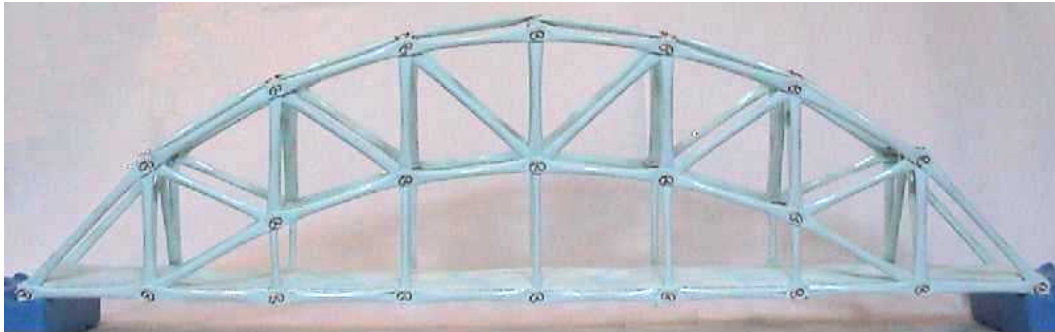


Versuchsbeschreibungen zu Versuch III: Papierbrücke

Betreuerversion

Versuch III
Papierbrücke - Betreuer



Bei diesem Versuch geht es darum, aus handelsüblichem Drucker-Papier eine Brücke zu bauen, die verschiedene Bedingungen erfüllt, wie zum Beispiel Eigengewicht und Traglast. Durch Falten, Knicken und Klebstoff soll eine stabile Konstruktion entstehen.

Am Anfang wird kurz auf die Stabilität von Papier eingegangen. Einige Strukturen zur Erhöhung der Festigkeit werden vorgestellt. Anschließend wird auf Statik eingegangen und Bilder von Beispielen gezeigt. Danach sollen die Kinder ihre eigenen Brücken bauen, wobei das Ziel vorgegeben ist. Als Material wird einfaches Druckerpapier DIN A 4, Kleber, Schere, Stifte und Lineal verwendet. Durch Basteln von Konstruktionen wie Flächen und Verstrebungen gilt es einen Abstand von 40 cm zu überbrücken. Anschließend wird das Bauwerk gewogen und die Tragfähigkeit mit Gewichten getestet. Dabei soll die Brücke nicht bis zu ihrer Zerstörung belastet werden.

Lernziel:

- Kreative Ideen bei Konstruktion und Bau der Brücke umsetzen
- Leichtbau
- Arbeiten im Team

Zeitplan:

Insgesamt 2h

- 10-15 Minuten Einführung Papier
- 10-15 Minuten Strukturen erläutern und ausprobieren
- 1-1,5 Stunde Bauen
- 10-15 Minuten wiegen und testen der Bauwerke

Statik:

Das erste Thema ist der Aufbau von Brücken, also Statik.

Die zu bauenden Brücken sollen an zwei Punkten bzw. Flächen rechts und links aufliegen. Die Last soll später mittig angesetzt werden. Die Fläche der Fahrbahn soll ausreichen, um ein Spielzeugauto von einer Seite zur anderen fahren zu lassen.

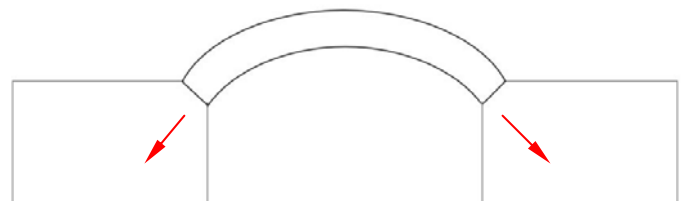
Im Brückenbau gibt es viele verschiedene Modelle: Bogenbrücke, Fachwerkbrücke, Plattenbrücke, Balkenbrücke, Hängebrücke etc.

Man kann die Bauarten in drei Hauptgruppen unterteilen, wobei das Verhältnis der Konstruktion im Vergleich zur Schwerkraft maßgebend ist.

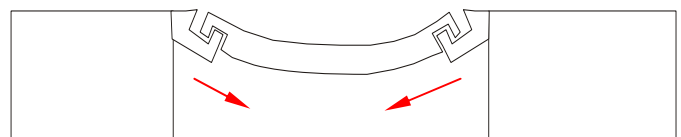
Balkenbrücke: Die Kraft wird durch die Auflageflächen vertikal nach unten übertragen.



Bogenbrücke: Die Kraft wird dem Bogen nach auf die Lager übertragen



Hängebrücke: Die Lager werden auf Zug beansprucht, die Brücke hängt durch

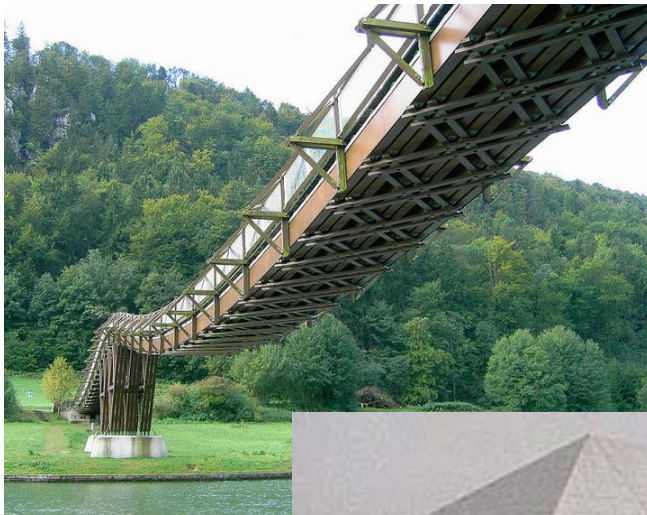


Bogen- und Hängebrücken sind aufwendiger zu bauen. Es ist komplizierter, runde Formen zu machen als gerade Teile. Aber natürlich soll den Kindern keine Vorgabe gemacht werden. Sie sollen mit ihrer Kreativität und ihrem Entdeckergeist die Stabilität ihrer Brücken testen. Der Betreuer kann Tipps geben, welche Konstruktionen stabiler sind.

Die verschiedenen Typen können natürlich auch beliebig miteinander verbunden werden.

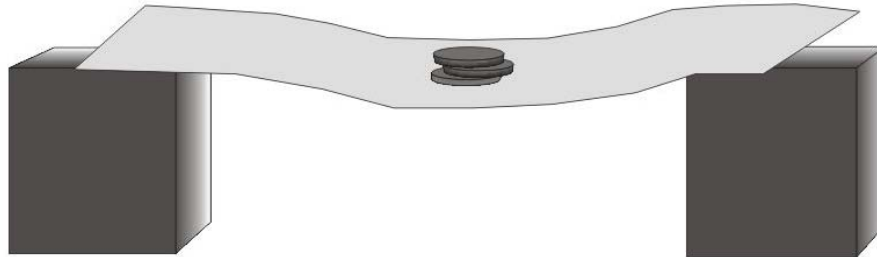






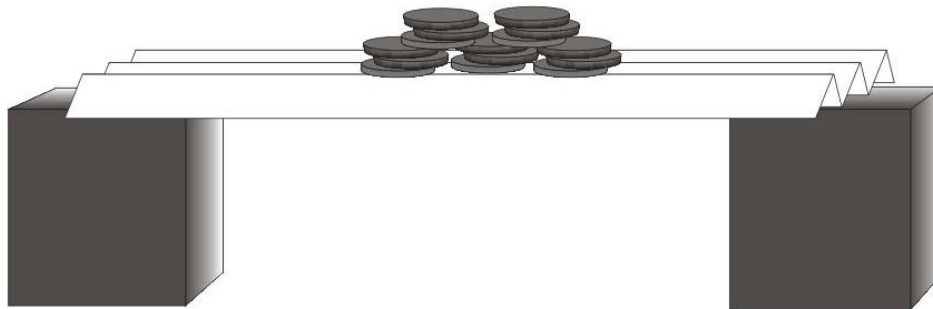
Einführung Papier

Ein einzelnes glattes Blatt Papier ist nur bedingt stabil. Legt man es über einen Spalt zwischen zwei Blöcken und belastet es zum Beispiel mit ein paar Münzen, gibt es sehr schnell nach.



Einzelnes Blatt Papier ungefaltet

Wird es jedoch vorher verformt, geknickt oder gefaltet steigt die Belastbarkeit stark.



Einzelnes Blatt Papier gefaltet

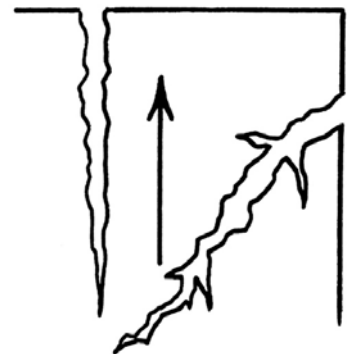
Laufriichtung:

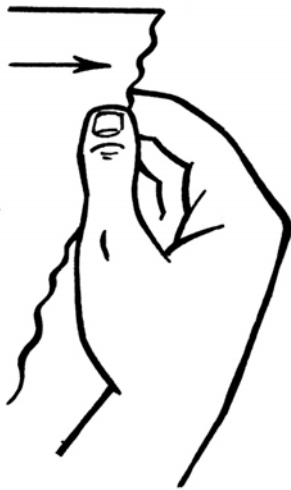
Papier hat in seiner Struktur schon eine gewisse Steifheit. Bei der Herstellung von Papier werden die Fasern zur Laufriichtung der Rollen hin orientiert. Nun kommt es auf den Schnitt der einzelnen Blätter an. Werden sie der Länge nach mit der Laufriichtung geschnitten, sind sie – der Länge nach – nicht so stabil wie Blätter die quer zur Laufriichtung geschnitten sind.

Gut zu beobachten ist das in einem Buch. Die Laufriichtung der einzelnen Seiten ist von oben nach unten. Wäre die Orientierung der Fasern quer, also in Richtung der Schrift, wären die Seiten beim Umblättern widerspenstiger.

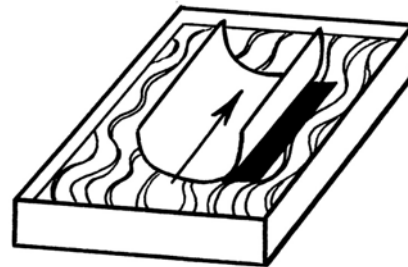
Zur Feststellung der Laufriichtung gibt es mehrere Möglichkeiten:

- **Reißprobe:** Man reißt das rechteckig geschnittene Papierblatt in beiden Richtungen ein. In der Faserrichtung (Laufriichtung) geht das Reißen leichter und der Einriss ist gerade. In der Querrichtung parallel zur Bahnbreite ist beim Einreißen ein größerer Widerstand festzustellen und der Einriss verläuft ungleichmäßig.





- **Nagelprobe:** Man zieht die Kanten des zu prüfenden Papierbogens in beiden Richtungen zwischen den Nägeln des Daumens und des Zeigefingers hindurch. In der einen Richtung der Bahnbreite ergeben sich dabei stärkere Wellen. Der Faserlauf geht parallel mit der glatten Kante des Bogens.



- **Feuchtigkeitsprobe:** Man feuchtet einen Abschnitt auf einer Seite leicht an und legt ihn mit der angefeuchteten Seite auf etwas Wasser oder hält ihn kurz in der Handfläche und das Papier rollt sich quer zur Laufrichtung.

Jedoch steht diese interne Steifigkeit des Papiers bei diesem Versuch eher im Hintergrund. Vielmehr beeinflussen Falten, Knicken, Einrollen die Tragfähigkeit der Bauwerke. Falten gegen die Laufrichtung werden geringfügig steifer.

Strukturen:

Zu Beginn des Experiments wird den Schülern erst einmal ein Gefühl für die Tragfähigkeit gegeben. Wie in den zwei Bildern 1 und 2 wird der Unterschied zwischen einem glatten Blatt und einem gefalteten Blatt gezeigt. Dinge wie Wellpappe oder Welldach können als Beispiele erwähnt werden.

Danach wird mit der ganzen Gruppe nach weiteren Möglichkeiten gesucht, um Papier stabiler zu machen.

Hier sind die meisten Verfahren aufgeführt:

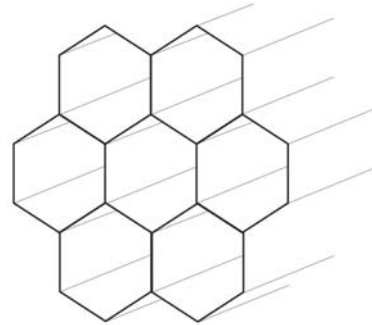
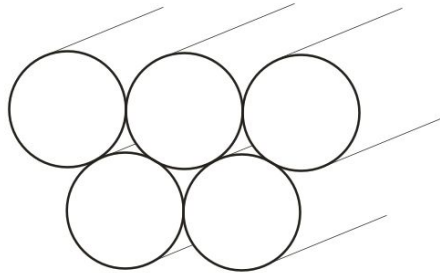
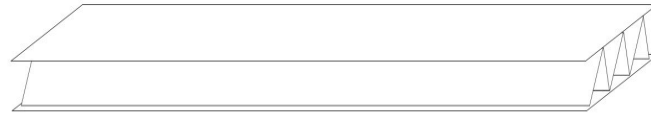
- **Einrollen:**
erhöht die Steifigkeit auf
Druck längs der Achse



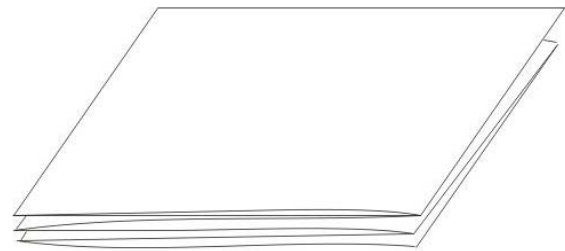
- **Falten und Knicken:**
Schon das Zerknüllen von Papier erhöht die Steifigkeit. Die dadurch entstandenen Knicke tragen zur Stabilität bei.
Symmetrische Knicke ergeben eine noch stabilere Struktur.



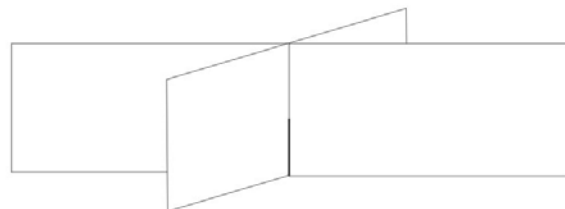
- **Waben:**
Fertige Strukturen kommen auch in der Natur und im Alltag vor: Bienenwaben zum Beispiel oder Wellpappe



Mehrfach übereinander gelegte Blätter, wahlweise noch mit Klebstoff miteinander verbunden ergeben belastbare Flächen.



- **Gesteckt:**
Stecken ist eine einfache Alternative, um Teile miteinander zu verbinden. Hier erhöht sich die Steifigkeit auch durch das Hochkantstellen des Papiers.



Bau der Brücken:

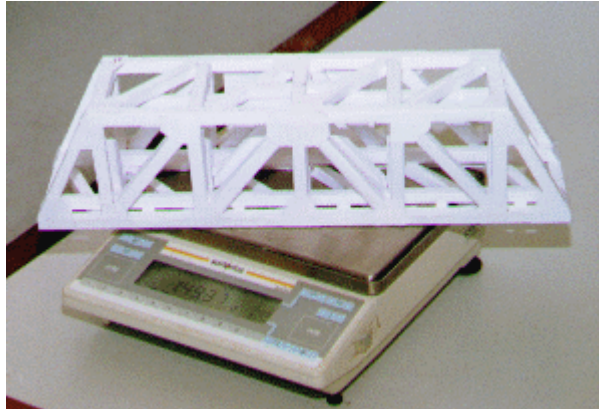
Nach dieser Einführung können die Gruppen beginnen ihre Brücken zu bauen. Hierbei soll als Ziel eine vorgegebene Länge von 40 cm überbrückt werden. Man kann diesen Abstand leicht mit zwei Stühlen aufbauen.

Aus dem Brückenbau kann eine Art Wettbewerb gemacht werden:

- Welche Brücke ist am leichtesten?
- Welche Brücke hält am meisten Gewicht aus
- Welche Brücke hält im Vergleich vom Eigengewicht die höchste Traglast aus?

Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass bei dem Test die Brücken nicht zerstört werden.

Einzige Materialien sind Klebstoff, Scheren, DIN A 4 Papier, Lineal und Buntstifte.



Für den Papierbrückenbau gibt es auch Wettbewerbe die von verschiedenen Hochschulen für Studiengänge wie Bauwesen und Architektur ausgerichtet werden. Die Bauwerke, die sich hier ergeben, sind bis ins kleinste Detail optimiert und können Lasten von über 300 kg tragen. Für die Masse und die Ausmaße der Konstruktion sind dort Rahmenbedingungen gegeben.