Sicherheit erheblich überschreitet.

Diese Überschreitung betrug bei den behandelten Versuchen 15 bis 35%, wobei die geringeren Hundertsätze sich nur bei derart stark bewehrten Balken ergaben, wie sie für praktische Verhältnisse gewöhnlich nicht in Frage kommen. Die Abmessungen der Tragwerke erwiesen sich hinsichtlich der Größe dieser Überschreitung insofern von Einfluß, als dieselbe mit abnehmender Querschnittshöhe und zunehmender Spannweite etwas geringer wird.

Bei den stahlbewehrten Balken ergab sich diese Überschreitung mindestens ebenso groß wie bei den normalbewehrten Balken. Es wurde z. B. ermittelt, daß sich bei einer Würfel Festigkeit des verwendeten Betons von etwa  $250 \text{ kg/cm}^2$  und einer Streckgrenze der verwendeten Stahleinlagen von etwa  $4000 \text{ kg/cm}^2$  bei Vornahme der Querschnittsbemessung mit den erhöhten zulässigen Beanspruchungen  $\sigma = 100/2000 \text{ kg/cm}^2$  eine etwa 2,5 fache und bei einer Würfel Festigkeit des verwendeten Betons von etwa  $400 \text{ kg/cm}^2$  sogar eine etwa 2,7 fache Bruchsicherheit ergibt. Eine vorzeitige Zerstörung des Verbundes infolge Überwindung der Haftfestigkeit des Betons an den Eiseninlagen ist nicht zu befürchten, wenn für eine gute Aufteilung des erforderlichen Eisenquerschnittes gesorgt wird.

Allerdings kann bei derart beanspruchten Tragwerken mit einer ausreichenden Sicherheit gegenüber dem Auftreten der ersten Zugrisse im Bereiche des größten Biegemomentes nur bei Verwendung von besonders zugfestem Beton gerechnet werden. Kommt ein solcher Beton nicht zur Verwendung, so können haarfeine Risse auftreten. Dieselben sind jedoch gewöhnlich ungefährlich, besonders in wettergeschützten Bauwerken.

Wird der Wert  $n$  als ein Zahlenwert aufgefaßt, mit welchem die in der Nähe der Bruchlast tatsächlich vorhandene Lage der Nulllinie sowie die tatsächlich auftretenden Querschnittsbeanspruchungen rechnermäßig möglichst zutreffend erfaßt werden sollen, so ist als weiteres wichtiges Ergebnis der vorgenommenen Ermittlungen anzuführen, daß bei Verwendung von gewöhnlichem Beton der übliche Wert  $n = 15$  beibehalten werden kann, daß jedoch bei Verwendung von hoch- oder höchstwertigem Beton auf jeden Fall ein geringerer Wert, etwa  $n = 10$ , zu berücksichtigen ist. Dabei ist als ein besonderer Vorzug der unter Einhaltung bestimmter zulässiger Querschnittsbeanspruchungen nach Zustand II mit  $n = 10$  statt mit  $n = 15$  bemessenen Platten und Balken anzuführen, daß dieselben bei etwa gleichbleibender Bruchsicherheit eine wesentlich größere Rissesicherheit aufweisen<sup>1)</sup>.

Übertrifft die Schubwirkung die Biegewirkung, so kann sich, wenn statt gewöhnlichen Betons hoch- oder höchstwertiger Beton verwendet wird, der Sicherheitsgrad gegenüber der Schubspannung beim Auftreten der ersten Schubrisse sowie gegenüber der Schubspannung unter der Bruchlast wesentlich erhöhen.

Im übrigen zeigt das Schlankheitsverhältnis der Tragwerke einen maßgebenden Einfluß auf die Größe der unter Gebrauchslasten auftretenden Schubspannungen, indem dieselben bei geringeren Spannweiten und größeren Querschnittshöhen größer werden als bei größeren Spannweiten und geringeren Querschnittshöhen.

Hinsichtlich der Inrechnungstellung von erhöhten zulässigen Beanspruchungen ist als bemerkenswert hervorzuheben, daß der für eine volle Schubsicherung notwendige Eisenbedarf unabhängig von diesen Beanspruchungen ist.

## b) Der Plattenbalken.

### 1. Allgemeines.

#### a) Die Spannungszustände.

Die S. 68 festgelegten Spannungszustände I bis III gelten sinngemäß auch für Plattenbalken. Insbesondere ist für die Querschnittsbemessung und für den Spannungsnachweis von Plattenbalken wiederum der Zustand II zu berücksichtigen.

<sup>1)</sup> Für die Querschnittsbemessung von hochbeanspruchten Platten und Balken mit  $n = 10$  befindet sich im Anhang eine Bemessungstafel.