

# Brückenkonstruktionen

Ingenieurskunst zwischen Physik und Funktion.



Abbildung 1: Kapellbrücke, Luzern, Schweiz.



Abbildung 2: Pont du Gard, Provence, Frankreich.



Abbildung 3: Golden Gate Bridge, San Francisco, Kalifornien.

Primäre Funktion einer Brücke ist die Überwindung eines Hindernisses zwischen zwei Punkten. Sie dient also beispielsweise der gefahrlosen Überquerung eines Flusses. Ganz grob können Brücken nach deren Baustoff (Stein, Holz, Beton, Stahl usw.), nach deren Aufgabe (Fussgängerbrücke, Strassenbrücke, Eisenbahnbrücke usw.) oder nach deren Konstruktion (Balkenbrücke, Bogenbrücke, Seilbrücke usw.) eingeteilt werden. Nachfolgend stehen schwerpunktmässig die Konstruktionsprinzipien im Zentrum. Brücken sind ideale Beispiele aus der Lebenswelt der Kinder, um technische Anlagen näher zu untersuchen und die folgenden Kompetenzformulierungen aus dem Lehrplan 21 zu bearbeiten: «Die Schülerinnen und Schüler können spielerisch und modellartig technische Geräte und Anlagen nachkonstruieren und dabei Vermutungen zu Konstruktion und Funktion anstellen sowie reale Beispiele suchen und beschreiben.» (NMG.5.1b). Brückenkonstruktionen eignen sich zudem, um gemeinsam über die Wirkung von Kräften nachzudenken: «Die Schülerinnen und Schüler können Wirkungen von Kräften in Alltagssprache beschreiben.» (NMG.3.1c)

## Grundformen der Tragwerke

Das Tragwerk umfasst im Bauwesen die Konstruktion, welche für die Standsicherheit eines Bauwerks verantwortlich ist. In der Fachliteratur wird bei Brücken häufig zwischen drei Grundformen von Tragwerken unterschieden: Balken,

Bogen und Seil (Bühler, 2004). In Abbildung 1 bis 3 sind diese Grundformen gut erkennbar. Für die Kapellbrücke wurden Pfähle in den Untergrund gerammt und anschliessend *Balken*, welche den weiteren Brückenaufbau und die Fussgänger tragen, horizontal darübergelegt. Beim Pont du Gard, einem bekannten römischen Aquädukt in Südfrankreich, fällt die Konstruktion mit den übereinander gelagerten *Bögen* ins Auge. Bei der Golden Gate Bridge sind die *Seile*, welche die Fahrbahn in der Schwebe halten, gut zu erkennen. Die Elemente Balken, Bögen und Seile sind bei den meisten Brückenbauwerken auch für Laien leicht erkennbar. Aber weshalb kommen in der Konstruktion von Brücken gerade diese Elemente zum Einsatz? Das hat mit der Aufnahme von Kräften und somit mit Physik zu tun.

## Wirkende Kräfte

Eine Brücke soll in erster Linie stabil sein. Stabilität bedeutet im Brückenbau, dass der Gewichtskraft der Brücke (inkl. passierende Objekte) entsprechende Kräfte *entgegengesetzt* werden müssen, denn Kräfte treten immer gepaart auf. Beim Brückenbau wird zwischen äusseren Kräften (Gewichtskraft), inneren Kräften (Spannungen) und Auflagekräften (Gegenreaktion im Untergrund) unterschieden. Die schematische Balkenbrücke in Abbildung 4 illustriert diese Kräfte. Die Masse des Balkens erfährt eine Gewichtskraft, welche gegen den Erdmittelpunkt gerichtet ist. Diese Kraft wird durch die Auflagekräfte (schwarz), welche entgegengesetzt wirken, aufgenommen. Bei der Belastung des Balkens durch ein Fahrzeug erhöhen sich die Auflage-

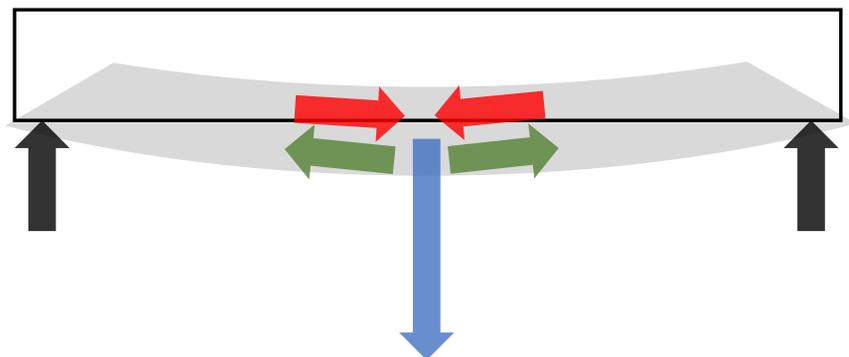


Abbildung 4: Äussere Kräfte (blau), Auflagerkräfte (schwarz) und innere Kräfte (rot für Druckkräfte, grün für Zugkräfte) im Balken (Quelle: Bühler, 2004, S. 26)

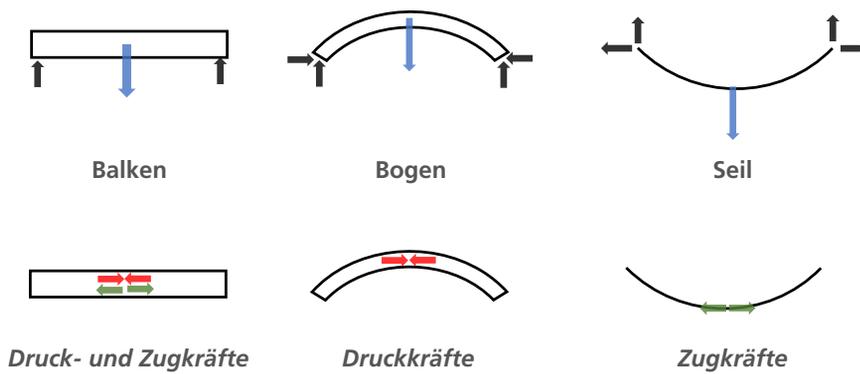


Abbildung 5: Die drei Grundformen von Tragwerken (Quelle: verändert, nach Bühler, 2004, S. 23)

kräfte entsprechend. Der Balken biegt sich leicht durch. Dies führt zu inneren Druckkräften in der oberen Hälfte des Balkens (rot) und zu Zugkräften im unteren Teil des Balkens (grün). Diese inneren Kräfte werden auch als Spannungen bezeichnet.

Abbildung 5 zeigt die wirkenden Kräfte bei den Grundelementen Balken, Bogen und Seil. Die äusseren Kräfte (blaue Pfeile) und die Auflagerkräfte (schwarze Pfeile) in der oberen Reihe, die auftretenden inneren Kräfte in der unteren Reihe. Bei den inneren Kräften ist es wichtig zu erkennen, dass bei Balken sowohl Druck- und Zugkräfte entstehen, während bei Bogenbrücken Druckkräfte und bei Seilkonstruktionen Zugkräfte vorherrschen. Statiker bezeichnen Bögen deshalb gerne als Druckbögen und Seile als Zugseile. Als Auflager werden die Stellen bezeichnet, welche die Kräfte aufnehmen.

### Physik bei Brücken – zu schwierig für Kinder?

Der Kraftbegriff ist in der Physik von grundlegender Bedeutung, um physikalische und technische Phänomene zu beschreiben. Zur Veranschaulichung einer Kraft eignet sich der Pfeil, weil damit der Angriffspunkt (Pfeilfang), der Betrag (Pfeillänge) und die Richtung bezeichnet werden kann. Die Schwierigkeit für Lernende besteht darin, dass sich der physikalische Begriff «Kraft» nicht mit unseren Sinnen

wahrnehmen lässt. Ist das Thema also nicht viel zu abstrakt für vier- bis achtjährige Kinder? Die praktischen Erfahrungen beim Bauen und Experimentieren sind wesentlich für das weitere Lernen, da nur *die Wirkung* von Kräften erfahrbar ist. Bei Konstruktionsspielen sammeln die Kinder anschlussfähige Erfahrungen zur Wirkung von Kräften, die es möglich machen, den abstrakten physikalischen Begriff «Kraft» später nachzuvollziehen (s. auch S. 28 + 29). Im Kontext von Brücken geht es also darum, die Wirkung von Kräften zu beobachten und in Alltagssprache zu beschreiben (vgl. NMG.3.1c). Die Aussage «Die Brücke ist eingestürzt, weil ein zu schwerer Lego-LKW darübergefahren ist» illustriert das altersgemässe Verständnis des Kindes. Neben der Wirkung von Kräften geht es aber auch darum, dass die Kinder Überlegungen zur Konstruktion von Brücken anstellen (vgl. NMG.5.1b). Einfache Konstruktionsprinzipien sind im Gegensatz zum physikalischen Kraftbegriff leichter zu erkennen. Wenn ein Kind beim Betrachten von Brücken die Grundformen Balken, Bögen und Seile erkennt und solche Elemente in Spielkonstruktionen anwendet, zeigt es damit Konstruktions- und Baukompetenz.

### Brückenspaziergang in der Stadt Luzern

Die drei Grundelemente Balken, Druckbogen und Zugseil sind von zentraler Bedeutung und bestimmen auch weitgehend das Erscheinungsbild des Bauwerks. Auf einem kurzen Rundgang durch die Stadt Luzern begegnen wir drei verschiedenen Brückentypen. Wir überqueren den Reussteg, die Spreuerbrücke und die Fussgängerbrücke am Kasernenplatz.

Die Grundelemente Balken, Bogen und Seil lassen sich dann auch tatsächlich rasch entdecken.



Abbildung 6: Reussteg. Abbildung 7: Spreuerbrücke. Abbildung 8: Fussgängerbrücke am Kasernenplatz.

**Beim Reussteg** handelt es sich um einen leicht gebogenen Längsbalken aus Stahl. Die Gewichtskraft der Brücke wird hauptsächlich an den beiden Auflagern am linken und rechten Ufer und zusätzlich durch Stützen am Grund der Reuss aufgenommen.

**Bei der Spreuerbrücke** fällt der Bogen auf der Nordseite auf, welcher das Gewicht der Brücke gegen aussen abstützt.

**Die Fussgängerbrücke am Kasernenplatz** bringt schliesslich Zugseile ins Spiel. Diese Brücke besteht aus einem Bogen aus zwei Stahlrohren, die rechts und links auf einer massiven Betonkonstruktion aufliegen. An diesem Bogen hängen die Querträger, auf denen der Gehweg (Balken) aufliegt.

Nicht nur in Luzern ist es sehr anregend, die eine oder andere Brücke vor Ort zu erkunden. Die Beobachtungen der Kinder werden sich in Zeichnungen, im Konstruktionsspiel und im Sprachgebrauch wiederfinden und einen wesentlichen Teil zur technischen Bildung beitragen.

Im Downloadbereich finden Sie Detailbilder und zusätzliche Informationen zur Spreuerbrücke [📄](#) [📄](#).

#### Dr. Ueli Studhalter

ist Dozent für Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG) an der PH Luzern sowie Mitautor des Dossiers 2/2019 «Erstaunliche Bauwerke».

#### Literatur:

- Bühler, D. (2004). *Brückenbau im 20. Jahrhundert: Gestaltung und Konstruktion*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.