



## 1. Übersicht

Hand-Out für Lehrkräfte

- Brückenbau –

ein Museum-on-Demand-Schulklassenprogramm

angepasst für die eigenständige Durchführung im Klassenzimmer

Guten Tag!

Wir freuen uns, dass Sie mit Ihrer Klasse an diesem Programm teilnehmen. Im Gegensatz zu einem Programm oder einer persönlichen Führung vor Ort im Deutschen Museum, übernehmen Sie die Moderationsrolle bzw. leiten selbst den Workshop in Form einer Unterrichtsdoppelstunde. Im Folgenden werden die nötigen Vorbereitungen, Ihre Rolle während des Workshops, sowie eine mögliche Nachbereitung beschrieben. Vielen Dank im Voraus für Ihre Mithilfe!



## 3. Vorbereitungen

**Die aufgelisteten Materialien sind für die Experimente notwendig.**

**Wir bitten Sie darum, diese einerseits selbst zu besorgen, andererseits teilweise selbst von SchülerInnen mitbringen zu lassen.**

Pro SchülerIn:

- 4 Holzstäbe mit 2 m Schnur,
- 1 Blatt DIN A4 Papier (120g)
- 3 Stangen Knete (Blöcke müssen bitte noch geteilt werden)
- 1 Schaumstoffbalken pro 2er Team
- 3 Blätter mit aufkopierten Papierbausteinen (Siehe Druckvorlage)

Für jeweils 2-3 SchülerInnen: 1 Anleitung zum Brückenbau (Siehe Kopiervorlage)

Vorbereitungsaufgaben für die SchülerInnen:

- 3 Papierbausteine zuhause ausschneiden und zusammenkleben; zum Workshop mit in die Schule bringen
- Eine Brücke zeichnen oder malen, über die das Kind selbst schon gegangen ist; die es in einem Buch/im Internet gefunden hat, etc...

Zusätzlich benötigtes Material pro SchülerIn: - zwei 4-5 cm hohe Stützen für eine Balkenbrücke (z.B. 6 Bücher, 2 Federmäppchen, o.ä.) - Schere, Kleber, kleines Gewicht (z.B. Radiergummi, Spitzer o.ä.)

**Wir bitten Sie, dass alle genannten Materialien, bis auf die Anleitung zum Brückenbau, bereits kurz vor Beginn des Workshops an die SchülerInnen verteilt, bzw. von den SchülerInnen zurechtgelegt werden.**

**Technik:** Projektion via Beamer oder Smartboard (Test von Bild und Ton für das Abspielen von Videos)

## 4. Die Rolle der Lehrkraft

Bei der selbstständigen Durchführung eines MoD-Programms haben Sie als Lehrkraft die übliche leitende und moderierende Rolle inne.

Der folgende Leitfaden soll Ihnen einen Eindruck vom Ablauf des Programms vermitteln, und ihnen die Arbeit einer eigenen Unterrichtsgestaltung abnehmen.

Ihr Handout verfügt zudem über eine zeitliche Einteilung der einzelnen Abschnitte , um zu vermeiden, dass Sie bzw. Ihre Klasse sich in einzelnen Programmpunkten verliert.

Bei den Experimenten stehen Sie den SchülerInnen zur Unterstützung bereit, wobei wir Sie darauf hinweisen möchten, dass Sie die Kinder so selbstständig wie möglich tüfteln lassen sollen.

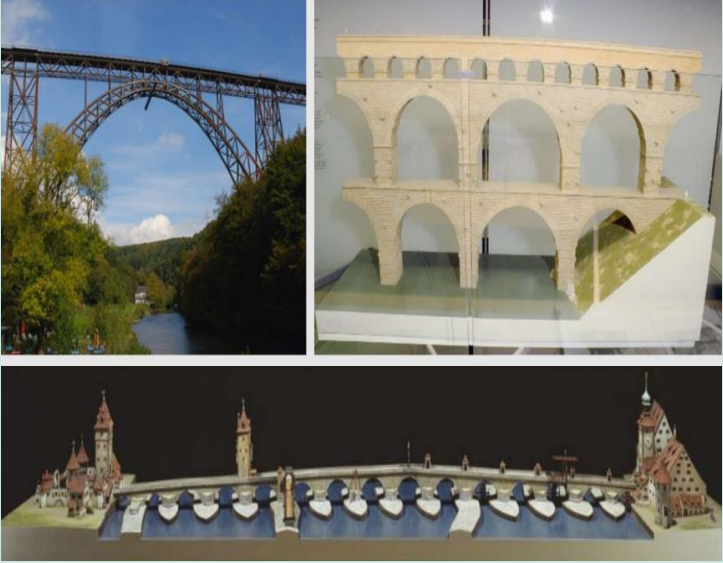
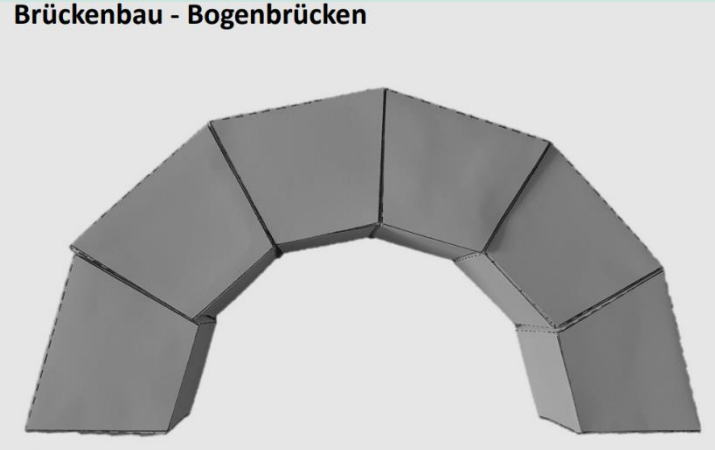
Vor Allem besteht ihre Zuständigkeit darin, die Inhalte des Programms dem Zeitplan entsprechend durchzuarbeiten.



### 5. Durchführung






Einführender Abschnitt	Es gibt verschiedene Brückentypen. Welche fallen euch selbst ein? Gibt es auf eurem Weg in die Schule eine besondere Brücke? Das Deutsche Museum befindet sich bekanntlich auf einer Insel in der Isar und kann daher nur über Brücken erreicht werden. (SchülerInnen Brücken zeichnen lassen)	10 min
Überschrift	<b>Balkenbrücken</b>	20 min
Technisches Konzept anhand von Beispiel Sowohl in Schrift- als auch Videoform?	Bei dieser Brücke (auf Caesar-Brücke zeigen) seht ihr sofort, warum sie Balkenbrücke heißt: Sie besteht aus Holz-Balken. Die Balken tragen die Last der Brücke selbst und von allem, was darüber geht oder fährt. Auch die untere Brücke ist eine Balkenbrücke, aber sie hat noch zusätzlich diese Konstruktion; das ist ein sogenanntes Fachwerk	
Aufgabe	<p>Schaut euch jetzt mal diese beiden Brücken genau an. Die untere kennt ihr schon, das ist die Rendsburger Eisenbahnbrücke; die links oben ist die Nantenbach-Brücke. Überlegt bitte für Euch selbst, was an den Brücken verschieden ist!</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="422 945 820 1285"></div> <div data-bbox="831 945 1351 1285"></div> </div> <p>Nantenbachbrücke über den Main      „Caesar-Brücke“ ca. 40 v. Chr. Über den Rhein Bild: M-Doblies München</p> <div data-bbox="432 1350 1262 1666"></div> <p>Brücke von Rendsburg über den Nord-Ostsee-Kanal</p>	
Versuch zum Selber machen: Hier zur Erläuterung der Notwendigkeit der Fachwerkkonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuch Papier zwischen zwei Tischen: Mit Gewicht (Radiergummi) belasten → Brücke stürzt ein</li> <li>• → Eigene Fachwerkkonstruktion aus Papier falten. (Siehe Anhang)</li> <li>• Versuch mit Schaumstoffbalken: parallele Striche auf dem Schaumstoff markieren. Anschließend den Schaumstoff biegen → nicht mehr parallel → Zug und Druck wirken ungleichmäßig auf die Brücke</li> <li>• Wirkung von Zug und Druck: Rucksack heben (Zug) Gegen die Wand lehnen (Druck)</li> </ul>	



Überschrift	Bogenbrücken	15 min
<b>Technisches Konzept anhand von Beispiel Sowohl in Schrift- als auch Videoform</b>	<p>Bei der Bogenbrücke wird, wie der Name schon sagt, das Gewicht der Brücke und der Personen und Waren, die sie überqueren auf mehrere Bögen aufgeteilt. Die Bögen sorgen also für Stabilität. Die jeweiligen Videoclips gehen näher auf die Eigenschaften und die Beschaffenheit der verschiedenen Modelle ein.</p> <p>Foto: Michael Tettinger</p> 	
<b>Aufgabe</b>	<p>Diskutieren Sie die Videoinhalte, und die Brückenunterschiede sowie Gemeinsamkeiten!</p>	
<b>Versuch zum Selber machen Wie hält eine selbstgebaute Bogenbrücke?</b>	<p>Mit Hilfe von Papierbausteinen nach Vorlage einen Bogen bauen. Bücher links und rechts des Bogens als Wiederlager verwenden. Die Erkenntnis hierbei soll sein, dass die Steine sich aufgrund ihrer Keilform selbst halten, und kein Klebstoff - in realiter Mörtel - benötigt wird. Selbsttragende Bogenkonstruktionen waren bereits den Römern bekannt.</p> <p><b>Brückenbau - Bogenbrücken</b></p>  <p>Baut (zu zweit) aus euren Papiersteinen eine Bogenbrücke.</p>	





Überschrift	Seilverspannte Brücken	15 min
<p><b>Technisches Konzept anhand von Beispiel Sowohl in Schrift- als auch Videoform?</b></p>	<p>Hängebrücken</p>   <p>Rattan-Brücke auf Sulawesi</p>	<p>Foto: <a href="http://www.elisabethherrmann.de/2-tag---honfleur/index.html">http://www.elisabethherrmann.de/2-tag---honfleur/index.html</a></p>
	<p>Schrägseilbrücken</p>   <p>Modell eines Brückenpfeilers    Normandiebrücke bei Honfleur</p>	
	 <p>Severinsbrücke bei Köln</p>	
<p><b>Aufgabe</b></p>	<p>Sucht nach Gemeinsamkeiten der beiden unteren Brücken. (Kurz Zeit lassen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Beides sind Brücken, bei denen Gehweg / Fahrbahn an Seilen befestigt ist</li> <li>➔ haben mindestens einen Pfeiler, an denen die Seile verankert sind.</li> </ul> <p>Schaut mal genau, was ihr an dieser Brücke alles erkennen könnt. (Kurz Zeit lassen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Zwei hohe Pfeiler, daran sind Seile befestigt, die die Fahrbahn tragen.</li> </ul>	



<b>Versuch zum Selber machen:</b> <b>Wie hält eine selbstgebaute Bogenbrücke?</b>	<b>Seilverspannte Brücke bauen aus:</b> <b>Knete als Verankerung, Stäbchen mit Schlitz/Loch (Pylone)</b> <b>Schnur als Seile,</b> <b>Festes Papier (Gehweg, Fahrbahn).</b> <b>Folie Bild mit buntem Modell zeigen: Das ist ein Beispiel für eine Brücke, die ihr bauen könnt.</b> <b>Die Anleitung kann vom Lehrer bei Bedarf ausgegeben werden (Anleitung siehe Datensatz)</b> <b>1. Forme eine Kugel aus der Knete.</b> <b>2. Mache am spitzen Ende des Holzstäbchens zwei Querstriche (1,5 cm von unten und 2,5 cm von unten).</b> <b>3. Fädle die Schnur durch das Loch.</b> <b>4. Stecke das Stäbchen bis zur 1. Markierung in die Knete.</b> <b>5. Fasse die Schnur auf beiden Seiten so, dass der Abstand zum Loch gleichlang ist und schräg nach unten. Beobachte, was mit dem „Pfeiler“ passiert.</b>  <b>(Die Anleitung ist noch einmal separat hinterlegt siehe „Experimentkarten Seilbrücken“)</b>	<b>20 min</b>
<b>Schluss</b>	Baustand besprechen, auftretende Probleme Anregung zu Nachbereitung: Brücke nach und nach mit Gewicht belasten, beobachten, was mit den Seilen passiert Verabschieden: Wisst Ihr jetzt auch, zu welchem Typ die Brücken gehören, die ihr fotografiert/gezeichnet habt?	<b>10 min</b>

## 6. Mögliche Nachbereitung

- Die SchülerInnen ordnen die als Vorbereitung gezeichneten Brücken der passenden Brückenart (Bogen-, Balken-, Seilbrücken) zu.
- Die SchülerInnen erstellen Plakate zu den unterschiedlichen Brückenarten mit charakteristischer Bauform und Beispielbildern.
- Die SchülerInnen machen Belastungsexperimente mit der selbst gebauten Brücken und überlegen, wie sie stabiler werden kann.



## Bogenbrücken



### Pont du Gard

Finde heraus, wer diese Brücke wozu gebaut hat.

**Römer; Wasserleitung nach Nîmes in Südfrankreich**

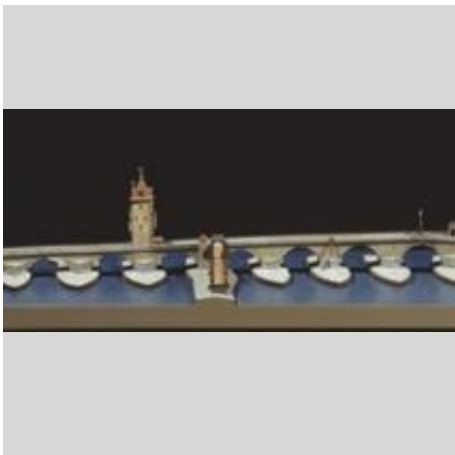
Überlege, warum die Bögen nach oben immer kleiner werden.

**Um das Gewicht gering zu halten.**

Schau genau: Woraus ist die Brücke gebaut?

**aus Steinen**

**Information:** Der Pont du Gard ist mit 49 m das höchste antike Aquädukt der Welt. Gebaut wurde es um ca. 50 n.Chr., wobei rund 1000 Arbeiter mehr als 5 Jahre im Einsatz waren. Der wasserführende Kanal ist mit Zement abgedichtet, sowie mit Platten gedeckt. Die Bogenreihen aus Stein sind ohne Mörtel gebaut.



### Steinerne Brücke Regensburg

Schau genau: Stehen die Pfeiler der Brücke auf Schiffen?

**Nein, auf Eichenholzpfählen im Flussbett.**

Finde heraus, warum der Untergrund für die Pfeiler so gestaltet wurde.

**Damit die Pfähle nicht unterspült werden können.**

**Information:** Die Brücke gilt als Meisterwerk der mittelalterlichen Baukunst (1135–46). Sie ist eine der ersten ihrer Art, die in Deutschland die Ufer eines großen Stromes verbanden. Regensburg war damals Drehscheibe für europäische Handelswege.

Die Pfeiler ruhen auf Eichenpfählen im Flussbett. Damit diese nicht unterspült werden, wurden rings um sie Inseln aus Steinen aufgeschüttet. Die Pfähle dafür wurden nach einer Dürre gesetzt, als die Donau wenig Wasser führte. Auf den Steininseln standen früher mehrere Mühlen, die die an der Brücke verstärkte Strömung der Donau ausnutzten.

(vgl. Modell)





## Informationen zum Brückenbau für die Betreuer

### Bogenbrücke

Bogenbrücken bilden die klassische Konstruktionsform der Massivbrücken. Das Haupttragssystem wird durch den Bogen bestimmt, die Fahrbahn in der Regel oben auf dem Bogen aufgeständert. Die Lastabtragung im Bogen erfolgt dabei überwiegend über Bogendruckkräfte. Diese Kräfte geben Bogenbrücken an den Auflagerpunkten in die Fundamentbereiche ab. Gute Baugrundverhältnisse sind daher Voraussetzung für den Bau von Bogenbrücken. Bogentragwerke und Gewölbe gehören neben einfachen Holzbalken zu den ältesten Tragkonstruktionen. Die Kunst des Wölbens erst ermöglichte dauerhaft Täler und Flussläufe zu überbrücken, sei es als Einzelgewölbe oder als Gewölbereihe. Noch erhaltene Brücken aus der Römerzeit zeugen von hohem Stand der Brückenbaukunst in jener Zeit.

Die „klassische“ Bogenform ist ein Halbkreis. So bauten schon die alten Griechen und Römer ihre Brücken. Bei einem sog. Segmentbogen liegt der Kreismittelpunkt unterhalb des Auflagers, wodurch die Brücken flacher werden. Bogenbrücken aus Beton erreichen heute Spannweiten von bis zu 550 m. Bei modernen Bogenbrücken aus Stahl ist die Fahrbahn entweder abgehängt oder über einem Bogen aufgeständert.

### Balkenbrücken

Die einfachste Form einer Balkenbrücke ist ein geeigneter Träger, der an seinen beiden Enden unterstützt wird. Unter Last biegt sich der Träger leicht durch. Für längere Brücken können mehrere solcher Träger aneinandergereiht werden.

Die Spannweite einer Balkenbrücke war zunächst auf die Länge des zur Verfügung stehenden Baustoffs begrenzt, also die einer Steinplatte oder eines Baumstamms. Mit Balken aus Stahl, Stahlbeton und Spannbeton werden heute freie Spannweiten von mehr als 300m erreicht.

Besonders stabil werden Balkenbrücken mit Hilfe eines Fachwerks. Der Balken wird nun aus vielen einzelnen Stäben zusammengesetzt, wobei die Stäbe jeweils stabile Dreiecke bilden.

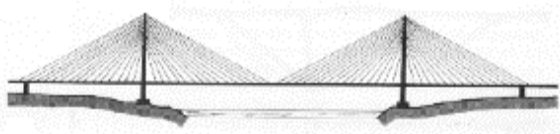
### Seilverspannte Brücken

Seilverspannte Brücken eignen sich besonders für Spannweiten über 300 m. Die längste Spannweite hat aktuell die Akashi-Kaikyō-Brücke in Japan mit einer Mittelspannweite von 1991 m.

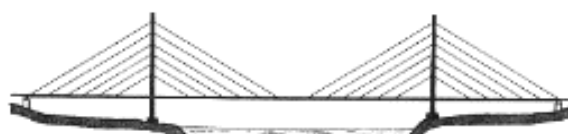
**Spannseilbrücken:** Zwei über ein Hindernis gespannte Seile, die die Fahrbahn tragen bilden die einfachste Form einer seilverspannten Konstruktion.

**Hängebrücken:** Bei Hängebrücken schwingen sich Tragseile über zwei Pfeiler. Die Fahrbahn wird mit vielen Seilen an die Tragseile „gehängt“. Diese Hängeseile zeigen dabei senkrecht nach unten

**Schrägseilbrücken:** Schrägseilbrücken sind seit etwa 1950 vermehrt gebaut worden. Die Fahrbahn wird mit schrägen Seilen an Pfeilern aufgehängt. Die ersten Schrägkabelbrücken hatten nur 2-3 Kabel je Pfeilerseite. Dadurch wurde der Balken nur durch wenige Punkte gestützt. Der Balken hatte also noch immer große Biegemomente aufzunehmen. Entsprechende Bauhöhen waren gefordert. Im Laufe der Entwicklung wurde der Abstand der Unterstützung der Balken verkleinert und auf 6 bis 12 m beschränkt. Dadurch wurden die Biegemomente sehr klein. Sehr weit gespannte Brücken (300 - 1800m) mit geringer Bauhöhe waren von nun an möglich.



Schrägseile in "Fächeranordnung"



Schrägseile in "Harfenanordnung"  
(parallel angeordnet)