



Leseprobe

Hans-Hermann Prüser

Konstruieren im Stahlbetonbau 2

Stabwerkmodelle - Regeldetails - Gebrauchstauglichkeit

ISBN: 978-3-446-41997-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41997-1>

sowie im Buchhandel.

3.4.1.2 Problemstellung

Der **Plattenbalken** ist ein sehr häufig eingesetztes Stahlbetonbauteil. Die oben liegende Platte vergrößert statisch gesehen die Betondruckzone mit einer effektiv zu nutzenden Breite b_{eff} . Mit einer entsprechend angepassten Bewehrungsmenge im unteren Bereich des Steges lassen sich über das Kräftepaar aus der Betondruckkraft D_{cd} und der Stahlzugkraft Z_{sd} große Biegebeanspruchungen aufnehmen. Gegebenenfalls ist der Steg unten zu verbreitern, um den notwendigen Bewehrungsquerschnitt A_{s1} mit der erforderlichen Betonüberdeckung einbauen zu können. In dem *Bild 3.23* ist diese Situation dargestellt.

Nachfolgend geht es aber nicht um die Biegetragfähigkeit des Plattenbalkens, sondern um die Beanspruchungen, die zwischen dem Steg und den beidseitig angeschlossenen Stegen entstehen und aufzunehmen sind. Diese Schnitte sind in dem *Bild 3.23* strichpunktiert dargestellt.

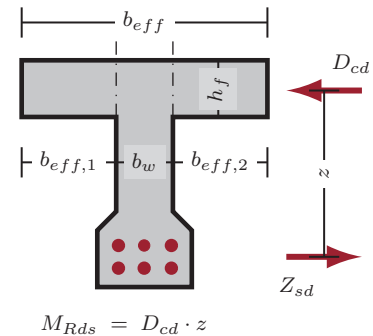


Bild 3.23: Biegetragfähigkeit eines Plattenbalkens

3

3.4.1.3 Stabwerkmodell

In dem *Bild 3.24* ist ein Plattenbalken räumlich dargestellt. Im Vordergrund ist vereinfacht ein Auflager dargestellt. Über eine Lagerplatte wird die Kraft A eingeleitet. Die Lastabtragung kann sehr anschaulich über ein Stabwerk dargestellt werden. Es ist räumlich und verläuft in den Mittelflächen des Steges und der Platte.

Über der Lagerplatte befindet sich der erste Knoten des Stabwerkmodells. Die Auflagerkraft A wird über das Knotengleichgewicht aus der Zugkraft in der unten liegenden **Längsbewehrung** und der schrägen Betondruckkraft aufgenommen. Sie wird innerhalb eines in der Stegmittelfläche konstruierten Fachwerkes in Längsrichtung des Balkens weitergeleitet. Die Abmessungen eines Fachwerkelementes sind mit l_F und z_F bezeichnet. Das Tragverhalten ist, bezogen auf die unten liegende Längsbewehrung, mit dem eines Rechteckquerschnitts identisch und erfordert deshalb keine weitergehenden Betrachtungen.

Anders stellt sich die Situation im Druckgurt dar. Am Beispiel des schwarz gekennzeichneten Knotens, der auf den Systemachsen der Gurte und des Steges liegt, wird die räumliche Lastausbreitung erläutert. Die Vertikalkomponente der schrägen Betondruckkraft wird durch senkrecht verlegte Bügel aufgenommen; die Horizontalkomponente wird durch in den Gurten verlaufende Betondruckdiagonalen in die Platte hinein weitergeleitet.

Damit ergeben sich in der Plattenebene senkrecht zur Balkenachse gerichtete **Spaltzugkräfte**, die über die Plattenbreite $b_{Pl,F}$ wirken.

Die Gurte erhalten erst in einer – durch die Fachwerkkonstruktion ($2 \cdot l_F$) vorgegebenen – Entfernung vom Auflager eine Druckbeanspruchung. Die Betondruckspannung in den Gurten σ_{cd} ist proportional zum einwir-

Das vertikale Fachwerk ist unter der Annahme, dass die Bügel senkrecht eingebaut sind, konstruiert worden.

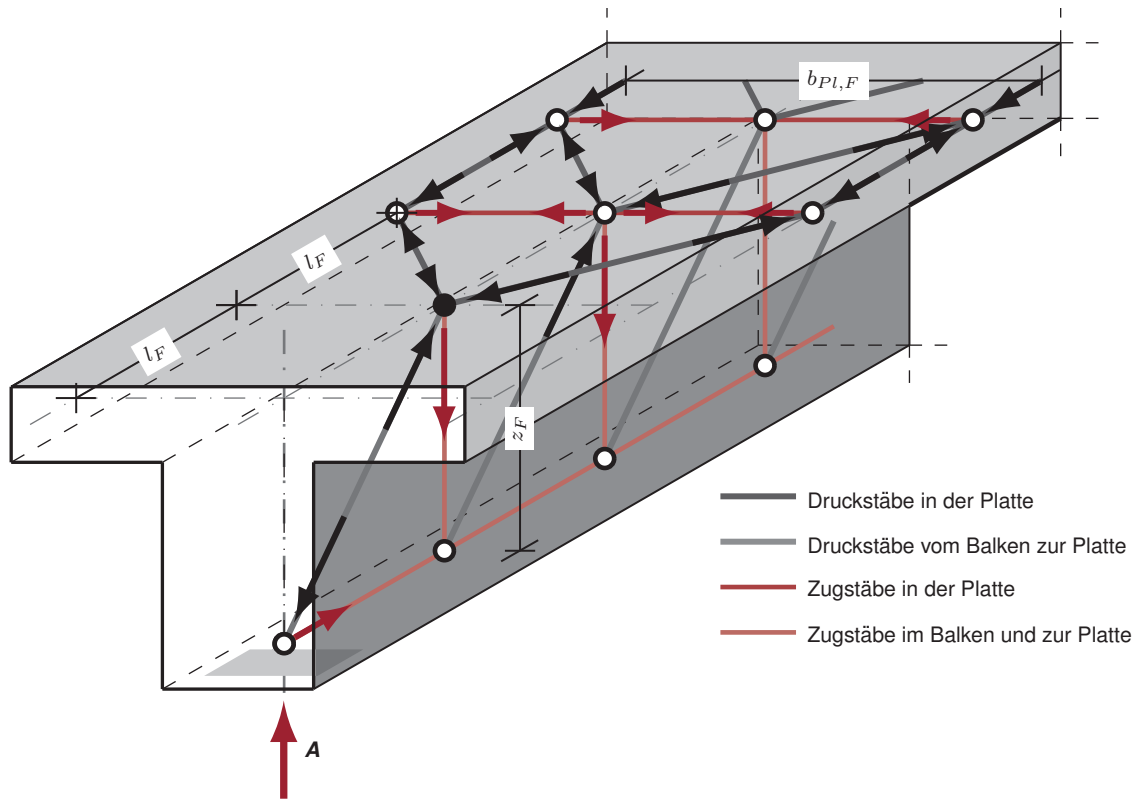


Bild 3.24: Räumliches Stabwerkmodell zur Einleitung einer Auflagerkraft in einen Plattenbalken

Resultierende Kraft in der Betondruckzone: $D_{cd} = M_{Eds}/z$

kenden Biegemoment und variiert damit entlang des Balkens. Sie verursacht in jedem Anschnitt Steg-Gurte einen **Längsschub**, für den der Querschnitt zu bemessen ist.

3.4.1.4 Bemessungsansatz nach Eurocode 2, Abs. 6.2.4

Das *Bild 3.25* zeigt in einer Draufsicht den einseitigen Anschnitt zwischen einem Gurtabschnitt und dem Steg. Zwischen den dargestellten oberen und unteren Rändern besteht eine Differenz der Betondruckspannung $\Delta\sigma$, die vereinfachend konstant angenommen werden kann. Die zugehörige resultierende Druckkraft ΔF_d muss über die Länge a_v zwischen Gurtabschnitt und Steg durch einen **Längsschub** v_{Ed}^* übertragen werden.

$$v_{Ed}^* \cdot a_v = \Delta F_d = \Delta\sigma \cdot b_{eff,i} \cdot h_f \quad (3.67)$$

In Konsequenz dazu kann dann im Gurt ein Fachwerk konstruiert werden, in dem Betondruckstäbe mit einer senkrecht den Steg schneidenden Bewehrung A_{sf} im Gleichgewicht stehen.

Die Länge a_v wird so definiert, dass der Längsschub v_{Ed}^* näherungsweise konstant angenommen werden darf. Das ist der Fall, wenn

- bei Gleichstreckenlasten für a_v höchstens der halbe Abstand zwischen dem Momentennulldurchgang und dem Momentenmaximum angesetzt wird,
- bei nennenswerten Einzellasten geht a_v bis zum Lastangriffspunkt.

Für den Winkel der Druckstrebenneigung Θ werden die aus der Querkraftbemessung bekannten Werte verwendet.

$$\text{Zuggurt: } \cot \Theta = 1,0 \quad \text{Druckgurt: } \cot \Theta = 1,2$$

Die erforderliche **Gurtbewehrung** A_{sf} ist in Balkenlängsrichtung zu verteilen. Gleichzeitig ist das Versagen der Betondruckstreben $V_{Rd,max}$ zu vermeiden. Die zugehörigen Bemessungsgleichungen ergeben sich aus der Geometrie des Stabwerkes.

$$a_{sf} = \frac{A_{sf}}{s_f} = \frac{\Delta F_d}{f_{yd} \cdot a_v \cdot \cot \Theta} \quad (3.68)$$

$$\frac{V_{Rd,max}}{a_v} = \frac{\Delta F_d}{a_v} \leq \frac{\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot h_f}{\cot \Theta + \tan \Theta} \quad (3.69)$$

Die Bewehrung a_{sf} ist über die Höhe des Gurtes zu verteilen. Damit ergibt sich i.d.R. ein horizontal einzubauender Bügel – auch Steckbügel –, wie er in der Querschnittsskizze des *Bildes* 3.26 dargestellt ist. Diese Anschluss-Bewehrung kann gleichzeitig als Biegezugbewehrung für eine Plattenbiegung angesetzt werden. Bei kombinierter Beanspruchung aus Längsschub zwischen dem Steg und den Gurten sowie aus Plattenbiegung ist auf der Biegezugseite jeweils die größere der erforderlichen Bewehrungsmengen anzuordnen!

Standardisierte Nachweise Bsp. 5: Anschnitte Steg–Gurte

In dem *Bild* 3.26 ist ein symmetrischer Zweifeldträger mit den Bemessungswerten für die Einwirkungen, den Auflagerkräften und der Biegebeanspruchung angegeben. Der Plattenbalken wird in einem Betoniervorgang monolithisch hergestellt. Er hat eine Stegbreite von $b_w = 24$ cm, eine Plattenbreite $b_f = 1,00$ m und eine Plattenhöhe $h_f = 15$ cm.

Der Plattenbalkenquerschnitt ist konstant über die gesamte Trägerlänge. Die auskragende Länge der Gurte beträgt beidseitig jeweils 38 cm. Nachzuweisen ist der Anschluss zwischen den Gurten und dem Steg.

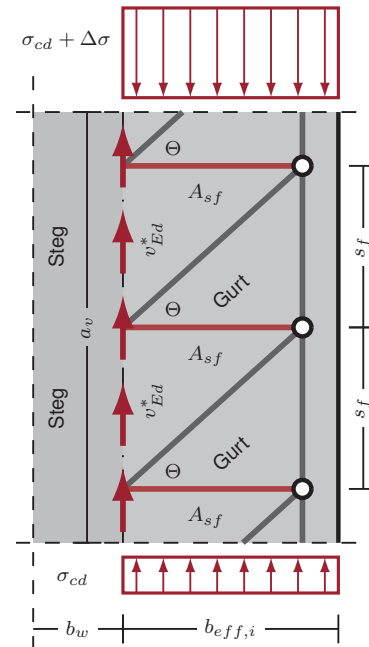


Bild 3.25: Längsschub v_{Ed}^* an einem Anschnitt Steg–Gurt

Die Bemessungsgleichung für das Versagen der Betondruckstrebe *Gl.* (3.69) ist analog zur Querkraftbemessung für Normalbeton:

$$\alpha_c = 0,75$$

Die Neigung der Betondruckstreben innerhalb der Gurte darf gesetzt werden:

$$\text{Druckgurt: } \cot \Theta = 1,2$$

$$\text{Zuggurt: } \cot \Theta = 1,0$$

In dem *Abschnitt* 3.4.2.4 wird ein anderer Plattenbalken behandelt. Er wird als Steg-Fertigteil mit Ortbetoneingängung der Platte hergestellt.

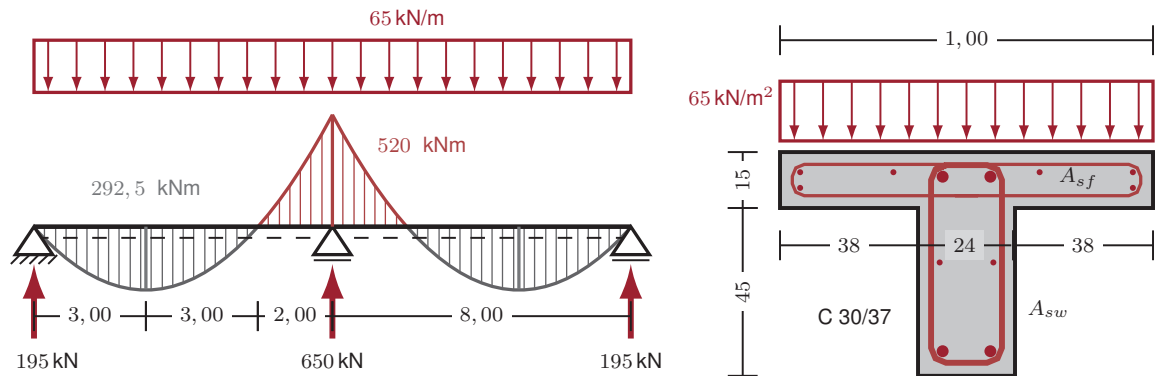


Bild 3.26: Bemessung eines 2-Feldträgers mit Plattenbalkenquerschnitt: Statisches System, Bemessungseinwirkungen mit Schnittgrößen sowie Querschnitt mit Bewehrungsskizze

Für die Betonüberdeckung der Schwerpunkte der äußeren Lage der Feld- und Stützbewehrung wird $d_1 = 5$ cm angenommen.

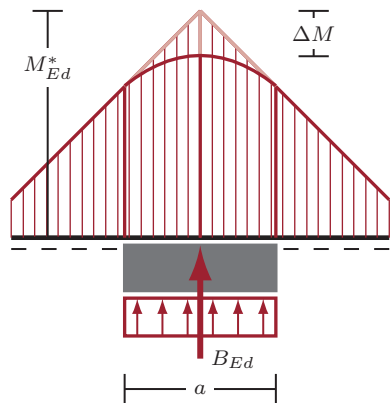


Bild 3.27: Ausrundung des Stützmomentes über der Mittelstütze

Randbedingung aus der Biege- und Querkraftbemessung

Die Biege- und Querkraftbemessung sind nicht Gegenstand der nachfolgenden Untersuchungen. Die für die Aufnahme der maximalen Feld- und Stützmomente erforderliche, obere und untere Bewehrungslage im Steg anzuordnende **Längsbewehrung** ist Randbedingung für den Nachweis eines **Anschnittes Steg-Gurt**. Das Gleiche gilt für die **Bügelbewehrung** im Steg aus der Querkraftbemessung.

- Feldmoment $M_{Ed} = M_{Eds} = 292,5$ kNm

Bei der Nachweisführung ergibt sich die Notwendigkeit einer 2-lagigen Bewehrung. Ihre Schwerpunktlage wird mit $d_1 = 7,5$ cm angenommen. Damit ergibt sich:

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Eds}}{b_f \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0,2925}{1,00 \cdot 0,525^2 \cdot 17} \\ &= 0,062 \Rightarrow \omega = 0,062 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \omega_1 \cdot \frac{b_f \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,062 \cdot \frac{100 \cdot 52,5}{25,6} \\ &= 12,71 \text{ cm}^2 \quad \text{gewählt: 2-lagige Bewehrung 2 mal 2 } \varnothing 20 \\ \text{vorh } A_{s1} &= 12,56 \cong 12,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Stützmoment $M_{Ed}^* = M_{Eds}^* = 520$ kNm

Für den Nachweis wird das Stützmoment durch **Ausrundung abgemindert** und es wird eine Druckbewehrung eingesetzt.

Unter Berücksichtigung einer $a = 30$ cm tiefen Auflagerkonstruktion kann das Stützmoment (vgl. *Bild 3.27*) ausgerundet werden:

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= M_{Ed}^* - B_{Ed} \cdot a/8 \\ &= 520 - 650 \cdot 0,3/8 = 496 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (3.70)$$

Für die Teil-Momentenaufnahme aus Druckbewehrung ΔM werden oben und unten liegend je 2 $\emptyset 20$ angenommen.

$$\begin{aligned} \Delta M &= A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d_2) \\ &= 6,28 \cdot 43,5 \cdot (0,55 - 0,05) = 136,6 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (3.71)$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds} - \Delta M}{b_f \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0,496 - 0,1366}{0,24 \cdot 0,55^2 \cdot 17} \quad (3.72)$$

$$= 0,291 \Rightarrow \omega = 0,3562$$

$$A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b_w \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,3562 \cdot \frac{0,24 \cdot 55}{25,6} \quad (3.73)$$

$$= 18,36 \text{ cm}^2 \quad \text{gewählt: 1-lagige Bewehrung 6 } \emptyset 20$$

• Auslegung der Querkraftbewehrung im Steg

Als Grundraster *min* A_{sw} wird, unter Beachtung der zulässigen Höchstabstände, ein zweischnittiger senkrechter Bügel $\emptyset 10$ verwendet, der im Abstand von $s_w = 30$ cm verlegt wird. Aus der eingebauten Bewehrungsmenge a_{sw} ergibt sich die Querkrafttragfähigkeit der Bewehrung $V_{Rd,sy}$:

$$\begin{aligned} \frac{\min A_{sw}}{s_w} &= a_{sw} = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Bügel } \emptyset 10, s_w = 30 \text{ cm} \\ V_{Rd,sy} &= a_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta \\ &= a_{sw} \cdot 43,5 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 1,20 = a_{sw} \cdot 25,84 \end{aligned} \quad (3.74)$$

In den stark querkraftbeanspruchten Auflagerbereichen kann die Bewehrung durch Zulagebügel erhöht werden. Der Bügelabstand s_w verringert sich durch den Einbau eines zusätzlichen Bügels auf 15 cm (bzw. auf 10 cm bei 2 zusätzlichen Bügeln). Entsprechend ergibt sich für die Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,sy}$:

$$V_{Rd,sy}(s_w = 30) = 5,24 \cdot 25,84 = 135,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,sy}(s_w = 15) = 10,47 \cdot 25,84 = 270,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,sy}(s_w = 10) = 15,71 \cdot 25,84 = 405,9 \text{ kN}$$

Die Bemessungsquerkraft V_{Ed} für den Nachweis der Bügel darf im Abstand d vom Auflagertrand entfernt angenommen werden. Die anzusetzenden Größen sind in dem *Bild 3.28* dargestellt.

Für die angenommene Auflagerbreite $a = 30$ cm ergibt sich für die Randaufleger A und C :

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= A - (a/3 + d) \cdot Q = 195 - (0,30/3 + 0,55) \cdot 65 \\ &= 152,8 \leq 270,5 \text{ kN} \quad \emptyset 10 \text{ bei } s_w = 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

Die untere Lage der Längsbewehrung nach *Gl. (3.70)* wird über das mittlere Auflager geführt und steht dort als Druckbewehrung zur Verfügung.

Für eine Beanspruchung aus reiner Biegung ($N_{Ed} = 0$) wird die Neigung der Betondruckstrebe mit $\cot \Theta = 1,20$ gesetzt.

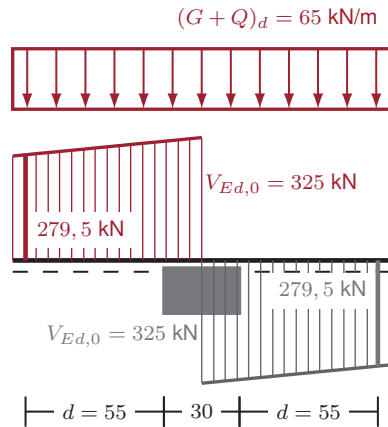


Bild 3.28: Maßgebende Bemessungsquerkraft V_{Ed} an der Mittelstütze

Am mittleren Auflager B ergibt sich für die Auflagerbreite $a = 30$ cm wegen der Symmetrie:

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= V_{Ed,0} - (a/2 + d) \cdot Q = 325 - (0,30/2 + 0,55) \cdot 65 \\ &= 279,5 \cong 270,5 \text{ kN} \quad \text{\textcircled{10} bei } s_w = 15 \text{ cm} \end{aligned} \quad (3.75)$$

In dem 2-Feldträger wird auf seiner gesamten Länge eine Bügelbewehrung mit $\text{\textcircled{10}}$ bei $s_w = 30$ cm eingebaut. In den Auflagerbereichen wird ein zusätzlicher Bügel dazwischen gesetzt, sodass sich $s_w = 15$ cm ergibt. Die geringfügige Überschreitung der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,sy}$ an der Mittelstütze wird toleriert.

• Überprüfung des Steg-Betonquerschnitts

Die von den Betondruckstreben aufnehmbare Querkraft $V_{Rd,max}$ errechnet sich unter Berücksichtigung der Querschnittsgeometrie:

$$\begin{aligned} V_{Rd,max} &= \frac{b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} \quad (3.76) \\ &= \frac{0,24 \cdot 0,9 \cdot 0,55 \cdot 0,75 \cdot 17}{1,20 + 1/1,20} = 0,745 \text{ MN} \end{aligned}$$

$$V_{Rd,max} = 745 > 325 \text{ kN} \quad \text{somit: } V_{Ed} < 2/3 \cdot V_{Rd,max}$$

Damit ist die Querkrafttragfähigkeit des Beton-Steges nachgewiesen.

Mindestbewehrung in der Platte

Die Gurte werden als beidseitige, 38 cm lange Kragplatten ($h = 15$ cm) betrachtet, die in dem Steg eingespannt sind. Die zugehörige Mindestlängsbewehrung $\min A_{sl}$ ergibt sich aus Gl. (3.77). Sie ist oben liegend, senkrecht zum Steg einzubauen. Das 0,2-Fache davon ist im Gurt orthogonal dazu als Mindestquerbewehrung $\min A_{sq}$ einzubauen.

$$\begin{aligned} \min A_{sl} &\geq f_{ctm} \cdot \frac{1,00 \cdot h^2}{5,4 \cdot f_{yk} \cdot d} \quad (3.77) \\ &\geq 2,90 \cdot \frac{1,00 \cdot 15^2}{5,4 \cdot 500 \cdot 0,125} = 1,93 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

gewählt: horizontale Bügel $\text{\textcircled{6}}$, $s_f = 15$ cm

$$a_{sl} = A_{sl}/s_f = 1,88 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (oben liegend)}$$

Die geringe Unterschreitung wird toleriert!

$$\min A_{sq} \geq 0,20 \cdot A_{sl}$$

gewählt: Längsseisen A_{sq} : $\text{\textcircled{6}}$, $s = 25$ cm

$$a_{sq} = A_{sq}/s = 1,13 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Die Raster der Bügel im Steg und der Bügel in den Gurten sind damit aufeinander abgestimmt.

Nachweis der Plattenbiegung

In dem *Bild 3.26* ist dargestellt, wie die Gurte durch eine Flächenlast von 65 kN/m^2 belastet werden. Das zugehörige Platteneinspannmoment m_y errechnet sich:

$$m_y = 65 \cdot 0,38^2 / 2 = 4,69 \text{ kNm/m} \quad (3.78)$$

Die erforderliche oben liegende Bewehrung ergibt sich unter der Annahme $d_1 = 3 \text{ cm}$ wie folgt:

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Eds}}{b_f \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0,0469}{1,00 \cdot (0,15 - 0,03)^2 \cdot 17} \\ &= 0,019 \Rightarrow \omega = 0,019 \end{aligned} \quad (3.79)$$

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \omega_1 \cdot \frac{b_f \cdot d}{f_{yd} / f_{cd}} = 0,019 \cdot \frac{100 \cdot 12}{25,6} \\ &= 0,89 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \leftarrow \text{durch Mindestbewehrung abgedeckt} \end{aligned} \quad (3.80)$$

Nachweis der Anschnitte Steg–Gurte an den Endauflagern

Die Anschnitte Steg–Gurte befindet sich an den Endauflagern in der Druckzone des Querschnitts. Das maximale Feldmoment $M_{Ed,f} = 292,5 \text{ kNm}$ liegt bei $x = 3,00 \text{ m}$ vom Auflager entfernt. Auf der Länge a_v darf ein konstanter Längsschub im Anschnitt angenommen werden. Dann ergibt sich das zugehörige Bemessungsmoment:

$$\begin{aligned} M_{Ed}(x = 3,00) &= 292,5 \text{ kNm} \quad a_v = 3,00/2 = 1,50 \text{ m} \\ M_{Ed}(x = 1,50) &= 292,5/2 + 65 \cdot 3^2/8 = 219,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Die Betondruckkraft wirkt jeweils über die gesamte Breite der Platte b_f . Der Anteil, der davon einem Gurt zugeordnet werden kann, ergibt sich anteilig aus den beteiligten Breiten. Die zugehörigen Längskraftdifferenzen ΔF_d ergeben sich aus der Veränderung des Momentes damit:

$$\begin{aligned} \Delta F_d &= \frac{\Delta M}{z} \cdot \frac{(b_f - b_w)/2}{b_f} \\ &= \frac{\Delta M / (0,9 \cdot 0,55)}{1,00} \frac{(1,00 - 0,24)/2}{1,00} = 0,768 \cdot \Delta M \end{aligned} \quad (3.81)$$

Zu betrachten sind an den Endauflagern 2 Bereiche der Länge a_v , in denen sich die folgenden erforderlichen Bewehrungsmengen a_{sf} nach *Gl. (3.68)* aus Längsschub im Anschnitt Steg–Gurt ergeben. Für den Bereich $0,00 \text{ m} \leq x \leq 1,50 \text{ m}$ gilt:

$$\begin{aligned} \Delta F_d &= 0,768 \cdot (219,4 - 0,0) = 168,4 \text{ kN} \\ a_{sf} &= \frac{\Delta F_d}{f_{yd} \cdot a_v \cdot \cot \Theta} \\ &= \frac{168,4}{43,5 \cdot 1,50 \cdot 1,20} = 2,15 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Entsprechend ergibt sich für den Bereich $1,50 \text{ m} \leq x \leq 3,00 \text{ m}$:

$$\begin{aligned}\Delta F_d &= 0,768 \cdot (292,5 - 219,4) = 56,1 \text{ kN} \\ a_{sf} &= \frac{56,1}{43,5 \cdot 1,50 \cdot 1,20} = 0,72 \text{ cm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

Der Nachweis der Tragfähigkeit $V_{Rd,max}$ der in den Gurten horizontal verlaufenden Druckstreben erfolgt nach Gl. (3.69). Für die entlang der Länge a_v aufnehmbare Differenz der Längsdruckkraft ΔF_d gilt:

$$\begin{aligned}\Delta F_d &\leq \frac{\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot h_f}{\cot \Theta + \tan \Theta} \cdot a_v & (3.82) \\ 0,1684 &\leq \frac{0,75 \cdot 17 \cdot 0,15}{1,2 + 1/1,2} \cdot 1,50 = 1,41 \text{ MN} \quad \text{o.k.}\end{aligned}$$

Nachweis der Anschnitte Steg–Gurte im Bereich der Mittelstütze

Die Anschnitte Steg–Gurte befinden sich im Bereich der Mittelstütze in der Zugzone des Querschnitts. Die Momentennullpunkte befinden sich beidseitig von der Mittelstütze in $2,00 \text{ m}$ Entfernung.

Die Länge, entlang der in Anschnitt ein konstanter Längsschub angenommen werden darf, ergibt sich damit zu $a_v = 1,00 \text{ m}$. Die zugehörigen Bemessungsmomente sind:

$$\begin{aligned}M_{Ed}(x = 8,00) &= -520 \text{ kNm} \\ M_{Ed}(x = 7,00) &= -520/2 + 65 \cdot 1^2/8 = 251,9 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Analog zu den Betrachtungen an den Endauflagen ergibt sich die Zugkraft, die einem Gurt zugeordnet werden kann aus den entsprechenden Flächenanteilen. Die Längskraftdifferenzen ΔF_d ergeben sich entsprechend aus der Veränderung des Momentes wie zuvor:

$$\Delta F_d = 0,768 \cdot \Delta M$$

Zu betrachten sind an den Endauflagern 2 Bereiche der Länge a_v , in denen sich die folgenden erforderlichen Bewehrungsmengen a_{sf} nach Gl. (3.68) aus Längsschub im Anschnitt Steg–Gurt ergeben.

Für den Bereich $6,00 \text{ m} \leq x \leq 7,00 \text{ m}$ gilt:

$$\begin{aligned}\Delta F_d &= 0,768 \cdot (251,9 - 0,0) = 193,5 \text{ kN} \\ a_{sf} &= \frac{\Delta F_d}{f_{yd} \cdot a_v \cdot \cot \Theta} \\ &= \frac{193,5}{43,5 \cdot 1,00 \cdot 1,00} = 4,48 \text{ cm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

Schließlich ergibt sich für den Bereich $7,00 \text{ m} \leq x \leq 8,00 \text{ m}$:

$$\Delta F_d = 0,768 \cdot (520 - 251,9) = 205,9 \text{ kN}$$

$$a_{sf} = \frac{205,9}{43,5 \cdot 1,00 \cdot 1,00} = 4,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Der Nachweis der Tragfähigkeit $V_{Rd,max}$ der in den Gurten horizontal verlaufenden Druckstreben erfolgt wieder nach Gl. (3.69). Für die entlang der Länge a_v aufnehmbare Differenz der Längsdruckkraft ΔF_d gilt:

$$\Delta F_d \leq \frac{\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot h_f}{\cot \Theta + \tan \Theta} \cdot a_v \quad (3.83)$$

$$0,2059 \leq \frac{0,75 \cdot 17 \cdot 0,15}{1,0 + 1,0} \cdot 1,00 = 0,956 \text{ MN} \quad \text{o.k.}$$

In dem *Bild 3.29* ist die Bewehrungskonstruktion in Teilbereichen perspektivisch dargestellt. Am Endauflager ist die Verdichtung der Stegbügel zu erkennen. Es wird in jeder Ecke des Steges ein Längsisen $\varnothing 20$ über die gesamte Balkenlänge verlegt, an dem die Bügel ausgerichtet werden können.

Das Stützmoment der Platte und die Schubkräfte zwischen den Gurten und dem Steg wird durch **beidseitige Steckbügel** abgedeckt. Sie überlappen sich im Stegbereich.

Der über der Stütze erforderliche vergrößerte Bewehrungsquerschnitt erfolgt durch Zulageeisen, die in Richtung Platte eingebaut werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, eine Rüttelflasche zur Betonverdichtung im Steg einzusetzen.

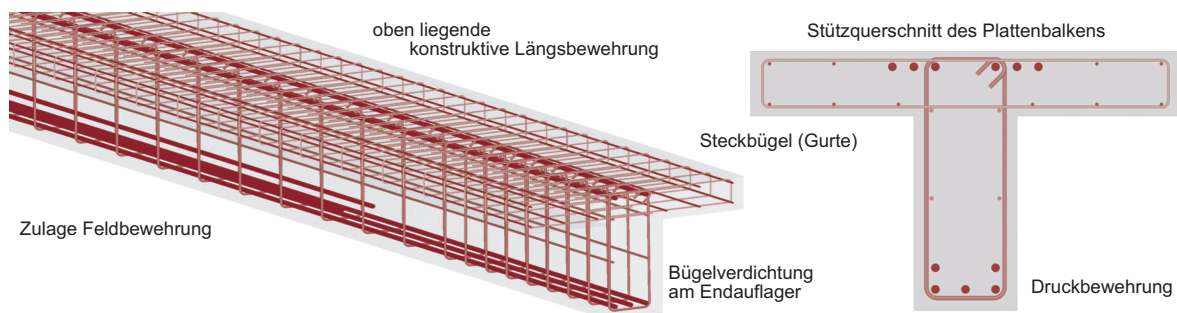


Bild 3.29: Bewehrungskonstruktion für den monolithisch hergestellten Plattenbalken