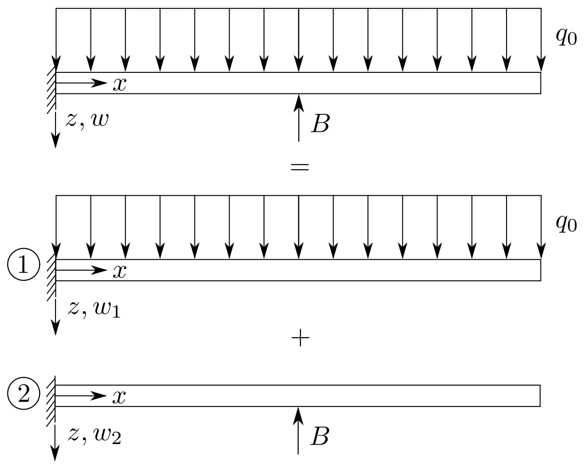
Tutorium

Aufgabe 108

Auflagerkraft B wird als „statisch Unbestimmte" behandelt und das Ersatzsystem wird in zwei einfache Teilsysteme zerlegt.

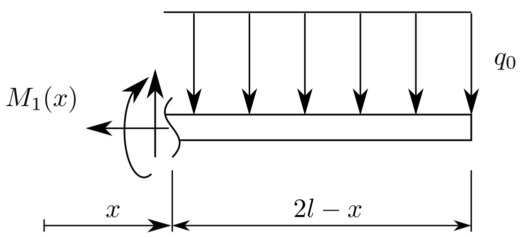


Superposition:

$$w(x, B) = w_1(x) + w_2(x, B) \tag{1}$$

Zunächst wird die Biegelinie der (quasi statisch bestimmten) Teilsysteme bestimmt.

Teilsystem 1



GGB:

$$\sum M^{(S)} = 0 \Rightarrow M_1(x) = -\frac{1}{2} q_0 (2l - x)^2 \tag{2}$$

MSG:

$$-EI_y w_1''(x) = -\frac{1}{2} q_0 (2l - x)^2 \tag{3}$$

$$-EI_y w_1'(x) = \frac{1}{6} q_0 (2l - x)^3 + C_1 \tag{4}$$

$$-EI_y w_1(x) = -\frac{1}{24} q_0 (2l - x)^4 + C_1 x + C_2 \tag{5}$$

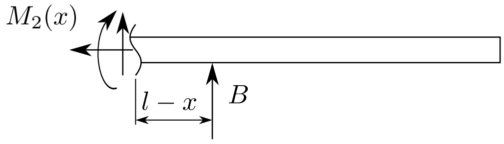
Geometrische RB:

$$w_1(0) = 0 \Rightarrow C_2 = \frac{2}{3} q_0 l^4 \tag{6}$$

$$w_1'(0) = 0 \Rightarrow C_1 = -\frac{4}{3} q_0 l^3 \tag{7}$$

$$\Rightarrow w_1(x) = \frac{q_0 l^4}{24 EI_y} \left[\left(2 - \frac{x}{l}\right)^4 + 32 \frac{x}{l} - 16 \right] \tag{8}$$

Teilsystem 2
Hier wird nur die Biegelinie im ersten Bereich benötigt ($0 \leq x \leq l$).



GGB:

$$\sum M^{(S)} = 0 \Rightarrow M_2(x, B) = B(l - x) \tag{9}$$

MSG:

$$-EI_y w_2''(x, B) = B(l - x) \tag{10}$$

$$-EI_y w_2'(x, B) = Blx - \frac{1}{2} B x^2 + C_3 \tag{11}$$

$$-EI_y w_2(x, B) = Bl \frac{x^2}{2} - \frac{1}{6} B x^3 + C_3 x + C_4 \tag{12}$$

Geometrische RB:

$$w_2(0, B) = 0 \Rightarrow C_4 = 0 \tag{13}$$

$$w_2'(0, B) = 0 \Rightarrow C_3 = 0 \tag{14}$$

$$\Rightarrow w_2(x, B) = \frac{1}{6} \frac{Bl^3}{EI_y} \left[\left(\frac{x}{l}\right)^3 - 3 \left(\frac{x}{l}\right)^2 \right] \tag{15}$$

Biegelinie des Ersatzsystems ($0 \leq x \leq l$)

$$\begin{aligned} w(x, B) = \frac{q_0 l^4}{24 EI_y} &\left[\left(2 - \frac{x}{l}\right)^4 + 32 \frac{x}{l} - 16 \right] \\ &+ \frac{1}{6} \frac{Bl^3}{EI_y} \left[\left(\frac{x}{l}\right)^3 - 3 \left(\frac{x}{l}\right)^2 \right] \end{aligned} \tag{16}$$

Geometrische Verträglichkeitsbedingung

$$w(l, B) \stackrel{!}{=} 0 \tag{17}$$

$$\Rightarrow \frac{q_0 l^4}{24 EI_y} \left[1^4 + 32 - 16\right] + \frac{1}{6} \frac{Bl^3}{EI_y} \left[1^3 - 3\right] = 0$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{B = \frac{17}{8} q_0 l}} \tag{18}$$

(b) Biegemoment bei $x = 0$

$$\begin{aligned} M(x = 0) &= M_1(x = 0) + M_2(x = 0, B = \frac{17}{8} q_0 l) \\ &= -2 q_0 l^2 + \frac{17}{8} q_0 l^2 \\ &= \underline{\underline{\frac{1}{8} q_0 l^2}} \end{aligned} \tag{19}$$

(c) Neigungswinkel bei $x = l$

$$\varphi_B := w'(x = l) \tag{20}$$

mit

$$\begin{aligned} w'(x) = \frac{q_0 l^3}{24 EI_y} &\left[-4 \left(2 - \frac{x}{l}\right)^3 + 32 \right] \\ &+ \frac{17 q_0 l^3}{48 EI_y} \left[3 \left(\frac{x}{l}\right)^2 - 6 \frac{x}{l} \right] \end{aligned} \tag{21}$$

$$\begin{aligned} w'(x=l) &= \frac{q_0 l^3}{24EI_y}[-4+32] + \frac{17 q_0 l^3}{48EI_y}[3-6] \\ &= \frac{q_0 l^3}{EI_y}\left[\frac{7}{6} - \frac{17}{16}\right] \\ &= \underline{\underline{\frac{5 q_0 l^3}{48EI_y}}} \end{aligned} \tag{22}$$

Aufgabe 109

Für das Querverformungsproblem (Biegelinie):

x	w	w'	M	Q
0	$w_I = 0$	–	$M_I = -c_M w'_I$	–
l	$w_I = w_{II}$	$w'_I = w'_{II}$	$M_I = M_{II} + M_0$	$Q_I = Q_{II}$
$2l$	$w_{II} = w_{III}$	–	$M_{II} = 0$ $M_{III} = 0$	$Q_{II} = Q_{III}$
$3l$	$w_{III} = 0$ $w_{IV} = 0$	$w'_{III} = w'_{IV}$	$M_{III} = M_{IV}$	–
$4l$	$w_{IV} = 0$	$w'_{IV} = 0$	–	–

Die Integration der Biegeliniendifferentialgleichung

$$(EIw'')''(x) = q(x) \tag{23}$$

für die vier Bereiche I bis IV führt auf insgesamt 16 Integrationskonstanten. Diese lassen sich mit den oben angegebenen 16 Rand- und Übergangsbedingungen bestimmen.

Hausaufgaben

Aufgabe 103

(a) Nein, das dreiwertige Lager links und das einwertige rechts ergeben zusammen vier Auflagerreaktionskomponenten, die sich nicht allein aus den drei Gleichgewichtsbeziehungen bestimmen lassen, das System ist statisch unbestimmt. Deshalb lassen sich auch die Schnittlasten nicht allein aus den Gleichgewichtsbeziehungen bestimmen:

$$3n \stackrel{?}{=} s + v \tag{24}$$
$$3 \cdot 1 \neq 4 + 0 \tag{25}$$

$\Rightarrow$ statisch unbestimmtes System

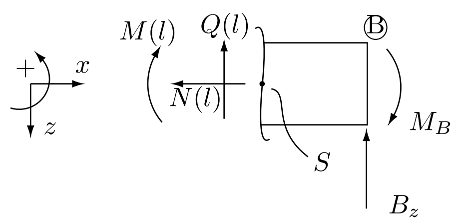
(b) Biegeliniendiff'gl.:

$$EIw''''(x) = 0 \tag{26}$$
$$EIw'''(x) = C_1 \tag{27}$$
$$EIw''(x) = C_1 x + C_2 \tag{28}$$
$$EIw'(x) = \frac{C_1}{2}x^2 + C_2 x + C_3 \tag{29}$$
$$EIw(x) = \frac{C_1}{6}x^3 + \frac{C_2}{2}x^2 + C_3 x + C_4 \tag{30}$$

Randbedingungen:

$$w(0) = 0 \quad \Rightarrow \quad C_4 = 0 \tag{31}$$
$$w'(0) = 0 \quad \Rightarrow \quad C_3 = 0 \tag{32}$$
$$w(l) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{l^3}{6}C_1 + \frac{l^2}{2}C_2 = 0 \tag{33}$$

Schnitt bei B $x = l$:



$$\sum M_S = 0 = -M(l) - M_B \tag{34}$$
$$M(l) = -M_B \tag{35}$$
$$M(l) = -M_B \quad \Rightarrow \quad lC_1 + C_2 = M_B \tag{36}$$

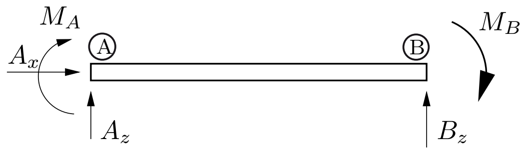
aus (33) und (36) ergibt sich:

$$C_1 = \frac{3M_B}{2l} \tag{37}$$
$$C_2 = -\frac{M_B}{2} \tag{38}$$

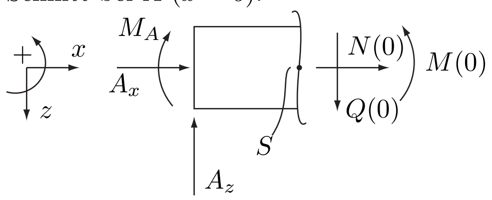
Querkraft- und Biegemomentenverlauf:

$$Q(x) = -EIw'''(x) = -\frac{3}{2}\frac{M_B}{l} \tag{39}$$
$$M(x) = -EIw''(x) = \frac{3}{2}M_B\left[\frac{1}{3} - \frac{x}{l}\right] \tag{40}$$

Auflagerreaktion (gemäß folgender Freischnittskizze):



Schnitt bei A ($x = 0$):



$$\sum M_S = 0 = -M_A + M(x = 0) \tag{41}$$

$$\Rightarrow \quad M_A = M(0) = \frac{1}{2} M_B \tag{42}$$

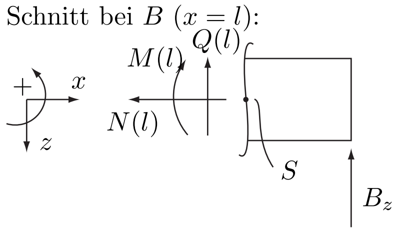
$$\sum F_z = 0 = -A_z + Q(x = 0) \tag{43}$$

$$\Rightarrow \quad A_z = Q(0) = \frac{-3}{2}\frac{M_B}{l} \tag{44}$$

$$\sum F_x = 0 = N(x = 0) + A_x = 0 \tag{45}$$

$$N(x = 0) = 0 \quad \Rightarrow \quad A_x = 0 \tag{46}$$

Schnitt bei B ($x = l$):



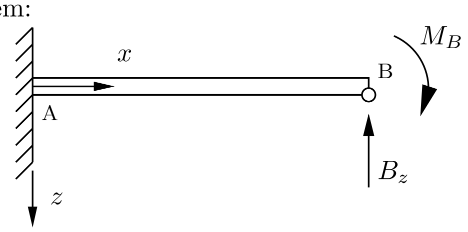
$$\sum F_z = 0 = -B_z - Q(l) = 0 \tag{47}$$

$$\Rightarrow \quad B_z = -Q(l) = \frac{3}{2}\frac{M_B}{l} \tag{48}$$

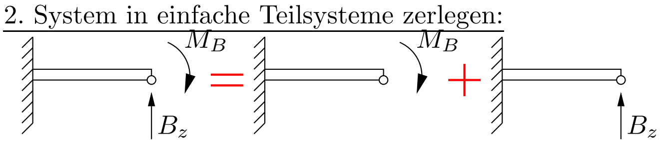
(c) 1. Statisch bestimmtes Ersatzsystem:

Ersetze eine Fesselung durch ihre unbekannte Reaktionslast. Diese wird nun im folgenden als äußere Last behandelt (als wenn sie bekannt wäre).

Zum Beispiel wird das rechte Loslager durch die Kraft B_z ersetzt und wir erhalten folgendes statisch bestimmte Ersatzsystem:



2. System in einfache Teilsysteme zerlegen:



Superpositionsprinzip: Die Gesamtverformung ergibt sich aus der Summe der Verformung der Teilsysteme:

$$w(x) = w_1(x) + w_2(x) \tag{49}$$

3. Lösungen der einfachen Teilsysteme, z.B. aus Tabellen:

$$w_1(l) = \frac{1}{2}\frac{M_B l^2}{EI} \tag{50}$$

$$w_2(l) = -\frac{1}{3}\frac{B_z l^3}{EI} \tag{51}$$

4. Geometrische Verträglichkeitsbedingung (Zwangsbedingung)

$$w(l) = 0 \tag{52}$$

Die Auswertung der Zwangsbedingung liefert uns die unbekannte Reaktionskraft B_z:

$$w_1(l) + w_2(l) = 0 \tag{53}$$

$$\frac{1}{2}\frac{M_B l^2}{EI} - \frac{1}{3}\frac{B_z l^3}{EI} = 0 \quad \Rightarrow \quad B_z = \frac{3}{2}\frac{M_B}{l} \tag{54}$$

5. Auswertung Biegemomentenverlauf aus Superposition der Biegemomente der Teilsysteme:

$$M(x) = M_1(x) + M_2(x) \tag{55}$$

M_1 und M_2 z.B. aus Tabelle oder Globalschnitt und Gleichgewichtsbeziehungen:

$$M_1(x) = -M_B \tag{56}$$

$$M_2(x) = B_z(l - x) = \frac{3}{2} M_B \left[1 - \frac{x}{l}\right] \tag{57}$$

$$\Rightarrow \quad M(x) = M_B \left[\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\frac{x}{l}\right] \tag{58}$$

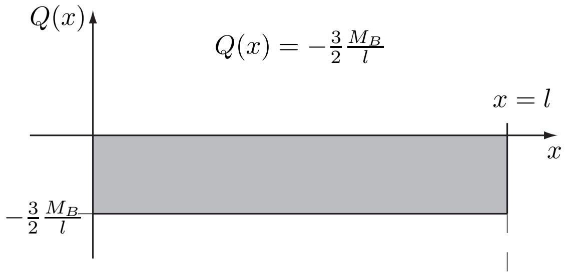
Lagerreaktionen (die restlichen außer B_z) z.B. aus Gleichgewichtsbeziehungen:

$$M_A = \frac{M_B}{2} \tag{59}$$

$$A_z = -\frac{3}{2}\frac{M_B}{l} \tag{60}$$

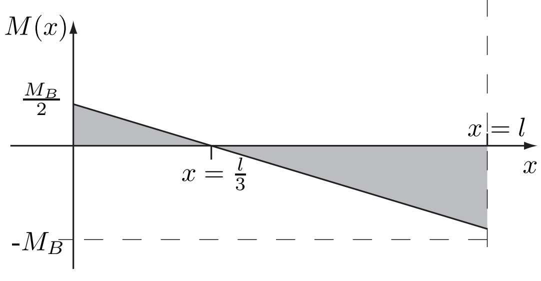
(d) Da $M(x)$ linear verläuft, siehe Gl. (40), muß das Maximum von $|M(x)|$ an einem Ende auftreten:

$$\max|M(x)| = \max\left\{\frac{1}{2}M_B, |-M_B|\right\} = M_B \tag{61}$$



$M(x) = \frac{3}{2} M_B \left(\frac{1}{3} - \frac{x}{l}\right)$

$M(x = 0) = \frac{1}{2} M_B$
$M(x = l) = -M_B$



Aufgabe 105

(a) Nein, zwei einwertige Lager und ein zweiwertiges ergeben zusammen vier Auflagerreaktionskomponenten, die sich nicht allein aus den drei Gleichgewichtsbeziehungen bestimmen lassen, das System ist statisch unbestimmt. Deshalb lassen sich auch die Schnittlasten nicht allein aus den Gleichgewichtsbeziehungen bestimmen.

(b) Allgemeine Lösung der Biegeliniendifferentialgleichung:

Bereich I, $0 \leq x < \frac{2}{3}l$:

$$EI w_{\mathrm{I}}''''(x) = q_0 \tag{62}$$

$$EI w_{\mathrm{I}}'''(x) = q_0 l \left\{ \left[\frac{x}{l}\right] + C_1 \right\} \tag{63}$$

$$EI w_{\mathrm{I}}''(x) = q_0 l^2 \left\{ \frac{1}{2}\left[\frac{x}{l}\right]^2 + C_1 \left[\frac{x}{l}\right] + C_2 \right\} \tag{64}$$

$$EI w_{\mathrm{I}}'(x) = q_0 l^3 \left\{ \frac{1}{6}\left[\frac{x}{l}\right]^3 + \frac{C_1}{2}\left[\frac{x}{l}\right]^2 + C_2 \left[\frac{x}{l}\right] + C_3 \right\} \tag{65}$$

$$EI w_{\mathrm{I}}(x) = q_0 l^4 \left\{ \frac{1}{24}\left[\frac{x}{l}\right]^4 + \frac{C_1}{6}\left[\frac{x}{l}\right]^3 + \frac{C_2}{2}\left[\frac{x}{l}\right]^2 + C_3 \left[\frac{x}{l}\right] + C_4 \right\} \tag{66}$$

Bereich II, $\frac{2}{3}l < x \leq l$:

$$EI w_{\mathrm{II}}''''(x) = q_0 \tag{67}$$

$$EI w_{\mathrm{II}}'''(x) = q_0 l \left\{ \left[\frac{x}{l}\right] + C_5 \right\} \tag{68}$$

$$EI w_{\mathrm{II}}''(x) = q_0 l^2 \left\{ \frac{1}{2}\left[\frac{x}{l}\right]^2 + C_5 \left[\frac{x}{l}\right] + C_6 \right\} \tag{69}$$

$$EI w_{\mathrm{II}}'(x) = q_0 l^3 \left\{ \frac{1}{6}\left[\frac{x}{l}\right]^3 + \frac{C_5}{2}\left[\frac{x}{l}\right]^2 + C_6 \left[\frac{x}{l}\right] + C_7 \right\} \tag{70}$$

$$EI w_{\mathrm{II}}(x) = q_0 l^4 \left\{ \frac{1}{24}\left[\frac{x}{l}\right]^4 + \frac{C_5}{6}\left[\frac{x}{l}\right]^3 + \frac{C_6}{2}\left[\frac{x}{l}\right]^2 + C_7 \left[\frac{x}{l}\right] + C_8 \right\} \tag{71}$$

Rand- und Übergangsbedingungen:

$$w_{\mathrm{I}}(0) = 0 \tag{72}$$

$$w_{\mathrm{I}}(\frac{2}{3}l) = 0 \tag{73}$$

$$w_{\mathrm{II}}(\frac{2}{3}l) = 0 \tag{74}$$

$$w_{\mathrm{II}}(l) = 0 \tag{75}$$

$$w_{\mathrm{I}}'(\frac{2}{3}l) = w_{\mathrm{II}}'(\frac{2}{3}l) \tag{76}$$

$$M_{\mathrm{I}}(0) = 0 \qquad \Rightarrow w_{\mathrm{I}}''(0) = 0 \tag{77}$$

$$M_{\mathrm{I}}(\frac{2}{3}l) = M_{\mathrm{II}}(\frac{2}{3}l) \qquad \Rightarrow w_{\mathrm{I}}''(\frac{2}{3}l) = w_{\mathrm{II}}''(\frac{2}{3}l) \tag{78}$$

$$M_{\mathrm{II}}(l) = 0 \qquad \Rightarrow w_{\mathrm{II}}''(l) = 0 \tag{79}$$

Aus diesen Gleichungen erhält man durch Einsetzen nach längerer Rechnung die folgenden Konstanten:

$$C_1 = -\frac{13}{48} \qquad C_2 = 0 \tag{80}$$

$$C_3 = \frac{5}{648} \qquad C_4 = 0 \tag{81}$$

$$C_5 = -\frac{23}{24} \qquad C_6 = \frac{11}{24} \tag{82}$$

$$C_7 = -\frac{47}{324} \qquad C_8 = \frac{11}{324} \tag{83}$$

Für die Auflagerkräfte wird der Querkraftverlauf benötigt. Mit

$$-EIw''(x) = M(x)\,,\ M'(x) = Q(x) \tag{84}$$

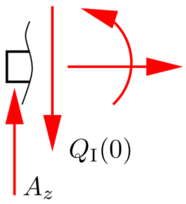
$$-EIw'''(x) = Q(x) \tag{85}$$

ergibt sich

$$Q_{\mathrm{I}}(x) = q_0 l \left\{ \frac{13}{48} - \left[\frac{x}{l}\right] \right\} \tag{86}$$

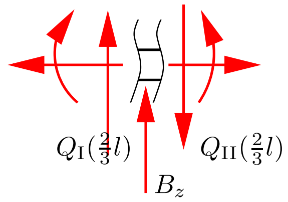
$$Q_{\mathrm{II}}(x) = q_0 l \left\{ \frac{23}{24} - \left[\frac{x}{l}\right] \right\} \tag{87}$$

Freischnitt und Gleichgewicht am linken Ende:



$$A_z = Q_{\mathrm{I}}(0) = \frac{13}{48} q_0 l \tag{88}$$

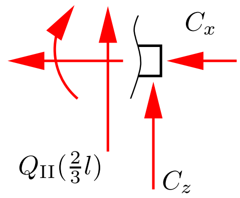
Freischnitt und Gleichgewicht am mittleren Lager:



$$B_z = Q_{\mathrm{II}}(\frac{2}{3}l) - Q_{\mathrm{I}}(\frac{2}{3}l) \tag{89}$$

$$= \frac{11}{16} q_0 l \tag{90}$$

Freischnitt und Gleichgewicht am rechten Lager:



$$C_z = -Q_{\mathrm{II}}(l) = \frac{1}{24} q_0 l \tag{91}$$

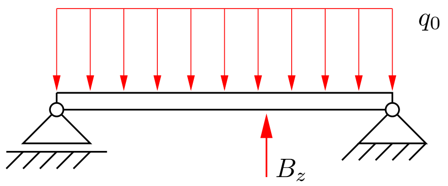
(Und $C_x = 0$ aus Gleichgewicht für den gesamten Balken.)

(c)

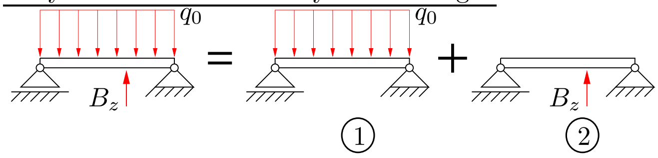
1. Statisch bestimmtes Ersatzsystem:

Ersetze eine Fesselung durch ihre unbekannte Reaktionslast. Diese wird nun im folgenden als äußere Last behandelt (als wenn sie bekannt wäre).

Zum Beispiel wird das mittlere Lager B durch die Kraft B_z ersetzt und wir erhalten folgendes statisch bestimmte Ersatzsystem:



2. System in einfache Teilsysteme zerlegen



Superpositionsprinzip: Die Gesamtverformung ergibt sich aus der Summe der Verformung der Teilsysteme:

$$w(x) = w_1(x) + w_2(x) \tag{92}$$

3. Lösungen der einfachen Teilsysteme z.B. aus Tabellenwerk (Hütte, Dubbel o. ä.):

$$w_1(x) = \frac{q_0 l^4}{EI}\left\{\frac{1}{24}\left[\frac{x}{l}\right]^4 - \frac{1}{12}\left[\frac{x}{l}\right]^3 + \frac{1}{24}\left[\frac{x}{l}\right]\right\} \tag{93}$$

$$\Rightarrow\; w_1(\frac{2}{3}l) = \frac{11}{972}\frac{q_0 l^4}{EI} \tag{94}$$

$$w_2(x) = \begin{cases} w_{2\,\mathrm{I}}(x) & ; x < \frac{2}{3}l \\ w_{2\,\mathrm{II}}(x) & ; x > \frac{2}{3}l \end{cases}, \quad \text{mit} \tag{95}$$

$$w_{2\,\mathrm{I}}(x) = \frac{B_z l^3}{EI}\left\{\frac{1}{18}\left[\frac{x}{l}\right]^3 - \frac{4}{81}\left[\frac{x}{l}\right]\right\} \quad \text{und} \tag{96}$$

$$w_{2\,\mathrm{II}}(x) = \frac{B_z l^3}{EI}\left\{-\frac{1}{9}\left[\frac{x}{l}\right]^3 + \frac{1}{3}\left[\frac{x}{l}\right]^2 - \frac{22}{81}\left[\frac{x}{l}\right] + \frac{4}{81}\right\} \tag{97}$$

$$\Rightarrow\; w_2(\frac{2}{3}l) = -\frac{4}{243}\frac{B_z l^3}{EI} \tag{98}$$

4. Geometrische Verträglichkeitsbedingung (Zwangsbedingung)

$$w(\frac{2}{3}l) = 0 \tag{99}$$

Die Auswertung der Zwangsbedingung liefert uns die unbekannte Reaktionskraft B_z:

$$w_1(\frac{2}{3}l) + w_2(\frac{2}{3}l) \stackrel{!}{=} 0 \tag{100}$$

$$\Rightarrow\; B_z = \frac{11}{16} q_0 l \tag{101}$$

Das ist das gleiche Ergebnis wie in Teil (b), siehe Gl. (90).

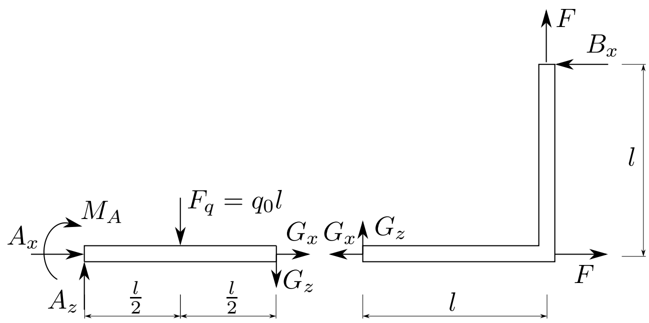
(d) Der Verdrehwinkel oder die Neigung ist (bei kleinen Verformungen) gleich der ersten Ableitung der Biegelinie an dieser Stelle:

$$\varphi_A = w_\mathrm{I}{}'(0) = \frac{q_0 l^3}{EI} C_3 = \frac{5}{648}\frac{q_0 l^3}{EI} \tag{102}$$

Aufgabe 106

(a) Statische Bestimmtheit
Überprüfen der notwendigen Bedingung
$3n = r$
mit n Anzahl der Körper, r Anzahl der Reaktionen.
$3 \cdot 2 = 3 + 2 + 1 \Rightarrow 6 = 6 \quad \checkmark$
Die Balken sind verspannungsfrei eingebaut und sind nicht wackelig.

(b) Lagerreaktionen und Gelenkkräfte
Freischnitt:



Rechtes Teilsystem:

$$\sum F_z = -F - G_z = 0 \tag{103}$$

$$\Rightarrow\; G_z = -F \tag{104}$$

$$\sum M^{(G)} = F \cdot l + B_x \cdot l = 0 \tag{105}$$

$$\Rightarrow\; B_x = -F \tag{106}$$

$$\sum F_x = F - B_x - G_x = 0 \tag{107}$$

$$\Rightarrow\; G_x = 2F \tag{108}$$

Linkes Teilsystem:

$$\sum F_x = A_x + G_x = 0 \tag{109}$$

$$\Rightarrow\; A_x = -2F \tag{110}$$

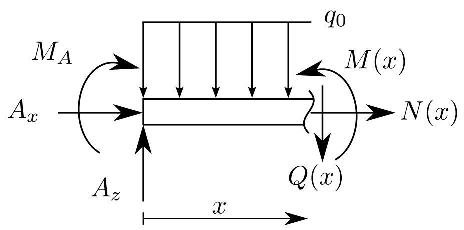
$$\sum F_z = -A_z + q_0 l + G_z = 0 \tag{111}$$

$$\Rightarrow\; A_z = -F + q_0 l \tag{112}$$

$$\sum M^{(A)} = -M_A - q_0 l \cdot \frac{l}{2} - G_z \cdot l = 0 \tag{113}$$

$$\Rightarrow\; M_A = Fl - \frac{1}{2} q_0 l^2 \tag{114}$$

(c) Biegemoment im Bereich $\overline{AG}$



$$\sum M^{(S)} = M(x) - M_A - A_z \cdot x + q_0 x \cdot \frac{x}{2} = 0 \qquad (115)$$

$$\Rightarrow M(x) = M_A + A_z x - q_0 \frac{x^2}{2}$$
$$= -\frac{1}{2} q_0 x^2 + (q_0 l - F)\, x + Fl - \frac{1}{2} q_0 l^2 \qquad (116)$$

(d) Maximales Biegemoment

Der Biegemomentenverlauf ist gegeben mit

$$M(x) = -\frac{1}{2} q_0 x^2 + \frac{1}{2} q_0 l x \qquad (117)$$

Finde lokale Extrema: $M'(x_{lm}) \overset{!}{=} 0$

$$M'(x_{lm}) = -q_0 x_{lm} + \frac{1}{2} q_0 l \overset{!}{=} 0 \qquad (118)$$

$$\Rightarrow x_{lm} = \frac{l}{2} \qquad (119)$$

Überprüfen der Randwerte liefert: $M(0) = 0$
und $M(l) = 0$.
Das maximale Biegemoment ist also

$$\underline{\underline{M_{\max} = M(x = x_{lm}) = \frac{1}{8} q_0 l^2}} \qquad (120)$$

(e) Biegelinie im Bereich $\overline{AG}$

$$EIw''(x) = -M(x)$$
$$= \frac{1}{2} q_0 x^2 - -\frac{1}{2} q_0 l x \qquad (121)$$
$$EIw'(x) = \frac{1}{6} q_0 x^3 - \frac{1}{4} q_0 l x^2 + C_1 \qquad (122)$$
$$EIw(x) = \frac{1}{24} q_0 x^4 - \frac{1}{12} q_0 l x^3 + C_1 x + C_2 \qquad (123)$$

Randbedingungen zum Lösen der Konstanten:

$$w(0) = 0 \qquad \Rightarrow C_2 = 0 \qquad (124)$$
$$w'(0) = 0 \qquad \Rightarrow C_1 = 0 \qquad (125)$$

Es folgt für die Biegelinie

$$\underline{\underline{w(x) = \frac{q_0 l^4}{12EI} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x}{l} \right)^4 - \left(\frac{x}{l} \right)^3 \right]}} \qquad (126)$$