

β) Ableitung von  $n$ .

Nachstehend wird untersucht, inwieweit beim Plattenbalken die in der Nähe der Bruchlast tatsächlich vorhandene Lage der Nulllinie sowie die tatsächlich auftretenden Querschnittsbeanspruchungen bei Verwendung von gewöhnlichem Beton mit  $n = 15$  und bei Verwendung von hochwertigem Beton mit  $n = 10$  erfaßt werden.

Zunächst soll untersucht werden, inwieweit die Lage der Nulllinie erfaßt wird.

Für die Ermittlung des rechnermäßigen Abstandes der Nulllinie vom gedrückten Rand ist bekanntlich zu berücksichtigen, ob die Nulllinie in die Platte fällt oder ob sie die Rippe des Plattenbalkens schneidet. Im ersten Falle kann die Lage der Nulllinie wie beim biegebeanspruchten Rechteckquerschnitt ermittelt werden, nachdem sich der Plattenbalken zu einem Tragwerk rechteckigen Querschnittes ergänzen läßt, wenn zwei Betonflächen angefügt werden, auf welche nur Zugspannungen treffen.

Schneidet die Nulllinie die Rippe, so ergibt sich eine umständliche Berechnung, wenn der Abstand derselben vom gedrückten Rand ermittelt werden soll. Aus diesem Grunde wird die Berechnung gewöhnlich dadurch vereinfacht, daß die in die Rippe fallenden Druckspannungen vernachlässigt werden.

Bezeichnet

$h$  die wirksame Querschnittshöhe,  
 $b$  die wirksame Plattenbreite,  
 $d$  die Plattenstärke und  
 $F_e$  den Gesamtquerschnitt der  
 Zugseisen,

so leitet sich mit einer solchen Vereinfachung

$$(50) \quad x = \frac{b \cdot d^2}{2} + n \cdot F_e \cdot h \quad \text{ab.}$$

Der versuchsmäßige Abstand der Nulllinie geht für einige Beispiele aus den Abb. 26 u. 27 hervor.

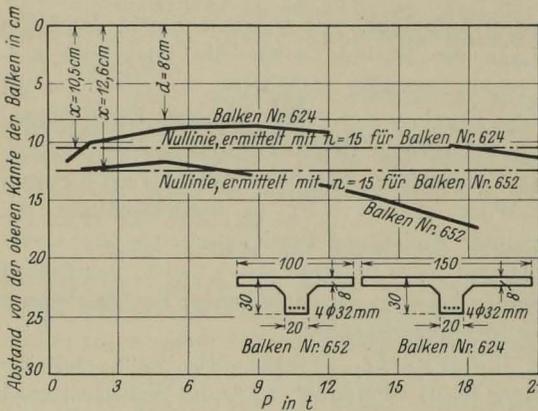


Abb. 26. Vergleich zwischen rechnermäßiger und tatsächlicher Lage der Nulllinie bei Plattenbalken aus gewöhnlichem Beton (nach Versuchen von Bach und Graf).

Abb. 26 enthält die von Bach und Graf bei den in Heft 122 und 123 der Forschungsarbeiten (23) angeführten und aus gewöhnlichem Beton hergestellten Plattenbalken Nr. 624 und 652 unter verschiedenen Belastungsstufen ermittelte Lage der Nulllinie. Die Querschnitte der Balken, die eine Spannweite von 3 m hatten, gehen aus der Abbildung hervor. Die Balken waren mit 4 Rundseisen von 32 mm Durchm. bewehrt, wiesen also eine auf die Fläche  $h \cdot b_0 - b_0$  bezogene Bewehrungsstärke von 6% auf. Die Belastung der Balken erfolgte durch zwei Einzelasten  $P$  in den Drittelpunkten. Der verwendete Beton wies eine an Würfeln von 30 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit von 146 kg/cm<sup>2</sup> beim Balken Nr. 624 und von 127 kg/cm<sup>2</sup> beim Balken Nr. 652 auf.

Wie aus Abb. 26 hervorgeht, ist der Verlauf der Nulllinie mit zunehmender Belastung ein ähnlicher wie bei den Balken der Abb. 9. Insbesondere fällt die Nulllinie in der Nähe der Bruchlast von  $P_{t_{\max}} = 25,5$  bzw. 20,5 t gegenüber dem rechnermäßigen mit  $n = 15$  nach Gl. 50 ermittelten Abstand von  $x = 10,5$  cm beim Balken

Nr. 624 und von  $x = 12,6$  cm beim Balken Nr. 652 so stark ab, daß sie erst mit einem wesentlich größeren Wert  $n$ , etwa mit  $n = 30$  bis 40, einigermaßen zutreffend erfaßt werden kann.

Dieser Abfall ist in der Hauptsache auf die gleiche fehlerhafte Auswertung der an der Ober- und Unterkante der Versuchsbalken gemessenen Längenänderungen zurückzuführen, wie z. B. bei den Balken der Abb. 9. Er ist also in der Nähe der Bruchlast in Wirklichkeit entweder überhaupt nicht oder nicht so stark vorhanden, wie dies in der Abbildung zum Ausdruck kommt.

Aus diesem Grunde dürfte die bei Plattenbalken aus gewöhnlichem Beton in der Nähe der Bruchlast tatsächlich vorhandene Lage der Nulllinie mit  $n = 15$  genügend genau erfaßt werden.

Abb. 27 enthält die von Bach und Graf bei den in Heft 38 des D. A. f. E. angeführten und aus hochwertigem Beton hergestellten Plattenbalken Nr. 929, 936 und 939 der Reihe II sowie Nr. 931, 944 und 945 der Reihe 13 unter verschiedenen Belastungsstufen ermittelte Lage der Nulllinie. Die Querschnitte der Balken, die eine Spannweite von 3 m hatten,

sind in der Abbildung dargestellt. Die Balken waren mit 4 Rundeisen von 20 mm Durchm. bewehrt, die Bewehrungsstärke betrug also 1,65 %. Die Belastung erfolgte durch zwei Einzelasten  $P$  in den Drittelpunkten. Der verwendete Beton wies eine an Würfeln von 30 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit von  $229 \text{ kg/cm}^2$  auf.

Wie aus Abb. 27 hervorgeht, ist der Verlauf der Nulllinie mit zunehmender Belastung ein ähnlicher wie bei den Balken der Abb. 10. Nach

anfänglichem raschen Anstieg weist die Nulllinie bis in die Nähe der mittleren Bruchlast von  $P_{\text{max}} = 15,2$  bzw.  $15,6$  t einen Beharrungszustand auf<sup>1)</sup>. Da sich rechnermäßig mit  $n = 15$   $x = 14,1$  cm und  $x = 10,2$  cm ergibt, so wird die tatsächliche Lage der Nulllinie auch nicht angenähert erfaßt. Wird dagegen mit  $n = 10$  gerechnet, so ergibt sich  $x = 11,7$  cm und  $x = 8,7$  cm, und damit eine bessere Übereinstimmung zwischen der rechnermäßigen und der tatsächlichen Lage der Nulllinie.

Für die möglichst zutreffende Ableitung der in der Nähe der Bruchlast tatsächlich vorhandenen Lage der Nulllinie ist demnach bei Plattenbalken aus hochwertigem Beton ein geringerer Wert  $n$ , etwa  $n = 10$ , zu berücksichtigen.

Inwieweit die in der Nähe der Bruchlast tatsächlich auftretenden Querschnittsbeanspruchungen des Betons bei Verwendung von gewöhnlichem Beton mit  $n = 15$

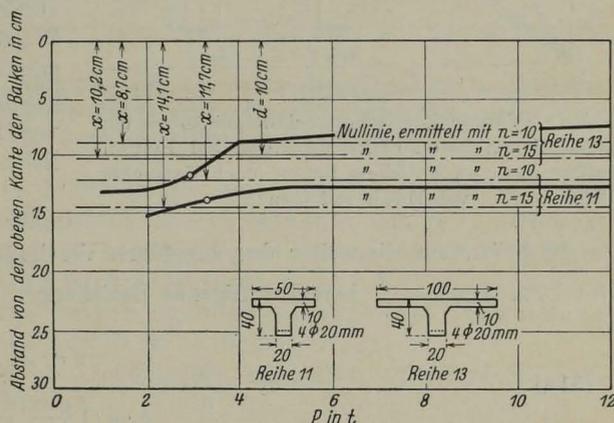


Abb. 27. Vergleich zwischen rechnermäßiger und tatsächlicher Lage der Nulllinie bei Plattenbalken aus hochwertigem Beton (nach Versuchen von Bach und Graf).

<sup>1)</sup> Recht augenfällig zeigt sich dieser Beharrungszustand der Nulllinie z. B. auch bei den in Heft 45 bis 47 der Forschungsarbeiten (23) angeführten Plattenbalken, dessen Beton eine an Würfeln von 30 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit von  $247 \text{ kg/cm}^2$  aufwies (vgl. die Abb. 263 u. 278 dortselbst).

und bei Verwendung von hochwertigem Beton mit  $n = 10$  erfaßt werden, geht für einige Beispiele aus den Abb. 28 u. 29 hervor.

Abb. 28 enthält die von Bach und Graf bei den in Heft 90 und 91 der Forschungsarbeiten (23) angeführten und aus gewöhnlichem Beton hergestellten Plattenbalken Nr. 323 und 329 der Reihe 3 sowie Nr. 390, 392 und 394 der Reihe 5 unter verschiedenen Belastungsstufen ermittelten

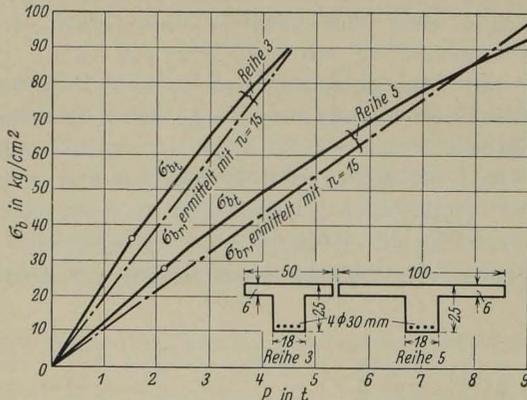


Abb. 28. Vergleich zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Betondruckspannungen bei Plattenbalken aus gewöhnlichem Beton (nach Versuchen von Bach und Graf).

aus der bekannten, die weiter oben angeführte Vereinfachung sowie den etwas zu kleinen Hebelarm  $z = h - \frac{d}{2}$  berücksichtigende Beziehung<sup>1)</sup>

$$(51a) \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{n} \cdot \frac{\frac{b \cdot d^2}{2} + n \cdot F_e \cdot h}{b \cdot d \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right)}$$

mit  $n = 15$  ermittelten rechnermäßigen Betondruckspannungen, wenn

$$(51b) \quad \sigma_e = \frac{M}{F_e \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right)}$$

gesetzt wird.

Wie aus Abb. 28 hervorgeht, besteht unter den größeren Belastungsstufen bis in die Nähe der mittleren Bruchlast von  $P_{t,max} = 6,2$  bzw.  $12,9$  t eine recht gute Übereinstimmung zwischen den rechnermäßigen und tatsächlichen Betondruckspannungen.

Abb. 29 enthält die bei den bereits angeführten und aus hochwertigem Beton hergestellten Plattenbalken des Heftes 38 des D. A. f. E. (vgl. S. 115) unter verschiedenen Belastungsstufen ermittelten tatsächlichen Betondruckspannungen sowie die mit  $n = 15$  und  $n = 10$  nach Gl. 51a errechneten Betondruckspannungen.

Wie aus Abb. 29 ersichtlich, besteht sowohl bei den Balken der Reihe 11 wie bei den Balken der Reihe 13 unter den größeren Belastungsstufen bis in die Nähe der Bruchlast eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung zwischen den rechnermäßigen

<sup>1)</sup> Die Abweichung des genauen Wertes für  $z$  gegenüber dem angeführten Näherungswert ist sehr gering, wie einigen Beispielen von Mörsch zu entnehmen ist [vgl. (25), S. 293 u. 295].

mit  $n = 10$  ermittelten und den tatsächlichen Betondruckspannungen. Wird  $n = 15$  berücksichtigt, so weichen rechnermäßige und tatsächliche Betondruckspannungen erheblich voneinander ab.

Die angeführten Beispiele lassen bereits erkennen, daß es auch für die Berechnung von Plattenbalken berechtigt erscheint sowohl hinsichtlich einer möglichst zutreffenden Ableitung der in der Nähe der Bruchlast tatsächlich vorhandenen Lage der Nulllinie wie hinsichtlich der tatsächlich auftretenden Querschnittsbeanspruchungen des Betons bei Verwendung von gewöhnlichem Beton  $n = 15$ , bei Verwendung von hochwertigem Beton jedoch einen geringeren Wert  $n$ , etwa  $n = 10$ , zu berücksichtigen.

Wie weitere Ermittlungen zeigen, genügt es auch bei Verwendung von höchstwertigem Beton etwa  $n = 10$  zu berücksichtigen.

Versuche, mittels denen die bei Plattenbalken tatsächlich auftretenden Querschnittsbeanspruchungen der Eiseneinlagen einwandfrei ermittelt wurden, liegen seither nicht vor. Werden z. B. die bei den vorbehandelten Versuchen an der unteren Rippenfläche gemessenen Längenänderungen des Betons bei bekannter Lage der Nulllinie im Verhältnis des Abstandes der Eiseneinlagen von dieser Fläche umgerechnet, so ergeben sich die in Abb. 30 dargestellten Versuchswerte für  $\sigma_{e_i}$ .

Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, weichen unter großen Belastungsstufen die aus Gl. 51b ermittelten Eisenzugspannungen  $\sigma_{e_r}$  nur unerheblich von den tatsächlichen Eisenzugspannungen ab.

$\gamma$ ) Die wirksame Plattenbreite.

Die wirksame Plattenbreite von Plattenbalken hängt vornehmlich vom Schubwiderstand in den senkrechten An-

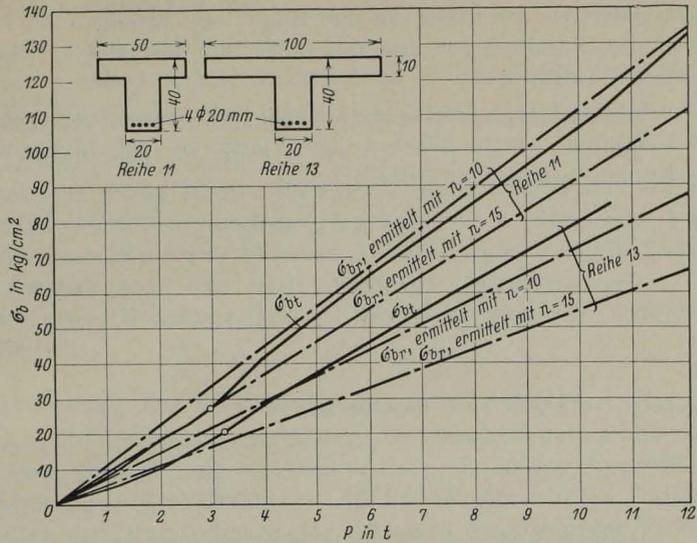


Abb. 29. Vergleich zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Betondruckspannungen bei Plattenbalken aus hochwertigem Beton (nach Versuchen von Bach und Graf).

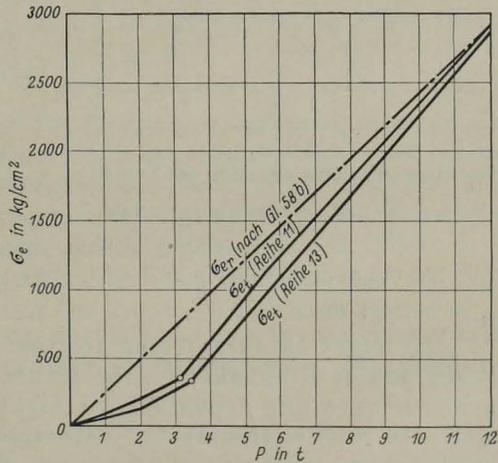


Abb. 30. Vergleich zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Eisenzugspannungen bei Plattenbalken aus hochwertigem Beton (nach Versuchen von Bach und Graf).