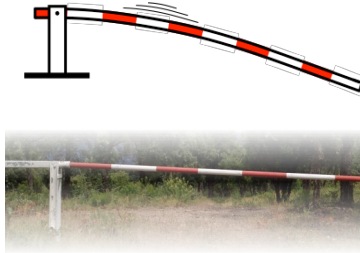


Statik 2

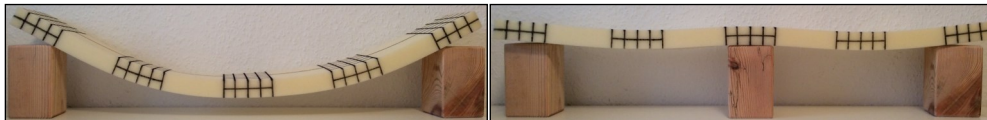
Biegestabilität

Das Durchbiegen von Bauteilen muss möglichst vermieden werden, denn es schränkt ihre Funktionstüchtigkeit ein. Denke nur an eine Eisenbahnschiene: wenige Zentimeter können schon zum Entgleisen eines Zuges führen. Außerdem kann Durchbiegen zum Versagen des Bauteils führen, etwa durch Bruch. Die Biegestabilität ist eine statische Herausforderung. Einige Tricks dafür lernst du hier kennen!



Einfluss der Spannweite

Der Schaumstoff-Biegebalken biegt im rechten Bild viel weniger durch als im linken. Die Ursache liegt in der zusätzlichen Stütze in der Mitte: Sie verringert die **Spannweite** (ℓ , siehe die Randnotiz) und damit auch die **Durchbiegung** (abgekürzt w). Denn die Durchbiegung eines Bauteils steigt mit der Spannweite. Entsprechend sinkt die Biegestabilität mit der Spannweite.



Diese Spannweite zu verringern ist ein so einfacher und zugleich wirksamer Trick, dass er sehr oft angewandt wird — eigentlich immer, wenn es technisch sinnvoll und möglich ist.

1 Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Stützen** leiten die Lasten direkt in den Boden ab; lange Stützen werden auch „Pfeiler“ genannt, kurze „Pfosten“, „Ständer“ oder „Steher“.
- Streben** leiten die Lasten schräg in den Boden oder in eine Stütze der Konstruktion ab.
- Seile** leiten die auf das Bauteil wirkenden Lasten nach oben in ihre Befestigung ab.

Gib an, wie die Bauteile a) bis c) belastet sind!



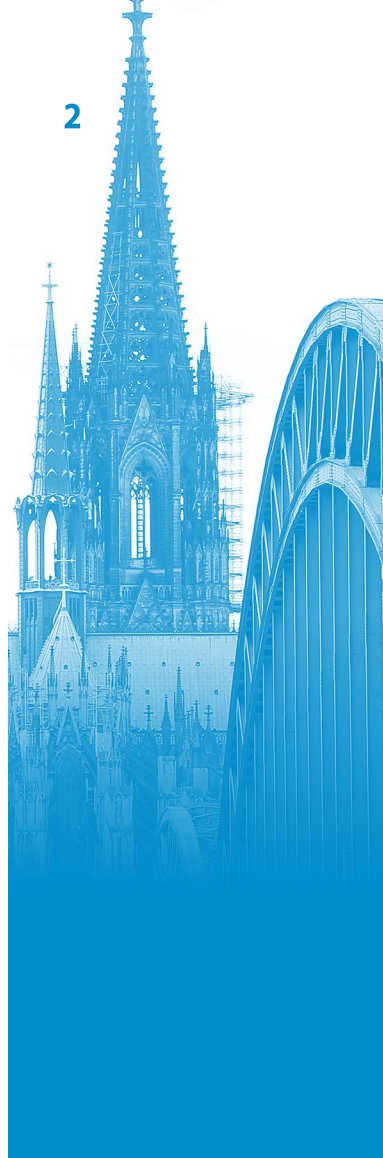
Die **Spannweite** (ℓ) ist der Abstand zwischen zwei Auflagern eines Bauteils (hier sagt man auch Stützweite) bzw. zwischen seinen Aufhängepunkten:



Die **lichte Weite** (ℓ') gibt an, wie weit der Hohlraum zwischen den Befestigungen eines Bauteils ist:



2



Länge, Höhe und Breite

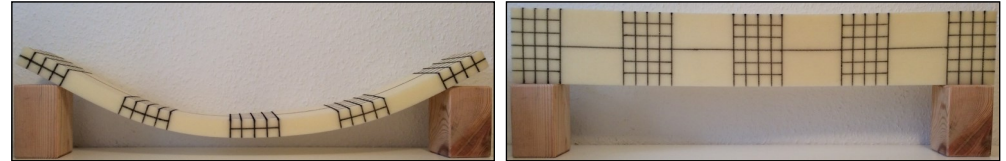
Für die Durchbiegung von rechteckigen Balken gilt:
 $w \sim l^3 / (b \cdot h^3)$.

4

Vergleiche die Bedeutung von Höhe und Breite für die Biegestabilität eines Balkens.

Einfluss von **Höhe** und **Breite**

Ein Bauteil aufzustützen, zu verstreben oder zu verspannen reicht in der Regel für die gewünschte Biegestabilität nicht aus. Oft ist es technisch auch gar nicht möglich. Wichtig ist es daher, auch das Bauteil selbst auszusteifen. Welcher Trick sich dahinter verbirgt, zeigt der Schaumstoff-Biegebalken:

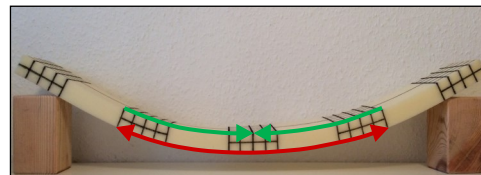


Rechts biegt er viel weniger durch als links, nur weil er hochkant gestellt ist. Die **Durchbiegung** sinkt also mit zunehmender **Höhe (h)**, und die Biegestabilität steigt folglich mit zunehmender Höhe. Doch oft möchte man einen Balken nicht einfach hochkant stellen, z.B. weil seine Auflageflächen dann zu schmal sind. Außerdem ist auch eine gewisse Breite für die Biegestabilität wichtig (s. die Randnotiz). Man kann einen Balken aber durch Profile aussteifen.

2

Baut zu zweit einen **Papierträger** aus drei A4 Blättern und 1 m Tesafilm, der eine 0,5 l Flasche voll Wasser tragen kann! Er muss 20 cm lang und 10 cm breit sein, eine lichte Weite von 16 cm überspannen, und auf ihn muss eine Flasche gestellt werden können. **Nicht erlaubt** sind hier die Tricks von Seite 1 sowie jegliche Befestigungen, z. B. an den Auflagern! Prüft alle Träger vor der Klasse, gerne auch mit 1 l und 1,5 l Flaschen. Was erhöht die Biegestabilität der Träger, was nicht?

Achtung: fake!
Doch wie könnte das funktionieren?



Zur Auswertung der Papierträger-Challenge liefert der Schaumstoff-Biegebalken Erklärungsansätze:

An der Oberseite wird er zusammengedrückt (**Stauchung**), hier wirken **Druckkräfte**. An der Unterseite wird er auseinander gezogen (**Dehnung**),

hier wirken **Zugkräfte**. Im Inneren werden die Fasern gegeneinander verschoben (**Scherung**), hier wirken **Schubkräfte**. Längs verlaufende Strukturen können die Kräfte aufnehmen. Beim Papierträger entstehen bspw. durch Längsfaltung Kanten oben und unten, die Zug- bzw. Druckkräfte aufnehmen können. Außerdem entstehen längs verlaufende Scheiben, die Schubkräfte aufnehmen können (vgl. LernBaustein Statik 1).



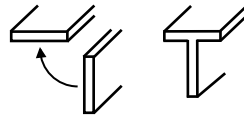
3

Holz ist ein natürlicher Verbundwerkstoff: die Zellulosefasern können Zugbelastungen aufnehmen, die Ligninröhren Druckbelastungen. Biege einen frisch abgeschnittenen Ast mittig solange, bis er bricht. Beschreibe, woran man die Wirkung von Zug, Druck und Schub erkennen kann!

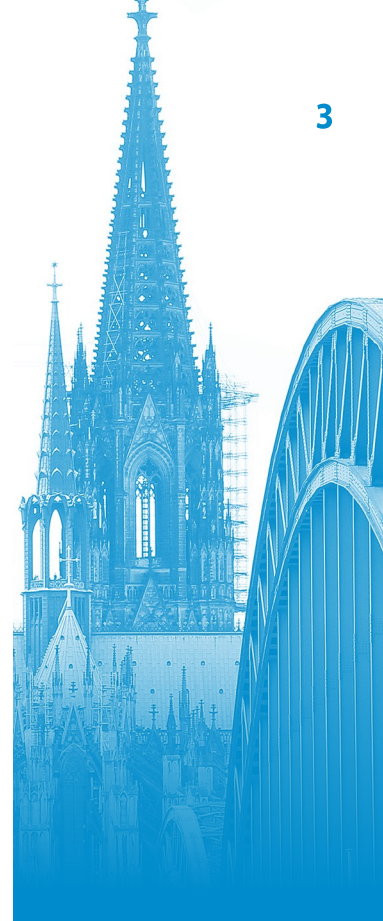


Profile: viele gute Ideen

Wir haben gesehen, dass die Biegestabilität eines Trägers zunimmt, wenn man ihn hochkant auflegt. Damit er nicht seitlich ausweicht, muss er aber auch eine gewisse Breite haben. Die braucht es oft auch, damit der Träger seine Funktion erfüllt. So würde das Überqueren einer Brücke aus einem hochkant aufgelegten Träger zu einem Balanceakt. Man könnte aber unter den breiten, flachen Balken einen weiteren hochkant befestigen. Im Querprofil sieht der Träger dann wie ein T aus.



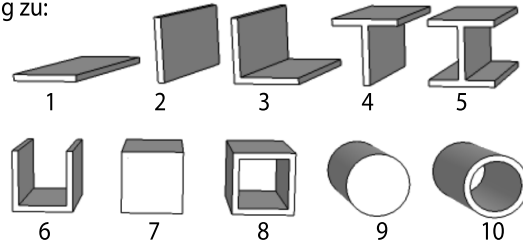
3



5 Technische Profile gibt es in verschiedenen Formen. Gebräuchlich sind die folgenden.

Ordne ihnen eine passende Bezeichnung zu:

- a) U-Profil
- b) L-Profil
- c) Rundrohrprofil
- d) Flachprofil
- e) Rundvollprofil
- f) I-Profil
- g) Vierkantvollprofil
- h) T-Profil
- i) Vierkantrrohrprofil



6 Die Auswahl eines Profils hängt vom konkreten Einsatz ab. Welches Profil eignet sich, ...

- a) ... wenn Kabel darin verlegt werden können sollen?
- b) ... wenn quer darauf wirkende Belastungen von allen Seiten auftreten können?
- c) ... wenn es zwischen zwei Mauern aufgelagert werden soll?

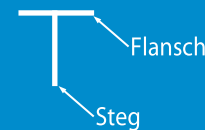
7 Natürlich spielt auch die Stabilität von Profilen eine Rolle bei der Auswahl.

- a) Untersucht für ein Aluminium-Flachprofil die Abhängigkeit seiner Biegestabilität von der Stützweite. Legt dazu das Profil flach auf zwei Auflager und vergleicht seine Durchbiegung bei verschiedenen Stützweiten, indem ihr die Abstände zwischen den Auflagern verändert. Belastet das Profil zusätzlich sehr vorsichtig mit dem Finger. *Achtung: Die Aluminiumprofile sollen nur vorübergehend (elastisch) verformt werden, nicht dauerhaft (plastisch)!* Vergleiche eure Beobachtungen und wertet sie aus.
- b) Untersucht dann den Einfluss von Höhe und Breite. Legt das Profil zunächst flach, dann hochkant auf zwei Auflager und vergleicht seine Durchbiegung.
- c) Ist euch aufgefallen, dass das Flachprofil bei b) in einem Fall viel biegestabiler ist, dafür bei Belastung aber leicht zur Seite ausweicht? Wie verhält sich stattdessen ein T-Profil?

Tipp: Richtig gut gehen diese Versuche mit einfachen Auflagern, in die die Profile flach und hochkant eingelegt werden können (sie dürfen aber nicht eingespannt werden).



Der Querteil beim T-Profil ist der **Flansch** (Plural Flansche), der senkrechte Teil der **Steg**.



Dasselbe gilt für I-, U- und L-Profile. Das I-Profil ist übrigens nach dem römischen I benannt. Es hat also oben und unten einen Flansch.



4

Träger und Ausleger

Träger sind an beiden Enden aufgestützt, wie z.B. in Fahrgestellen und Brücken.



Im Unterschied dazu ragen Ausleger über die Befestigung hinaus, wie etwa bei Schranken oder Kränen.



10

Untersuche an einem Schaumstoff-Biegebalken, welche Kräfte wo in einem Ausleger wirken!

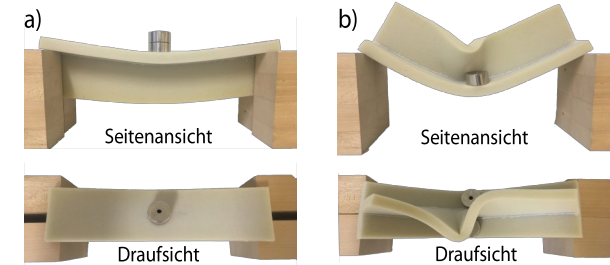
© Erarbeitet von NwT-Lehrkräften
Version 22-12-02

Die Abbildungen sind, soweit nicht anders vermerkt, eigene Werke oder Public Domain. Das Kopieren ist für nichtkommerzielle Unterrichts-, Aus- und Fortbildungszwecke gestattet.

Hintergrund: pixabay.com/photos/cologne-cathedral-hohenzollern-bridge-1507852/ (https://pixabay.com/de/service/license/)

8

Bei manchen Profilen spielt die Ausrichtung eine Rolle für die Biegestabilität. Beschreibe dies anhand nebenstehender Bilder eines T-Profils mit Steg unten (a) bzw. oben (b)!



Bei Profilen in Natur und Technik spielt auch das Eigengewicht eine Rolle. Es macht also Sinn, im Profil an den Stellen Material zu verringern, an denen die Zug-, Druck- bzw. Schubbelastungen gering sind. Rohre (runde und kantige) folgen diesem Prinzip. In der Natur findest Du stabile, leichte Konstruktionen z.B. beim Grasstängel, im Röhrenknochen oder im Federkiel.

9

Erkläre, wodurch bei a bis d jeweils ein Durchbiegen verhindert wird.

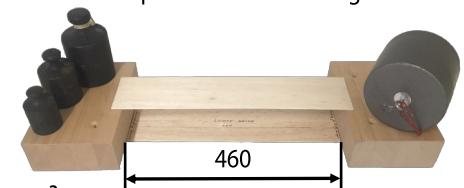


Auf Biegen und Brechen

11

Baut einen **Balsaholzträger** aus drei Brettern (500 mm lang, 100 mm breit, 3 mm dick) und Holzleim. Der Träger soll eine lichte Weite von 460 mm überspannen. Geht wie folgt vor:

- Skizziert verschiedene Träger und stellt sie euch vor. Einigt euch auf eine Idee.
- Legt die Gestalt des Trägers in einer technischen Zeichnung fest. Welche Bauteile sind zu fertigen? Wie oft und durch wen?
- Fertigt die Bauteile und montiert sie dann zum Träger.
- Belastet die fertigen Träger vor der Klasse. Welche Konstruktionen sind stabil, welche nicht? **Achtung: Verletzungsgefahr** durch herunterfallende Gewichte vermeiden!!!



12

Analysiert die gebrochenen Balsaholzträger. Hier ein Beispiel. Welches Bild zeigt die Ober-, welches die Unterseite? Begründe deine Antwort!

