

Einleitung: In diesem zweiteiligen Versuch sollen Sie die Grundlagen der Statik ergründen und sich mit den ausschlaggebenden Kräfteverhältnissen auseinandersetzen. Dazu sollen Sie sich bei der römischen Brücke mit der Aufteilung und Weiterleitung von Kräften beschäftigen und im zweiten Aufgabenteil sollen Sie sich als Brückenkonstrukteure versuchen.

Teil 1 – Römische Brücke:

Material: Bausatz für eine römische Brücke

Aufgabe: Setzen Sie die vorliegenden Teile so aneinander, dass ein geschlossener Bogen entsteht. Sobald dieser geschlossen ist, ist die Brücke äußerst tragfähig. Wenn Sie möchten, können Sie sich vorsichtig auf die Mitte der Brücke stellen. Diese wird Sie tragen!



Abbildung 1: Foto der römischen Brücke während deine Person auf dieser steht

Tipp: Bauen Sie die Brücke im Liegen auf, und stellen Sie diese dann auf, indem Sie gezielt auf den obersten Stein drücken. Steht die Brücke, richten Sie die einzelnen Steine genau aus.

Diskutieren Sie, welche Kräfte an welcher Stelle angreifen und zeichnen Sie diese in der Abbildung 1 (nächste Seite) ein.

Diskutieren Sie ihr Ergebnis mit dem Betreuer.

Die Überlegung, wie und an welcher Stelle die verschiedenen Kräfte wirken, beginnt man am obersten Stein, auf den die gesamte Gewichtskraft F_g wirkt. Dieser Stein wird wie ein Keil zwischen die beiden angrenzenden Steine getrieben. Geht man dabei von einem statischen Fall aus, d.h. die Brückensteine können nicht nach außen nachgeben, so liegt zwischen den oberen Steinen eine starre Verbindung vor. An den beiden Grenzflächen wirkt jeweils die Hälfte der Gewichtskraft: $F_{g,1} = F_{g,2} = F_g / 2$.

Wie sich die Kräfte genau aufteilen, wird in Abbildung 1 schematisch gezeigt. Die Kraft $F_{g,1}$ wird in eine Normalkraft F_n und eine weitere Kraft F_x zerlegt. Diese Kraft F_x versucht die Brücke auseinander zu schieben und wird in dem vorliegenden Fall durch die zweite Grenzfläche kompensiert. Diese ist genau entgegengesetzt ausgerichtet und bringt daher eine Kraft von $-F_x$ hervor und es gilt: $0 = F_x + (-F_x)$.

Da die Brücke symmetrisch ist, wird ab hier nur noch eine Seite betrachtet. Die Normalkraft F_{n1} ist die Kraft, die auf die nächste Grenzfläche wirkt. Hier wird diese Kraft in eine neue Normalkraft F_{n2} und eine Kraft F_{x1} zerlegt, wobei F_{x1} den Stein aus dem Bogen herausdrückt. Die Brücke bleibt an dieser Stelle genau solange stabil und somit auch statisch, wie die aus der Normalkraft F_{n2} resultierende Haftreibungskraft F_H ausreicht um F_{x1} zu kompensieren. Da das System somit statisch ist, kann die gleiche Argumentation äquivalent auf die nächste Grenzfläche angewendet werden.

An der letzten Grenzfläche zum Boden, wirkt wieder die Normalkraft F_{n1} . Zerlegt man diese, so fällt auf, dass die an dieser Grenzfläche entstehende Normalkraft gerade der halben Gewichtskraft F_{g1} entspricht. Die Kraft F_{x3} , die nach außen drückt, wird durch die statische Kraft der Steine am Ende der Brücke kompensiert, die genauso groß ist wie F_x .

Durch diese Überlegung wird deutlich, dass die Kräfte F_x und $-F_x$ im statischen Fall durch die begrenzenden Steine am Ende der Brücke aufgebracht werden. Eine römische Bogenbrücke braucht somit immer dann eine Bodenverankerung, wenn die Haftreibung des letzten Steins zum Boden nicht ausreicht um die Kraft F_x zu kompensieren.

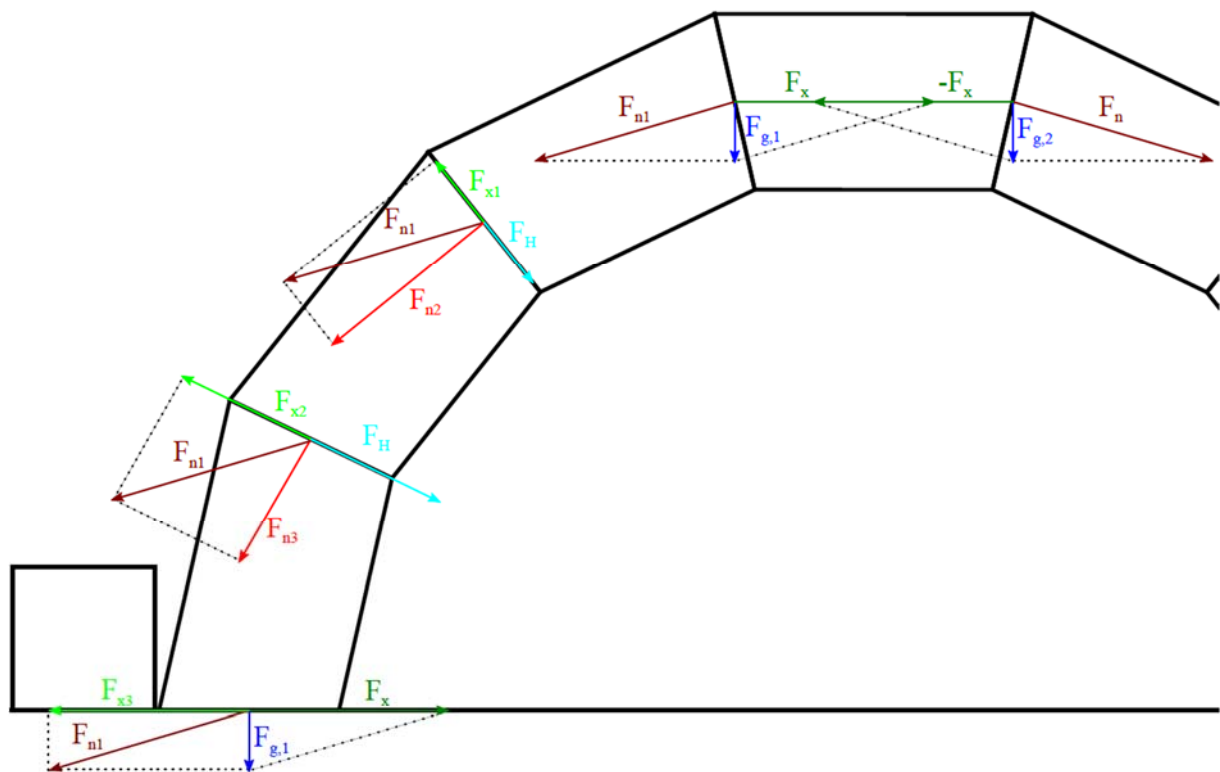


Abbildung 3: Schematische Darstellung der römischen Brücke. Eingezeichnet sind die wirkenden Kräfte. Angenommen wird dabei, dass die Brücke kein Eigengewicht hat.

Teil 2 – Brückenkonstruktion:

Material: kurze und lange Holzbalken

Aufgabe: Bauen Sie eine Brücke, indem Sie die zur Verfügung stehenden Balken geschickt miteinander verschachteln. Diskutieren Sie in der Gruppe, wie man aus den vorliegenden Balken eine stabile Brückenkonstruktion erzeugen könnte und probieren Sie verschiedene Ideen aus!

Wenn Sie nicht weiterwissen oder einen Denkanstoß benötigen, wenden Sie sich an den Betreuenden.

Wie groß ist die Distanz, die Ihre Brücke überspannt und wie hoch ist der Bogen in diesem Fall?

Hier gibt es in dem Sinne keine richtige Antwort. Letztlich wurde Ihnen der Brückenbau nach Leonardo gezeigt und Sie konnten diesen ausprobieren. Das Grundprinzip funktioniert dabei wie in Abbildung 4 gezeigt. In Abbildung 5 wird die gesamte Brücke im Querschnitt dargestellt, die auf dem Foto zu sehen ist.

Rechnerisch ist eine Brücke nach Leonardo durchaus komplexer als die römische Brücke, da bei dieser, nicht nur wirkende Kräfte, sondern auch Hebel berücksichtigt werden müssen.

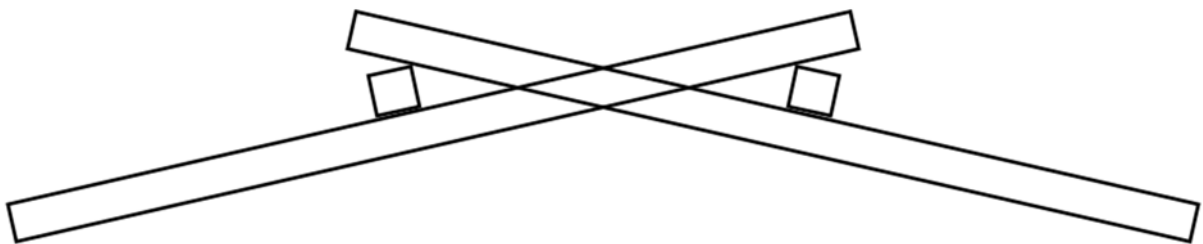


Abbildung 4: Theoretisches Prinzip einer Leonardo-Brückenkonstruktion

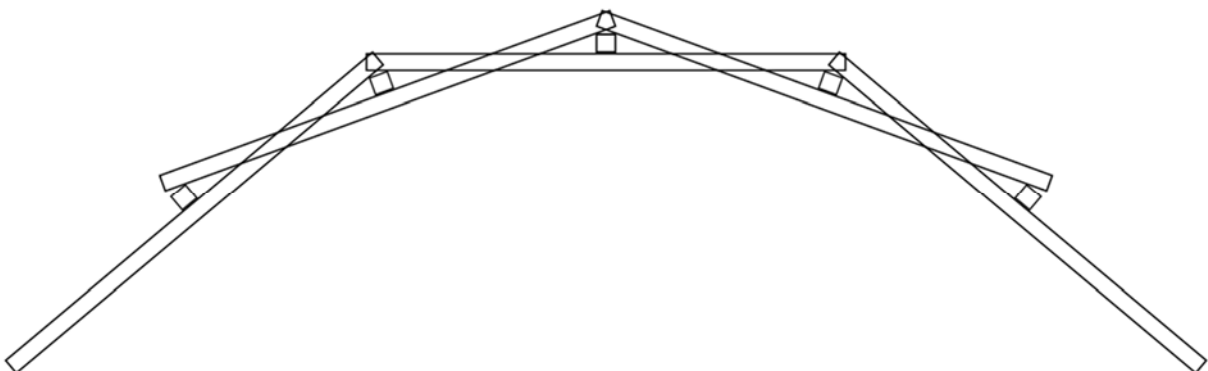


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Leonardo-Brücke, die in Abbildung 6 dargestellt ist.



Abbildung 6: Foto der aufgebauten Leonardo-Brücke