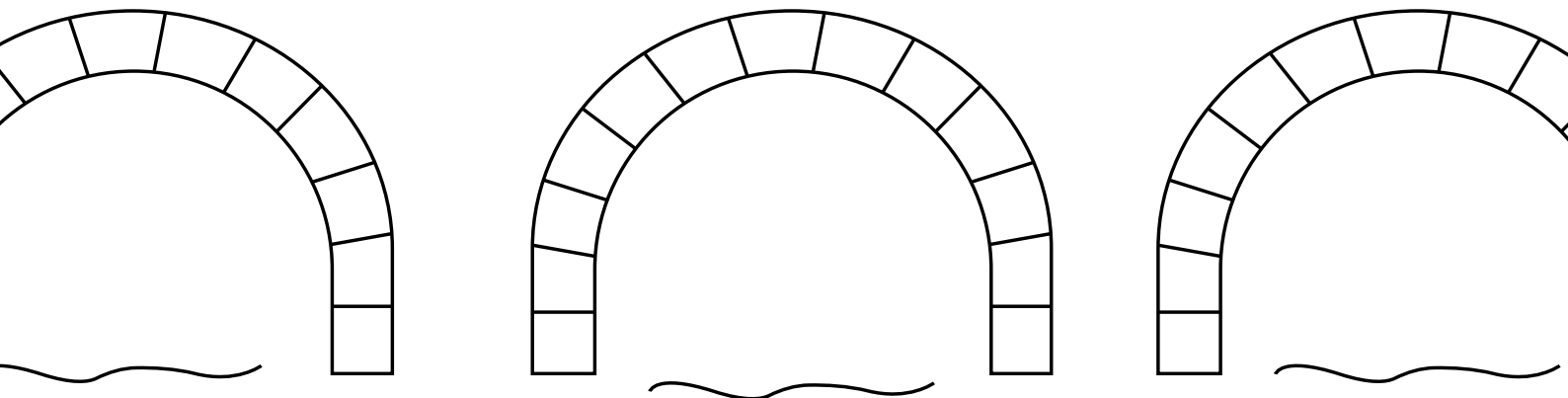


Brückenbaumeister – was Architekt*innen von der Natur lernen

Workshop zum Thema „Besondere Bauwerke – Brücken“

Klassen 3–4

Stand: November 2021



Brücken – Bauwerke mit jahrtausendealter Tradition

Brücken können auffällige und interessante Bauwerke sein! Wofür brauchen wir sie? Wir wollen sicher von A nach B gelangen und das möglichst ohne große Hindernisse. Zudem möchten wir Zeit sparen. Auch wirtschaftliche Gründe spielen eine wichtige Rolle: Brücken ermöglichen den Kontakt und Handel mit anderen Orten. Die Brücke ist ein Sinnbild: Sie verbindet nicht nur Ufer, sondern auch Menschen und Kulturen. Die älteste Bauform ist sicherlich die Balkenbrücke. Die ersten Ideen lieferte die Natur beispielsweise in Form von umgestürzten Bäumen über einen Bach oder Trittsteinen im Wasser, die nur noch verbunden werden mussten. Die Menschen legten Holzpfade über Moorlandschaften, bauten erste Holz- und Natursteinbrücken und später auch Bogenbrücken.

Es folgten Brücken aus Gusseisen und schließlich aus Beton. Im Laufe der Zeit wuchs ihre Spannweite und sie wurden zunehmend stabiler. Von entscheidender Bedeutung ist hierbei die Entwicklung bestimmter Tragwerke (Hängebrücke) und Materialien (Spannbeton). Gleichzeitig ist es heute unsere Aufgabe, langlebig, ressourcenschonend und multifunktional zu bauen. Wir müssen die Recyclingfähigkeit und Umweltverträglichkeit der Bauteile beachten. Energieeffizienz betrifft unser ganzes Leben. Wie lassen sich die Anforderungen an ökonomisches, nachhaltiges Bauen erfüllen? Genau hier gibt es in der Natur einiges zu entdecken.

Ein Baumstamm wird zur Brücke.
(Quelle: S. Tepel)



Massive Balkenbrücke aus Steinplatten
(Quelle: K. Schildmann)



Massive Balkenbrücke aus Holzbohlen
(Quelle: S. Tepel)

Die Natur als Vorbild

Lernen von der Natur (→ Bionik) – wie funktioniert das? Im ersten Schritt wird die Natur beobachtet. Danach folgt eine Gegenüberstellung von Natur und Alltag. Dies geschieht entweder durch gezieltes Suchen nach Lösungen und die Übertragung in die Technik oder durch zufälliges Entdecken von Analogien, also ähnlichen Funktionen mit ähnlichem Aussehen. Schwimmflossen sind beispielsweise nicht zwingend eine Nachahmung von Entenfüßen. Letztere können aber Anregungen zur Optimierung von Schwimmflossen gegeben haben. Die Natur kann dementsprechend ein Vorbild für technische Verbesserungen sein.



Ein Beispiel für Ähnlichkeiten zwischen Natur und Technik: Schwimmhäute und Schwimmflossen
(Quelle: K. Schildmann)

Von der Natur zu lernen, fördert die Kreativität und hilft, Denkprozesse abzukürzen, denn die Evolution hat nahezu optimale Lösungen hervorgebracht. Folgende Merkmale, die ihren Ursprung in der Natur haben, finden wir bei Bauwerken: Ressourcenarmut (Material, Gewicht und Energie), eine gute Materialverteilung und Steifigkeit (ermöglicht den Leichtbau) und die Wiederverwendung von Bauteilen. Außerdem ist es wichtig, das Material stetig zu verbessern und anzupassen.

Es gibt verschiedene Bereiche und Möglichkeiten, die aufzeigen, wie Bionik umgesetzt werden kann. Hier lässt sich erahnen, wie groß die Bandbreite ist, aber auch, wie fein die Spezialisierungen sind.

In der Natur wird gebaut

Ein Beispiel für die Stabilisierung bei Pflanzen und Bäumen sind die Verzweigungen. Ein Baum besteht unter anderem aus kleiner werdenden Wurzeln und Ästen, sogar jedes Blatt hat eine feiner werdende Äderung. Bei den Baumwurzeln kommt ein Zugdreieck zum Tragen: Es überbrückt 90°-Winkel und stabilisiert den Baum wie das Zugseil beim Zirkuszelt. Baumähnliche Strukturen mit Verzweigungen werden bei Stützen eingesetzt (siehe Flughafen Stuttgart). Das Entwerfen mit baumähnlichen Stützen wird am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) in Stuttgart erforscht. Auch Knochen sind ein interessantes Beispiel für den Leichtbau

in der Natur. Der Oberschenkelknochen passt sich sogar Belastungen an: Dort, wo sie einwirken, wird die Balkchenstruktur enger ausgebildet, an anderer Stelle dagegen weiter. Das spart Material. Der Knochen ist wie eine Röhre aufgebaut und außen glatt. Bei Vögeln sind die Knochen nahezu gänzlich hohl mit wenigen Verstrebungen, dadurch leicht und stabil. Sie sind als Naturmaterial, aber auch als Konstruktionsbeispiel interessant. Tiere sind ebenso großartige Baumeister: An Behausungen wie Wespennestern, Bienenwaben, Spinnennetzen und Muschelschalen zeigt sich anschaulich, wie vielfältig sich Baumaterialien und Bautechniken entwickelt haben. Diese filigranen Leichtbauten sind von großer Ästhetik und lassen uns respektvoll staunen.



Verzweigungen bei Bäumen
(Quelle: M. Schildmann)

Wie Menschen bauen

Ähnlichkeiten zwischen Konstruktionen in der Natur und den Bauten, die Menschen errichten, sollen am Beispiel Brücken untersucht werden.

Brücken werden nach ihrem Konstruktionsprinzip (Tragwerk und Lastabtragung) in verschiedene Kategorien eingeteilt:



Eine Variante des Leichtbaus: Eine Balkenbrücke mit Fachwerk aus Stahl
(Quelle: F. Sandleben)

Beispiele für den Schwerpunkt Bauen:

- Falten und Verpacken: Falten, Rillen und Wellen für Schutz und Stabilität bei wenig Material
- Verwendung von Naturmaterial: Knochen (selbstreparierend), Holz, Pflanzenfasern (Verbundmaterial)
- Bautechniken: Lehm- und Fachwerkbauten, Seilkonstruktionen, Schalenkonstruktionen, Tiefbauten, wasserabweisende Dächer
- Baubionik als Kombination mehrerer Bereiche: Verwendung von traditionellen Baumaterialien, Leichtbaukonstruktionen

Balkenbrücken, gerade

Varianten: Versatz- oder Auslegebrücken

- Material: früher Holz und Steinplatten (massiv)
- Bauweise heute:
 - Fachwerk in Holz oder Stahl
 - bewehrter Beton, stahl- oder faserverstärkt
 - Spannbeton, auch als (Stahl-)Hohlkasten

Bogenbrücken, gewölbt

- Material: früher Stein (massiv)
- Bauweise heute:
 - Fachwerk in Stahl
 - bewehrter Beton als Rund-, Segment- oder Korbbogen

Hängebrücken

- Material: früher Lianen, heute häufig Stahl oder Stahlbeton
- Bauweise: Fahrbahn wird entweder mit senkrechten Stahlseilen oder Stangen (Hängern) an Tragkabel gehängt, die durch Pylone (turmartige Pfeiler) gestützt werden, oder direkt mit Schrägseilen an Pylonen aufgehängt (Variante Schrägseilbrücke)

Literaturauswahl

Belzer, S.: Die genialsten Erfindungen der Natur. Bionik für Kinder. Frankfurt am Main 2010

TECHNOSEUM Landesmuseum für Technik und Arbeit (Hrsg.): Bionik. Unterrichtsmaterialien für Schulen, Mannheim 2013, online:
https://www.technoseum.de/fileadmin/media/pdf/mupaed-material/Lehrerheft_Bionik.pdf (letzter Abruf am 9. August 2021)

Köthe, R.: Brücken und Tunnel. Was ist Was Bd. 91. Nürnberg 2010

Der Workshop

Das Programm „Brückenbaumeister – was Architekt*innen von der Natur lernen“ ist für die 3. bis 4. Klasse geeignet. Es greift das Thema „Brücken“ auf und betrachtet in diesem Zusammenhang Analogien zwischen Natur und Technik. Ein Blick auf die Baugeschichte von Brücken erklärt die Bedeutung von Materialeinsparung und Stabilität und zeigt, warum sich eine genaue Beobachtung der Naturphänomene lohnt. Das Ziel des Workshops ist es, die Schüler*innen für die Umwelt zu sensibilisieren, sie mit der jungen Wissenschaft „Bionik“ vertraut zu machen und ihnen kleine Forschungen im Alltag zu ermöglichen. In einer Aufgabe können sie zum Beispiel eine Brücke selbst nachstellen und dabei am eigenen Körper Zug- und Druckkräfte erfahren. Im Folgenden stellen wir Ihnen in einem Ablaufplan vor, wie Sie das Thema im Unterricht umsetzen können. Wenn Sie den Workshop nicht in Eigenregie durchführen möchten, unterstützen wir Sie gern. Sie können dabei zwischen einem analogen und einem digitalen Workshop wählen:

- **analog:** Workshop mit Ihnen, Ihrer Schulklasse und dem*der Workshopleiter*in vor Ort im StadtPalais – Museum für Stuttgart, Dauer: 2,5 Stunden
- **digital:** Live-Online-Workshop, bei dem der*die Workshopleiter*in im StadtPalais – Museum für Stuttgart mit Ihnen und Ihrer Klasse in der Schule über eine Konferenzschaltung verbunden ist, Dauer: 1,5 Stunden



mehr Informationen unter
www.stadtpalais-stuttgart.de/vermittlung/workshops

Vorschlag für den Ablauf in der Schule

PROGRAMMPUNKT	INHALT	MATERIAL
Vorstellen des Themas		
Einstieg Brücken kennenlernen	Brücken aus 3 bis 5 Bauklötzen bauen	Bauklötze
Einführung Was sind Brücken?	Wofür brauchen wir Brücken? Seit wann gibt es Brücken? Ein Blick auf Konstruktionsprinzipien: die Balkenbrücke (vgl. „Brücken – Bauwerke mit jahrtausendealter Tradition“)	Fotos von Brücken
1. Arbeitsblatt Fragen zum Thema „Brücken“ (siehe Anhang, Fragen 1–7)	<i>Einzel- oder Partnerarbeit</i>	
Kleine Bewegungseinheit Architekturgymnastik	Die Schüler*innen versuchen, eine Brücke von einem Bild darzustellen.	
Einstieg in die Thematik Natur und Technik	Beschreibung	
Wie kann man von der Natur lernen?	Schwerpunkt Bauen (vgl. „Die Natur als Vorbild“)	
Auch die Natur baut! Fotoseite (siehe Anhang)	Stabilität: Grashalme, Bambus, Palmblätter, Muscheln o. Ä. Knicke, Rohre, Falten, Rillen (vgl. „In der Natur wird gebaut“)	Anschauungsmaterial aus der Natur mitbringen oder in Form von Abbildungen zeigen: Klette, Schwimmflosse o. Ä. (siehe Arbeitsblätter; ausgewähltes Anschauungsmaterial wird dort erwähnt, sollte daher auch zuvor schon thematisiert/ gezeigt worden sein)
Wie bauen Menschen?	Überleitung zu Brücken (vgl. „Wie Menschen bauen“) und dem Experiment (siehe 2. Arbeitsblatt)	Analogien aus dem Alltag: Dose, Flasche, Einwegbesteck, Wellpappe etc.
PAUSE		
2. Arbeitsblatt Experiment: Papierbrücke und Stabilisierungsmöglichkeiten durch Verformung, hier zum Konstruktionsprinzip Balkenbrücke (siehe Anhang)	Ideenfindung durch Beispiele in der Natur, um die Papierbrücke zu stabilisieren <i>Partner- oder Gruppenarbeit</i>	für jede Gruppe drei DIN-A4-Blätter, evtl. Klebeband, Bücherstapel, Stifte als Gewichte

3. Arbeitsblatt

(= optionales Beiblatt zum Experiment) (siehe Anhang)

Vertiefung der Thematik

1. Arbeitsblatt

Fragen zum Thema „Brücken“
(siehe Anhang, Frage 8)

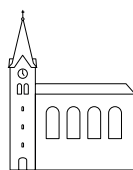
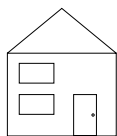
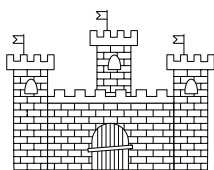
Präsentation der Methoden

optional: Spiele
(siehe Anhang)

Memory, Frage-Antwort-Spiel

ANHANG

1. Erkennst du eine Brücke? Kreise ein.



2. Was ist eine Brücke? Wofür braucht man sie?

3. Wer benutzt Brücken? Kreuze an.

☐

Fußgänger/Rad

☐

Autos

☐

Züge

☐

Schiffe

☐

Flugzeuge

☐

Tiere

4. Kennst du eine berühmte Brücke, vielleicht sogar in deiner Stadt? Zeichne sie hier.



5. Kennst du noch andere Arten von Brücken?
Wo sind sie?

6. Weißt du noch, wie man die älteste Bauform nennt?

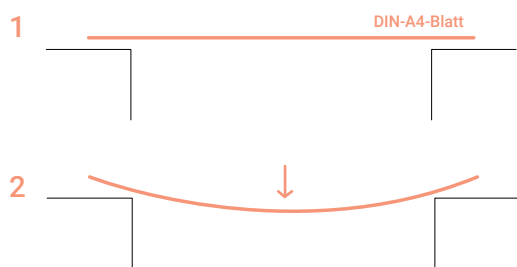
7. Welches Material kann man zum Brückenbauen benutzen?

später:

8. Stell dir vor, du bist eine Forscherin oder ein Forscher: Hast du eine Idee, was wir uns von der Natur abschauen könnten? Wie sieht deine Idee aus? Zeichne sie oder beschreibe sie.



Versuchsaufbau



Arbeitsaufträge und begleitende Fragen

1. Lege ein normales DIN-A4-Blatt links und rechts auf zwei Bücherstapel und platziere dann ein kleines Gewicht, zum Beispiel einen Stift, darauf. Was passiert?

2. Überlege, wie du Schritt für Schritt durch Knicken, Umformen und Falten die Papierbrücke stabilisieren kannst. Denk dabei zum Beispiel an Blätter und Bambus in der Natur. Nimm für jede Idee ein neues Blatt und probiere mit mehreren Stiften aus, wie viele Stifte das Papier tragen kann. Zeichne jeden Versuch auf und beschreibe jeweils deine Beobachtung.



Idee 1

Idee 2

Idee 3

Zusatzfrage: Wie wirken sich die Anzahl der Knicke und ihr Richtungsverlauf (quer oder längs) auf die Stabilität aus? Wann ist die Brücke stabiler?

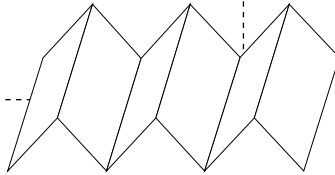
3. Zeichne das Faltprofil ab. Welche Grundform erkennst du im Zickzack?



Hier lernst du, wie man etwas stabiler machen kann, ohne dass es schwerer wird.

Der Trick mit der Faltung

Große Palmblätter dürfen im Wind nicht abknicken. Auch Papier kann Druck aushalten, wenn es entsprechend verformt wird. Folglich ist nicht nur das Material, sondern auch die Form (Bauweise) entscheidend. Durch die Faltung wird das Blatt stabiler, denn der Druck wird durch die Falten aufgefangen und verteilt. Denk zum Vergleich an Wellpappe oder Wellblech.



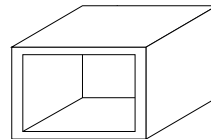
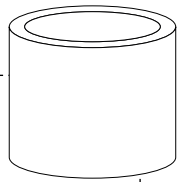
1. Was könnte die Faltung bei der Papierbrücke noch stabiler machen?

Tipp: Denk an die Schichten bei Wellpappe.

2. Fallen dir auch Dinge mit Falten ein, die bei dir zu Hause (z.B. in der Küche) stehen?

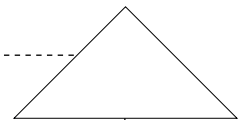
Der Trick mit dem Rohr

Bambus ist hohl und dadurch leicht. Trotzdem ist er stabil! Einwirkende Kraft wird bei runden Formen über die gesamte Fläche verteilt.



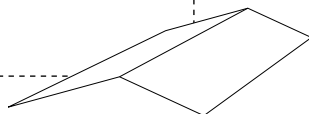
Der Trick mit dem Dreieck

Diese einfache geometrische Figur ist ein stabiles „Bauteil“. Kräfte, die von oben einwirken, werden zur Seite hin abgeleitet. Auch bei der Faltung können Dreiecke entstehen.



Der Trick mit dem Knick

Ein Knick kann eine Verstärkung in die Fläche eines Blattes bringen, eine sogenannte Aussteifung. Beim Knicken entsteht auch oft eine Dreiecksform.

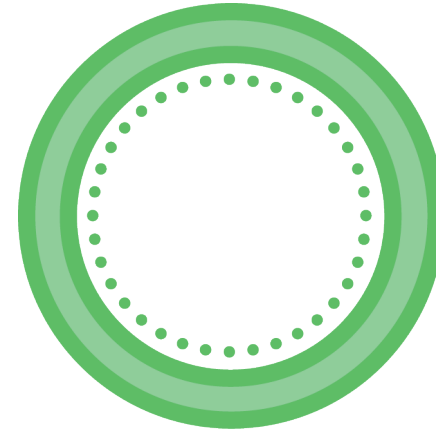


Stell dir vor, dass eine Libelle auf einem großen, langen Grashalm landet. Warum knickt der Halm nicht ein?

Tipp: Große Gräser bestehen aus einem Stiel und dem eigentlichen Blatt.



Bambusrohr mit Sprossknoten
(Quelle: K. Schildmann)



Bambus-Hohlprofil
(Quelle: K. Schildmann)



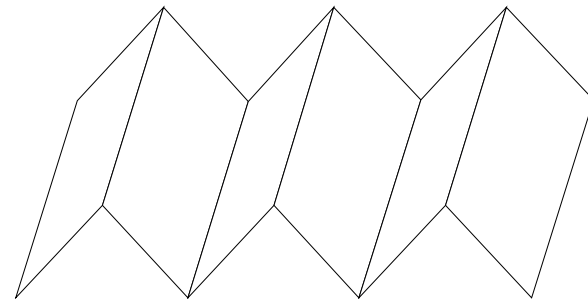
Bambuspflanze
(Quelle: K. Schildmann)



Fächerpalmblatt mit Faltung (Detail)
(Quelle: K. Schildmann)

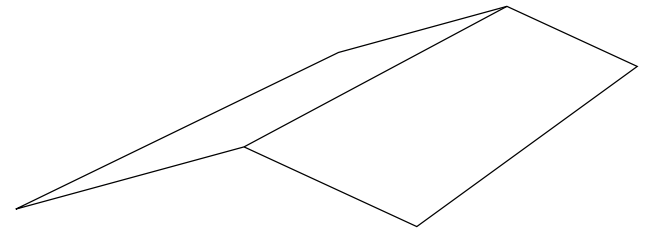


Fächerpalmblatt mit Faltung
(Quelle: K. Schildmann)





Ein Grashalm mit einer Libelle
(Quelle: K. Schildmann)

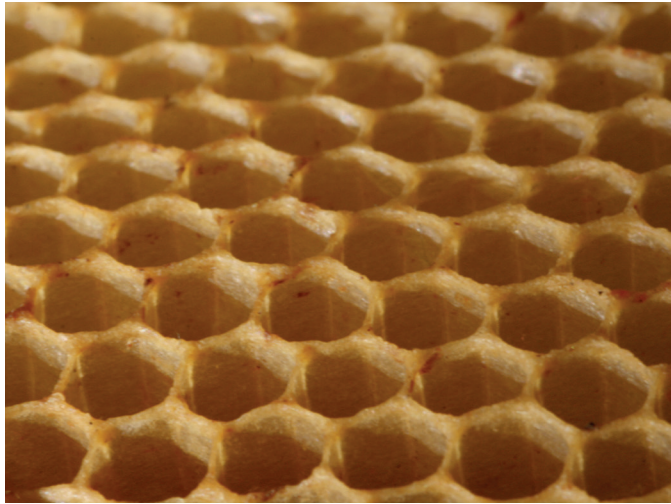


Memory

Analogien zwischen Natur (Pflanzen, Tiere) und Technik: Die Schüler*innen suchen die zusammengehörigen Bildpaare.

- (1) Bienenwabe – Honeycombs aus Pappe
- (2) Blatt der Fächerpalme – Wellpappe (Sandwich)
- (3) Austernfischer – Pinzette
- (4) Rippen der Muschelschale – Dose/Trinkbecher
- (5) Entenfuß – Schwimmflosse
- (6) Baumwurzel – Zelt
- (7) Vogel – Flugzeug
- (8) Grashalm – Fernsehturm
- (9) Klette – Klettverschluss

(Quelle: alle Fotos K. Schildmann)



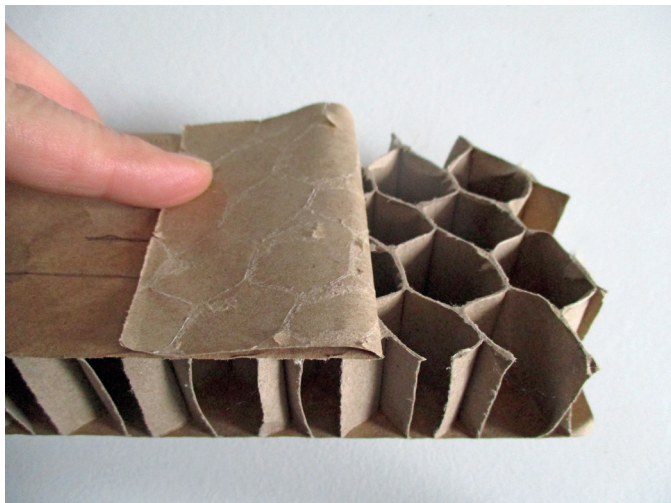
(1)



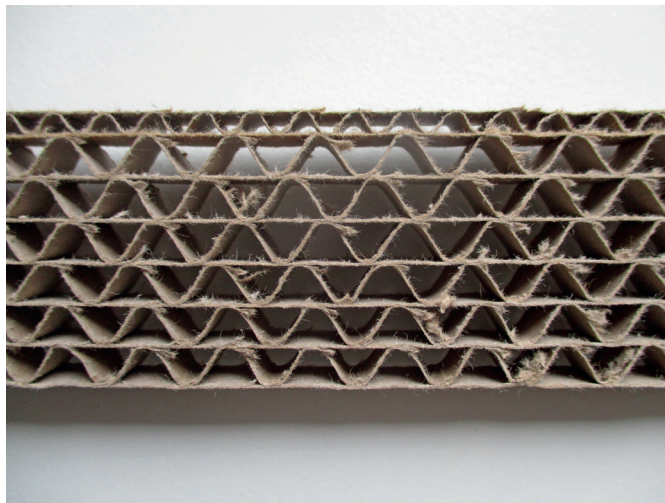
(2)



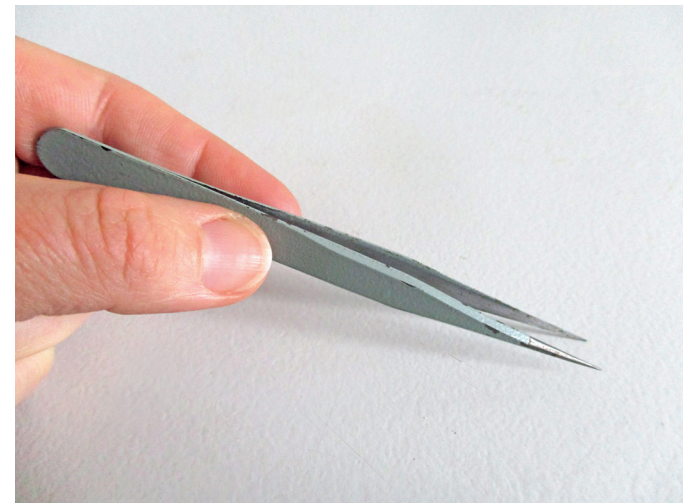
(3)



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(4)



(5)



(6)



(7)



(8)



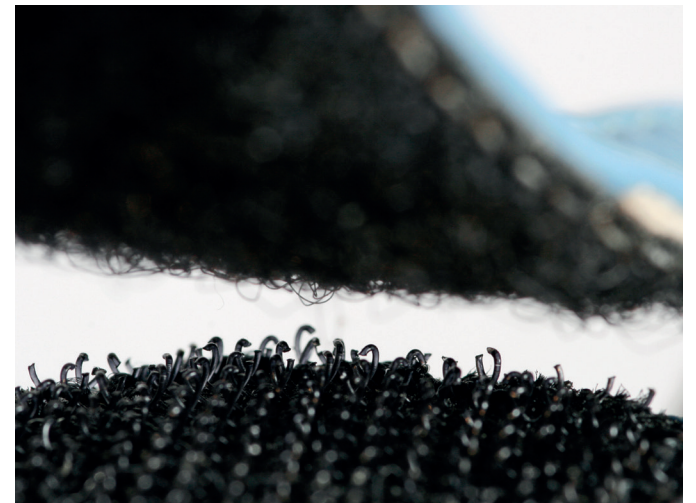
(9)



(7)



(8)



(9)

Frage- und Antwort-Spiel

Stellt euch gegenseitig die Fragen. Wer weiß die Antwort am schnellsten?

**1. Welche Funktion
haben Schwimmflossen?**

**2. Welches Tier baut
Wände aus Papier?**

**3. Was haftet ganz
ohne Klebstoff an
glatten Flächen?**

**4. Was kann man
im Flugzeugbau von
Vögeln lernen?**

**5. Warum haftet die
Klette am Pulli?**

**6. Wodurch wird das
Palmblatt zum Fächer?**

Fallen dir noch weitere Fragen ein?

Lösungen zu den Arbeitsblättern

1. Arbeitsblatt

Frage 3: alle

Frage 5: Aquädukt, Kanalbrücke, Rollwegbrücke, Stauanlage, Schutzbrücke, Grünbrücke, Seebrücke, Schiffsbrücke, Zugbrücke etc.

Frage 6: Balkenbrücke aus Baumstämmen oder Steinplatten

Frage 7: Holz, Steine, Stahl, Stahlbeton

Frage 8: individuelle Antwort

2. Arbeitsblatt

Arbeitsauftrag 1: Das Papier hängt durch.

Arbeitsauftrag 2:

Idee 1: Durch einen Knick in der Mitte; die Brücke trägt sich selbst und ein kleines Gewicht.

Idee 2: Durch weitere Knicke und Umformung in ein eckiges Rohr (siehe Skizze auf dem 3. Arbeitsblatt); die Brücke trägt sich selbst und ein mittelschweres Gewicht.

Idee 3: Durch noch mehr Knicke in Zickzack-Faltung (siehe Skizze auf dem 3. Arbeitsblatt); die Brücke trägt sich selbst und ein schweres Gewicht; das ist die beste Lösung.

Zusatzfrage: Mit zunehmender Anzahl der Knicke wird die Brücke stabiler. Die Knicke müssen in Längsrichtung der Brücke verlaufen.

Arbeitsauftrag 3: Dreieck

3. Arbeitsblatt

Kapitel „Der Trick mit der Faltung“

Frage 1: eine angeklebte Deckschicht oben und unten

Frage 2: Getränkeflaschen und Konservendosen, Einwegbecher und -besteck, Wellpappe

Kapitel „Der Trick mit dem Knick“

Der Halm („Stiel“) ist ein Rohr und das eigentliche Blatt hat einen verstärkenden Knick.

Frage- und Antwortspiel

Frage 1: Durch eine größere Fläche entsteht mehr Wasserverdrängung, das ermöglicht schnelleres Schwimmen.

Frage 2: Die Wespe, sie stellt einen Brei aus Holzfasern und Speichel her.

Frage 3: der Saugnapf, zum Beispiel am Arm der Krake oder unter der Rutschmatte

Frage 4: eine verbesserte Flugtechnik, zum Beispiel Verkleinerung der Luftwirbel

Frage 5: Weil sie kleine Widerhaken hat.

Frage 6: durch die Zickzack-Faltung

Infos zur Buchung der Workshops

www.stadtpalais-stuttgart.de/vermittlung/workshops

Tel. 0711 / 216 258 00

E-Mail stadtpalais@stuttgart.de

Kosten 40 Euro pro Workshop

Workshops können von Dienstag bis Freitag während
der Öffnungszeiten des StadtPalais (10 bis 18 Uhr)
durchgeführt werden.

Frühöffnung ab 9 Uhr ist nach Absprache möglich.

Impressum

Herausgeber*innen

StadtLabor Stuttgart, Silvia Gebel und Martin Seeburg

StadtLabor Stuttgart

StadtPalais – Museum für Stuttgart

Konrad-Adenauer-Straße 2, 70173 Stuttgart

www.stadtpalais-stuttgart.de/vermittlung/stadtlabor

Autorin

Katrin Schildmann

Lektorat

Dr. Birgit Wüller

Gestaltung

Kim Helen Fettes

Stand

November 2021

Gefördert durch

WÜSTENROT STIFTUNG

