

## Das Spiel der Kräfte

In diesem Arbeitsblatt werden Fragen und Aufgaben gestellt zu folgenden Exponaten:

- Begehrbarer Bogen und Kettenlinienbogen
- Flaschenzug
- Zählwaage
- Hochsprungfoto



1. Gehe zu den beiden Stationen **Begehrbarer Bogen** und **Kettenlinienbogen**.  
Probiere sie aus und suche Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

---

---

2. Welche Arten von Kräften treten in beiden Stationen auf?

---

---

3. Besuche nun die Station **Flaschenzug**. Worum geht es hier? Finde eine Erklärung und schreibe die zugrundeliegenden physikalischen Gesetze auf.

---

---

*Übrigens: Mehr über Flaschenzüge erfährt man bei den **Flaschenzugsitzen**. Hier kannst du Münchhausen spielen und das Prinzip des Flaschenzugs an dir selbst ausprobieren.*

4. Nun weißt du sicher gleich, nach welchen Gesetzmäßigkeiten die **Zählwaage** funktioniert. Notiere deine Antwort hier:

---

---

5. Die Zählwaage hat eine praktische Anwendung. Wofür ist das Prinzip einer Zählwaage geeignet?

---

---

6. Bewegung ist gesund: Lass dich an der Station **Hochsprungfoto** zur Entspannung fotografieren. Woher weiß die Kamera, wann sie auslösen muss? Auch hier geht es um Kräfte ... Such dir einen Klassenkameraden bzw. eine -kameradin aus und erklärt euch gegenseitig, wie die Station funktioniert.



## Behandelte Exponate:

### Begehbare Bogen und Kettenlinienbogen

Der Zusammenhalt des **Begehbaren Bogens** beruht darauf, dass die Steine nicht rechteckig, sondern keilförmig zugeschnitten sind. Setzt man sie zu einem Bogen zusammen, zeigen alle Fugen zum Mittelpunkt des Bogens.

Betritt man die Brücke jetzt in der Mitte, so wird die Kraft, die dabei auf den Bogen wirkt, über die einzelnen Steine nach außen an die beiden Widerlager abgeleitet. Weil diese fest mit dem Untergrund verbunden sind, können sie die Kraft auffangen und die Brücke damit zusammenhalten. Die Technik, die hier zum Bogenbau benutzt wird, kannten und verwendeten schon die Römer. Auch beim Gewölbekbau kommt diese Bautechnik zum Einsatz.

Was eine **Kettenlinie** ist, kann man mit einer alten Fahrradkette herausfinden. Hält man deren Enden in je einer Hand, hängt sie nämlich genau in dieser Form herunter – bis man sie durch vorsichtiges Kippen aufrichtet. Jetzt hat man einen Bogen geschaffen: einen Kettenlinienbogen! Betrachtet man die einzelnen Schnittflächen der Bausteine, erkennt man, dass sie immer senkrecht zum jeweiligen Bogenelement stehen. Dadurch können die Druckkräfte nur in Richtung des Bogens weitergegeben werden, bis sie auf festen Untergrund treffen und an ihn abgegeben werden. Treten keine seitlichen Zug- und Schubkräfte auf, erhält der Bogen damit höchste Stabilität.

### Flaschenzug

Beim Ziehen eines schweren Betonklotzes über eine Holzunterlage kann der Besucher erfahren, wie kräftesparend ein Flaschenzug im Vergleich zu direktem Krafteinsatz sein kann.

An dem Ende, an dem das Seil direkt mit dem Betonklotz verbunden ist, muss man die ganze Kraft, die zum Bewegen des Betonklotzes nötig ist, selbst aufbringen. Entsprechend schwer fällt es, das Seil zu ziehen. Am anderen Ende hingegen wird das Tau über einen sogenannten Flaschenzug umgelenkt, wodurch das Ziehen deutlich leichter fällt. Dieser sorgt durch seine Rollen dafür, dass der Klotz von mehreren parallelen Seilstücken gezogen wird. Jedes Teilstück übernimmt den gleichen Anteil an Kraft, die benötigt wird, um den Klotz zu verschieben.

**Alltagsbezug:** Flaschenzüge werden auch heute noch benutzt, um schwere Lasten zu heben oder zu ziehen, so zum Beispiel an den Hakenvorrichtungen von großen Baukränen oder aber in der Schifffahrt zum Segelsetzen.

### Zählwaage

Mit einer Zählwaage kann man Gegenstände nicht nur wiegen, sondern auch zählen, wenn es sich um Dinge mit gleichem Gewicht, wie etwa Schrauben, Muttern oder Plastikteile oder in unserem Fall Holzwürfel handelt. Das ermöglicht ihre komplexe Konstruktion aus mehreren Balken mit drei Waagschalen und getrennten Auflagepunkten. Für die verschiedenen Längenverhältnisse links und rechts vom Auflagepunkt kann man mit dem Hebelgesetz die Verteilung der Kräfte beschreiben.

Bei der Zählwaage ist das Verhältnis der Entfernungen von der linken und der mittleren Waagschale zum Auflagepunkt 10:1. Das bedeutet, in der großen Schale muss sich im Vergleich zur linken Schale das zehnfache Gewicht befinden, damit die Waage im Gleichgewicht ist. Befinden sich z.B. in der linken Schale sechs Würfel, kann man bei Gleichgewicht in der großen Schale 60 Würfel „zählen“.

In gleicher Weise ergibt sich für die rechte Schale zur mittleren Schale ein Verhältnis von 100:1. Auch eine Kombination gleicher Gegenstände in den beiden kleinen Schalen ist möglich, sodass die Zählwaage beim anschließenden Auffüllen der großen Schüssel bis zum Gleichgewicht zum Zählen gleicher Dinge benutzt werden kann.

### Hochsprungfoto

Die Kraftmessplatte misst den Kraftstoß, den die Besucher zum Hochspringen einsetzen, d.h. die zu- und wieder abnehmende Sprungkraft und die Länge der Zeit, die diese Sprungkraft wirkt. Dieser Verlauf wird im Diagramm dargestellt. Ein Computer berechnet daraus in Echtzeit den höchsten Punkt der Bewegung, noch bevor der Springende dort angekommen sind. Im höchsten Punkt, also im Moment der Bewegungsumkehr wird dann ein Schnappschuss gemacht.

## Didaktisch-methodische Hinweise und Tipps:

Die **Lösungen** zu den Aufgaben 1, 3, 4, 5, 6 ergeben sich aus den Beschreibungen der Exponate. – Lösung zu Aufgabe 2: Zugkräfte, Schubkräfte, Druckkräfte

## Unterrichtsfächer und behandelte Inhalte in Stichworten:

- Physik, Technik, Mathe
- Kraft, Arbeit = Kraft x Weg (Goldene Regel der Mechanik), Hebelgesetz
- Masse, Stückgut zählen, Verhältnisse, Grundrechenarten