

Bau einer Leonardo-Brücke



Aufgabe und Beschreibung

*„... Brücken, mit denen der Feind verfolgt und in die Flucht geschlagen werden kann, ...
...Brücken, die Feuer und Kampfhandlungen standhalten und bequem gehoben und gesenkt werden können. ...“*

(Aus Leonardo da Vincis Bewerbungsschreiben an seinen späteren Dienstherrn Ludovico da Sforza, 1483)

Mit Hilfe einer bestimmten Anzahl von kleinen Latten bauen die Schüler allein oder in Gruppen eine Brücke über einen „Fluss“. Dabei sind die Latten einzeln jeweils kleiner als die „Flussbreite“. Nägel, Schrauben, Leim, Schnur oder andere weitere Hilfsmittel sowie das Einkerbten der Latten sind dabei nicht zugelassen.



Material

- › Kaminstreichhölzer (10 cm – 30 cm lang)
oder
- › etwa 24 gleiche, flache, sägerauhe und quaderförmige Konstruktionshölzer
(z. B. 2,4 cm x 4,8 cm x 60 cm) (→ Flussbreite etwa 100 cm); Kosten: Baumarkt: 2 € – 5 €
- › Präsentation [Leonardo_Bruecke.ppt](#)
- › ausführliche mathematische Informationen
[Leonardo_Bruecke_HG.doc](#)

Hinweis: Bei Science-shop.de ist ein Bausatz mit 32 Buchenholzleisten (365 mm x 45 mm x 6 mm) für 69,90 € erhältlich.



Durchführung

(1) Von klein nach groß

Die Durchführung mit normalen Streichhölzern (kleiner Größe) erfordert größte Sorgfalt und Geschicklichkeit und führt nicht zu schnellen Erfolgserlebnissen. Die Schüler sollten sich deshalb zuerst mit Kaminstreichhölzern das physikalische und bauliche Prinzip erarbeiten, bevor die Leonardo-Brücke dann mit den Konstruktionshölzern gebaut wird. Unterstützend kann hier immer wieder die Präsentation [Leonardo_Bruecke.ppt](#) eingesetzt werden.

Um Brücken mit größerer Spannweite zu bauen, können die Schüler neben den nachfolgend geschilderten Möglichkeiten auch von zwei kleineren Brücken ausgehen und diese dann zu einer großen Brücke zusammenfügen.

Bei den Belastungsproben durch Schüler muss immer dafür Sorge getragen werden, dass sich die Schüler nicht verletzen, wenn die Brücke zusammenfällt.

(2) Physikalisches Prinzip, Bauanleitung

Das Bauprinzip verwendet den sog. „Selbsthemmungsmechanismus“, bei dem das System sich selbst bei Belastung verfestigt.

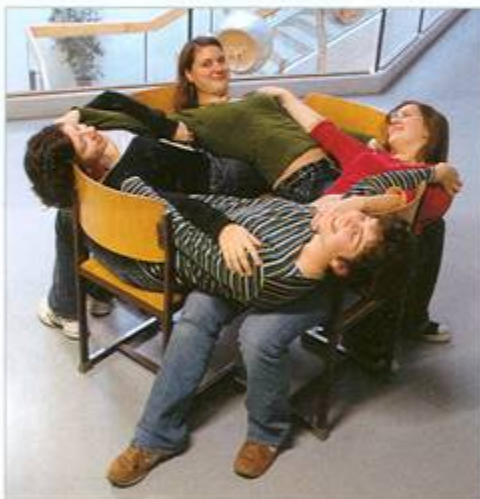


Ohne die beiden Querhölzer könnte man das System nur mit Seil oder Nägeln stabilisieren.

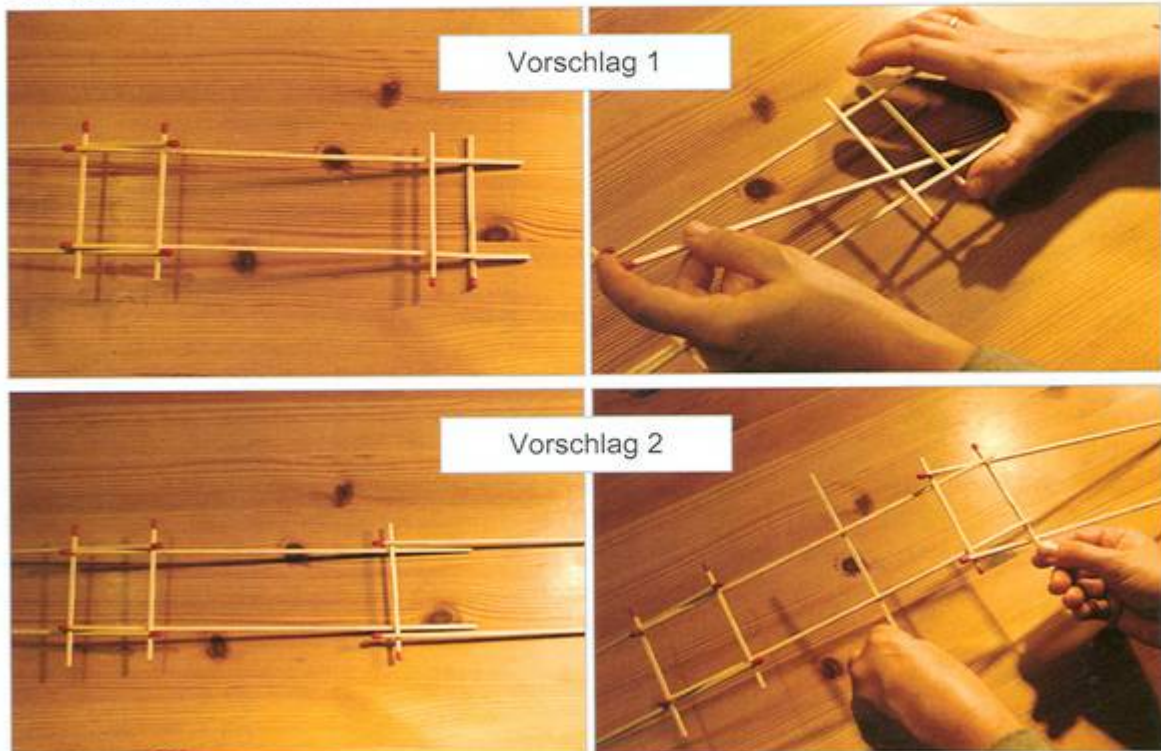
Der Selbsthemmungsmechanismus des Systems hängt von der Haftung der Hölzer aneinander ab. Je rauer die Hölzer, desto besser für die Festigkeit des Brückenbogens. Dabei gilt für die Beziehung zwischen dem Anstellwinkel α und dem Reibungskoeffizienten μ_H : $\tan \alpha \leq \mu_H$ (Haftbedingung, unabhängig von der Belastung der Brücke). Die obere Grenze für die Haftkraft $F_{RH} = \mu_H \cdot F_N = \mu_H \cdot F \cdot \cos \alpha$ wächst mit der Last an (siehe (3)). Diese Verfestigung kann man beim Belasten mit der Hand „spüren“.

Der Spannweite der Brücke ist neben der Haftbedingung („Statik“) aber noch eine weitere Grenze gesetzt: Geometrisch bedingt ergibt sich ein größter Wert der Spannweitenfunktion $L(\alpha)$ (siehe (3)). Welche Grenze bestimmend ist, hängt von μ_H und dem Dickenverhältnis d/ℓ' ab.

Das Verschlussprinzip von Leonardo verwenden wir häufig bei Faltschachteln oder Umzugskartons („Vierlaschenverschluss“). Dieses Prinzip kann den Schülern auch in Form einer Teamübung (im Bild Schüler eines Wahlkurses „Fit for the Job“) erfahrbar gemacht werden:

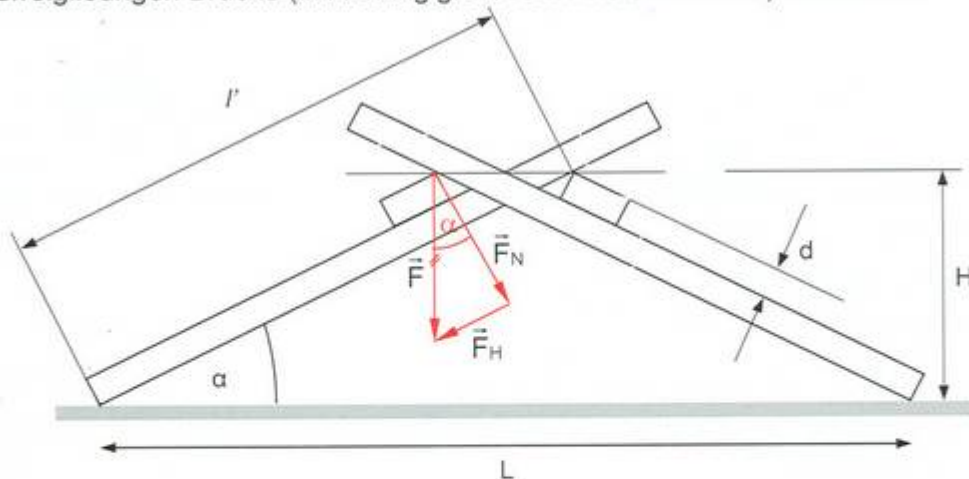


Nach dem Bau der eingliedrigen Brücke mit sechs Hölzern lässt sich die Brücke modular mit jeweils vier weiteren Hölzern erweitern, und zwar so lange, bis die äußeren Bretter zu steil werden und abrutschen:



(3) Mathematische Überlegungen

Mit Hilfe des Dokuments [Leonardo_Bruecke_HG.doc](#) können sich die Schüler ausführliche mathematische Informationen über die Spannweite L und die Höhe H einer ein- bzw. zweigliedrigen Brücke (in Abhängigkeit vom Anstellwinkel α) erarbeiten:



So gilt bei der eingliedrigen Brücke $L = 2 \cdot \left(\ell' \cdot \cos \alpha - \frac{d}{\sin \alpha} \right)$ und $H = \ell' \cdot \sin \alpha$.