

2 Stützgrößen statisch bestimmter Stabtragwerke

Wir kommen nun von den Kräften zu den Konstruktionen oder Werken, die sie tragen: zu den Tragwerken. Was ist ein Tragwerk und was ist ein Bauwerk? Ein Tragwerk ist eine statische Einheit, ein Bauwerk besteht statisch i. A. aus mehreren Tragwerken. Beim statischen Entwurf eines Bauwerks setzen wir dieses also aus einzelnen Tragwerken zusammen. Dabei wird es fast immer so sein, dass ein Tragwerk sich auf einem anderen etwa tieferliegenden Tragwerk abstützt und gleichzeitig selbst ein etwa höher liegendes Tragwerk stützt; mit anderen Worten: Es wird von anderen Tragwerken belastet und belastet selbst andere Tragwerke.

Wir wollen deshalb in diesem Kapitel die verschiedenen Tragwerke kennenlernen und diejenigen Kräfte bzw. Momente bestimmen, die sie infolge angreifender Lasten auf stützende Bauteile bzw. Widerlager – wir sprechen gesamtheitlich von Auflagern – ausüben.

Das 3. Axiom der Mechanik besagt nun, dass ein Auflager auf ein Tragwerk eine Kraft ausübt, die betragsmäßig gleich und entgegengesetzt gerichtet ist derjenigen Kraft, die das Tragwerk auf das Auflager ausübt. Die erste wollen wir Stützkraft nennen und die zweite Auflagerkraft. Diese Stützkraften wollen wir nun bestimmen. Zusammen mit den angreifenden Kräften eines Tragwerks bilden die stützenden Kräfte ein vollständiges Kraftsystem. Dieses vollständige Kraftsystem muss nun, wie wir früher gesehen haben, im Gleichgewicht sein, damit das Tragwerk unter der Wirkung seiner Kräfte in Ruhe bleibt.

Wie aus dieser Forderung die Stützkraften bzw. Stützgrößen der verschiedenen Tragwerke bestimmt werden, zeigen die folgenden Ausführungen.

2.1 Der Pendelstab

Nehmen wir an, in einem Punkt a wirke die Last F (Bild 26). Sie soll durch ein möglichst einfaches Tragwerk übertragen werden in den festen Körper K . Als Tragwerk wählen wir einen Stab, der durch ein Gelenk¹⁰ an den Körper K angeschlossen wird: Einen Pendelstab.

Wir gehen nun an die Berechnung der dabei auftretenden Stützkraften. Bevor wir sie berechnen können, müssen wir festlegen, auf welches Koordinatensystem wir sie beziehen wollen. Wir wählen das Koordinatensystem aus Abschnitt 1.3.1.3 mit den Komponenten X und Y . Da es sich eingebürgert hat, Stützkraften mit A , B , C usw. zu

¹⁰ Realisiert etwa durch einen einzelnen Bolzen.

bezeichnen, wollen wir sie mit A_v und A_h bezeichnen. Gleichgewicht herrscht, wie wir wissen, wenn die Kräfte A_v und A_h etwa die Summe der Komponenten in zwei Richtungen aller am System¹¹ wirkenden Kräfte zu Null machen ebenso wie die Summe der Momente all dieser Kräfte um jeden beliebigen Punkt.

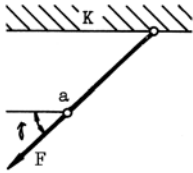


Bild 26
Der Pendelstab

Zur Bestimmung der beiden Unbekannten A_v und A_h brauchen wir nur 2 der 3 sich daraus ergebenden voneinander unabhängigen Gleichungen anzuschreiben. Die dritte kann zu Kontrollzwecken verwendet werden. Welche wir dabei als Bestimmungsgleichungen verwenden und welche als Kontrollgleichung, bleibt uns überlassen. Wir bestimmen A_v und A_h aus den Gleichungen

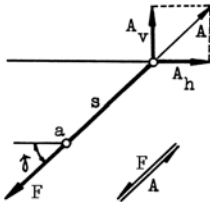


Bild 27
Bestimmung der Stützkraft

$$\sum V = 0: A_v - F \cdot \sin \gamma = 0 \rightarrow A_v = F \cdot \sin \gamma$$

$$\sum H = 0: A_h - F \cdot \cos \gamma = 0 \rightarrow A_h = F \cdot \cos \gamma$$

und kontrollieren das Ergebnis durch

$$\sum M_a = 0: F \cdot \sin \gamma \cdot s \cdot \cos \gamma - F \cdot \cos \gamma \cdot s \sin \gamma = 0$$

Zunächst stellen wir fest, dass die Komponenten A_v und A_h der Last F direkt proportional sind. Bestimmung der Die Wirkungslinie der resultierenden Auflagerkraft

$$A = \sqrt{A_v^2 + A_h^2} = F \cdot \sqrt{\sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma} = F$$

fällt wegen $\frac{A_v}{A_h} = \tan \gamma$ stets zusammen mit der Stabrichtung. Diese Erkenntnis benutzen wir und setzen in einer Kontroll-Rechnung die resultierende Auflagerkraft A sofort in Stabrichtung an. Wir erhalten dann $\sum K_z = 0: A - F = 0 \rightarrow A = F$.

Graphisch lösen wir die Aufgabe leicht durch Zeichnen des Kraftecks (Zentrales Kraftsystem).

¹¹ Das Tragwerk mit den darauf einwirkenden Kräften bezeichnen wir als „statisches System“ oder kurz „System“.

2.2 Der Stab-Zweischlag

Wir ändern Form und Lage des Verankerungskörpers in der nebenstehend gezeigten Weise (Bild 28): Welches Tragwerk würden wir nun wählen?



Bild 28 Der Stabzweischlag

Vermutlich den skizzierten Zweischlag. Beim Ansetzen der noch unbekannten Stützkkräfte helfen uns unsere bisherigen Überlegungen: Wir setzen die resultierenden Stützkkräfte in Richtung der anschließenden Stäbe an. Bestimmt werden sie etwa mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen

$$\sum V = 0: F \cdot \sin \gamma - A \cdot \cos \alpha - B \cdot \cos \beta = 0 \rightarrow A = F \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos \alpha} - B \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$$

$$\sum H = 0: F \cdot \cos \gamma - A \cdot \sin \alpha + B \cdot \sin \beta = 0 \rightarrow A = F \cdot \frac{\cos \gamma}{\sin \alpha} + B \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

Wir setzen die beiden Ausdrücke für A gleich und erhalten nach Umstellung der Ausdrücke und Multiplikation beider Seiten mit dem Faktor $\sin \alpha \cdot \cos \alpha$

$$B \cdot (\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta) = F \cdot (\sin \alpha \cdot \sin \gamma - \cos \alpha \cdot \cos \gamma).$$

Daraus ergibt sich
$$B = - F \cdot \frac{\cos(\gamma + \alpha)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

entsprechend erhalten wir
$$A = F \cdot \frac{\cos(\gamma - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

wenn wir etwa die Gleichungen nach B auflösen und gleichsetzen.¹²

¹² Natürlich hätten wir auch andere Bestimmungsgleichungen benutzen können. Die Gleichungen $\sum M_a = 0$ und $\sum M_b = 0$ z.B. hätten zwei entkoppelte Gleichungen geliefert, die sich natürlich wesentlich leichter auflösen lassen. Dafür wäre ihre Aufstellung etwas mühsamer gewesen.

Sehr einfach ist auch die graphische Lösung, da es sich auch hier um ein zentrales (ebenes) Kraftsystem handelt. Ist die Last F zahlenmäßig gegeben, dann kann man bei Wahl eines geeigneten Maßstabes die Größe der Kräfte A und B unmittelbar ablesen. Wir können jedoch dem Kräfteparallelogramm auch deren allgemeine Werte entnehmen. Der Sinussatz liefert

$$\frac{A}{\sin(90 - (\beta - \gamma))} = \frac{F}{\sin(\alpha + \beta)} \rightarrow A = F \cdot \frac{\cos(\beta - \gamma)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$\frac{-B}{\sin(90 - (\alpha + \gamma))} = \frac{F}{\sin(\alpha + \beta)} \rightarrow B = -F \cdot \frac{\cos(\alpha + \gamma)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

Das Ergebnis stimmt also mit dem oben errechneten überein. An der Zeichnung fällt auf, dass die eine Kraft mit $-B$ bezeichnet wurde. Das verhält sich so: beim Zeichnen des Kraftecks stellt sich heraus, dass Gleichgewicht nur mit einer nach rechts unten gerichteten (B) Kraft erzeugt werden kann. Da wir die Auflagerkraft B positiv definiert haben in der entgegengesetzten Richtung, müssen wir diesen Kraftvektor negativ in die Rechnung einführen.

Wir diskutieren das Ergebnis kurz. Wie man sieht, sind die Auflagerkräfte unabhängig von den Stablängen s_1 und s_2 . Sie hängen nur ab von den Stabwinkeln α und β , von der Größe der Last F und ihrem Angriffswinkel γ . Die Abhängigkeit vom Winkel γ stellen wir graphisch dar (Bild 29), und zwar für ein System mit $\alpha = 45^\circ$ und $\beta = 30^\circ$. Wir sehen:

Beide Auflagerkräfte sind positiv für $45^\circ < \gamma < 120^\circ$,

beide Auflagerkräfte sind negativ für $225^\circ < \gamma < 300^\circ$.

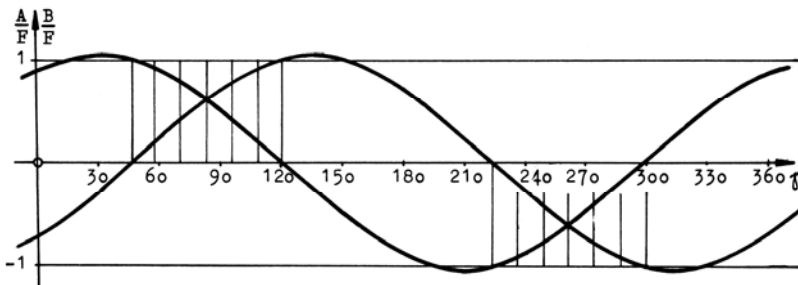


Bild 29 Abhängigkeit der Stützkraft-Werte von der Lastrichtung

Bei $\gamma = 45^\circ$ wirkt F in Richtung von Stab 1, deshalb ist $A = F$ und $B = 0$

bei $\gamma = 120^\circ$ wirkt F in Richtung von Stab 2, deshalb ist $A = 0$ und $B = F$

bei $\gamma = 225^\circ$ wirkt F in Richtung von Stab 1, deshalb ist $A = -F$ und $B = 0$

bei $\gamma = 300^\circ$ wirkt F in Richtung von Stab 2, deshalb ist $A = 0$ und $B = -F$

Interessant ist noch, dass die Auflagerkräfte größer als F werden können. Sie nehmen jeweils den Wert $1,035 \cdot F$ bzw. $-1,035 \cdot F$ an, wenn F senkrecht zum jeweils abliegenden Stab wirkt, also den größtmöglichen Hebelarm um das jeweils andere Auflager hat. Die dargestellten Linien zeigen den Einfluss der Richtung von P auf die Größe der Auflagerkraft A bzw. B ; man nennt sie deshalb auch Einflusslinien. Mit der Bestimmung solcher Einflusslinien werden wir uns später noch ausführlich beschäftigen.¹³

2.3 Der Einfeldbalken

2.3.1 Belastung durch Einzellasten

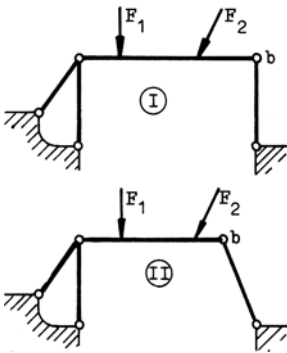


Bild 30 Der Balken auf zwei Stützen

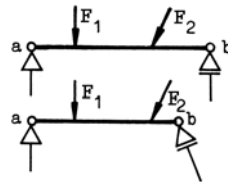


Bild 31 Der Balken auf zwei Stützen

Wir kommen nun zu einer neuen Situation und wählen zur Übertragung der Lasten F_1 und F_2 in den Verankerungskörper einen Biegebalken, der in der gezeigten Weise (Bild 30) von einem Stabzweischlag und einem Pendelstab gestützt werde, etwa Konfiguration I oder II.

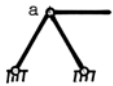
Um die Größe der drei Auflagerkräfte zu finden, müssen wir zwei Teilaufgaben lösen:

- 1) Es müssen diejenigen Kräfte gefunden werden, die der Biegebalken auf den Stabzweischlag und die Pendelstütze ausübt;

¹³ Dabei wird es dann mehr um den Einfluss des Angriffsortes der Kraft auf eine mechanische Größe gehen, und nicht mehr um den Einfluss der Wirkungsrichtung dieser Kraft.

- 2) es müssen diese Kräfte auf die beiden Stützkonstruktionen – die Widerlager – aufgebracht und die dadurch hervorgerufenen Stützkräfte A_1 , A_2 und B bestimmt werden.

Die zweite Teilaufgabe und ihre Lösung ist uns bekannt aus den vorhergegangenen Abschnitten. Wir wenden uns hier deshalb nur der ersten (Teil-) Aufgabe zu und können dementsprechend auch, zeichnerisch eine Vereinfachung vornehmen:



Unverschiebliche (= feste)
Auflager bezeichnen wir
durch eines der Symbole



Verschiebliche Auflager
bezeichnen wir durch ei-
nes der Symbole



Während beim festen Auflager die richtungsmäßige Orientierung des Symbols beliebig gewählt werden darf (man wird freilich i. A. die hier dargestellt Orientierung wählen), muss beim verschieblichen Auflager das Symbol unter einem ganz bestimmten Winkel angeordnet werden: Es muss nämlich erkennbar sein, in welcher Richtung Punkt b (Bild 31) verschieblich ist: Die (Doppel-) Basis des Dreiecks wird dazu in diese Richtung gelegt. Die zugehörige Auflagerkraft B wirkt stets senkrecht zu dieser (Doppel-) Basis.

Mit dieser Vereinbarung kommen wir nun zur Bestimmung der Stützkräfte (siehe Bild 32). Im Auflager b ist die Stützkraft B unbekannt (ihre Wirkungslinie ist bekannt), im Auflager a die resultierende Stützkraft A und deren Richtung (Wirkungslinie). Bei einer zeichnerischen Lösung dieser Aufgabe wird man i. A. diese drei Größen bestimmen. Bei einer rechnerischen Lösung, zu der i. A. die Gleichgewichtsbedingungen $\sum V = 0$, $\sum H = 0$ und $\sum M = 0$ herangezogen werden, gibt man eher Komponenten von A an: Die Horizontalkomponente A_h und die Vertikal-komponente A_v .¹⁴ Während man vertikale Stützkräfte stets nach oben wirkend positiv definiert, gibt es für horizontale Stützkräfte keine allgemein gültige Vereinbarung. Wir werden in Anlehnung an den (noch zu besprechenden) Dreigelenk-Rahmen im allgemeinen eine am linken Auflager wirkende Horizontal-Stützkraft nach rechts wirkend positiv einführen und eine gegebenenfalls am rechten Auflager wirkende Horizontal-Stützkraft nach, links wirkend positiv definieren.

Hier nun die Berechnung der Stützkräfte, zunächst mit Hilfe

der Gleichgewichtsbedingungen $\sum H = 0$, $\sum V = 0$, $\sum M_i = 0$,

dann mit Hilfe von $\sum H = 0$, $\sum V = 0$, $\sum M_b = 0$,

¹⁴ Bei Bedarf kann daraus A und der zugehörige Winkel ermittelt werden.

dann mit Hilfe von

$$\sum H = 0, \quad \sum M_a = 0, \quad \sum M_b = 0.$$

Schließlich zeigen wir ihre zeichnerische Bestimmung.

1. Rechnung

$$\sum H = 0: A_h - 2,00 = 0; \quad A_h = 2,00 \text{ kN}$$

$$\sum V = 0: A_v + B - 3,00 - 3,46 = 0$$

$$\sum M_i = 0: 5 \cdot A_v - 4 \cdot B - 2 \cdot 3,00 = 0$$

Auflösen der zwei letzten Gleichungen nach A_v liefert

$$A_v = 6,46 - B \quad \text{und} \quad A_v = 1,20 + 0,8 \cdot B.$$

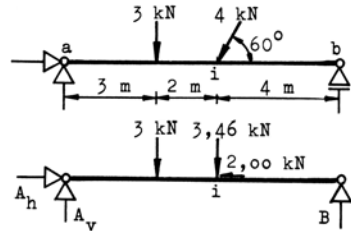


Bild 32 Zur rechnerischen Lösung

Diese beiden Ausdrücke werden gleichgesetzt, was $B = 2,92 \text{ kN}$ liefert. Einsetzen dieses Wertes für B in eine der o. a. Ausdrücke für A_v liefert $A_v = 3,54 \text{ kN}$.

2. Rechnung

$$\sum H = 0: A_h - 2,00 = 0; \quad A_h = 2,00 \text{ kN}$$

$$\sum V = 0: A_v + B - 3,00 - 3,46 = 0; \quad B = 6,46 - A_v = 2,92 \text{ kN}$$

$$\sum M_b = 0: 9 \cdot A_v - 6 \cdot 3,00 - 4 \cdot 3,46 = 0; \quad A_v = (18 + 13,84) / 9 = 3,54 \text{ kN}$$

3. Rechnung

$$\sum H = 0: A_h - 2,00 = 0; \quad A_h = 2,00 \text{ kN}$$

$$\sum M_a = 0: 9 \cdot B - 5 \cdot 3,46 - 3 \cdot 3,00 = 0; \quad B = (9,00 + 17,30) / 9 = 2,92 \text{ kN}$$

$$\sum M_b = 0: 9 \cdot A_v - 6 \cdot 3,00 - 4 \cdot 3,46 = 0;$$

$$A_v = (18 + 13,84) / 9 = 3,54 \text{ kN}$$

Ein Vergleich dieser drei Rechnungen zeigt:

Bei der ersten Rechnung (beliebiger Bezugspunkt für die Momentengleichung) war die Aufstellung der Gleichungen einfach; die zwei letzten Gleichungen waren durch zwei unbekannte Größen gekoppelt.

Bei der zweiten Rechnung wurde der Bezugspunkt für die Momentengleichung so gewählt, dass (neben A_h) eine zweite Unbekannte keinen Beitrag zur Momentensumme leistete. Die zwei letzten Gleichungen waren durch nur eine unbekannte Größe gekoppelt. Bei der dritten Rechnung wurde anstelle der Gleichung $\sum V = 0$

eine zweite Gleichung vom Typ $\sum M = 0$ angeschrieben, wobei der Bezugspunkt

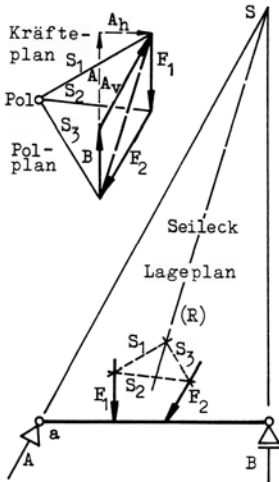


Bild 33 Zur zeichnerischen Lösung

Schnittpunkt S und durch (Auflager-) Punkt a verläuft die Wirkungslinie von Stützkraft A, die damit ebenfalls bekannt ist. Damit sind wir in der Lage, im Kräfteplan parallel zu den Wirkungslinien von A und B diejenigen Stützkraften einzutragen, die der resultierenden Last R bzw. den beiden Lasten F_1 und F_2 das Gleichgewicht halten. Schließlich zerlegen wir noch die resultierende Stützkraft A in ihre beiden Komponenten A_v und A_h deren Werte sich ergeben zu $A_v = 3,5 \text{ kN}$ und $A_h = 2,0 \text{ kN}$. Die Stützkraft B ergibt sich zu $B = 2,9 \text{ kN}$. Wenn wir diese Resultate in einer besseren Genauigkeit erhalten wollen, müssen wir in einem anderen Maßstab zeichnen; z. B. $1 \text{ cm} \triangleq 0,5 \text{ kN}$.

so gewählt wurde, dass (neben A_h) die dritte Unbekannte A_v keinen Beitrag leistete. Dies führte auf drei vollständig entkoppelte Gleichungen mit drei Unbekannten.

Hier die zeichnerische Lösung der Aufgabe (Bild 33). Nach Anfertigung des Lageplanes wird der Kräfteplan gezeichnet (hier gewählt: $1 \text{ cm} \triangleq 3,33 \text{ kN}$), der uns Größe und Richtung der resultierenden Last liefert. Mit Hilfe des Polplans und des Seilecks finden wir dann die Lage (Wirkungslinie) der resultierenden Last im Lageplan. Diese Last wird nun zerlegt in zwei Komponenten, die resultierende Stützkraft A und die senkrechte Stützkraft B auf folgende Weise:

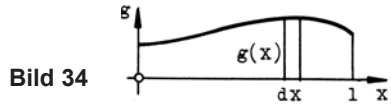
Die Stützkraften A und B können die resultierende Last R nur im Gleichgewicht halten, wenn sich ihre Wirkungslinien auf derjenigen von R schneiden. Die Wirkungslinien von R und B sind bekannt, ihr Schnittpunkt S kann somit sofort bestimmt werden. Durch diesen

2.3.2 Belastung durch Streckenlasten

Im vorangegangenen Abschnitt haben wir die Stützkraften bestimmt infolge gegebener Einzellasten. Wir fragen: Liefert das Eigengewicht des Balkens einen Beitrag zu diesen Stützkraften? Diese Frage, die natürlich bejaht werden muss, führt zu einer zweiten Art von Lasten: zu den Streckenlasten. Nehmen wir zunächst an, der im vorangegangenen Abschnitt behandelte Biegebalken habe einen (über die Balkenachse) nicht-konstanten Querschnitt; der Querschnittsverlauf sei unregelmäßig. Dementsprechend unregelmäßig ist dann natürlich auch der Verlauf des Eigengewichts. Wir können ihn in einem Koordinatensystem darstellen, indem wir etwa $g(x)$ über x auftragen. Auf ein kleines Balkenstück von der (unendlich) kleinen Länge dx

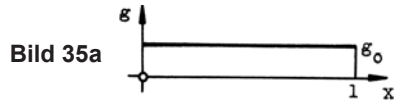
wirkt dann die Last $dG = g(x) \cdot dx$. Indem wir über die Balkenlänge l integrieren, erhalten wir die resultierende Last (das Eigengewicht des Balkens)

$$G = \int_0^l dG = \int_0^l g(x) \cdot dx$$



Der Wert dieses Integrals kann berechnet werden, sobald die Belastungsfunktion $g(x)$ bekannt ist. Der häufig auftretende Sonderfall des gleichbleibenden Querschnittes liefert mit $g(x) = \text{const.} = g_0$ den Wert

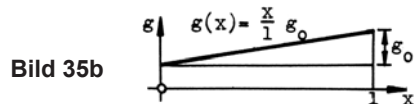
$$G = g_0 \cdot \int_0^l dx = g_0 \cdot [x]_0^l = g_0 \cdot l$$



Der hin und wieder auftretende Fall des linear veränderlichen Querschnitts liefert, wenn wir den oben behandelten konstanten Anteil vorher abspalten, mit

$$g(x) = \frac{x}{l} \cdot g_0 \quad \text{den Wert}$$

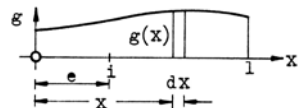
$$G = \frac{g_0}{l} \cdot \int_0^l x \cdot dx = \frac{g_0}{l} \cdot \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^l = \frac{g_0 \cdot l}{2}$$



In einem orthogonalen Koordinatensystem, solange die Lastintensität senkrecht zur Stabachse auf getragen wird, lassen sich die Ergebnisse anschaulich deuten als Fläche unter der Belastungskurve.¹⁵ Man nennt sie dann auch die Lastfläche. Es sei hier schon vorweg bemerkt, dass diese Deutung bei einem schiefwinkligen Koordinatensystem nicht mehr möglich ist.

Neben der oben bestimmten Resultierenden einer Streckenlast interessiert uns das Moment, das diese Streckenlast in Bezug auf einen beliebigen Punkt i ausübt. Wir nehmen an, dieser Bezugspunkt habe den (senkrecht zur Lastrichtung gemessenen) Abstand e vom Koordinaten-Ursprung. Dann liefert die Last $g(x) \cdot dx$ den Beitrag $dM = g(x) \cdot dx \cdot (x - e)$. Wir integrieren diese Beiträge über die Balkenlänge und erhalten

$$M = \int_0^l dM = \int_0^l g(x) \cdot (x - e) \cdot dx.$$

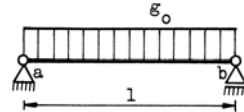


¹⁵ Diese Fläche unter der Lastkurve wird deshalb von uns Bauingenieuren gern (senkrecht) schraffiert.

Der Wert dieses Integrals kann angegeben werden, sobald $g(x)$ bekannt und e gewählt sind. Für den oben genannten Fall $g(x) = g_0$ erhalten wir

- 1) für $e = 0$ (Bezugspunkt in Stützpunkt a):

$$M_a = g_0 \cdot \int_0^l x \cdot dx = g_0 \cdot \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^l = g_0 \cdot \frac{l^2}{2}$$



- 2) für $e = l$ (Bezugspunkt in Stützpunkt b):

$$M_b = g_0 \cdot \int_0^l (x - l) \cdot dx = g_0 \cdot \left[\frac{x^2}{2} - l \cdot x \right]_0^l = -g_0 \cdot \frac{l^2}{2}$$



Für den danach genannten Fall $g(x) = \frac{x}{l} \cdot g_0$ erhalten wir

1) für $e = 0$:
$$M_a = \frac{g_0}{l} \cdot \int_0^l x^2 \cdot dx = \frac{g_0}{l} \cdot \left[\frac{x^3}{3} \right]_0^l = g_0 \cdot \frac{l^2}{3}$$

2) für $e = l$:
$$M_b = \frac{g_0}{l} \cdot \int_0^l (x - l) \cdot x \cdot dx = \frac{g_0}{l} \cdot \left[\frac{x^3}{3} - \frac{l \cdot x^2}{2} \right]_0^l = -g_0 \cdot \frac{l^2}{6}$$

Im Vorgriff auf die in Band 2 dargestellten Schwerpunktsätze stellen wir hier fest: Das Moment einer Streckenlast um einen Punkt i ist gleich dem Moment der (im Schwerpunkt der Lastfläche wirkenden) Resultierenden der Streckenlast um diesen Bezugspunkt.

Mit diesen Vorbemerkungen können wir nun an die Ermittlung der Stützkräfte infolge einer – zunächst gleichmäßig verteilten – Streckenlast gehen.

1. Gleichstreckenlast wirkt entlang der ganzen Balkenlänge

$$\sum H = 0: A_h = 0$$

$$\sum V = 0: A_v + B - 1 \cdot 9 = 0$$

$$\sum M_a = 0: 9 \cdot B - 1 \cdot 9^2 / 2 = 0.$$

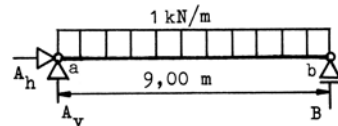


Bild 36 Gleichstreckenlast

Statisch bestimmte Stabwerke

Technische Mechanik für Bauingenieure 1

Wetzell, O.; Krings, W.

2015, VIII, 184 S. 203 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-11459-6