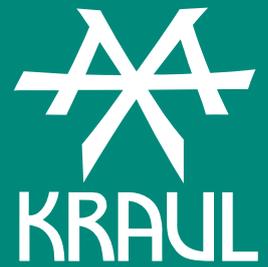


# Brückenbau



Vom Baumstamm zur Schrägseilbrücke



spielen  
experimentieren  
erleben

# Inhalt:

2 Holzklötze als Widerlager  
2 Zwingen  
lufthärtende Modelliermasse (Ton)  
4 Stangen, Enden eingeschlitz  
2 Stangen mit 4 Löchern, Enden eingeschlitz  
10 Brettchen  
5 m Hanfschnur  
20 m weiße Schnur  
8 lange Tonpapierstreifen  
30 cm Stoffband

# Zusätzlich kannst du gebrauchen:

Klebstreifen und Kleber  
etwas Pappe  
Bleistift und einige Blätter Papier  
Spielzeugautos und Steine als Gewicht, mit dem du die Belastbarkeit deiner Brücken austesten kannst  
Schere  
Zeitungspapier als Bastelunterlage  
altes Küchenmesser mit glatter Klinge  
Lineal  
dicht schließendes, leeres Marmeladenglas  
Kette aus Metall (z. B. von einem Schlüsselbund oder einer Halskette)  
4 Nägel und Hammer  
dicke Bücher (z. B. Telefonbücher)  
80 cm Gärtnerdraht oder Büroklammern  
Teigroller  
Für Spezialisten: Erwachsene und Freunde mit Gummistiefeln, ein kleiner Graben oder Bach, Bretter und Dachlatten

Spielzeug nicht geeignet für Kinder unter 3 Jahren, enthält Kleinteile und Schnur, Verschluckungs- und Strangulierungsgefahr. Firmenanschrift für spätere Rückfragen aufbewahren.  
Kinder am Wasser nicht unbeaufsichtigt lassen!

# Inhaltsverzeichnis

Widerlager . . . . .	4
Brückenschlag . . . . .	4
Gerollte Brückenverstärkung . . . . .	4
Brückenbogen . . . . .	5
Der Trick mit dem Bogen . . . . .	5
Bau einer Bogenbrücke aus Ton . . . . .	6
Katenoidbrücken . . . . .	8
Inkabrücken . . . . .	9
Hängebrücke – die „Königin der Brücken“ . . . . .	10
Schrägseilbrücke . . . . .	13
Fachwerkbrücke . . . . .	14
Stahlbeton-Ausleger-Brücke . . . . .	15
Dreibalkenbrücke . . . . .	16
Vierbrettbrücke . . . . .	17
Leonardo-Brücke, eine uralte Idee . . . . .	18
Tensegrity . . . . .	18
Faltbrücke . . . . .	19
Zum Schluss . . . . .	20
Brückenbauer-Lexikon . . . . .	21

Du stehst vor einem Bach und möchtest auf die andere Seite. Es kommt dir albern vor, aber der Bach hat gerade die Breite, die du nicht mehr überspringen kannst. Nun könntest du Schuhe und Strümpfe ausziehen und durchwaten – das ist kalt und bei starker Strömung sehr gefährlich. Du weißt auch nicht, wie tief der Bach wirklich ist. Du wanderst am Bach auf und ab und suchst nach einer Brücke oder Material zum Brückenbau. Ein paar große Steine, ein Baumstamm ... Wie werden eigentlich richtige Brücken gebaut?

Wasser zu überqueren ist seit Menschengedenken eine Herausforderung. Andererseits brauchen wir Wasser zum Leben. Kein Dorf, keine Stadt kommt ohne Wasser in der Nähe aus.

So waren Brücken immer sehr wichtig, aber auch sehr mühsam zu bauen. Viele Brückenbauten waren wackelig oder konnten Wasser und Wind nicht trotzen. Sie stürzten ein, mussten neu aufgebaut werden, wurden wieder zerstört und wieder aufgebaut. Mit jedem Brückenbau wuchs die Erfahrung im Umgang mit den ungeheuren Kräften, die ein Brückenbauer beachten muss.

# Widerlager

Für deine Brücken baust du zunächst ein gutes Fundament. So einen Brückenunterbau nennt man auch „Widerlager“. Es muss fest im Erdreich verankert sein und überträgt die Kräfte und das Gewicht der Brücke in den Boden.

**Material: die beiden Holzklötze mit Löchern, etwas Pappe und die Zwingen.**

Ganz wichtig ist es, dass du ein Stück Pappe unter die Zwingen legst, bevor du die Zwingen an Möbelstücken festschraubst. Du verhinderst damit, dass die Zwingen in den Möbeln Kerben oder Abdrücke hinterlassen.

# Brückenschlag

**Material: Widerlager, Zwingen und Pappe, Tonpapier, Klebstreifen, Spielzeugauto, Steine, Papier, Schere**

Mit deinen Zwingen und etwas dazwischengelegter Pappe klemmst du deine Widerlager auf dem Tisch fest. Die Widerlager sollten etwa 25 Zentimeter Abstand haben. Dazwischen fließt sozusagen dein Bach.

Die einfachste Brücke ist ein über den Bach gelegter Baumstamm.



Abb. 1: Dein Widerlager

Wie ein Brett hängt das Tonpapier in der Mitte durch, sehr belastbar ist diese Brücke nicht! Zudem rutscht das Papier vom Widerlager weg. Knicke die Enden der Ton-

papierbrücke am Widerlager um und befestige das Ende jeweils mit Klebstreifen. Schon ist die Brücke fester: Sie hängt nicht mehr so stark durch,



Abb. 2: Das Tonpapier wird an den Widerlagern mit Klebstreifen befestigt.

rutscht nicht weg und kann Lasten wie zum Beispiel ein Spielzeugauto oder kleine Steine tragen. Damit ist dir der erste Brückenschlag gelungen.



Abb. 3: Auf einer Wanderung hilft dir diese einfache Brücke weiter, aber als Widerlager dient nur etwas Sand. Beim nächsten Hochwasser schwimmt die Brücke weg!

# Gerollte Brückenverstärkung

**Material: DIN-A4-Papier, Schere, Klebstreifen, eine Stange aus dem Experimentierkasten**

Mit einem DIN A4 Papier, das du der Länge nach in drei gleiche Streifen schneidest, versteifst du deine Brücke: In die Papierstreifen rollst du eine

Stange ein und klebst die entstandene Papier-  
röhre mit etwas Klebstreifen zusammen. Die  
Stange lässt du aus der Papierröhre wieder her-  
ausrutschen.



Abb. 4: Die Papierröhren werden über eine Stange ge-  
rollt

Die drei fertigen Papierröhren klebst du mit Kleb-  
streifen auf deiner Tonpapierbrücke fest, dabei  
liegen die Röhren auf beiden Widerlagern auf.  
Mit recht einfachen Mitteln hast du deine Brücke  
stabilisiert, so dass deine Brücke, die ja nur aus  
Papier besteht, schon recht schwere Steine tragen  
kann. Probiere es vorsichtig aus.



Abb. 5: Härtetest der durch Papierröhren verstärkten  
Brücke

## Brückenbogen

Versuche erst einmal deine Brücke weiter zu fes-  
tigen:

Die Idee dazu haben die Römer schon vor 2.000  
Jahren eingesetzt, denn sie wollten durchgehende

Straße durch ihr riesiges Reich bauen. Das Römi-  
sche Reich sollte ja nicht gleich am nächsten  
Fluss enden!

**Material: deine gerade gebaute Brücke,  
zunächst ohne Röhrenverstärkung, Ton-  
papierstreifen und Schere**

Schneide einen Streifen Tonpapier auf 28 Zen-  
timeter Länge und stelle das Papier unter deine  
Brücke. Es klemmt nun zwischen den Widerlagern  
und trägt dabei mit seinem Bogen die Brücke. Die  
Brücke hält jetzt etwas mehr aus. Noch stabiler  
ist die Brücke mit Bogen und deiner Röhrenver-  
stärkung.

Was passiert allerdings, wenn der Fluss Hochwas-  
ser führt? Eine leichte Brücke würde fortgespült.



Abb. 6: Mit Bogen verstärkte Brücke

## Der Trick mit dem Bogen

Deine bisherige Brücke baust du jetzt ab, denn  
nun hat das Zeitalter der Bogenbrücken angefan-  
gen. Deine Röhrenverstärkung hebe im Experi-  
mentierkasten für spätere Brücken auf.

**Handversuch:**

Mit deiner Hand kannst du selber spüren, warum  
Bogenbrücken mehr tragen können:  
Lege deine Hand flach zwischen die Widerlager-  
blöcke und drücke mit der anderen Hand in die  
Mitte deiner Handbrücke. Du musst die Muskeln



Abb. 7 und 8: Die Spannung in der gebogenen Hand festigt diese einfache Brücke

gut anspannen, dass die Hand nicht durchgedrückt wird. Formst du dagegen mit deiner Hand einen kleinen Bogen und überspannst damit deine Widerlager, kann deine Hand viel mehr Gewicht und Druck von oben verkräften.

## Bau einer Bogenbrücke aus Ton

**Material: die lufttrocknende Modelliermasse (Ton), altes Küchenmesser mit glatter Klinge, altes Brett oder Zeitungen als Unterlage, leeres, gut schließendes Marmeladenglas**

Der lufttrocknende Ton ist Grundstoff für deine Bogenbrücke. Pro Brücke brauchst du etwa ein Viertel der Tonpackung. Den übrig gebliebenen Ton



Abb. 9: Formen der Ton-Wurst

verpackst du sofort luftdicht, am besten in ein gut schließendes, leeres Marmeladenglas.

### Den Ton formen

Auf einem alten Brett oder einer Zeitung rollst du aus dem Ton eine 20 Zentimeter lange, dicke Wurst, etwa

doppelt so dick wie dein Daumen.

Dann formst du mit der Wurst den Bogen in Abb. 11 nach, indem du sie auf die Bogen-Zeichnung legst. Um der Brücke eine gute Form zu geben, drückst du die runde Wurst zu einer eckigen zusammen.

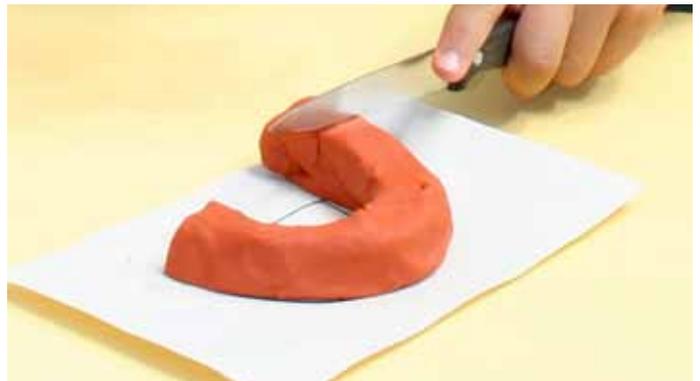


Abb. 10: Der Boden der Brücke muss sehr gerade abgeschnitten werden, damit die Brücke gut steht.

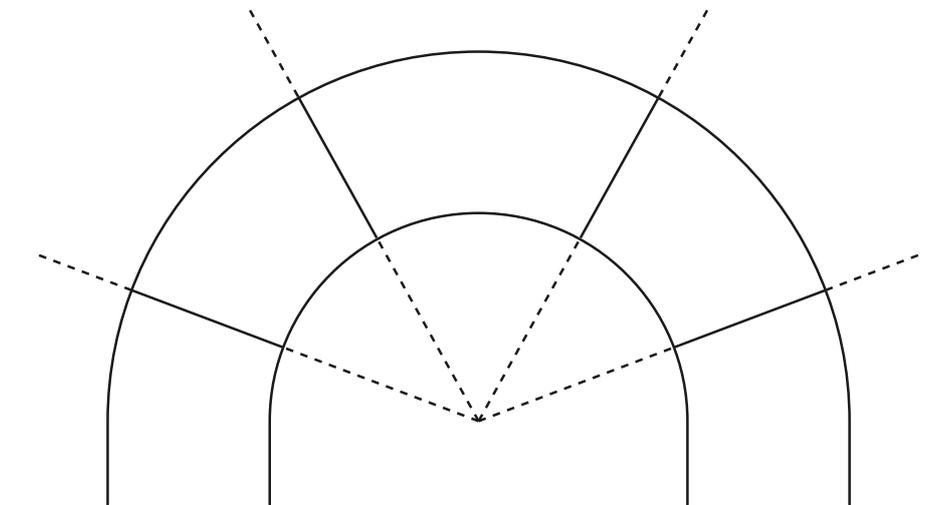


Abb. 11: Vorlage für die Bogenbrücke

Mit einem Küchenmesser mit glatter Klinge schneidest du den Ton am Fußende ganz gerade ab. Versuche nun den Bogen aufzustellen. Er sollte von alleine stehen.

### Die einzelnen Brückenbausteine

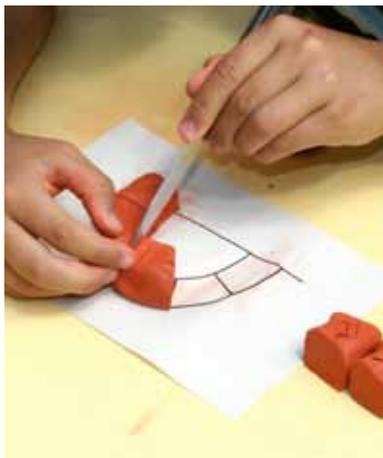


Abb. 12: Damit du die Brückenteile nicht untereinander vertauschst, nummeriere sie.

Tonstücke vorsichtig glatt. Stelle den Bogen probehalber nochmals auf. Als letztes nummerierst du die Brückenteile von 1 bis 5, das geht sehr einfach mit römischen Ziffern, die du mit dem Messer vorsichtig in den Ton drückst.

### Eine zweite Tonbrücke

Wenn es dir leicht von der Hand ging, forme eine zweite Tonbrücke und nummeriere sie von 6 bis 10 durch. Die Brückenteile dürfen untereinander nicht vermischt werden. Nun musst du ein paar Tage Geduld haben, bis die Brückensteine getrocknet sind.



Abb. 13: Sauber gearbeitet!

### Aufbau der Bogenbrücken

Die getrockneten Brückenteile ergeben eine kleine Bogenbrücke: Setze jeweils die beiden unteren

Steine rechts und links übereinander, dann lege den oberen Stein ein. Belaste die Brücke von oben, indem du darauf drückst. Die Steine verrutschen oder kippen seitlich weg. Mit Widerlagern rechts und links steht der Bogen stabiler.



Abb. 14: Selbst aus Schnee lassen sich Brücken bauen, wie an der Tölzer Hütte in den Alpen.

Beide Bögen nebeneinander halten sich gegenseitig in der Mitte, außen

brauchen sie auch Halt. Mit den Holzwiderlagern und Zwingen kannst du die Brücke stabilisieren (Abb. 15). Ein über die Brücke gelegtes Tonpapier dient dir als Fahrbahn für deine Fahrzeuge. Teste aus, wie viel Gewicht diese Brückenart aushält.

### Wenn es dir mit dem Ton Spaß gemacht hat

Mit dem restlichen Ton hast du nun drei Möglichkeiten, oder du besorgst dir weiteren Ton oder Modelliermasse:

#### 1. Möglichkeit:

Du formst zwei weitere kleine Bogenbrücken, um die bisherige Brücke zu verlängern.

Solche Bogenbrücken führen überall in Europa über große Flüsse oder flache Täler, die längste ist die Karlsbrücke in Prag mit 516 Metern.

#### 2. Möglichkeit:

Du verwendest als Brückeningenieur den restlichen Ton für eine größere Brücke. Die Technik kennst du, Form und Dicke der Steine probierst du selbst aus. Wenn die Brücke im feuchten Zustand steht, wird sie es im getrockneten Zustand auch tun. Dieser größere Bogen kann als Mittelteil zwischen den kleineren stehen. Der breite reißende Fluss unter der Brücke könnte so den Brückenpfeilern nichts anhaben.

### 3. Möglichkeit:

Du hebst den Ton noch auf, um später eine „Stahlbeton-Auslegerbrücke“ zu bauen.

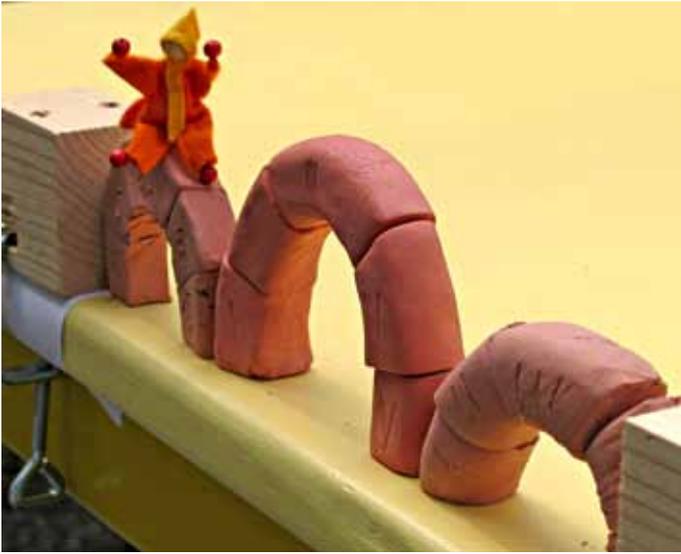


Abb. 15: Brücke mit drei Bögen, du kannst eine Fahrbahn aus Tonpapier darüber spannen – dann ist sie „befahrbar“.



Abb. 16: U Ponte á Zaglia, diese Halbkreis-Bogenbrücke überspannt seit mehr als 200 Jahren einen reißenden Gebirgsbach auf Korsika.

## Katenoidbrücken

### Material: eine Eisenkette oder Halskette

Du hast bis jetzt eine halbkreisförmige Bogenbrücke gebaut. Sie ist sehr stabil. Aber schon die Römer hatten auch andere Bogenformen: die

Katenoide. Lass eine Kette zwischen deinen Händen durchhängen. Es entsteht ein Bogen, der mal tiefer durchhängt, mal flacher, je nachdem welchen Abstand deine Hände haben. Es ist kein Halbkreis mehr. Drehst du nun in Gedanken den Bogen nach oben, so hast du eine optimale Brücke.



Abb. 17: Drehe das Foto mal auf den Kopf, dann hast du eine ideale Brückenform!

Die Römer waren ausgezeichnete Ingenieure. Mit den Bogenbrücken überspannten ihre Straßen breite Flusstäler, wie an der Brücke von Alcántara mit 188 Meter über den Tajo. Diese Brücke ist schon 1.900 Jahre alt!



Abb. 18: Eine flache Katenoid-Brücke in London über die breite, langsam fließende Themse



Abb. 19: In vielen europäischen Städten entstanden auf solchen stabilen Bogenbrücken kleine Marktplätze mit Läden und Wohnhäusern wie in Florenz auf der Ponte Vecchio.

Noch vor 150 Jahren baute man überall auf der Welt Bogenbrücken aus Stein, auch wenn sie einige Nachteile haben: Man muss viele Pfeiler in den Fluss bauen, was beim Bau viel Geld kostet und an reißenden Flüssen oft gar nicht möglich ist. Mit Bogenbrücken überspannt man nur im flachen Gelände breite Täler.



Abb. 20: Im Gebirge kann man breitere Täler nicht überbauen, die Bögen reichen nicht weit genug. Oder man muss mehrere Brückenstockwerke übereinander bauen wie bei der Göltzschtalbrücke in Sachsen.

## Inkabrücken

Weit weg vom europäischen Ingenieurwissen entwickelte sich vor hunderten Jahren eine spannende Möglichkeit, Straßen durch Gebirge zu bauen:

**Material: Zwingen mit Pappe, weiße Schnur, Hanfschnur, Schere, Holzbrettchen, Klebstreifen, eventuell 4 Nägel und einen Hammer**



Abb. 21: Erst einmal nachdenken, wie und wo die Brücke gebaut werden soll.

### Brückenbauplatz vorbereiten

Klemme mit den Zwingen die beiden Widerlager weit entfernt voneinander an Tisch oder Regal. Vielleicht findest du auch im Garten oder der Umgebung ein „tiefes Tal“. Nun kannst du deine Inkabrücke sehr einfach mit vier Seilen konstruieren.

### Seile vorbereiten

Schneide zwei genügend lange Stücke von der weißen Schnur ab und zwei etwas längere von der Hanfschnur. Auf beiden Seiten des „Tals“ werden die Hanfschnüre an den Widerlagern (hier an großen Steinen) oder an Zwingen festgemacht.

### Aus vier Seilen eine Brücke bauen

Wie haben die Inkas solche dicken Seile über tiefe Schluchten gezogen? Wie haben sie es geschafft, die Seile zu spannen?

Heutzutage hilft man sich mit Flaschenzügen und Winden (Anregungen dazu findest du in den Experimentierkästen „Flaschenzüge“ und „Zahnräder“). Den Inkas waren diese Techniken nicht bekannt.

Die zwei weißen Zugseile müssen zwischen den Widerlagern straff mit vier Zentimetern Abstand gespannt sein, sie sind das „Geländer“ der Brücke. Dazwischen dürfen die Hanfschnüre mit drei Zentimetern Abstand als Trittseile etwas mehr durchhängen. An ein paar Stellen bindest du mit etwas Schnur die Trittseile an das Geländer. Zwischen den Trittseilen spannst du ebenso mehr-



Abb. 22: Für die Kurierläufer der Inkas, die Chasqui, die im Dauerlauf die Botschaften durch das riesige Inka-Reich brachten, war die Brücke nun schon brauchbar.

mals drei Zentimeter breit Schnur. Jetzt ist die Brücke bereits begehbar.

Aber für eine Lamaherde war diese Brücke nicht gebaut! Dazu nimmst du die Holzbrettchen aus deinem Experimentierkasten. Mit etwas Klebstrei-



Abb. 23: Wenn die ganze Brücke mit Trittleisten ausgestattet ist, ist sie auch für Lasten tragende Lamas fertig!

fen befestigt du sie als Trittbretter an den Hanfschnüren.

Die ersten Europäer in Südamerika staunten, als sie solche Hängebrücken über tiefe Schluchten antrafen. Aus Naturfasern gewebte und geflochtene Seile sahen wenig vertrauenerweckend aus, aber sie hielten. In Europa war niemand auf diese geniale Idee gekommen, hier kannte man nur Holz und Stein als Baumaterial. Erst Jahrhunderte später, als Stahlseile erfunden worden waren, nahm man die Idee der Hängebrücken wieder auf.



Abb. 24: Eine Brücke für Wanderer über den Lech

Bist du schon einmal über eine solche Brücke gegangen oder, besser gesagt: geschwankt? Diese Brücken schwingen beim Darübergehen, sie schwingen auch bei Wind – sie sind nichts für Menschen, denen leicht schwindlig wird.

Leider brauchst du jetzt deine Widerlager für die nächste Brückenkonstruktion. Wenn du deine Inka-Hängebrücke gerne erhalten willst, solltest du dir einen Platz im Regal oder quer über die Zimmerecke suchen, wo du statt der Widerlager vier Nägel einschlagen darfst (bitte frage deine Eltern!) und die Brücke daran aufhängst.

## Hängebrücke – die „Königin der Brücken“

**Material: vier Stangen (Pylone), Widerlager, Zwingen, Pappe, Hanfschnur, weiße Schnur, Holzbrettchen, Schere, dicke (Telefon-)Bücher, Erwachsene mit einem Feuerzweig**

### Aufbau der Pylone

Stecke vier Stangen als „Pylone“ (ausgesprochen: Pülone), so nennt man die hohen Masten, an denen Brücken aufgehängt werden, in die Löcher der Widerlager. Dann befestige die Widerlager mit Zwingen und Pappe am Tisch. Die Pylone sollten etwa 40 Zentimeter Abstand haben.



Abb. 25: Aufspannen der Tragseile

### Aufspannen des Tragseils

Die Hanfschnur knotest du mit einem Ende unten an einer Zwinde fest, führst die Schnur über die Einschnitte an den Pylonen-Spitzen zur anderen Zwinde. Von dort führst du die Schnur über die noch freien Pylonen zur ersten Zwinde zurück. Wenn die Schnüre gut gespannt sind, verknotest du die Schnur und schneidest sie ab.

## Einhängen der Fahrbahn

Zwei dicke Bücher, zum Beispiel Telefonbücher, dienen dir nun als Bauuntergrund: Du legst sie zwischen die Widerlager und legst darauf einen Tonpapierstreifen als Fahrbahn von Pylon zu Pylon.



Abb. 26: Die Enden der weißen Schnur kurz an die Flamme halten, um die Schnurenden zu festigen.

Schneide 5 etwa 60 Zentimeter lange weiße Schnüre zurecht. Damit die Enden der weißen Schnur sich nicht auflösen, lässt du sie dir von einem Erwachsenen mit einem Feuerzeug festigen.

Die Mitte der Schnüre legst du in immer gleichem Abstand unter die Fahrbahn. Nun knotest du die

Enden der mittleren Schnur genau in der Mitte zwischen den Pylonen am Tragseil fest. Dabei darf die Fahrbahn nicht angehoben werden, das Seil soll aber gespannt sein. Genauso knotest du die anderen Schnüre auch an den Tragseilen fest. Damit die Fahrbahn besser liegen



Abb. 27: Die senkrechten Schnüre werden nachgespannt

bleibt, legst du zwei Holzbrettchen sowie ein paar Kieselsteine zum Beschweren darauf.

Sind alle Schnüre befestigt, nimmst du die Bücher weg – deine Hängebrücke schwebt. Allerdings schwingt sie noch in alle möglichen Richtungen. Darum befestigst du die Fahrbahn an beiden Widerlagern mit Klebstreifen. Dann spanne eventuell noch eine Schnur nach und schneide die überflüssigen Schnurenden ab.

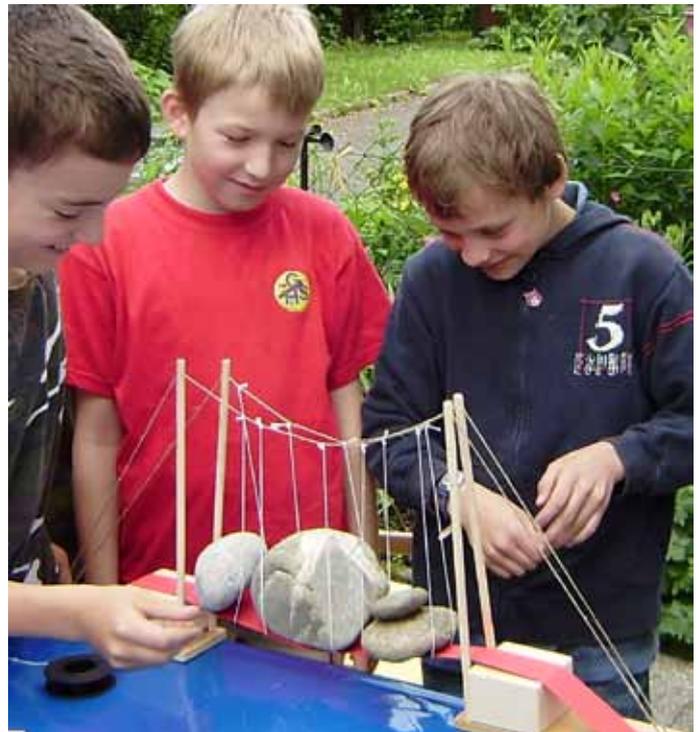


Abb. 28: Der absolute Härte-test!

Die „Königin der Brücken“ mit einer Spannweite von 40 Zentimetern steht! Mit der Röhrenverstärkung auf der Fahrbahn wird sie noch stabiler. Mit deiner Erfahrung kannst du nun sicher auch viel längere Hängebrücken aufbauen. Wir von der Firma Kraul würden uns sehr über Fotos eurer Hängebrücken mit großen Spannweiten freuen! Du kannst die Brücke auch noch stabiler bauen, wenn du aus Tonpapier ein Fachwerk aus Kapitel „Fachwerk“ unter die Fahrbahn klebst.

Die großen Spannweiten zwischen den Pylonen machen heute lange Fluss- oder Meerüberquerungen bis zu 2 Kilometern Länge möglich. Dabei werden zuerst die Pylonen aufgebaut, dann ein relativ dünnes Stahlseil darüber gespannt. Mit einer Art Seilbahn, die an dem dünnen Seil immer hin und her fährt, wird mit der Zeit ein meterdickes Seil gesponnen.

Die eigentliche Brücke wird zunächst auf einer schwimmenden Brücke (Ponton) unter das Tragseil gefahren und mit dem Tragseil verspannt. Auch diese senkrechten Seile sind wieder aus Stahl gefertigt. Als letztes werden die Pontons weggenommen, die Brücke ist fertig.

Solche Hängebrücken schwingen immer ein wenig, oft schon durch wenig Wind. Eine berühmte Hängebrücke war die „Galoppierende Gertie“, wie die *Tacoma Narrows Bridge* in den USA aufgrund ihrer wilden Schwingung genannt wurde. Die Brücke stand auch nur vier Monate. Im November 1940 brauste ein Sturm quer zur Brücke, der die Brücke in Eigenschwingung versetzte, bis sie auseinander-



Abb. 29: Die Towerbridge in London, eine geniale Kombination aus Hängebrücke und Zugbrücke in der Mitte (siehe Brückenbauer-Lexikon am Ende des Textes)

derriss. Es gibt eine Filmaufnahme der Katastrophe. Wir haben sie unter [www.archive.org/details/Pa2096Tacoma](http://www.archive.org/details/Pa2096Tacoma) im Internet gefunden. Nach diesem Brückeneinsturz begann man sich intensiv Gedanken über die Windanfälligkeit von Hängebrücken zu machen.

### **Tipp für lange Fahrbahnen**

#### **Material: alle Brettchen und Klebstreifen**

Fünf Brettchen aus deinem Experimentierkasten legst du hintereinander aus. Darüber legst du versetzt die anderen fünf Brettchen. Immer an den Stellen, wo sich zwei Brettchenenden treffen, klebst du die zwei Schichten der Brettchen mit Klebstreifen zusammen. Auf diese Weise kannst du eine Fahrbahn von über 1,20 Meter Länge bauen. Allerdings: Lege die lange Fahrbahn mal von Widerlager zu Widerlager. Sie schwingt entsetzlich und verträgt kaum Gewicht. Mit Schräg-

seilkonstruktionen oder als Hängebrücke aufgehängt stabilisierst du diese „Galoppierende Gertie“ zu einer Brücke, die auch Gewicht tragen kann.

### **Bogenbau-Tipp für Spezialisten**

Die „lange Fahrbahn“ lässt sich vorsichtig zu einem Bogen biegen, vorausgesetzt, die Klebstreifen halten. Wir haben viele Ideen gehabt, daraus Bogenbrücken zu konstruieren. Abbildung 30 zeigt die einfachste Brücke, nur mit Materialien aus dem Experimentierkasten gebaut.



Abb. 30: Die Fahrbahn hängt an der weißen Schnur und ist zusammen mit dem Holzbogen mit Klebstreifen an den Widerlagerblöcken befestigt.



Abb. 31: Mit weiteren Brettchen, Querhölzern und anderen Dingen aus eurer Werkstatt fallen euch sicher noch mehr Konstruktionen ein!

# Schrägseilbrücke

Die Schrägseilbrücke aufzubauen erfordert einiges an Geduld und Brückenbaugeschick. Dafür lassen sich beliebig lange Brückenkonstruktionen erfinden (mit Hilfe des „Tipp für lange Fahrbahnen“). Da die Schrägseilbrücken soviel „Spielraum“ lassen, erfinden die modernen Brückenbau-Architekten auch immer neue und interessantere Schrägseilbrücken, mit schrägen Pylonen, schiefen Konstruktionen oder in Verbindung mit anderen Brückenarten. In dieser Anleitung findest du die typischsten Bauarten:

**Material: zwei Pylone mit Löchern, ein Widerlager, Zwinge, Pappe, dicke Bücher als Unterlage, Schere, Lineal, Tonpapierstreifen, weiße Schnur, Erwachsene mit einem Feuerzeug, mehrere Brettchen, Klebstreifen**

## Aufbau der Pylonen

Die Schrägseilbrücke braucht nur ein Widerlager, in das du die zwei Pylonen mit den Löchern steckst. Das Widerlager befestigst du mit Pappe und Zwinge an deinem Tisch. Rechts und links neben das Widerlager legst du dicke Bücher, die genauso hoch wie das Widerlager sein sollten. Sie tragen die Brückenfahrbahn während des Baus.

## Brückenfahrbahn

Für die Brückenfahrbahn schneidest du einen langen Streifen Tonpapier beidseitig alle Zentimeter ein, die Schnitte sollten nicht mehr als drei Millimeter tief sein. Das Tonpapier legst du als Fahrbahn zwischen die Pylone.



Abb. 32: Zum Einschneiden hältst du am besten das Lineal direkt auf das Tonpapier.

## Tragseile

Von der weißen Schnur schneidest du immer zwei gleich lange Schnüre ab, deren Enden du dir von einem Erwachsenen mit einem Feuerzeug fixieren lässt. Zuerst zwei 30 Zentimeter lange, dann

zwei 35 Zentimeter lange, zwei 45 Zentimeter, 55 Zentimeter, 65 Zentimeter lange Schnüre. In die untersten Löcher der aufgestellten Pylone fädelst du jeweils ein 30 Zentimeter langes Tragseil. In diese Schnüre knotest du an beide Enden einen Knoten, wobei du die Knoten möglichst nah an das Schnurende ziehen solltest. Diese Knoten hängst du etwa 7 Zentimeter rechts und links neben dem Pylon in einen Schlitz des Tonpapiers ein. Mit der 35 Zentimeter-Schnur machst du es genauso: Die Schnur wird in das nächsthöhere Loch gefädelt und die Knoten werden drei Zentimeter neben



Abb. 33: Das Tonpapier wird alle 3 Zentimeter von einem Schrägseil gehalten. Damit die Fahrbahn eben wird, liegen ein paar Brettchen aus dem Experimentierkasten als Gewicht darauf.

den ersten Knoten unter das Tonpapier geklemmt.

Nach und nach fädelst du alle Seile in die Löcher und hängst sie mit Knoten in das Tonpapier ein. Dabei musst du die Knoten eventuell auf der Schnur verschieben, damit die Fahrbahn bei gespannten Seilen gerade bleibt. Die obersten Seile werden in den Schlitz des Pylonen eingehängt.

Wenn du alle zehn Schlaufen eingehängt hast, sollte die Fahrbahn gerade sein. Die aufgelegten Brettchen versteifen die Fahrbahn etwas, du kannst sie mit Klebstreifen auf das Tonpapier kleben.

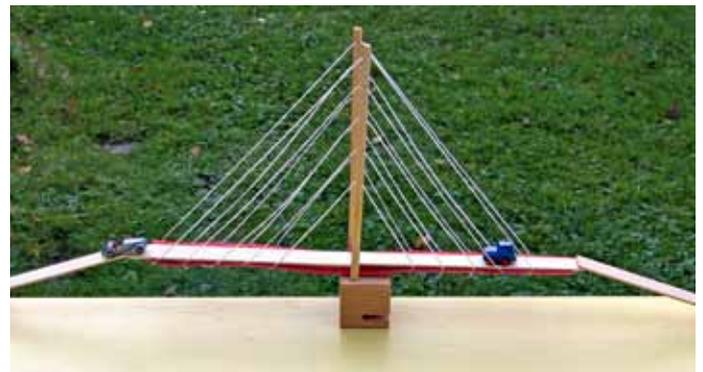


Abb. 34: Die ersten Autos fahren durch die „Harfe“.

Als letztes nimmst du die Bücher weg und fertig ist die deine erste Schrägseilbrücke!

## Harfe

Es gibt verschiedene Typen bei Schrägseilbrücken: Du hast jetzt die „Harfe“ aufgebaut, sie ist symmetrisch am Pylon aufgehängt. Es gibt auch die asymmetrische „Harfe“, dazu werden zum Beispiel alle rechten Knoten mit nur einem Zentimeter Abstand in die Fahrbahn eingehängt.

## Bündelförmige Schrägseilbrücke

Bei der Bündelform hängst du alle Seile in den Schlitz der Pylone ein. Diese Brückenform ist



Abb. 35: Die bündelförmige Schrägseilbrücke in klein...

beliebig verlängerbar, du kannst die Fahrbahnlänge verdoppeln, allerdings wellt sich dann die Fahrbahn leider mehr auf.

Es gibt auch zweiseitig aufgebaute Schrägseilbrücken, auf jeder Flussseite steht ein Pylonenpaar. Die Pylone

können dann bei gleicher Spannweite niedriger gebaut werden. Mit den Materialien aus dem Experimentierkasten kannst du diese Brückenart ausprobieren, es sind genug Pylonenstangen da.



Abb. 36: ...und über den Rhein in Köln.

Die zweiseitig aufgebaute Schrägseilbrücke eignet sich auch für eine Zugbrücke.

Schrägseilbrücken sind nicht so schwingungs- und windanfällig wie Hängebrücken. Sie kommen zudem mit einem Pylon aus, was oft bei Platzmangel weiterhilft, wie zum Beispiel in Ludwigshafen, wo zwischen Hauptbahnhof, Straßengeirr und Rhein eine mehrspurige Straßenbrücke gebraucht wurde. Auch die Hamburger Köhlbrandbrücke ist eine bekannte Schrägseilbrücke. Die längste Brücke dieser Art ist zur Zeit der „Viaduc du Millau“ mit 2.460 Metern Spannweite in Frankreich. Kannst du dir vorstellen, wie hoch die Pylone sind? Als nächstes Großprojekt soll es eine Verbindungsbrücke zwischen Deutschland und Dänemark übers Meer geben. Die ersten Planungen sehen eine mehrfache Schrägseilbrücke mit Fachwerk-Verstärkung (wie im nächsten Kapitel beschrieben) vor. Über die Brücke sollen eine vierspurige Autobahn und zwei Eisenbahngleise führen.



Abb. 37: Im österreichischen Pustertal führt diese Jahrhunderte alte Holzbrücke über die Drau

## Fachwerkbrücke

Schon im Mittelalter waren wunderschöne Fachwerkbrücken mit Überdachung aus Holz konstruiert worden. Einige stehen bis heute oder wurden wieder aufgebaut wie zum Beispiel in Luzern in der Schweiz. Erst mit der Erfindung des Gusseisens

vor 200 Jahren nahm man die Idee des Fachwerks verstärkt wieder auf.

**Material: Bleistift, Schere, Kleber, Lineal, dickes Buch, 4 Streifen Tonpapier, die aufgebaute Schrägseilbrücke oder Hängebrücke**

### Tonpapier vorbereiten

Auf zwei Tonpapierstreifen ritzt du mit Lineal und einem alten Küchenmesser Querlinien: Die Linien haben abwechselnd 2,5 und 0,5 Zentimeter Abstand. Dann knickst du Zickzack-Bänder daraus.

### Fachwerk kleben

Mit etwas Kleber klebst du die Schmalseiten auf ein weiteres Tonpapier. Dabei müssen die entstehenden Berge alle gleichhoch sein. Dazu legst du einen Tonpapierstreifen und Holzbrettchen oben auf und schiebst die Klebestellen etwas hin und her, bis das Holz gerade auf allen Bergkuppen aufliegt. Nun



Abb. 38: Das Fachwerk vor dem Austesten gut trocknen lassen, sonst leidet die Stabilität!

streichst du die Bergkuppen mit etwas Kleber ein, klebst den Tonpapierstreifen darüber und beschwerst alles mit einem schweren Buch, bis es nach einer Stunde getrocknet ist.

Dein „Fachwerk“ stabilisiert nun die Tonpapierfahrbahn der Schrägseilbrücke oder Hängebrücke gegen Verwindungen und Aufwellungen: Du befestigst das Fachwerk unter der Brückenfahrbahn mit Klebstreifen. Dazu muss das Fachwerk auf die richtige Brückenlänge abgeschnitten werden.

Vor etwa 140 Jahren wurden in Europa und Amerika in recht kurzer Zeit tausende Kilometer Eisenbahngleise gebaut. Die schweren Dampflokomotiven schafften nur wenig Steigung, so dass die



Abb. 39: Belastungstest für die einfache Fachwerkbrücke

Gleise in Gebirgen über viele Brücken führten. Vor allem in Amerika wurden die Brücken Zeit und Geld sparend aus Holz gebaut und krachten oft zusammen, obwohl die Lokomotive über manche Brücken einzeln fuhr und die Waggons von Hand hinterher geschoben wurden.

Mit einem neuen Werkstoff, dem Gusseisen, konnte man extrem stabile Fachwerk-Brücken bauen, die auch Eisenbahnen aushielten. Eine solche Brücke ist z. B. die Hohenzollern-Brücke in Köln, über die bis heute jeden Tag hunderte Züge in den Kölner Hauptbahnhof einfahren.

## Stahlbeton-Auslegerbrücke

Im 20. Jahrhundert wurden neue Werkstoffe entwickelt, die halfen, schnell und einfach sehr stabile Brücken zu bauen. Durch Werkstoffe wie Beton und Stahl, seit neuestem sogar „Textilbeton“, der relativ leicht ist, gibt es eine Fülle von neuen Brückenformen.

Um dem weltweit angestiegenen Auto- und Eisenbahnverkehr genügend Straßen zu bieten, mussten unzählige neue Brücken gebaut werden. Die meisten sind einfache „Stahlbeton-Auslegerbrücken“, wie ihr sie sicher schon oft über Autobahnen gesehen habt.

**Material: Ton, Teigroller, Lineal, altes Küchenmesser mit glatter Klinge, altes Brett oder Zeitungen als Unterlage, Büroklammern oder Gärtnerdraht, Stoffband**

### **Bau der Auslegerbrücke**

Aus dem lufttrocknenden Ton rollst du mit einer Teigrolle eine etwa 4 Millimeter dicke Platte aus. Daraus schneidest du mit Lineal und einem alten Messer sechs Brückenplatten aus, die etwa vier mal zwanzig Zentimeter groß sein sollen. Du löst die Platten vorsichtig vom Untergrund.

Aus zwei Platten, die du übereinander legst und mit Wasser gut verbindest, entsteht die erste Auslegerbrücke.

### **„Armierte“ Auslegerbrücken**



Abb. 40: Die Drähte im Inneren machen die Brücke trotz Durchbruch des Tons noch passierbar.

Die zweite Auslegerbrücke soll eine Drahtverstärkung bekommen, man nennt das „Armierung“. Dazu nimmst du aufgebogene Büroklammern oder Gärtnerdraht und formst mindestens zwei Schlaufen von zwanzig Zentimeter Länge. Diese Schlaufen legst du auf eine Brückenplatte und drückst sie sanft in den Ton. Dann legst du die andere Platte darüber und verbindest beide Platten mit Wasser. Sollte der Draht irgendwo ein

wenig aus dem Ton schauen, ist das nicht schlimm.

Die dritte Auslegerbrücke wird eine Textilbetonbrücke: Zwischen die Tonplatten legst du das Stoffband und verbindest beide Platten zu einer.



Abb. 41: Flechtwerk in einer modernen Stahlbeton-Brücke. Auf das Flechtwerk wird der Beton gegossen.

Nun ist wieder Geduld gefragt, denn diese Auslegerbrücken sollen einige Tage trocknen, bevor du sie testest.

Erst in den letzten Jahrzehnten wurde der Nachteil von Stahlbeton offensichtlich: Wenn durch den Beton Wasser bis an das Stahl-Flechtwerk gelangt, rostet der Stahl weg und die Brücke wird brüchig. Das Salz gegen Schnee und Eis „frisst“ sich regelrecht durch sehr viele Brücken und zerstört die Brücken von innen her. So hat man vor allem für kleinere Brücken nach anderen Baustoffen gesucht. In den letzten Jahren wurden wieder mehr Holzbrücken gebaut oder wie in Kempten sogar eine „Textilbeton“-Brücke. Dabei kann der Beton sogar feine Risse bekommen, ohne dass es der Brücke wirklich schadet.



Abb. 42: Früher hätte man diese Fußgängerbrücke aus Stahlbeton gebaut, doch inzwischen probiert man andere Konstruktionen aus wie bei dieser Spannbandbrücke in Essing – ein bisschen Hängebrücke, ein bisschen Fachwerk und lustig zum Drüberradeln!

## **Dreibalkenbrücke**

**Material: drei Holzbrettchen, dicke Bücher oder Gläser als Fundamente**

### **Das Modell**

Mit drei Brettchen baust du eine kleine Dreibalkenbrücke: Wie auf dem Foto steckst du drei Holzbrettchen zu einem Dreieck zusammen.

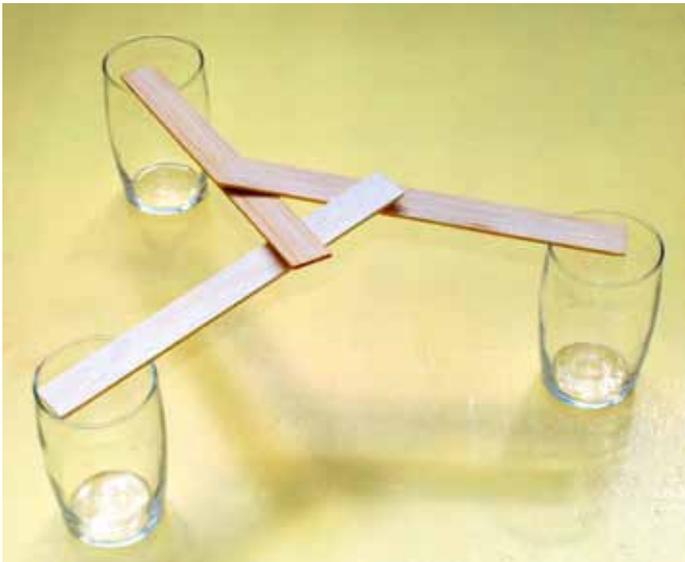


Abb. 43: Stelle vorsichtig ein volles Glas auf diese Brücke als Test. Die dreieckige Konstruktion wird bei Überbelastung nicht auseinanderfallen. Aber es bricht eines der Brettchen.

Mit Büchern oder Gläsern als Untergrund kannst du ausprobieren, wie viel Gewicht diese einfache Brückenkonstruktion trägt.

### Für Spezialisten

**Material: Erwachsene für die Aufsicht, experimentierfreudige Freunde und Freundinnen, drei stabile Eimer oder Ziegelsteine als Fundamente, drei Dachlatten (mindestens 4 x 6 Zentimeter dick)**



Abb. 44: Es wippt stark, aber die Brücke trägt!

Mit einem Erwachsenen und FreundInnen zusammen baut ihr eine begehbare Dreibalken-Brücke: Drei Dachlatten (4 mal 6 Zentimeter dick, 3 Meter lang, wenig Astlöcher) stecke zu dem dir schon bekannten Dreieck zusammen. Unter die freien Enden der Stangen stellst du jeweils stabile, umgedrehte Eimer (z. B. alte Farbeimer) oder Ziegelsteine. Jetzt hast du eine Brücke mit etwa 4 Metern Spannweite.

**Ganz wichtig!** An jedem Stangenende muss nun einer von euch aufpassen, dass die Stange nicht von der Unterlage rutscht. Der Leichteste von euch darf vorsichtig das Balkendreieck testen. Einer nach dem anderen probiert nun diese Brücke aus, die anderen kontrollieren den Halt der Stangenenden. Seid vorsichtig, wenn die Hölzer zu knirschen oder knacksen beginnen, dann ist die Belastbarkeit der Brücke überschritten!

## Vierbrettbrücke

**Material: vier Brettchen, Widerlager oder dicke Steine**

### Das Modell



Abb. 45: Die Vierbrettbrücke im Modell ...

Zunächst probierst du die Konstruktion mit den Brettchen aus dem Experimentierkasten aus. Die Belastbarkeit dieser sehr einfachen Brücke ist erstaunlich.

**Für die Spezialisten** unter euch ist es natürlich spannender, mit dieser Konstruktion einen Bach zu überqueren.



Abb. 46: ... und als richtige Brücke!

**Dazu brauchst du: Einen Erwachsenen für die Aufsicht, vier dicke Bretter, einige Freunde und Freundinnen, Gummistiefel und einen kleinen (harmlosen!) Graben oder Bach, der etwas breiter sein darf, als deine Bretter lang sind.**

Zum Bau der Vierbrett-Brücke werdet ihr den Bach auch durchqueren müssen, bittet vorher einen Erwachsenen, euch zu helfen! Viel Spaß beim Brückenbau!

## Leonardo-Brücke, eine uralte Idee



Abb. 47: Für den Aufbau der Leonardobrücke braucht man Geduld – sie sollte möglichst gleichmäßig aufgebaut sein.

**Material: 10 Holzbrettchen**

### Das Modell

Leonardo da Vinci soll diese Form der Brücke entwickelt haben. Sie ist schnell aufgebaut und sollte vor allem Soldaten beim raschen Überqueren von Flüssen helfen. Die einzelnen Brückenbalken sind kürzer als die daraus entstehende Brücke und von daher leicht zu transportieren. Heutzutage sind Leonardobrücken eher eine lustige Gedankenspielerei, als Brückenkonstruktion findet man sie höchstens in Freizeitparks und Museen.

**Für Spezialisten, nur mit Erwachsenenbegleitung!**

**Ihr braucht: mindestens sechs lange Hölzer (mindestens 4 x 6 Zentimeter dick, 1,50 Meter lang), 4 Querbretter (mindestens 1 cm x 10 cm, 70 Zentimeter lang)**

Zuerst legt ihr zwei der langen Stangen im Abstand von 60 Zentimeter nebeneinander, ein Querbrett darüber. Über dieses Querbrett legt ihr weitere zwei Stangen. Jetzt solltet ihr zu zweit zupacken:

Die ersten beiden Stangen hebt ihr an und schiebt ein Querbrett unter die ersten Stangen und

über die zweiten Stangen. Die Stangen sind nun miteinander verkeilt. Genauso verfährt ihr mit den dritten Stangenpaar und zwei weiteren Querbrettern. Schiebt alle Stangen parallel, damit die Brücke stabil steht. Nun könnt ihr die Brücke über euren Bach tragen und vorsichtig austesten. Ein Erwachsener sollte im Bach stehen und Hilfestellung leisten!



Abb. 48: Mit zusätzlich auf die Brücke gelegten Brettern kommt man besser über den Bach.

## Tensegrity

**Material: 6 weiße Schnüre mit je 2,5 Mal Stangenlänge (bei 30 cm Stangenlänge also 75 cm Schnur), 6 Pylonenstangen, ein paar helfende Hände**

### Vorbereitung:

In die Schnüre machst du dicht am Ende einen Knoten. Dann fädelst du eine Schnur in einen Stangenschlitz, führst die Schnur durch den Schlitz am

anderen Stangenende wieder zum ersten Schlitz zurück. So verfährt du mit allen sechs Stangen.

### Aufbau:

Zwei Grundstangen werden nebeneinander aufgestellt (Abb. 50). Dann fädelt du die Schnüre einer Stange von oben in die Schlitzte der aufgestellten Stangen. Dann hängst du die Schnüre einer vierten Stange von unten in die Schlitzte der aufgestellten Stangen.



Abb. 49: Vorbereitung der Stangen



Abb. 50: Zum Aufbau des Tensegrity brauchst du Hilfe.

In die Mitte der jetzt noch herunterhängenden Fäden hängst du die beiden restlichen Stangen ein. Und befestigst deren Schnüre an der unteren und oberen Stange vom Foto. Bei der letzten

Schnur spürst du deutlich die Spannung, gegen die du arbeiten musst. Im Idealfall ist nun das Tensegrity aufgespannt. Bekommst du die letzte Schnur nicht eingefädelt, sind die Schnüre einen Tick zu kurz.



Abb. 51: Die vierte Stange wird eingefädelt.

Sind alle Schnüre eingespannt, aber locker, solltest du die Knoten etwas näher zusammenknoten.

Die Idee, feste Gebäude durch Spannungsseile aufzubauen, gab ab den 1930er Jahren den Anstoß für viele spannende Architekturideen. Sie

inspirierten auch zu waghalsigen Brücken, vor allem aber wurde diese Technik zu Dachbauten wie dem Münchner Olympiadaach eingesetzt, oder zu Kuppeln wie der des „Eurostar“ in Rust, gebaut nach den Ideen des Architekten R. Buckminster Fuller.



Abb. 52: Die letzten Schnüre werden unter Spannung eingespannt.

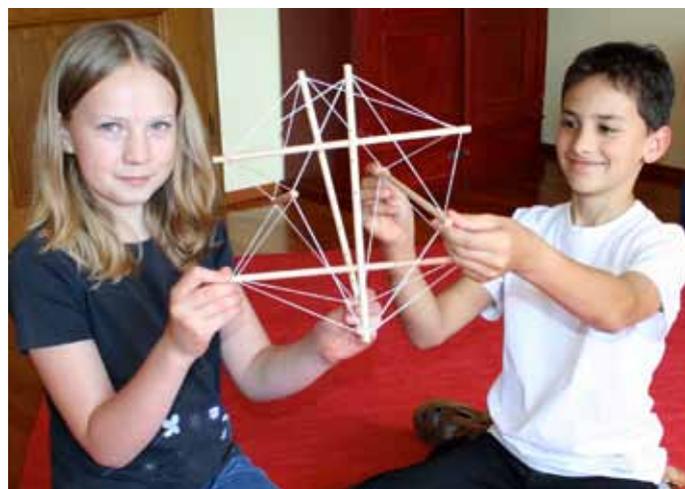


Abb. 53: Fertig!

## Faltbrücke

### Material: eine Kopie von Abb. 57

Als letztes findest du die Anleitung für eine erstaunlich stabile Papierbrücke:

Bei deiner Kopie von Abb. 57 schneide den überflüssigen Rand ab. Wichtig ist nun die exakte Faltung entlang der Linien!

Alle gestrichelten Linien parallel zum Rand faltest du nach innen um und fährst die Faltungen mit dem Daumennagel nach. Dann streichst du das Papier wieder glatt auf den Tisch.

Nun faltest du nacheinander alle diagonalen Faltungen nach außen und fährst dabei erneut mit dem Daumennagel über die Kanten.



Abb. 54: Die gestrichelten Linien parallel zum Rand zuerst falten



Abb. 55: Auch bei den diagonalen Faltungen immer mit dem Fingernagel nachfalzen.



Abb. 56: Jetzt steht deine Papierbrücke und trägt erstaunliche Lasten!

Nachdem du das Papier wieder glatt vor dir liegen hast, faltest du die anderen diagonalen Linien und schärfst die Kanten wieder mit dem Daumennagel. Jetzt kommt der kniffligste Moment: Von einer Ecke des vorgefalteten Papiers aus legst du die rautenförmigen Falten vorsichtig übereinander, bis ein zusammengelegter Bogen vor Dir liegt. Wenn Du nun die Brücke breit ziehst, merkst du, dass die Brücke nur auf Papierspitzen steht. Du musst also die Brücke unten gerade schneiden.

## Zum Schluss

Mit den vielen Ideen aus diesem Experimentierkasten, wie Brücken konstruiert werden, kannst Du nun selbst weiter experimentieren. Bei Schülerwettbewerben sind schon Brücken aus nur 150 Gramm Papier gebaut worden, die über 100 kg Last getragen haben. Aber probiere es selbst aus, wir freuen uns über Fotos eurer Brückenbauwerke!

# Brückenbauer-Lexikon

**Bogenbrücke:** Schon seit mehr als 2000 Jahren benutzt man Bogenbrücken. Anfangs hatten sie die Form eines Halbkreises, später waren es auch Katenoid-Brücken mit der Form einer durchhängenden Kette.

**Brückenschlag:** Bau einer Brücke

**Fachwerkbrücke:** Im Mittelalter nutzten Brückenbauer die Fachwerk-Erfahrungen der Zimmerer, um stabile Brückenkonstruktionen, oft sogar mit Überdachung, zu bauen. Seit etwa 230 Jahren wird Gusseisen für den Brückenbau verwendet. 1779 wurde die „Ironbridge“, die erste Gusseisen-Fachwerkbrücke in England eröffnet. Für die Menschen der damaligen Zeit entstanden nun Schwindel erregende Brücken, die stabil genug waren, um auch Eisenbahnen passieren zu lassen. Man kombinierte das Fachwerk mit Bögen, Fischbauch oder Hängekonstruktionen. Viele dieser Brücken, wie das „Blaue Wunder“ in Dresden stehen bis heute.

**Fischbauch-Brücken:** Eine Unterart der Bogenbrücke ist die Fischbauchbrücke. Bei ihr hängt der Bogen unter der Fahrbahn. Solche Brücken werden heute gar nicht mehr gebaut, stabilisierten aber vor 100 Jahren einige noch heute stehende Eisenbahnbrücken wie zum Beispiel in Wuppertal.

**Hängebrücke:** Zwischen Pylonen wird ein Tragseil gespannt, an dem die Fahrbahn aufgehängt wird. Die berühmteste Hängebrücke ist die Golden Gate Bridge in San Francisco in den USA. Die Idee zu diesem Brückentyp hatte bereits vor 400 Jahren der Kroatier Faust Vrancic, aber erst seit 200 Jahren wird sie auch gebaut. Zunächst benutzte man Eisenketten, später dann Stahlseile für die Tragseile.

**Inkabrücke:** Im heutigen Peru fanden die ersten Europäer Schwindel erregende Brücken über Anden-Schluchten, die nur aus Seilen bestanden. Die Inkas hatten diese Brücken mit Seilen aus Naturfasern gebaut. Es waren die Vorläufer der heutigen Hängebrücken.

**Katenoidbrücke:** Diese Bogenbrücke hat die Form einer gespiegelten, durchhängenden Kette. Es gibt dabei ganz flache, aber auch recht steile Bögen. Die größte Spannweite einer Bogenbrücke dieser Art hat zur Zeit die chinesische Lupu-Brücke mit 550 Meter. Der Bogen dieser Brücke ist 100 Meter hoch.

**Leonardo-Brücke:** Leonardo da Vinci galt schon vor 500 Jahren als genialer Erfinder. Fürs Militär hat er eine schnell aufbaubare Brücke entwickelt, die aus lauter gleichen Brettern besteht. So konnte man rasch über Flüsse übersetzen, ohne dass Proviant oder Kanonen nass wurden. Es gibt viele verschiedene Formen der Leonardo-Brücke, aber allen gemeinsam ist, dass die Bretter so geschickt ineinander verkeilt sind, dass die Brücke ohne Schrauben oder Seile hält.

**Pontonbrücke:** Eine Art Notbrücke, die direkt auf dem Wasser schwimmt. Früher waren schwimmende und schnell auf und abbaubare Brücken von Soldaten oder nach Brückeneinstürzen verwendet worden. Inzwischen gibt es fest installierte Pontonbrücken, wie die 845 Meter lange Bergsöysund-Brücke bei Kristiansund in Norwegen. Der Nachteil von Pontonbrücken: Sie lassen keinen Schiffsverkehr durch.

**Pylon:** Die hohen Masten oder Türme, an denen Hänge- oder Schrägseilbrücken aufgehängt werden, nennt man Pylone. Sie müssen sehr gut im Boden verankert werden, denn auf den Pylonen lastet ungeheures Gewicht! Auch komplizierte Zeltkonstruktionen, wie das Dach des Münchner Olympiastadions, werden an Pylonen befestigt.

**Schrägseilbrücke:** Diese Brücke kommt mit nur einem Pylon aus, an dem die Tragseile schräg eingehängt werden. Das kann bei Platzmangel oder bei Überquerung von Flüssen sehr praktisch sein. Durch die vielfältigen Möglichkeiten, die Seile aufzuspannen, erfanden Brückenarchitekten sehr gewagte und elegante Brücken, bei denen die Pylonen auch schief stehen dürfen oder gebogen sind. Sehr lange Meeresbrücken, wie zwischen Italien und Sizilien oder Deutschland und Dänemark sollen von vielen Schrägseilpylonen hintereinander aufgespannt werden.

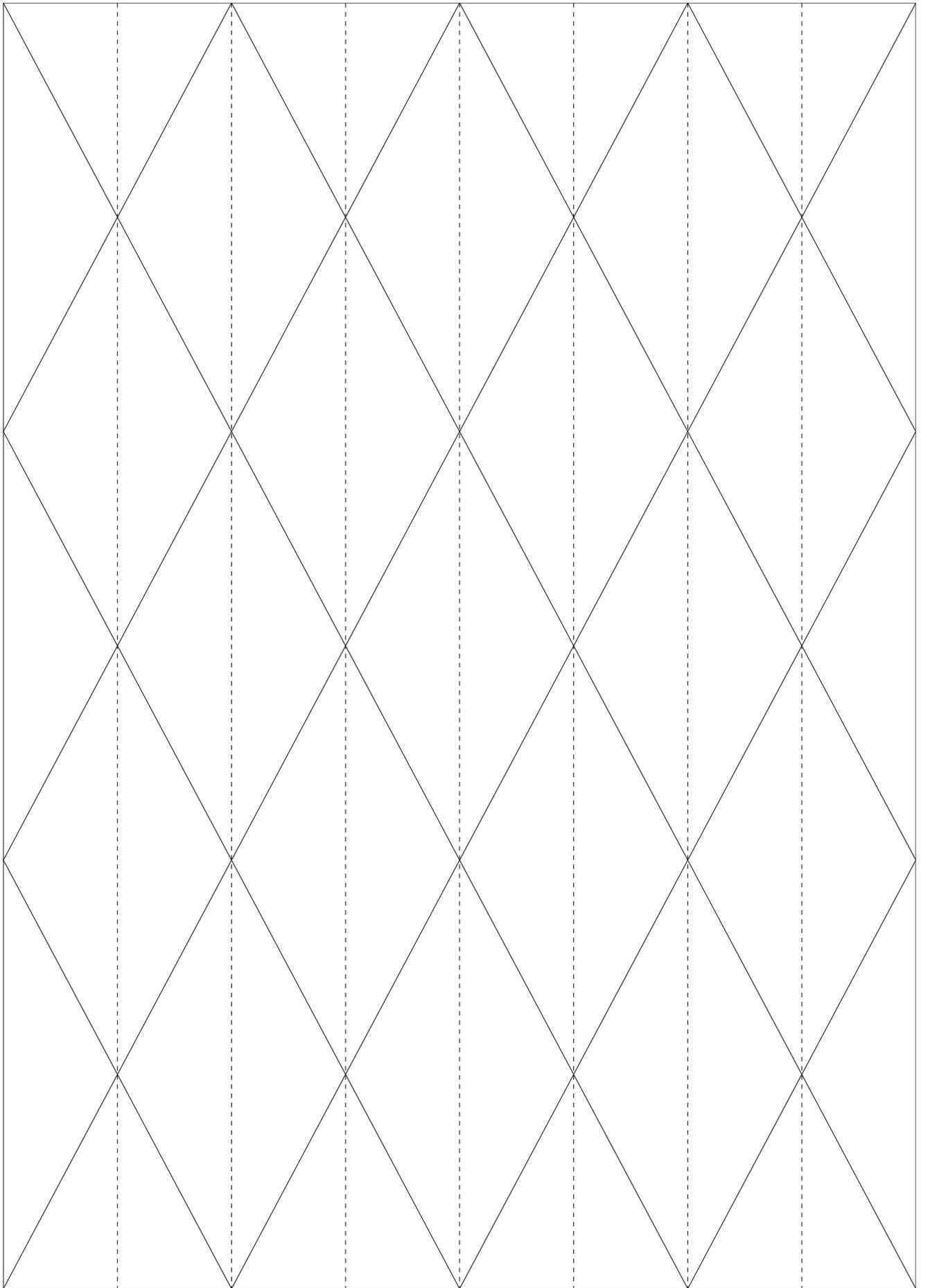
**Spannweite:** Die Spannweite ist die Länge der Brücke zwischen den Pylonen oder Widerlagern. Je größer die Spannweite ist, desto schwieriger ist der Brückenbau. Die größte Spannweite einer Hängebrücke hat die Akashi-Kaikyo-Brücke bei Kobe in Japan mit 1991 Meter. Die gesamte Länge der Brücke beträgt aber fast 4 Kilometer.

**Tragseil:** Bei Hängebrücken wird das Tragseil von Pylon zu Pylon gespannt. An diesem Tragseil hängt dann die Fahrbahn. Heutzutage spannt man zunächst ein dünnes Stahlseil als Tragseil auf, das dann so nach und nach zu einem dicken, tragfähigen Seil mit Hilfe von Seilbahnen versponnen wird.

**Widerlager:** Die Widerlager sind der Unterbau der Brücke. Die Widerlager müssen fest im Erdreich verankert sein und übertragen die Kräfte und das Gewicht der Brücke in den Boden. Sind die Widerlager wackelig, wird es die Brücke auch sein! Schau dir einmal die Auflagepunkte einer Brücke auf den Widerlagern genau an: Es sind nur kleine Flächen, meist mit einem Hartgummi dazwischen. Lufttemperatur, Wind und Feuchtigkeit verändern die Brücke ständig ein wenig, bei Wärme dehnt sich das Brückenmaterial etwas aus, bei Kälte zieht es sich zusammen. Um solche Veränderungen auszugleichen, kann sich die Brücke auf diesen kleinen Hartgummiplatten ein wenig hin und her bewegen.

**Zugbrücke:** An vielen Ritterburgen dienten Zugbrücken der Sicherheit gegen Angriffe: Man klappte die Zugbrücke hoch, der Weg über den Burggraben war abgeschnitten. Später hatten Zugbrücken eine ganz andere Funktion: Eine Brücke ist eine Hilfe, den Fluss mit Fahrzeugen oder zu Fuß zu überqueren, wirkt aber wie eine Sperre für große Schiffe – für sie ist eine Weiterfahrt auf dem Fluss unmöglich. Man behelf sich mit Zugbrücken, die für große Schiffe hochgeklappt werden. Die Towerbridge erlaubte zum Beispiel auch den riesigsten Segelschiffen (Windjammer) die Einfahrt in den Londoner Hafen. In vielen modernen Häfen findest du Zugbrücken, manche der alten werden noch mit Hand hochgeburt, meist steckt aber modernste Technik in den Konstruktionen.





# Lust auf weiteres Experimentieren?



**In der Reihe „Spielen Experimentieren Erleben“ sind erschienen:**

**Der kleine Magnetkasten** Eisenspäne, Nagelkette, Kompass, Elektromagnet

**Magnetische Kräfte** Vom Kompass zum Elektromotor

**Gläserne Kugel** Lupen aus Luft und Wasser

**Spiegelkabinett** Spiegelbilder, verzerrt gespiegelte Spiegelbilder, ...

**Spiegelräume** Ebene und räumliche Vielfachspiegelungen

**Licht und Finsternis** Licht und Schatten, Linsen- und Spiegelbilder

**Licht und Farben** Farbwahrnehmung, -entstehung, -mischung

**Wind und Wetter** Beobachtungen und Versuche mit Luft und Wetter

**Wirbel in Wasser und Luft** Verwirbelungen, Sog, Tornado...

**Kreiselfarben** Farben mischen, Flimmerfarben, Kreisellichter

**Flaschenzüge** Umlenkung, lose Rolle und verschiedene Flaschenzüge

**Zahnräder** Getriebe, Übersetzungen, Gangschaltungen

**Brückenbau** Vom Baumstamm zur Schrägseilbrücke

**Farbenzauber** Farbspielereien mit Rotkohl, Hibiskus, Säure und Lauge

**Die Platonischen Körper** Geometrie im Raum

**Taschenplanetarium** Planeten und Sterne beobachten

**Für jüngere Kinder bieten wir die Reihe „Natur und Technik“**

**Gemeinsames Experimentieren mit Kindern von 4 bis 8 Jahren an:**

**Magnetspiele** Spiele und Experimente mit den Magnetkräften

**Leicht und Schwer** Spiele und Experimente mit der Schwerkraft

**Der kleine Farbenspaß** Farb-Spiel-Experimente mit 7 Farbfolien

**Kaleidoskope** eine Entdeckungsreise in die Welt der Spiegelmuster

**Horchkiste** Akustik zum Anfassen

**Schnurtelefon** zwei Pappröhren, durch die man miteinander sprechen kann