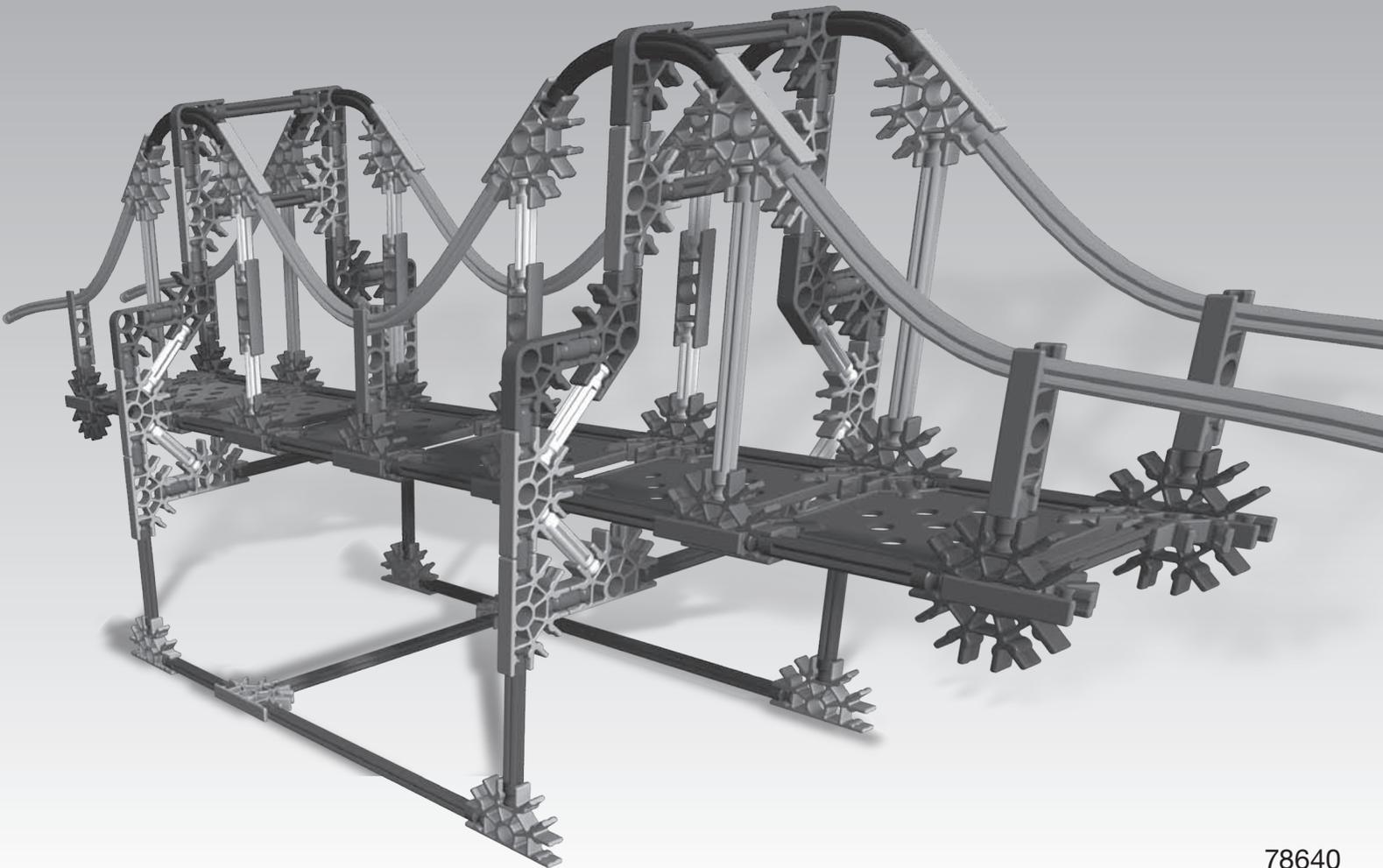
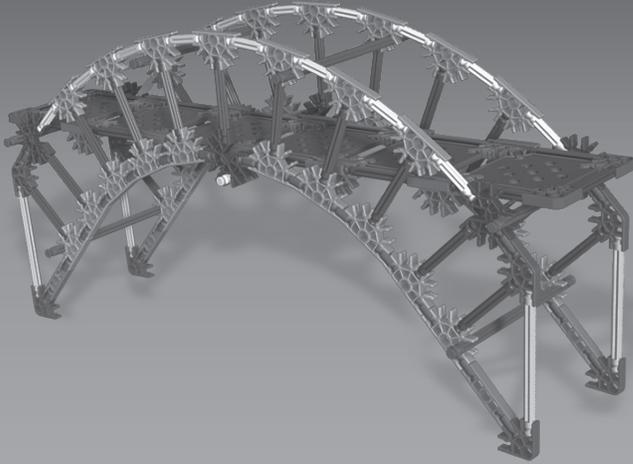


HANDBUCH FÜR LEHRER

BRÜCKEN EINFÜHRUNG BAUWERKE



BRÜCKEN

Handbuch Für Lehrer

96568-V4-10/14
©2014 K'NEX Limited Partnership Group
und ihre Lizenzgeber

K'NEX Limited Partnership Group
P.O. Box 700
Hatfield, PA 19440-0700

Besuchen Sie auch unsere Website
www.knexeducation.com
Email: abcknex@knex.com
Telefon: 1-888-ABC-KNEX

K'NEX Education ist eine eingetragene Marke
der K'NEX Limited Partnership Group.

Geschützt durch International Copyright.
Alle Rechte vorbehalten.

EIN HINWEIS ZUM THEMA SICHERHEIT:

Sicherheit ist ein wichtiges Thema im naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht. Wir empfehlen das Aufstellen einiger grundsätzlicher Regeln für den sicheren Umgang mit K'NEX in ihrem Klassenzimmer. Dabei sollte besonders der sichere Umgang mit Gummibändern herausgestellt werden.

⚠ VORSICHT:

Die Schüler sollten ihre Gummibänder nicht überdehnen oder überdrehen. Bei Überdehnung oder Überdrehung kann das Gummiband reißen und Verletzungen herbeiführen. Jegliche Abnutzung oder Beschädigung sollte unmittelbar dem Lehrer gemeldet werden. Lehrer und Schüler sollten die Gummibänder vor jedem Gebrauch auf eventuelle Beschädigungen untersuchen.

Hände, Haare und lose Kleidung dürfen nicht in die Nähe von beweglichen Teilen kommen. Finger dürfen niemals in sich bewegende Zahnräder oder andere bewegliche Teile gesteckt werden.



ACHTUNG:

ERSTICKUNGSGEFAHR –
Kleinteile. Nicht geeignet für
Kinder unter 3 Jahren.

Einführung: BRÜCKEN

ÜBERBLICK

Dieses Lehrerhandbuch wurde entwickelt, um sie beim Einsatz des K'NEX Set Einführung Bauwerke: Brücken in ihrer Klasse zu unterstützen. In Verbindung mit dem K'NEX Material und individuellen Schulbüchern, können die Informationen und Hilfsmittel in diesem Handbuch genutzt werden, um das Verständnis ihrer Schüler für wissenschaftliche Zusammenhänge aufzubauen und ihre Experimente in produktive und aussagekräftige Lernerfahrungen zu führen.

K'NEX EINFÜHRUNG BAUWERKE: Brücken

Dieses K'NEX Konstruktionsset wurde konzipiert, um Schüler in die Geschichte, Funktion, das Design, die Geometrie und die Belastbarkeit von Brücken einzuführen. Die nähere Betrachtung von Brücken hilft Schülern ein gutes Allgemeinverständnis für die bei Bauwerken wirkenden zu erlangen. Sie erhalten Kenntnis über die physikalischen Eigenschaften von Werkstoffen und die Anwendbarkeit in Design und Konstruktion von Brücken. Sie werden entdecken, dass Brückenkonstruktionen sehr oft komplexe technische Lösungen erfordern, obwohl sie eigentlich auf einfachen wissenschaftlichen Grundgesetzen beruhen. Das Arbeiten mit diesen K'NEX Set gibt den Schülern Möglichkeit, Ihre Kenntnisse und Informationen durch praktische Erfahrungen und Übungen zu erweitern. Die Zusammenarbeit wird gefördert, die Schüler wirken beim Bauen, Diskutieren und Entwickeln von wissenschaftlichen Grundgesetzen aufeinander ein.

LEHRERHANDBUCH

Dieses Handbuch dient als Nachschlagewerk für den Lehrer und liefert Informationen über die wichtigsten Brückenarten, die heute eingesetzt werden, das verwendete Material und die technischen Grundgesetze die Anwendung finden. Eine Liste an Hauptbegriffen und Definitionen, es enthält einen Überblick über die Grundsätze, die im Zusammenhang mit Hebel und Rolle stehen, definiert Ziele für jede Übung und liefert Pläne und Hinweise für das erfolgreiche Präsentieren der Modelle (Brücken) und der damit verbundenen Übungen. Die meisten Übungseinheiten können innerhalb von 30-45 Minuten gehalten werden. Es gibt darüber hinaus weiterführende Übungen, wie sie für eine Vertiefung genutzt werden können. Wir empfehlen den Lehrkräften, ihre jeweiligen Lehrpläne und Standards für den wissenschaftlichen Unterricht zu überprüfen, um zu ermitteln, welche der angebotenen Übungen und Definitionen für ihre Anforderungen geeignet sind.

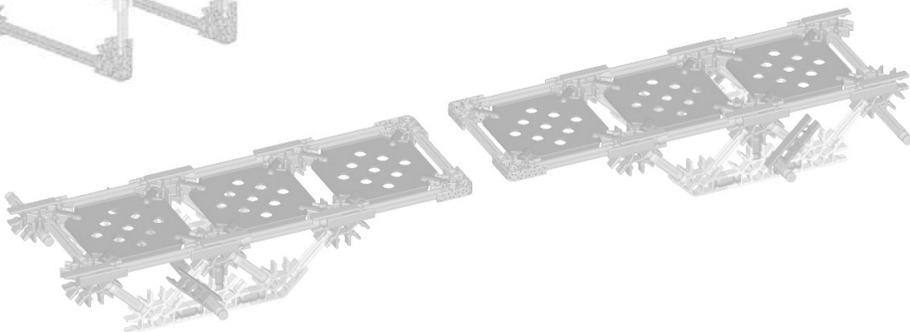
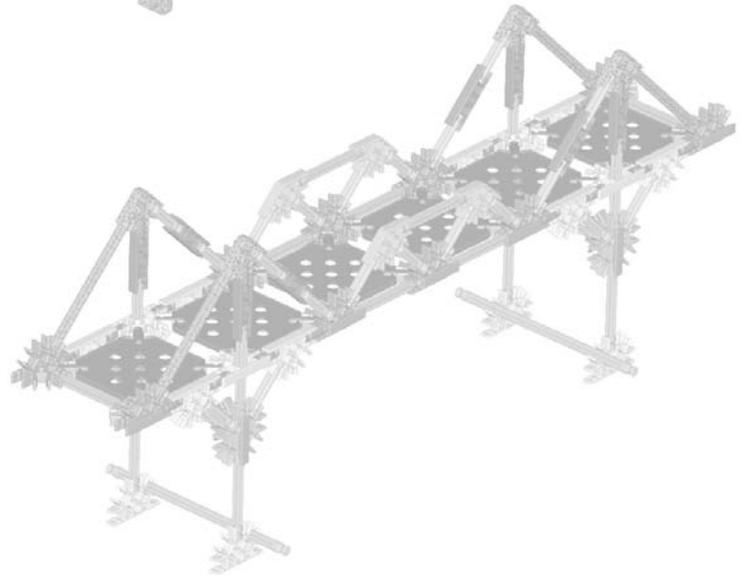
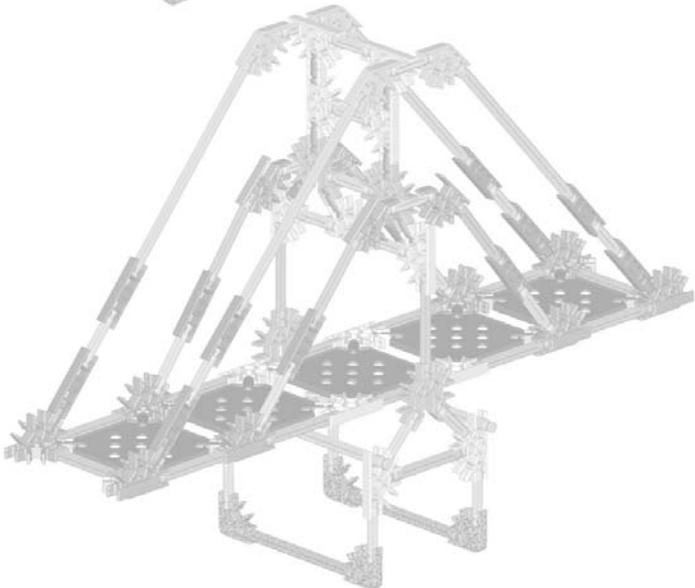
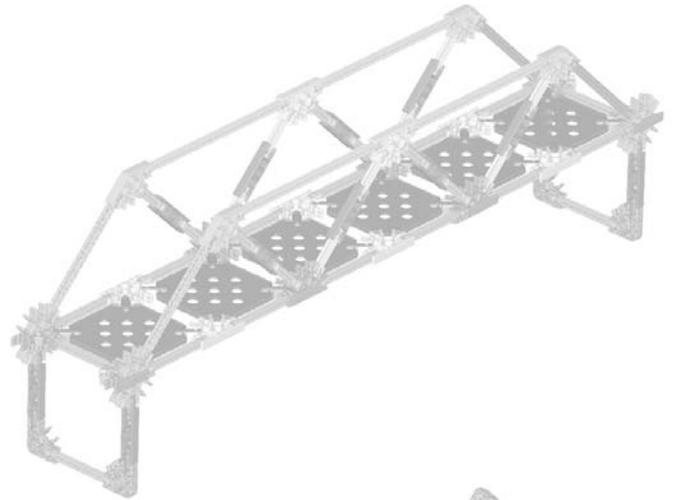
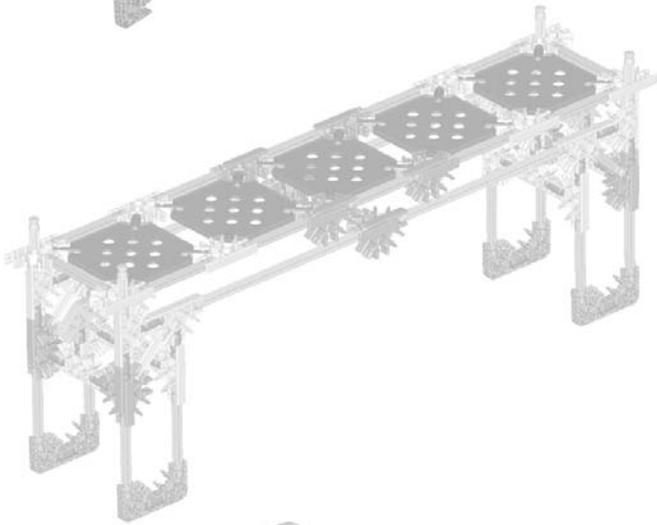
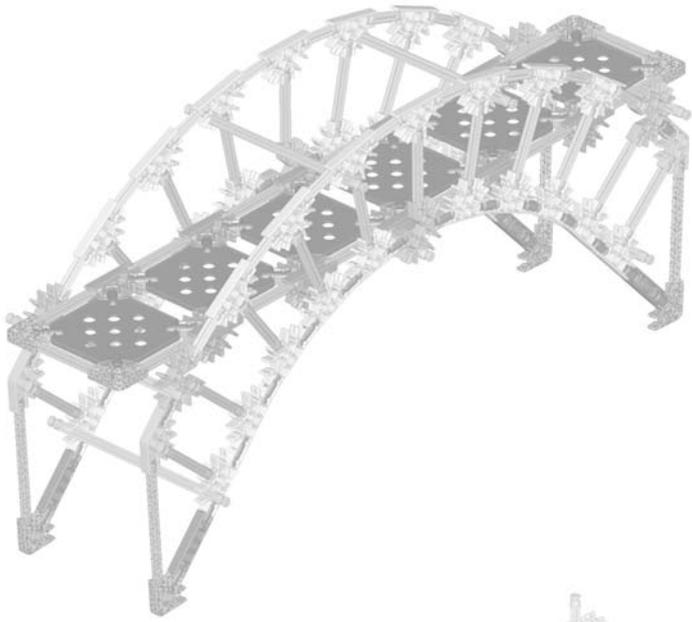
PORTFOLIEN

Die Schüler sollen ein Portfolio oder eine andere in Ihrer Schule übliche Form der Dokumentation über diese Unterrichtseinheit anlegen

INHALTSVERZEICHNIS

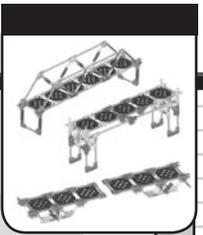
Ziele	3
Hauptbegriffe & Definitionen	3
Grundsätze	5
Einführung Brücken: Vorbereitungen (optional)	19
Einführung Brücken: Was tun Brücken?.....	21
Sind alle Brücken gleich? Wie fangen Brücken die Belastung ab?.....	25
Balkenbrücke.....	29
Fachwerkbrücke.....	35
Auslegerbrücke.....	41
Klappbrücke	49
Bogenbrücke	55
Hängebrücke	61
Schrägseilbrücke.....	71
Ein Brücke entwerfen: Zeit- und Kostenfaktor.....	77
Arbeitsblätter.....	81





Einführung Bauwerke: BRÜCKEN

Hintergrundinformation



ZIELE:

Ihre Schüler werden:

1. Verschiedene Brückenarten untersuchen und die Funktion demonstrieren.
2. Die Kräfte, die auf Bauwerke einwirken beschreiben und verstehen.
3. Beschreiben, wie Bauwerke stabilisiert werden und wie sie Lasten abfangen.
4. Aufzeigen, wie Bauwerke bei Belastung einstürzen und Stütztechniken und Möglichkeiten der Verstärkung untersuchen.
5. Die physikalischen Eigenschaften von einigen Werkstoffen und den Einsatz beim Brückenbau beschreiben und erklären.
6. Ihr Verständnis von Design, Technik und Konstruktion beim Brückenbau erweitern.

SCHLÜSSELBEGRIFFE und DEFINITIONEN für den Lehrer.

Das Folgende soll eine Hilfestellung für den Lehrer sein. Das Alter der Schüler, ihre Fähigkeiten, ihre Vorkenntnisse und die Anforderungen des Lehrplans bestimmen, welche dieser Begriffe und Definitionen sie in ihrer Klasse vorstellen. Die Auflistung dieser Begriffe dient nicht als Liste für die Schüler, die sie kopieren und auswendig lernen sollen. Sie sollte vielmehr zur Formalisierung und Verdeutlichung von Begrifflichkeiten herangezogen werden, passend zu den Erkenntnissen der Schüler.

Brücke:

Ein Bauwerk zum Überspannen von Hindernissen beziehungsweise zum Führen von Verkehrswegen oder baulichen Anlagen über natürliche oder künstlich angelegte Hindernisse. Eine Brücke verbindet auch ein Teil mit einem anderen.

Bogenbrücke: Eine Brücke mit einer bogenförmigen Struktur. Die Bogenbrücke liefert Stabilität durch nach unten und seitwärts gegen die Widerlager wirkende Kräfte, s.g. Druckkräfte.

Klappbrücke: Eine aufklappbare Brücke, die wie eine Wippe arbeitet. Abschnitte können mit Hilfe von Gegengewichten hochgehoben werden.

Balkenbrücke: Die einfachste Art der Brücken. Sie besteht aus einem starren, geraden Bauteil, das auf zwei Stützen aufliegt.

Schrägseilbrücke: Eine moderne Art Brücke, bei der der Überbau an schräg von einem Pylon gespannten Seilen aufgehängt ist.

Auslegerbrücke: Bei einer Auslegerbrücke wird die Hauptöffnung mit Auslegern überbrückt. Ausleger sind einseitig eingespannte Tragwerke, die über die Standfläche hinausragen.

Hängebrücke: Eine Brücke bestehend aus Stützen, über die Seile, früher aber auch Ketten, geführt werden, an denen der Fahrbahnträger aufgehängt ist.

Fachwerkbrücke: Eine Art Balkenbrücke, die durch ein Gerüst aus Trägern, sie dreieckige Formen bilden, verstärkt wird.

Lasten und Kräfte:

Last: die Gewichtsverteilung an einem Bauwerk. (siehe auch Eigenlast und Nutzlast unten).

Kraft: Ein Ziehen oder Schieben. Im Falle von Brücken, greift die Kraft in Form von Last an.

Beanspruchung: Eine Kraft, die darauf gerichtet ist, ein Bauwerks zu deformieren.

Druck: Eine Kraft, die darauf gerichtet ist, ein Bauwerk zu verkürzen, zu drücken oder zu quetschen.

Zugkraft: Eine Kraft, die einen Teil eines Bauwerks verlängert oder auseinander zieht.

Torsion: Die Deformation, die entsteht, wenn ein Material gedreht wird.

Schub: Eine Kraft, die ein Material seitlich in Bewegung versetzt.

Symmetrie: Eine Anordnung die ausgeglichen ist und entlang einer Symmetrieachse auf beiden Seiten gleich ist.

Beule: Ein Zustand, der auftritt, wenn Bauteile unter Druck knicken

Eigenlast: Das Gewicht der Brücke.

Nutzlast: Das Gewicht des Verkehrs, der die Brücke nützt.

Brücken-Eigenschaften:

Widerlager: Die Gesteins- oder Betonmasse an jedem Ende einer Bogenbrücke, die die Enden des Bogens fest an ihrem Platz hält und so das Einstürzen der Brücke verhindert.

Verankerung: Fundamente/Betonblocks in welchen die Verkabelung einer Hängebrücke befestigt wird.

Ausleger: Eine starre, horizontale Komponente einer Brücke

Kabel: Ein Bündel Draht, das eingesetzt wird, um die Fahrbahn einer Hänge- oder Schrägseilbrücke zu halten.

Senkkasten: Ein vorübergehend eingesetztes Bauwerk, welches Wasser während der Bauarbeiten an den Fundamenten abhält.

Fahrbahndecke: Die Oberfläche einer Brücke, die als Gehweg, Straße oder Eisenbahnschiene dient.

Ingenieur: Ein Fachmann, der Brücken und andere Bauwerke plant und baut. Es gibt viele Arten, z.B. Hoch- und Tiefbauingenieur, Umwelttechniker und viel mehr.

Rahmenwerk: Eine skelettartige Anordnung von Werkstoffen, die einem Bauwerk Form und Stabilität gibt.

Träger: Ein starker Ausleger

Brüstung oder Geländer: Eine Sicherheitsvorkehrung, die an beiden Seiten der Brückenoberfläche angebracht ist und verhindert, dass Menschen, Tiere oder Fahrzeuge von der Brücke fallen.

Schlussstein: Das letzte keilförmige Stück, das in der Mitte eines Bogen platziert wird und dafür sorgt, dass die andere Stücke an ihrem Platz bleiben.

Hindernis: Etwas, das im Weg steht oder als Barriere fungiert.

Pfeiler: Eine senkrechte Stütze für die mittleren Bereiche einer Brücke – eine Säule, ein Turm oder Pfosten.

Rolle: Ein Rad, das zur Richtungsänderung der Kraft eingesetzt wird.

Rampe: Eine geneigte Ebene, die das Ufer mit der Oberfläche der Brücke verbindet.

Fahrbahn: Der Bereich der Brücke, über den der Verkehr läuft; sie liegt auf der Fahrbahndecke.

Spannweite: Der zwischen zwei Pfeilern liegende Teile einer Brücke.

Stütze: Ein Objekt, das eine Brücke hält und als Verankerung dient.

Hänger: ein Stützkabel für ein Deck; es hängt senkrecht von einem Hauptkabel der Hängebrücke.

Turm: Eine hohe, senkrechte Stütze, die die Hauptkabel einer Hängebrücke trägt.

Triangulation: Ein Bauprinzip mit Dreiecken, die aus Quadraten geformt werden, um die Stabilität zu erhöhen.

Fachwerk: Ein Rahmenwerk von Trägern, einige stehen unter Druck, andere unter Zugkraft, das Dreiecke und andere stabile Formen beinhaltet.





GRUNDSÄTZE

Im Folgenden finden sie eine Zusammenfassung der Schlüsselbegriffe im Zusammenhang mit Brücken, sie soll ein Nachschlagewerk für den Lehrer darstellen.

Was ist eine Brücke?

- Das ist ein Bauwerk, welches das Überqueren eines Hindernisses erleichtert. Zu jeder Zeit sahen sich Reisende oder Händler mit Hindernissen, wie z.B. Flüssen konfrontiert. Brücken werden eingesetzt, um breite Mündungen zu überwinden, Inseln mit einander zu verbinden, starkbefahrene Autobahnen zu überqueren oder von einem Gebäude in ein anderes zu gelangen. Sie tragen Autos, Züge, Fußgänger, Pipelines und Kanäle.
- Wir können uns vorstellen, dass es sich bei den ersten 'Brücken' um gestürzte Bäume oder eine Steinplatte, die über einen schmalen Fluss oder eine Lücke gelegt wurden, handelte –das, was wir heute eine Balkenbrücke nennen würden.



Abbildung 1



Abbildung 2 - Einfache Balkenbrücke

- Als die Menschen versuchten, breitere Hindernisse zu überwinden oder schwere Lasten zu transportieren, war die Balkenlösung nicht immer erfolgreich. Die längeren Balken beginnen sich in der Mitte durchzubiegen, das Verstärken des Balkens kann durch das höhere Gewicht dazu führen, dass die Brücke einbricht. Der längste einzelne Träger einer Balkenbrücke ist etwa 80 Meter lang.

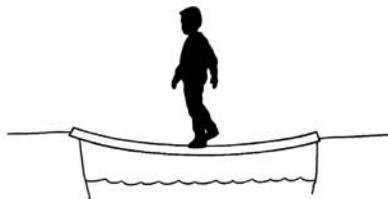


Abbildung 3 - Langer, sich durchbiegender Balken

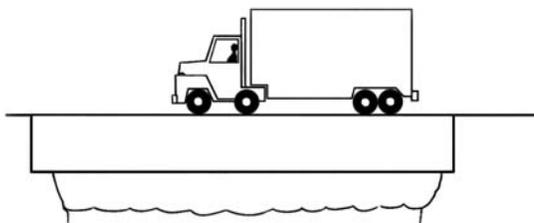


Abbildung 4 - Durch Verdickung verstärkter Balken

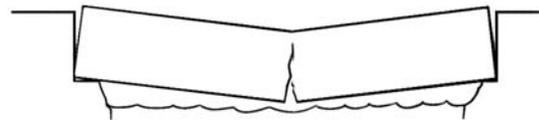


Abbildung 5 - Diese Brücke ist zu schwer

- Beim Brückenbau muss Folgendes in Betracht gezogen werden: Die **LAST**, die getragen werden muss, die **KRÄFTE**, die auf die Brücke einwirken, und das **MATERIAL**, aus der sie gebaut wird.

LAST

- 
Nutzlast: Das Gewicht des Verkehrs, der die Brücke überquert. Diese Last ist eine nach unten auf die Brücke gerichtete Kraft. Das Brückendesign muss ENTWEDER die Druckkraft auf die Fundamente verteilen, ODER sie mit einer gegen gerichteten Kraft ausgleichen.

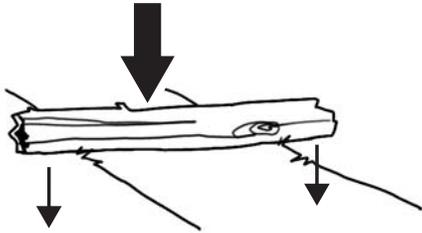


Abbildung 6i

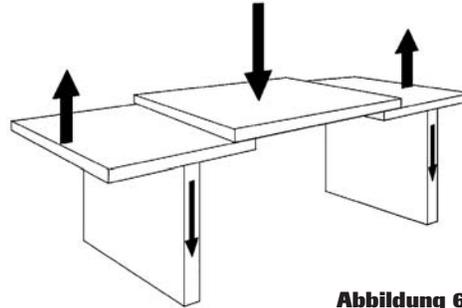


Abbildung 6ii

- 
Eigenlast: Das ist das Gewicht des Brückenbauwerks selbst. Ingenieure versuchen, dieses Gewicht zu verkleinern, indem sie das Bauwerk so leicht wie möglich machen.
- 
Stoßlast: Züge und schwere LKWs produzieren hohe Schläge oder Stöße gegen Brücke, wenn sie diese mit Geschwindigkeit überwinden. Brücken, die Züge tragen, müssen sehr stark sein. Für diesen Einsatz sind Hängebrücken nicht geeignet.
- 
Umweltbedingte Last: Umwelteinflüsse wie starke Winde, Eis und Schnee, und Erdbeben können eine zusätzliche Last für die Brücke bedeuten. Besondere Beachtung müssen die Auswirkungen von Hurrikans auf Hänge- oder Schrägseilbrücken finden, besonders, wenn sie an ausgelagerten Stellen, wie weiten Meerarmen stehen.

KRÄFTE

- 
Druckkraft: Quetschen.
- 
Zugkraft: Dehnen, Ziehen.
- 
Torsion: Verdrehen.
- 
Schubkraft: Gleiten, Schieben

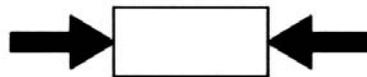


Abbildung 7 - Druck (Quetschen)

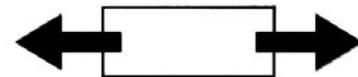


Abbildung 8 - Zugkraft (Ziehen)

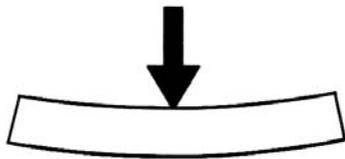


Abbildung 9 - Durchbiegen: die Verbindung von Druck & Zug

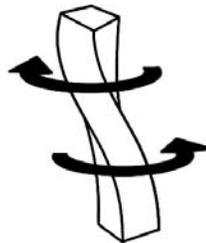


Abbildung 10 - Torsion (Verdrehen)

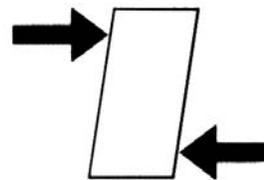


Abbildung 11 - Schubkraft (Gleiten)

- 
 Die wichtigsten, auf Brücken einwirkenden Kräfte sind Druck- und Zugkraft. Ihre Auswirkungen auf den Brückenbau können mit Hilfe eines rechteckigen Schaumgummistücks, auf den mit einem Markierstift parallele Linien aufgezeichnet wurden (siehe Zeichnung unten), demonstriert werden. Drückt man in der Mitte des Schaumgummis nach unten, zeigt das Modell, wo Druck- und wo Zugkräfte auftreten.

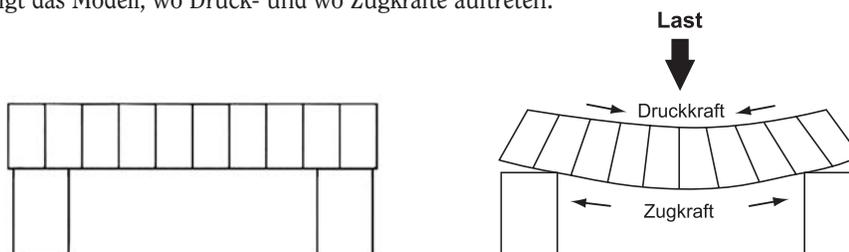
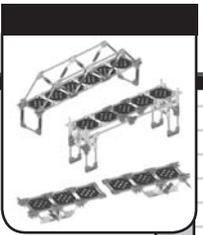


Abbildung 12 - Kräfteeinwirkung an einem Balken





MATERIAL

- ⊙ Die Konstrukteure müssen für den Einsatz beim Brückenbau die Materialeigenschaften berücksichtigen.
 - ⊙ Material, mit hoher Druckfestigkeit: Holz, Stahlbeton, Stahl, und einige Kunststoffe.
 - ⊙ Material, mit hoher Zugfestigkeit: Seil, Holz – entlang der Faser geschnitten.
- ⊙ Stahlbeton ist eine gute Wahl für viele Bauwerke, einschließlich Brücken. Er besitzt Stahlbalken entlang der Längsseite und besitzt sowohl hohe Druck- wie auch Zugfestigkeit.

Vielleicht wollen Sie an dieser Stelle einige der Einführungsübungen mit ihren Schülern durchführen (siehe Seite 19 dieses Handbuchs)

- ⊙ Kann man aus Papier Bauwerke herstellen? Was sind die Stärken und was die Schwächen?

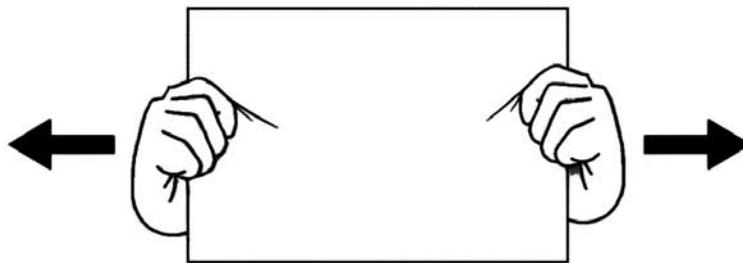


Abbildung 13i - Versuche, ein Stück Papier auseinander zu reißen.



Abbildung 13ii - Nun knülle es zusammen.

Dieser Test demonstriert, dass Papier eine hohe Zugfestigkeit besitzt, aber nur wenig Druckfestigkeit.

- ⊙ Können wir die physikalischen Eigenschaften eines Materials verändern?



Abbildung 14

Wenn wir ein Stück Papier zwischen unseren Händen halten, klappt es nach unten – es ist nicht sehr starr/steif. Aber wenn es gefaltet wird, hat es anderen Eigenschaften.

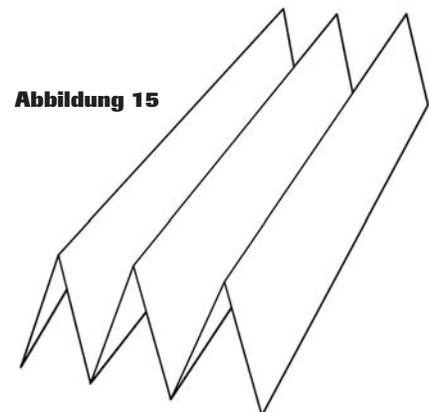


Abbildung 15

Das Stück Papier ist nun starr und kann überraschenderweise einiges an Gewicht tragen.

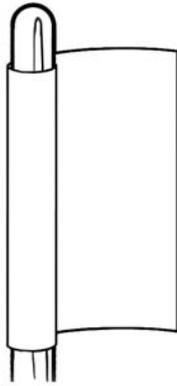


Abbildung 16i - Rolle das Papier um einen Besenstiel



Abbildung 16ii - Stark: Zug- und Druckfestigkeit



Abbildung 16iii - Schwach: Durchbiegen

- Das Rollen eines Stück Papier zu einem Rohr macht es erstaunlich stark. Dies kann man sehen, wenn man versucht, das Rohr an seiner Längsseite zu drücken (quetschen). Sie können ausprobieren, welche Art Last dieses Papierrohr tragen kann, bis es einknickt.
- Versuchen Sie, mit einem Stück DIN A4 Papier einige der unten gezeigten Formen zu falten und untersuchen Sie welches Gewicht die verschiedenen Papierbalken tragen können. Vor dem Test können Vorhersagen über die Stärke der jeweiligen Form gemacht werden. Um einen fairen Test zu gestalten, müssen die Stützen immer im gleichen Abstand angebracht sein und nur ein Stück Papier benutzt werden. Platzieren Sie abwechselnd die Papierbalken auf die zwei Stützpfiler und legen Sie vorsichtig ein Gewicht auf die Mitte des Papierbalkens. (Abbildung 18) Beginnen Sie mit der kleinen Gewichtseinheit und steigern Sie das Gewicht, bis der Balken einknickt. Notieren Sie das Ergebnis in eine Tabelle wie unten gezeigt. (Abbildung 19)

Diese Methode kann auch für den Test mit unterschiedlichen Papierarten oder Karton herangezogen werden.

Abbildung 17

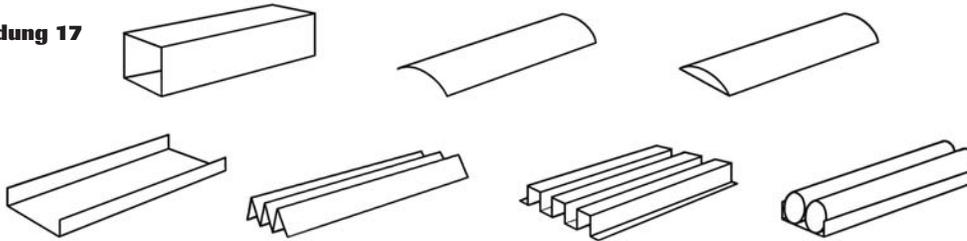
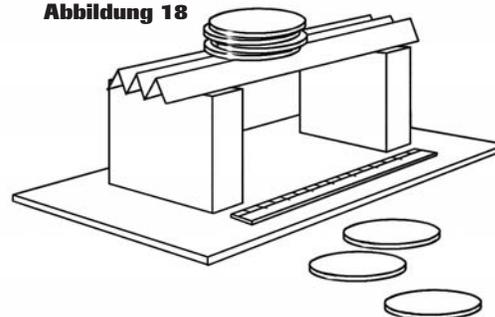


Abbildung 19

Design (Querschnitt)	Max. Gewicht

Diese Übungen zeigen, dass durch das Ändern der Form eines bestimmten Materials, ein zu Beginn als ungeeignet erscheinender Werkstoff, herangezogen werden kann, um damit starke Bauwerke zu erstellen.

Abbildung 18



Wir bedanken uns bei Paul Newham, Senior Technician, The South London Science & Technology Centre, London, UK für die Erlaubnis, diese Übung und die entsprechenden Zeichnungen übernehmen zu dürfen.





Formgebung bei Bauwerken

3 Basisformen werden im Allgemeinen bei Bauwerken verwendet: Rechteck, Dreieck und Bogen.

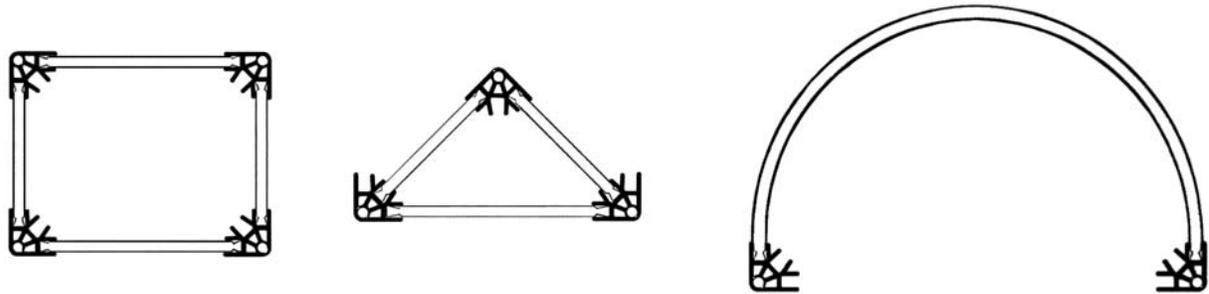


Abbildung 20-22 - Üblicherweise bei Bauwerken eingesetzte Formen. Baue diese Formen mit K'NEX Elementen.

Was passiert mit diesen Formen, wenn Kräfte darauf einwirken?

Rechtecke

Wenn an einer Ecke des Rechtecks Druck ausgeübt wird, wird die Form verändert. Aus dem Rechteck wird nun ein Parallelogramm.

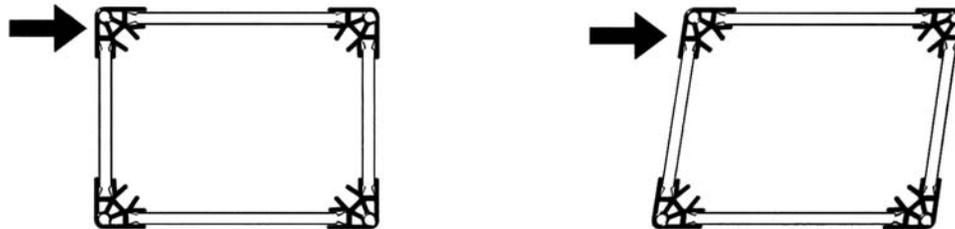


Abbildung 23-24 - Rechtecke: Druck an einer Ecke.

Wird ein diagonaler Abstandshalter eingefügt, wird das Rechteck verstärkt. Es ist nun ein starres und stabiles Gebilde. Ein Abstandshalter ist eine verstärkende Komponente für ein Gebilde.

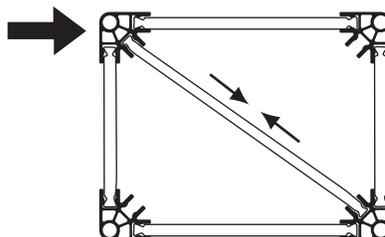


Abbildung 25 - Druckkraft wirkt auf den Druckstab.

Die Form ändert sich nicht, wenn an den Ecken gedrückt oder gezogen wird, weil die Kräfte nun entlang der Länge des diagonalen Abstandshalters wirken, hier entstehen hohe Druckkräfte. Durch das Hinzufügen eines diagonalen Abstandshalters entstehen auch zwei Dreiecke. Abstandshalter die Druck widerstehen werden *Druckstäbe* genannt.

Dreiecke

Wenn eine Last oder Kraft auf eine der Dreiecksseiten einwirkt, kann die Seite nach innen biegen. Die Seite ist der schwächste Punkt in einem Dreieck.



Abbildung 26 - Kraft wirkt auf die Seite eines Dreiecks.

Wirkt die Kraft oder Last jedoch auf eine der Ecken, so verbiegt sich das Dreieck nicht, denn die beiden Seiten werden gequetscht und die Bodenseite gedehnt. Die Kräfte werden über das gesamte Gebilde verteilt und nicht nur auf eine Seite. Bei richtiger Benützung sind Dreiecke die stabilsten und starren Formen, die in ein Bauwerk einbezogen werden können.

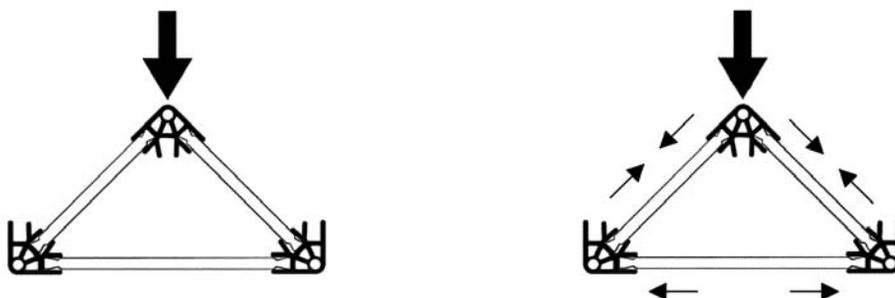
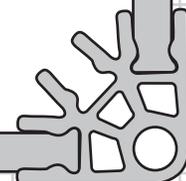
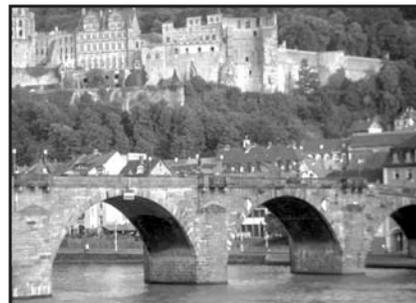
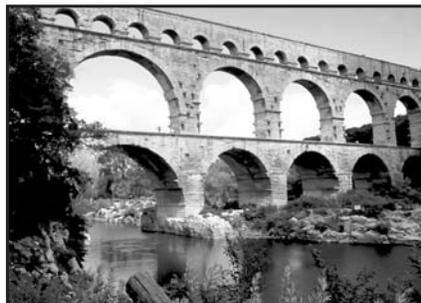


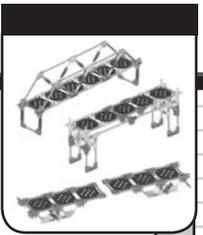
Abbildung 27 - Kraft wirkt auf die Ecke eines Dreiecks

Bogen

Bögen werden seit vielen tausend Jahren in Bauwerken verwendet. Viele der von den Römern gebauten Bogenbrücken und Aquädukte sind heute noch in Gebrauch – ein Beweis für ihre Stabilität.

Abbildung 28 - Beispiele für Bogenbrücken.





Wirkt eine Last von oben auf den Bogen ein, drückt sie über die Seiten, des Bogens nach unten und nach außen.

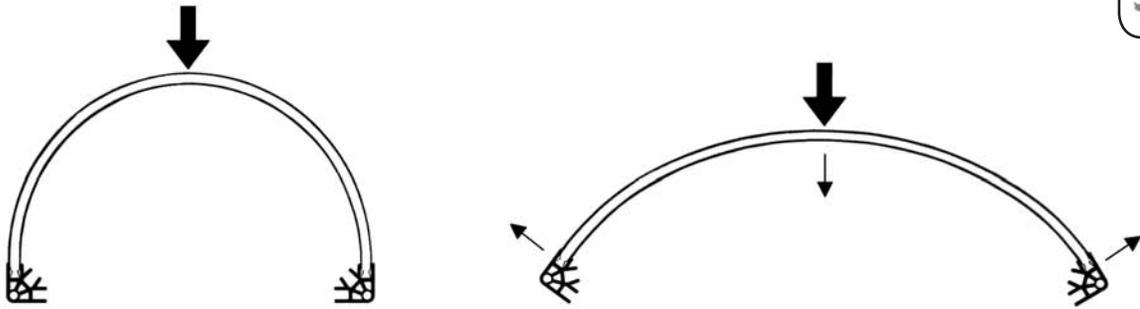


Abbildung 29 - Auf einen Bogen einwirkende Kraft.

Stützt man jedoch die Seiten, wird der Bogen verstärkt und es entsteht ein sehr stabiles Gebilde.

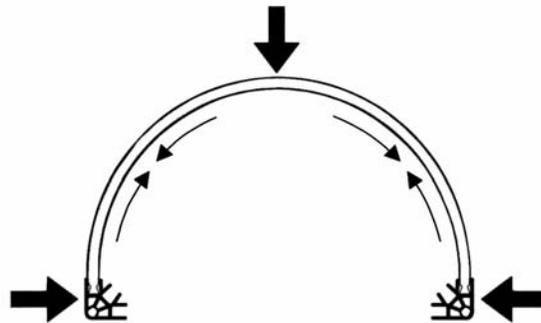


Abbildung 30 - Verstärken eines Bogens.

Wenn eine Last einwirkt, drückt sie die Seitenteile eines Bogens sich nach außen, aber die äußeren Stützen halten diese zurück und verhindern die seitwärtige Bewegung. Die äußeren Stützen nennt man Widerlager.

Bögen jedoch haben ihre Grenzen. Wenn der Bogen zu weit ist, wird das Gebilde geschwächt. Die längsten einzelnen Bögen heute sind etwa 250 Meter breit.

Abbildung 31 - Beispiele für Stahlbogenbrücken



Nicht alle Bögen werden aus Stein gefertigt. Moderne Bögen bestehen aus Stahlrahmen.

VERSCHIEDENE BRÜCKENARTEN

Es gibt verschiedene Basisbrückenarten, aber weil die individuellen Anforderungen an jede Brücke anders sind, gibt es eine Vielzahl Designvariationen.

Die BALKENBRÜCKE

Das ist der einfachste Brückentyp, bestehend aus einem geraden Teil - dem Balken - der auf zwei Stützen, jeweils an einem Ende, aufliegt.

○ Konstruktion und Material:

Die Balkenbrücke stützt ihr eigenes Gewicht und die Last auf aufrechten oder senkrechten Pfeilern. Diese Brückenart wird in der Regel für das Überspannen von kurzen Distanzen über kleine Bäche oder Flüsse, oder über eine Autobahn genutzt. Längere Balken biegen sich in der Mitte durch und benötigen zusätzliche Stützen.



Abbildung 32 - Lange Balken sind schwächer als kurze.

Während Holz und Stein bewährte Materialien der Vergangenheit waren, werden moderne Balkenbrücken auf Stahl oder Stahlbeton hergestellt.

○ Kräfte, die auf die Brücke einwirken:

Die Kräfte, die an einer Balkenbrücke greifen, drücken das obere Teil, aber ziehen (Zugkraft) am unteren Teil des Balkens. Die Pfeiler, die das Gewicht der Brücke stützen, sind Druckkräften ausgesetzt.

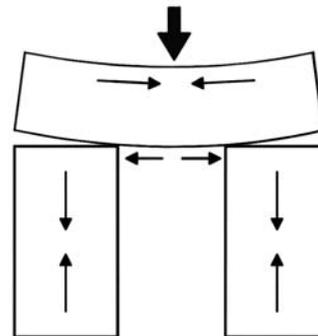


Abbildung 33 - Kräfte, die auf eine Balkenbrücke einwirken.

FACHWERKBRÜCKE

Die Fachwerkbrücke ist eine Art Balkenbrücke, bei der der Balken aus einem Gitterwerk besteht (normalerweise Stahl), die miteinander verbunden eine Reihe von Dreiecken bilden. Dies ermöglicht es, dass der Balken dicker wird, ohne dabei an Gewicht zuzunehmen. Mit Hilfe eines Dreiecks entsteht ein festes und stabiles Bauwerk, weil es verhindert, dass das Gebilde durchbiegt, sich verdreht oder aus der Form gezogen wird.

○ Konstruktion und Material:

Frühe Fachwerkbrücken enthielten einige Dreiecke und waren aus Holz gefertigt (siehe Abbildung 34 und 35). Als bessere Designs und Materialien zur Verfügung standen, wurden die Fachwerkbrücken komplexer und heute enthalten sie eine Vielzahl an Dreiecken.

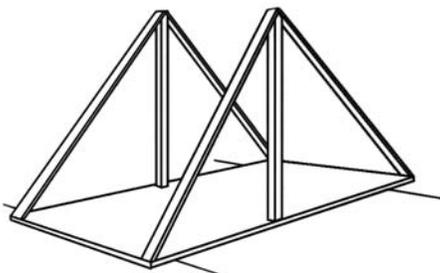


Abbildung 34 - Binder des König-Pfosten

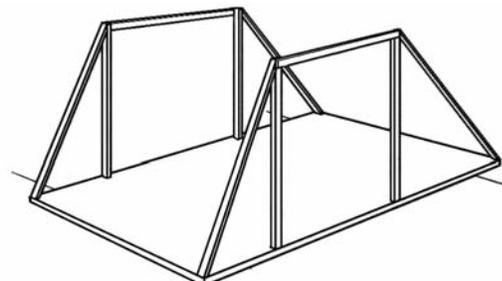


Abbildung 35 - Königin-Pfosten-Binder



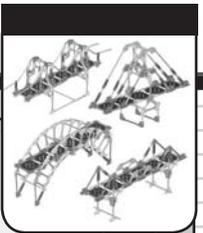


Abbildung 36 - Fachwerkbrücken



Das Hinzufügen von Fachwerkträgern verstärkt einen Balken, dennoch sind auch Fachwerkbrücken eingeschränkt, was die maximale Länge einer solchen Brücke betrifft.

LÄNGERE BRÜCKEN

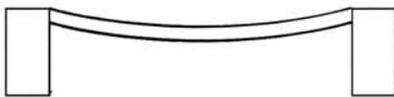


Abbildung 37a - Wie überspannt man eine große Lücke
Problem: Die Brücke hängt durch und ist schwach.

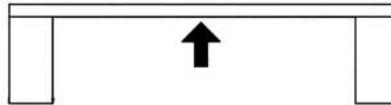


Abbildung 37b - Lösung: Hochdrücken von unten.

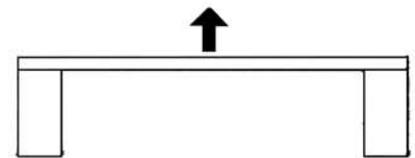


Abbildung 37c - Lösung: Hochziehen von oben.

Wie oben bereits festgestellt, wird sich eine lange Balkenbrücke in der Mitte durchbiegen. Ingenieure haben auf zwei Wegen versucht, dieses Problem zu lösen. Sie haben Brücken entworfen, bei denen entweder der mittlere Teil von unten mit einem Pfeiler nach oben gedrückt wird oder von Kabeln nach oben gezogen wird. Im Folgenden besprechen wir verschiedene Varianten der Balken- und der Bogenbrücke. Jede von ihnen steht für eine Technik, die es ermöglicht, größere Distanzen zu überspannen.

1. Stütze durch kleinere Abschnitte

Anstelle eines einzigen langen Abschnitts mit den damit verbundenen Problemen des Durchbiegens des Mittelteils, haben Ingenieure Brücken gebaut, die aus hunderten von kleinen, miteinander verbundenen Balkenbrücken bestehen. Der Chesapeake Bay Bridge-Tunnel in USA wurde auf diese Weise erbaut und ist bekannt als **Mehrfeldbrücke**. Die Brücke, (und der Tunnel) sind circa 26 Kilometer lang und spannen sich über die seichte Chesapeake Bay. Das längste Brückenteil ist aber nur 30 Meter lang.

2. Der Einsatz von Bögen DIE BOGENBRÜCKE

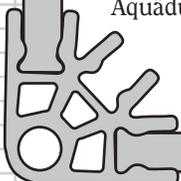


Abbildung 38

Abbildung 39



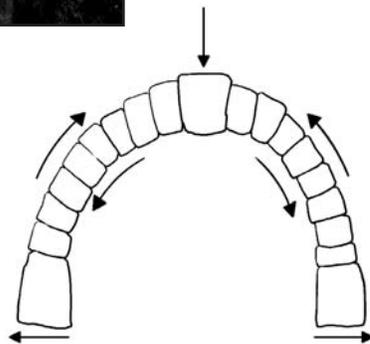
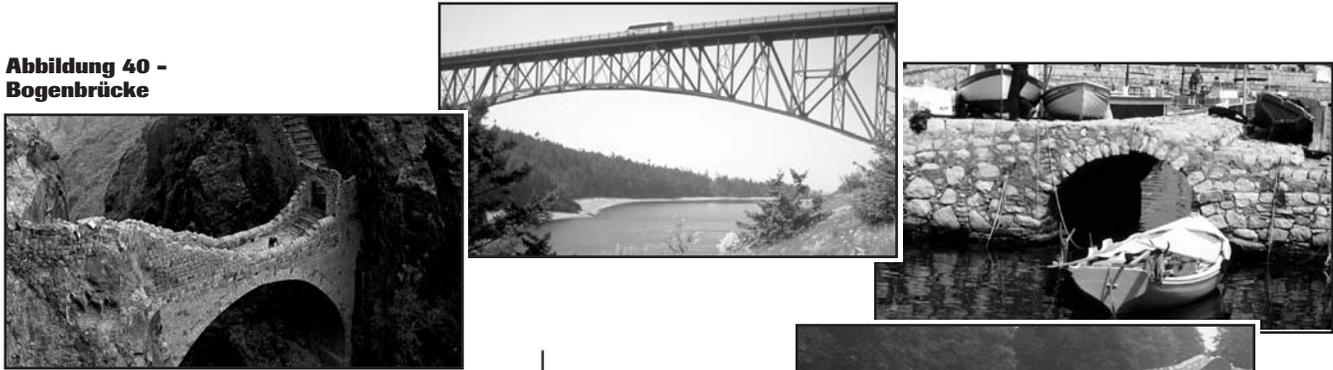
Die Ägypter und Chinesen nutzten den Bogen für ihre Bauwerke, genauso wie die Römer beim Bau ihrer Brücken und Aquädukten.



Konstruktion und Material:

Der Bogen macht sich die hohe Widerstandsfähigkeit von Steinblöcken zu Nutze. Hohe Druckkräfte halten die Steine zwischen den Enden (Widerlagern) zusammen. Der mittlere Stein eines Bogens wird als Schlussstein bezeichnet, alle anderen Steine drücken gegen diesen Stein. Die Form der verwendeten Steine ist entscheidend. Sie müssen keilförmig sein, diese Form erlaubt es dem Bogen, sich selbst zu halten. Im Laufe der Zeit und mit der Entwicklung besserer Materialien, wurden für Bogenbrücken Eisenguss, Stahl und heute Beton verwendet.

**Abbildung 40 -
Bogenbrücke**



**Abbildung 41 - Kräfte,
die auf einen Bogen
einwirken.**

3a Stütze von unten Die AUSLEGERBRÜCKE

Die Auslegerbrücke ist eine weitere Form von Balkenbrücke. Ein Ausleger ist ein Balken, der nur an einem Ende gestützt wird. Ein Ende des Balkens kann fest an Land verankert werden, während das andere Ende in dem Raum ragt, wo er mit einem anderen Ausleger verbunden werden kann und so eine Brücke formt. Anders als bei anderen Balkenbrücken, benötigt hier der Balken keine zwei Pfeiler, die die beiden Enden des Balkens stützen. Die ist ein Vorteil in Situationen, in denen es schwierig ist, zwei Pfeiler zu platzieren oder wo ein unbehinderter Durchfahrtsweg für Schiffe gewährleistet werden muss. Wie bei Balkenbrücken beinhalten auch viele Auslegerbrücken Gerüstsysteme für eine höhere Stabilität.

Das Prinzip der Auslegerbrücke kann leicht mit 5 Büchern gleicher Größe demonstriert werden (oder Holzblöcke). Stellen Sie 2 Bücher senkrecht auf, sie repräsentieren die Stützpfeiler, legen Sie dann je ein Buch als Ausleger auf die beiden Pfeiler. Der Pfeiler und Ausleger sollte zusammen aussehen wie der Buchstabe T. Verbinden Sie die beiden Ausleger mit einem in der Mitte über der Lücke ausgerichteten Buch oder schieben Sie die beiden Ausleger in der Mitte zusammen.

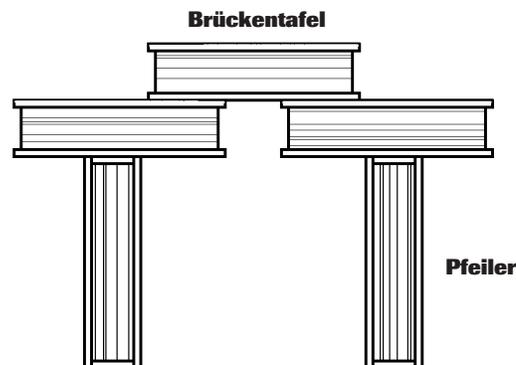
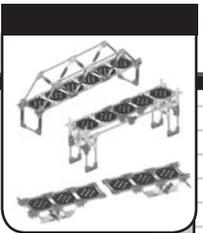
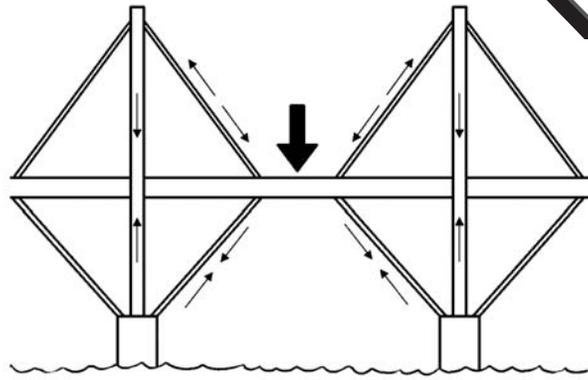


Abbildung 42





**Abbildung 43 -
Kräfteeinwirkung bei einer
Auslegerbrücke**



Die Forth Rail Bridge, die den Mündung Firth of Forth bei Edinburgh in Schottland überspannt, ist eine der größten Auslegerbrücken der Welt. Sie besteht aus Stahl und wurde 1890 mit einer Länge von etwa 2.500 Metern gebaut. Die mittlere Brückentafel zwischen den beiden Auslegern ist aber nur ca. 100 Meter breit.

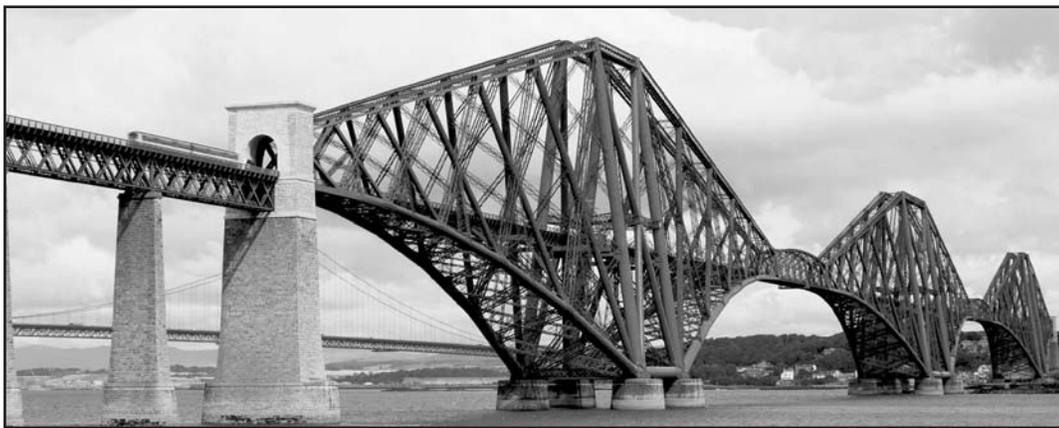


Abbildung 44

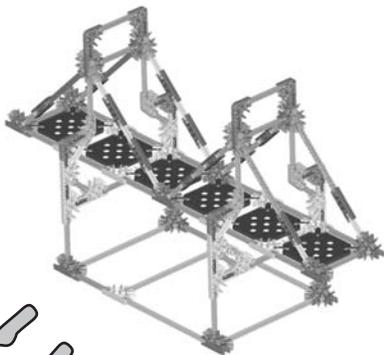
Forth Rail Bridge, South Queensferry, Schottland

Diese Eisenbahnbrücke wird durch Stützen unterhalb und oberhalb des Schienenwegs stabilisiert. Zusätzliches Gitterwerk versteift das Bauwerk noch weiter.

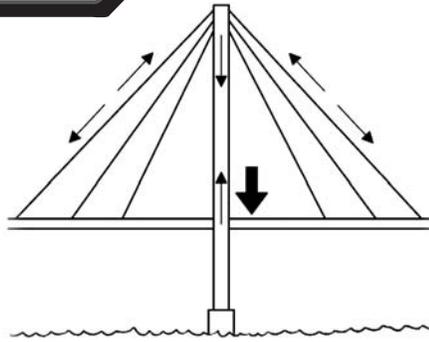
3b Hochziehen von oben DIE SCHRÄGSEILBRÜCKE

Schrägseilbrücken sind Kombinationen aus Ausleger- und Hängebrücke: Die Fahrbahndecke der Brücke ist ein Auslegergebilde, aufgehängt an Kabeln an einem Turm. Jeder Turm stützt mit seinem Kabeln einen bestimmten Abschnitt der Fahrbahndecke. Das Design ist nicht neu, es wurde aber ab der Mitte des 20. Jahrhunderts zunehmend populärer, auch begründet in der Weiterentwicklung des Konstruktionsmaterials (vorgespannter Beton). Es ist weiterhin ein relativ günstiges Bauverfahren, da es im Gegensatz zu einer Turm-zu-Turm Hängebrücke, keine Verankerungen nötig sind. Deshalb wird dieser Brückentyp nun für viele Plätze eingesetzt, wo vorher eine Hängebrücke mittlerer Größe (unter 1000 Meter) gebaut worden wäre.

Abbildung 45 - Schrägseilbrücke



**Abbildung 46 -
Kräfteeinwirkung bei einer
Schrägseilbrücke**



Konstruktion und Material:

Kabel werden an einem hohen Turm befestigt und daran die Fahrbahndecke aufgehängt. Die Kabel laufen direkt vom Turm zur Decke. Alle Kabel stehen unter Zugkraft und der Turm stützt das gesamte Gewicht der Brücke und alles, was sich darauf befindet. Die Türme werden in der Regel aus Beton oder Stahl gefertigt, die Kabel zeigen große Designvielfalt.

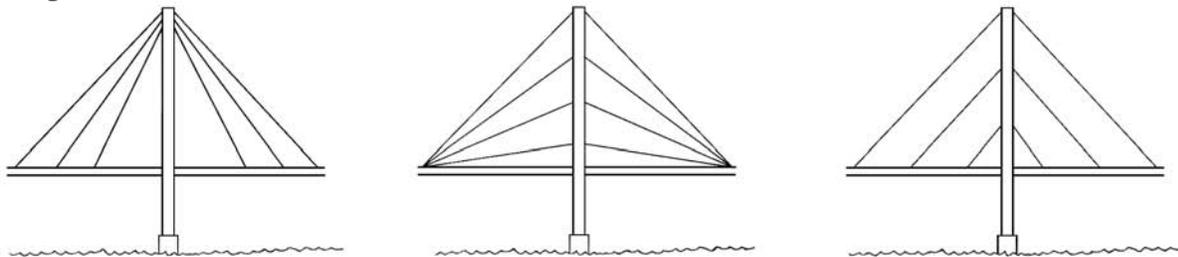


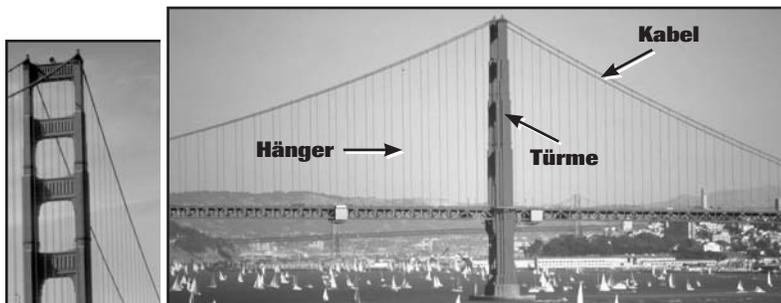
Abbildung 47 - Kabelanordnungen

Die HÄNGEBRÜCKE

Die Idee der Hängebrücke geht möglicherweise in frühzeitliche Geschichte zurück – in Waldgebieten wurden vielleicht Lianen als Laufstege über schmale Täler genützt. Heute bilden Hängebrücken einige der längsten Brücken der Welt. Bei modernen Hängebrücken sind Kabel zwischen zwei Türmen gespannt – die Kabel gehen entweder durch oder über die Türme, die das gesamte Gewicht der Brücke tragen. Die Enden der Kabel werden im Boden verankert. Die Fahrbahndecke selbst ist leicht gebogen und hat ein Trägerfachwerk für zusätzliche Festigkeit und Stabilität. Sie hängt an senkrechten Kabeln, genannt Hängern, die von den Hauptkabeln herunter hängen.

Das Design der Hängebrücke versucht, wie jede andere Brücke auch, die einwirkenden Kräfte auszugleichen und in Gleichklang zu bringen. Bei einer Hängebrücke stehen die Kabel und die Hänger unter Zug, weil sie immer gezogen werden, während die Türme unter Druck stehen, weil die Kabel nach unten drücken.

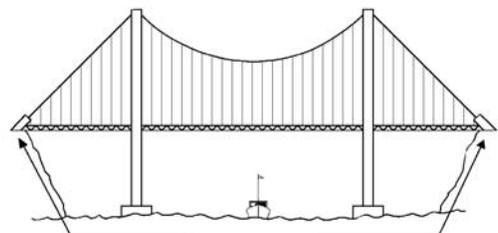
Abbildung 48 - Die Teile einer Hängebrücke



Golden Gate Bridge, USA



Verankerung



Verankerung

**Abbildung 49 - Der Einsatz
von Fachwerkträgern bei
der Fahrbahndecke einer
Hängebrücke**



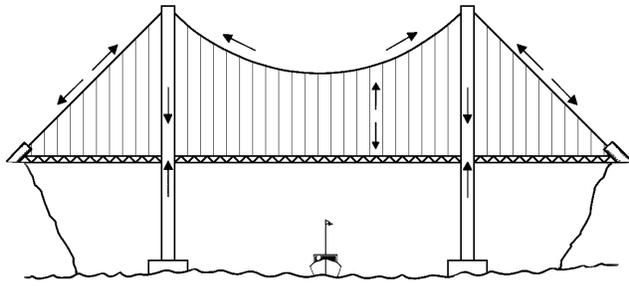
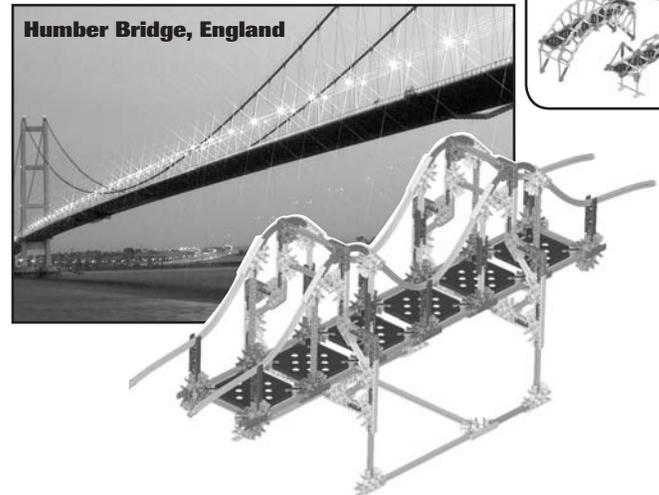


Abbildung 50 - Kräfte, die auf eine Hängebrücke einwirken.

Abbildung 51



Die längsten Brückenbauwerke heute sind Hängebrücken. Aktuell ist die längste Hängebrücke der Welt die Akashi-Kaikyo-Brücke in Japan. Sie verbindet den Stadtbezirk Tarumi-ku von Kobe auf der Hauptinsel Honshu mit dem Ort Awaji auf der Insel Awajishima mit 2*3 Fahrspuren miteinander. Mit einer Mittelspannweite von 1990,8 m und einer Gesamtlänge von 3911 m ist sie seit 1998 die Brücke mit der größten Stützweite der Welt.

Bewegliche Brücken Die KLAPPBRÜCKE

Eine Klappbrücke kann sich öffnen und Schiffe passieren lassen. Die Mittelspannweite wird geteilt und jedes Ende besitzt Gegengewichte, was die für das Anheben benötigten Kräfte reduziert. Die Brücke hat eine feste Drehachse in der Nähe des Schwerpunktes des Klappenteils, das die gesamte Brückenlast trägt. Die Brückentafeln werden über ein System von Gegengewichten, Zahnrädern und Motoren bewegt. Die Gegengewichte bestehen meist aus Beton und sind normalerweise unterhalb der Fahrbahn angebracht. Ein Motor bewegt die Zahnräder, die wiederum die Gegengewichte nach unten bewegen und die Brückentafeln bewegen sich nach oben.

Die Tower Bridge über der Themse in England ist die bekannteste Klappbrücke. Jede Klappe ist 33 Meter lang und jede hat ein 422t Gegengewicht.



Abbildung 52 Geöffnete Klappbrücke



Tower Bridge, London, England

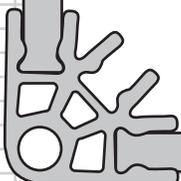
Nützliche Websites:

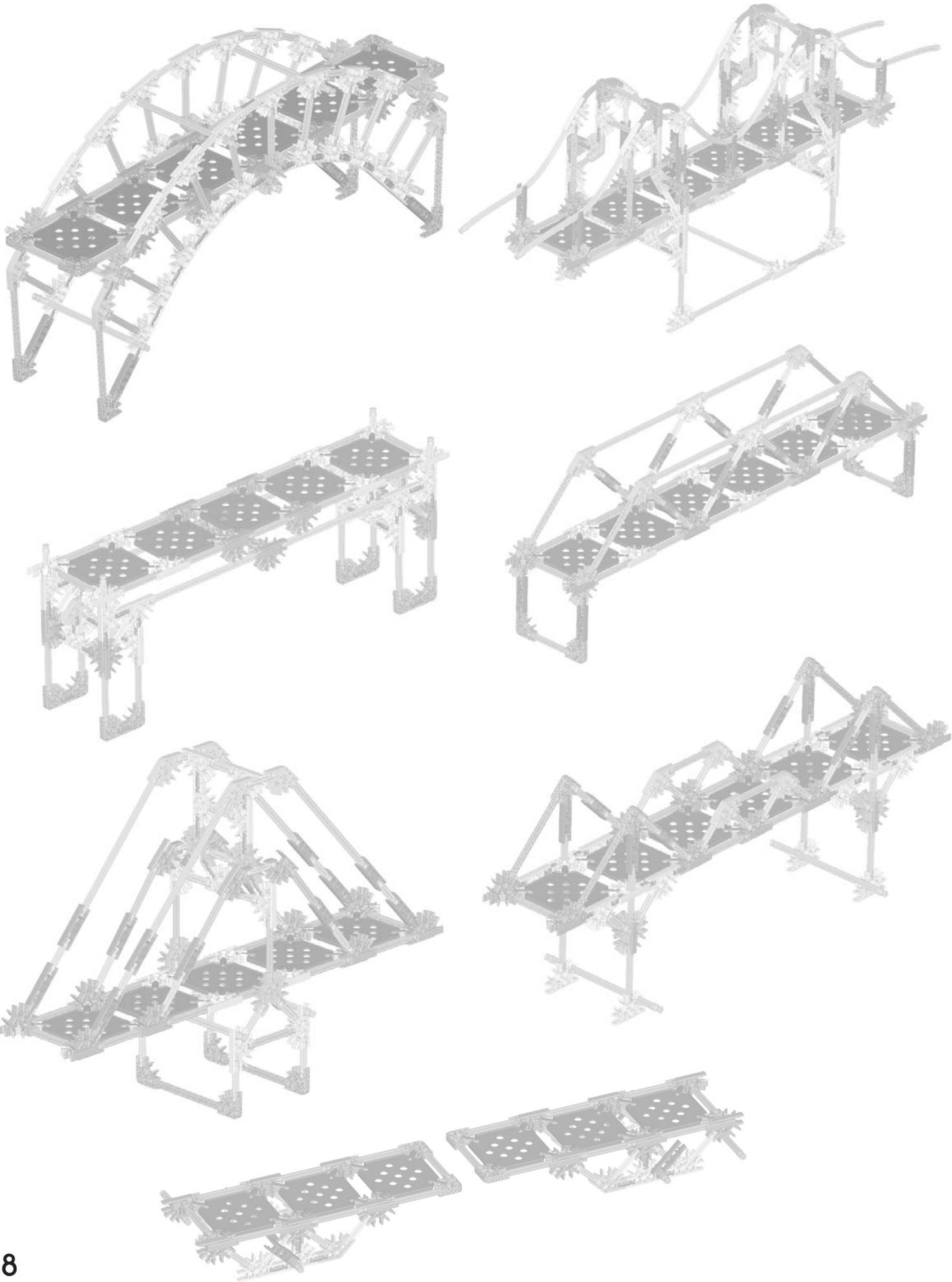
<http://de.wikipedia.org/wiki/Br%C3%BCcke> Eine Zusammenfassung aller Brückenarten.

<http://www.karl-gotsch.de>

<http://www.bernd-nebel.de/bruecken/index.html> Diese Seite gibt einen sehr schönen Überblick über die Geschichte des Brückenbaus und der wichtigsten Brücken.

http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/10bruecken/bruecken.htm Hier findet man auch Aufgaben und Lösungen zum Thema Brücken.







Einführung Brücken:

Vorbereitende Übungen.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Die Kräfte, die auf Bauwerke einwirken, identifizieren.
2. Zeigen, wie ausgewähltes Material, auf angreifende Kräfte reagiert.
3. Erforschen, wie ausgewählte Forme, auf einwirkende Kräfte reagieren.

MATERIAL

Jede Schülergruppe benötigt:

- DIN A4 Papier
- Gummibänder
- Lange K'NEX Stäbe
- Eine Auswahl von K'NEX Eckverbindern

Sie benötigen:

- Ein Stück Schaumstoffgummi (30x6x6cm)
- Markierstift

Anmerkung: Die unten aufgezeigten Übungen dienen der Einführung für Schüler, die bisher noch keine Kenntnisse über Bauwerke besitzen.

Es liegt in ihrem Ermessen zu entscheiden, welche dieser Übungen für ihre Schüler geeignet sind.

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- Beginnen Sie mit der Fragen, was wir unter BAUWERKEN verstehen. Schreiben Sie die Antworten an die Tafel.

Die Antworten können unter anderem Folgendes sein: Gebäude wie Wolkenkratzer, Stadien, Dom, Straßen, Autobahnen, Brücken, Tunnel, Staudamm, Hafen, Molen, Landungsbrücken, Kühltürme, Pipelines, Kirchen, Ölplattformen, Pyramiden.

- Ermutigen Sie die Schüler, das größte Gebäude zu beschreiben, in dem Sie jemals waren. Fragen Sie, wie sie sich in dem Gebäude gefühlt haben.

Mögliche Antworten: aufregend, beeindruckend, verängstigt.

Erforschen Sie, warum sie diese Gefühle hatten.

- Fragen Sie die Schüler, ob sie ihnen sagen können, wie die Berufsbezeichnung für die Spezialisten ist, die solche Bauwerke entwerfen.

Mögliche Antworten: Ingenieure, Statiker, Hochbauingenieur.

- Fragen Sie die Schüler: „Wenn du ein Ingenieur wärst und würdest ein großes Gebäude, wie z.B. eine Brücke etc. entwerfen, was müsstest du dabei bedenken?“ (Stabilität, Aussehen, Sicherheit etc.) Unterstützen Sie die Schüler bei diesem Brainstorming mit gezielten Fragen. Listen Sie die Antworten an der Tafel auf und verwenden Sie eine Zeichnung und zeigen Sie den Schülern auf, welche Ideen Anwendung finden.

Aufgaben

HINWEIS für den Lehrer:

Informationen und empfohlene Übungen für die Klasse zum Thema **KRÄFTE**, **MATERIAL** und **FORMEN** finden Sie im Punkt Grundsätze auf Seite 5-7 dieses Handbuchs. Eine Übung zum Thema **LAST** bei Brücken ist unter dem Abschnitt „Sind alle Brücken gleich?“ auf den Seiten 25-28 aufgeführt.

Die Website www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/besitzt ein **‘Kräfte Labor’** und zeigt die Auswirkungen, die **KRÄFTE** auf verschiedene Formen haben und behandelt auch **MATERIAL**, **FORMEN** und **LAST**. Hier werden einfache, leicht verständliche Grafiken und Animationen gezeigt. Wir empfehlen den Besuch dieser Website (Englisch).

🌀 Vielleicht wollen Sie zum Beispiel über **Kräfte** sprechen, die auf ein Gebäude einwirken:

- 🌀 Quetschen/Druckkraft
- 🌀 Ziehen/Zugkraft
- 🌀 Verdrehen/Torsion
- 🌀 Gleiten/Schubkraft

All diese Begriffe werden in der Website, die oben genannt wurde einfach und klar dargestellt.

🌀 Eventuell wollen Sie auch Folgendes mit den Schülern erkunden:

- 🌀 Einige charakteristische Eigenschaften von verschiedenen Baumaterialien
- 🌀 Wireagieren verschiedene Formen auf verschiedene Kräfte.
- 🌀 Die Lasten, die Bauwerke tragen müssen.

VORGESCHLAGENE SCHRITTE

Erklären Sie der Klasse, dass sie einige der Faktoren erforschen, die Ingenieure bei der Entwicklung ihres Entwurfs berücksichtigen müssen.

1. Wenn sie bereits Teil der vorgegangenen Stunden waren, heben Sie die Begriffe noch einmal hervor. Wenn sie noch nicht erwähnt wurden, nützen Sie Fragetechniken, um die Begriffe mit den Kindern zu erarbeiten und fügen Sie sie der Liste hinzu:

- 🌀 **KRÄFTE**, die auf das Bauwerk einwirken
- 🌀 **MATERIAL**, das für das Bauwerk verwendet wird
- 🌀 **FORMEN**, die im Bauwerk Anwendung finden
- 🌀 **LAST**, die von dem Bauwerk getragen wird

2. Zur Einführung dieser Begriffe, **beziehen Sie sich bitte auf die Übungen, die auf den Seiten 5-11 dieses Handbuchs zu finden sind**. Hilfsmittel für diese Übungen werden auf Seite 22 aufgelistet. Ihre Übungen könnten Folgendes beinhalten:

- 🌀 Aufzeigen, welche Auswirkungen angreifende Kräfte haben. Verwenden Sie dafür ein Stück Schaumgummi oder besuchen Sie die oben genannte Website.
- 🌀 Experimente, die zeigen, wie die Eigenschaften von Material verändert werden können. Verwenden Sie dafür ein Stück DIN A4 Papier.
- 🌀 Die Stabilität verschiedener Formen aufzeigen. Benützen Sie dafür K'NEX Stäbe und Verbinder.
- 🌀 Erforschen Sie, wie bestimmte Formen in Bauwerken verstärkt werden können. Zur Unterstützung besuchen Sie bitte die oben erwähnte Website (Forces Lab).





Einführung Brücken:

Was machen Brücken?



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Eine operative Definition einer Brücke benennen.
2. Brücken in ihrer näheren Umgebung erkunden.
3. Ein Modell einer Brücke entwerfen und bauen.

MATERIAL

Jede Schülergruppe benötigt:

- K'NEX Einführung Bauwerke: Brücken Set mit Bauanleitung und Fotos von Brücken
- Millimeterpapier oder DIN A4 Blätter
- Markierstifte oder Kreide

Sie benötigen:

- Ein Beispiel für eine technische Zeichnung – ihr Verwalter oder die Stadtverwaltung könnte hier eine gute Quelle sein (optional)
- Hilfreiche Websites:
 - www.pixelio.de
 - www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/
 - www.howstuffworks.com/bridge
- Diese Websites gestatten den freien Gebrauch ihrer Bilder für schulische Zwecke.

Anmerkung: Die unten aufgezeigten Übungen dienen der Einführung für Schüler, die bisher noch keine Kenntnisse über Bauwerke besitzen. Es liegt in ihrem Ermessen zu entscheiden, welche dieser Übungen für ihre Schüler geeignet sind.

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

○ Fragen Sie die Klasse, „Was macht eine Brücke?“. Halten Sie die Antworten an der Tafel fest. Möglicherweise können Sie hier mit Mind-Maps arbeiten. Helfen Sie den Schülern, eine Definition für eine Brücke zu formulieren, aus der hervorgeht, dass es sich um ein Bauwerk handelt, das es Menschen, Tieren oder Fahrzeugen ermöglicht, eine Lücke oder ein Hindernis zu überwinden.

○ Sprechen Sie die Vorstellungskraft ihrer Schüler an. Was denken sie, wie die erste Brücke wohl ausgesehen hat? Notieren Sie die Vorschläge an der Tafel.

○ Bitten Sie die Schüler Folgendes aufzuzeigen:

- 3 Gründe, warum wir heute Brücken einsetzen

Eine Brücke ist ein Bauwerk, das es Menschen/Tieren/Fahrzeugen ermöglicht, ein Hindernis zu überwinden. Einige Schüler führen vielleicht auch an, dass Brücken Pipelines oder Wasserkanäle tragen – Aquädukte.

Die Antworten können variieren: umgestürzte Baumstämme über einem Bach; Steine oder Felsbrocken, die als Trittsteine dienen; Lianen, mit denen man sich über einen Bach schwingen konnte; Kombinationen daraus.

Um Straßen/Autobahnen sicher zu überqueren; Flüsse zu überqueren, ohne nass zu werden; um sicher von einem Gebäude in ein anderes zu gelangen; um mit Autos über ein Tal zu fahren.

- 3 Hindernisse, die Menschen davon abhalten von einem Ort zum anderen zu gelangen.

Flüsse, Täler, Schluchten, Mündungen, Straßen/Autobahnen, Gewässer zwischen Inseln.

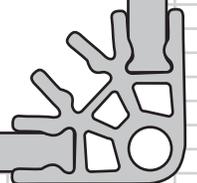
- Wie Menschen solche Hindernisse ohne Brücken überwinden konnten.

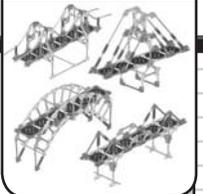
Sie durchwateten Furten in Flüssen, nützten Trittsteine, durchreisten Täler und Schluchten und suchten nach einem Platz an dem man das Hindernis überqueren konnte.

- Machen Sie die Schüler auf die Fotografien von Brücken in der Bauanleitung aufmerksam und die Hindernisse, die sie überwinden. Bitten Sie die Schüler genau auf die verschiedenen Brückenarten und die Unterschiede zu achten. An dieser Stelle ist es hilfreich, sich auf 3 Arten zu konzentrieren: Balken (Seite 2-3), Bogen (Seite 10) Hänge (Seite 12.)
- Lassen Sie die Schüler Beispiele aus ihrer näheren Umgebung anzuführen. Wenn in der Nähe der Schule eine Brücke zu finden ist, könnten Sie die Übungen mit einem Besuch dieser Brücke beginnen und vor Ort die Eigenschaften erklären. Wenn das nicht möglich ist, fragen Sie die Schüler nach den Eigenschaften der Brücken, die sie kennen, welche Funktion sie haben und aus welchem Material sie bestehen. Die Schüler sollten wenigstens eine Brücke in ihrem Wohnort besuchen und entweder eine Zeichnung davon anfertigen oder ein Foto davon machen. Sie sollten dem Design, den Stützen und den Formen der Brücke besondere Aufmerksamkeit schenken. Ermutigen Sie die Schüler, die Abmessungen der Brücke zu schätzen und die Methode erklären können, die sie dafür angewendet haben. Die Schüler dokumentieren die Ergebnisse.
- Stellen Sie eine Landkarte zur Verfügung und helfen Sie den Schüler, die Brücken, die sie gefunden haben, zu lokalisieren. Zeigen Sie auch Brücken, die sie vielleicht nicht gefunden haben. Nun sollen sie sich vorstellen, wie es wäre, ohne jede Brücke zu reisen. Schlagen Sie vor, dass die Schüler die Brücken aufzählen, die sie auf dem Weg zur Schule passieren.
- Besprechen Sie, wie sich Brücken von einfachen Felsplatten und Holzstämmen, die über einem Bach liegen, zu massiven Brücken mit Spannweiten von mehreren tausend Metern entwickelt haben und Inseln verbinden oder weite Mündungen überqueren. Den Schülern sollte aber bewusst gemacht werden, dass, während die modernen Brücken großartige Beweise der Möglichkeiten in Konstruktion und Design sind, doch in vielen Teilen der Welt noch immer einfache Brücken mit Steinplatten, Stämmen und Lianen gebaut werden. Erklären Sie, dass sie K'NEX Modelle verschiedener Brücken bauen werden und dabei weitere Kenntnisse und Erfahrungen in Zusammenhang mit Bauwerken sammeln können. Sie erkennen, mit welchen Problemen Ingenieure beim Bau von immer längeren und immer belastbareren Brücken konfrontiert werden.

Aufgabe aus dem Bau-Set

- Teilen Sie die Klasse in Gruppen von je 2 Schülern und verteilen Sie ein K'NEX Brücken-Set an jede Gruppe.
- Bitten Sie die Schüler, das Set zu öffnen und die Anleitung herauszunehmen. Wenn die Schüler zum ersten Mal mit K'NEX Elementen arbeiten, weisen Sie auf die Seite mit dem Bau-Tipps hin. Es ist entscheidend, dass die Schüler zu diesem Zeitpunkt bereits das Bauen mit K'NEX verstehen, so lässt sich eine eventuelle Frustration später vermeiden.
- Geben Sie einige Grundregeln für den Umgang mit den K'NEX –Elementen.
- Denken Sie daran, dass die Schüler am Ende der Lektion ca. 5 Minuten benötigen, um die Teile wieder aufzuräumen..





- Erklären Sie den Schülern, dass sie mit dem K'NEX Material eine Brücke bauen werden. Besprechen Sie, wie Ingenieure, nachdem sie die ersten Modellzeichnungen angefertigt haben, kleine Modelle bauen und damit die Brücke auf ihre Stabilität, Sicherheit und Design untersuchen und testen. Brückenbauer folgen diesen Plänen, wenn sie eine reale Brücke bauen. Wenn vorhanden, zeigen Sie nun ein Beispiel einer technischen Zeichnung - eine von ihrem Haus oder der Schule würde ausreichend sein - die Schüler können hier die Informationen entnehmen, die üblicherweise auf diesen Dokumenten zu finden sind.
- Machen Sie die Schüler darauf aufmerksam, dass eine technische Zeichnung, so wie alle Pläne und Karten, nur zweidimensionale Darstellungen wiedergeben kann. Der Plan kann die Länge und Breite eines Bauwerks zeigen, ein Aufriss zeigt die Höhe und entweder die Länge oder die Breite (nicht beides.) Machen Sie eine Skizze an der Tafel.

Übung: Schritte

1. Sagen Sie den Schülern, dass sie eine Brücke unter Berücksichtigung der folgenden Vorgaben bauen:
 - (i) Sie wird zwei Tische verbinden, die 30 – 40cm voneinander entfernt sind.
 - (ii) Es dürfen nur Teile aus dem K'NEX Set verwendet werden.
 - (iii) Die Brücke muss einen Schuh etc. 15 Sekunden tragen können.
 - (iv) Die Schüler müssen entscheiden, welches Hindernis überwunden werden soll.
2. Erklären Sie, dass die Brücke, die die Gruppen bauen jede Größe oder Form haben kann, aber dass der Entwurf Folgendes berücksichtigen muss:
 - (i) Die Eigenschaften des Hindernisses, das überbrückt werden soll.
 - (ii) Wer oder was die Brücke nutzen wird.
 - (iii) Die Last, die sie tragen muss (Schuh, Buch)
3. Den Schülern sollte genügend Zeit gegeben werden für die Arbeit mit dem K'NEX Material und der Entwicklung eines stabilen Modells, das über ein physikalisches Hindernis, wie eine offene Lücke oder einen imaginären Fluss führt.
4. Sie sollten die Stabilität testen und prüfen, ob die Tragfähigkeit für einen Schuh ausreichend ist.
5. Wenn die Konstruktion fertiggestellt ist, sollten die Schüler eine Zeichnung auf Millimeterpapier anfertigen, die wie eine technische Zeichnung ihrer Brücke aussieht. Genauigkeit ist dabei wichtig.

HINWEIS: Wenn ihre Schüler die geeigneten Messtechniken beherrschen und das Prinzip von Maßstab kennen, können Sie ihre Schüler bitten, die Zeichnung maßstabsgetreu zu erstellen.

Anwendung

- Die Gruppen sollten nun der Klasse ihre Brücken vorstellen und sie beschreiben:
 - Welches Hindernis wird damit überwunden.
 - Wen oder was wird die Brücke tragen.
 - Welche Grundmerkmale haben sie in ihre Konstruktion einfließen lassen.
- Die Schüler können dies entweder mit eigenen Worten erklären, oder sie nutzen die Gelegenheit einige Begriffe aus dem Brückenbau anzuwenden. Eventuell können sie die Brückenmodelle fotografieren.

- Die Schüler sollten darauf vorbereitet sein, nun den ‘Schuhtest’ durchzuführen.

Bitten Sie die Schüler eine Definition für die BRÜCKE in ihre Hefte einzutragen und dabei die Worte “Bauwerk” und “Hindernis” zu verwenden.

BRÜCKE: _____

- Folgende Punkte sollten in den Heften eingetragen werden:

- 5 Benutzer von Brücken

Menschen/Fußgänger, Tiere und Fahrzeuge: Autos, Fahrräder, Züge, Pipelines und Kanäle etc.

- 5 Hindernisse die Brücken überspannen.

Fluss, Kanal, Bach, Tal, Schlucht, Sumpf, Mündung, Gewässer zwischen Inseln, Autobahn, Zugschienen, Lücke zwischen Gebäuden, Straßen, Kreuzungen etc.

- 5 Schlüsselbegriffe im Zusammenhang mit Brücken

hinüber, tragen, stützen, verbinden, über, Spannweite etc

HINWEIS: Wenn möglich, heben Sie die Modelle bis zur nächsten Stunde auf.

Weiterführend

- Fordern Sie die Schüler auf, als Bauunternehmer zu fungieren und ihre Pläne/Zeichnungen mit den Klassenkameraden zu tauschen. Dann bitten Sie die Schüler, das Modell mit Hilfe der neuen technischen Zeichnung zu bauen. Sie dürfen nur die Zeichnung verwenden, nicht das gebaute Modell.
 - Bitten Sie die Schüler alle Brücken auf Genauigkeit zu überprüfen.
 - Führen Sie eine allgemeine Diskussion über diesen Vorgang und bitten Sie die Schüler die Entstehung der technischen Zeichnung und des Modells in ihrem Heft zu beschreiben.
- Die Schüler sollen paarweise zusammenarbeiten und Fotos und Bilder von Brücken zu sammeln. Folgende Quellen können Sie dabei nutzen:
www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/ www.howstuffworks.com/bridge (beide in Englisch)
Schlagen Sie vor, dass sie verschiedene Brückenarten und verschiedene Hindernisse suchen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Erkennen unterschiedlicher Brückentypen. Zu diesem Zeitpunkt der Übung haben sie noch nicht die Namen der einzelnen Brückenarten kennengelernt. Die Bilder können als Collage gezeigt werden und nur dann beschriftet werden, wenn sie in der Lage sind, den Brückentyp auf jedem Bild zu identifizieren.

Hefteinträge:

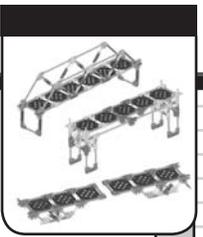
Die Schüler dokumentieren ihre Erkenntnisse. Im Folgenden finden Sie Beispiele für die Hefteinträge der Schüler:

- ✓ Beschreibung und Skizze einer örtlichen Brücke.
- ✓ Definition für eine Brücke.
- ✓ Liste der Benutzer und Hindernisse.
- ✓ Liste von Schlüsselbegriffen im Zusammenhang mit Brücken.



Sind Alle Brücken gleich?

Wie Brücken ihre Last stützen.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Wiederholen, welche Kräfte auf Bauwerke einwirken.
2. Drei Brückentypen unterscheiden.
3. Untersuchen, wie eine Brücke ihre Last stützt.

MATERIAL

Jede Gruppe von 2 Schülern benötigt:

- Brückenmodelle aus der vorherigen Stunde
- Bauanleitung
- Gegenstände, die als Last fungieren (Bücher, Gewichte etc.)
- Buntstifte oder Marker
- Schulhefte

Sie benötigen:

- ein langes Brett (leicht genug, dass Schüler es halten können).
- Zwei Personenwaagen
- 4-5 schwere Bücher

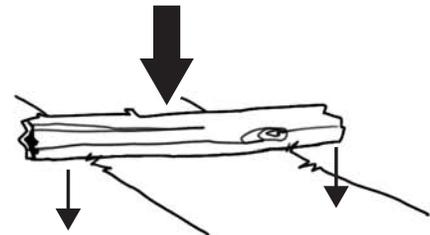
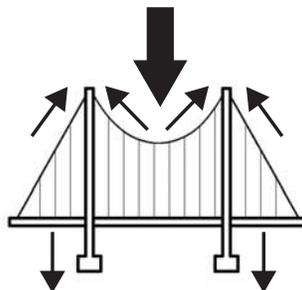
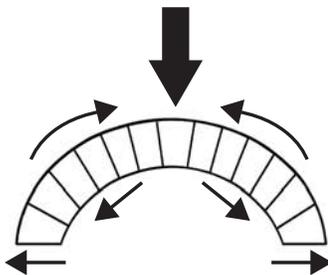
DURCHFÜHRUNG

Einleitung

Bitte Sie die Schüler, die Fotos auf den Seiten 3, 10 und 12 der Anleitung anzusehen. Wie unterscheiden sie sich voneinander? Bitte Sie sie, die Namen zu überprüfen, die diesen unterschiedlichen Brückenarten gegeben wurden und fragen Sie nach Gründen für die jeweilige Namensgebung.

Zeichnen Sie Skizzen von den Brücken an die Tafel, die auf den Beiträgen der Schüler basieren und fügen Sie Labels und einige beschreibende Worte hinzu. Die Illustrationen unten können als Basis für ihre Skizzen herangezogen werden, aber lassen die zu diesem Zeitpunkt die Pfeile weg.

Die Pfeile werden später hinzugefügt.



Aufgabe

Erinnern Sie die Schüler daran, dass an jedem Bauwerk Kräfte einwirken. Fragen Sie nach Freiwilligen, die solche Kräfte auflisten.

Quetschen/Druckkraft; Ziehen/Zugkraft; Durchbiegen; Verdrehen/Torsion; Gleiten/Schubkraft.

Erklären Sie den Schülern, dass sie an ihren Modellen, die sie in der letzten Übung gebaut haben, erforschen können, wo mögliche Kräfte auf die Brückenarten einwirken.

Wenn sie das Modell auseinander gebaut haben, sollten sie die Möglichkeit bekommen, eine neue Brücke zu bauen. .

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen. Dies zählt zu einer ordentlichen Sicherheitsmaßnahme für alle Aktivitäten im Physiksaal oder im Labor.

Schritte

1. Bitten Sie die Schüler, zu untersuchen, wie die Brücke gestützt wird und anschließend zu bestimmen, ob es sich um eine Balken-, Bogen- oder Hängebrücke handelt.

Die meisten werden eine Variante der Balkenbrücke gebaut haben.

2. Fordern Sie die Schüler auf, eine Last auf ihre Brücke zu platzieren (Schuh, Bücher, Gewichte) und darauf zu achten, was mit den verschiedenen Teilen des Bauwerks geschieht. Sie sollten die Last erhöhen und herausfinden, was passiert. Sie sollten erkennen:

- ☉ welche Teile durchgebogen werden, wo Druck und Zugkraft wirkt;

Die Schüler fühlen sich vielleicht immer noch wohler, wenn sie Begriffe, wie durchbiegen, zusammendrücken, auseinanderziehen etc. verwenden. Akzeptieren Sie diese Begriffe, ermutigen Sie sie aber danach die formalen Begriffe zu verwenden.

- ☉ was geschieht mit den Stützen ihrer Brücke, wenn das Gewicht erhöht wird;
- ☉ welche Teile ihrer Brücke geben als erstes nach?

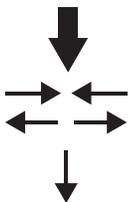
Beschriftete Skizzen ihrer Brücken, die die Auswirkungen der jeweiligen Belastung des Bauwerks zeigen, sollten in die Hefte übertragen werden. Sie sollten zum Beispiel die Teile ihrer Brücke identifizieren, die sich durchbiegen, schief sind oder eine verschobene Position haben.

3. Bitten Sie die Schüler die Beobachtungen an ihrem Modell auf die Zeichnungen der drei Brückenarten an der Tafel zu übertragen. Fordern Sie sie auf, zu sagen, wo bei den einzelnen Brücken Kräfte einwirken. Zeichnen Sie Pfeile anhand der Erkenntnisse der Schüler.

In niedrigeren Stufen, sollten Sie sich vielleicht nur auf die Balkenbrücke konzentrieren.

HINWEIS: Pfeile können genutzt werden, um bei den Brückenzeichnungen zu zeigen, in welcher Richtung Kräfte einwirken und über einen Brückenbau verteilt werden. Viele der Websites, die Sie und die Schüler vorher schon besucht haben, verwenden Pfeile, um das Gleiche darzustellen. An der Tafel oder mit dem Overheadprojektor können sie verschiedene Farben verwenden und zwischen den einzelnen Kräften unterscheiden.

Pfeil-Schlüssel:



Ein dicker Pfeil, der nach unten gerichtet ist, repräsentiert die Last.

Pfeile entlang der Brückenkabel, des Balkens oder des Bogens repräsentieren Zug- und Druckkraft.

Pfeile an den Widerlagern und den Pfeilern repräsentieren die Gewichtsübertragung auf den Boden.

Beispiel: alle Pfeile einer Bogenbrücke stehen für Druckkraft, während sie bei der Fachwerk- oder Balkenbrücke für eine Kombination aus Druck- und Zugkraft stehen.

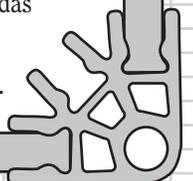
4. Führen Sie die Schüler in eine Diskussion über die verschiedenen Arten von **LAST**, die eine Brücke stützen muss.

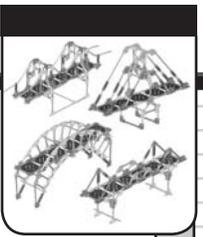
- (a) Bitten Sie die Schüler, über die verschiedenen Arten von Last, die eine Brücke stützen muss, nachzudenken. Halten Sie die Gedanken an der Tafel fest. Sie müssen vielleicht bei den weniger offensichtlichen Lasten nachhaken.

- (b) Helfen Sie den Schülern, die Hautkategorien von Last, die eine Brücke zu tragen hat, zu erkennen:

- ☉ **Eigenlast:** Das Gewicht des Materials, aus dem die Brücke gebaut wurde. In den meisten Fällen, ist das höchste Gewicht, das die Brücke tragen muss, das Gewicht der Brücke selbst.

- ☉ **Nutzlast:** Das Gewicht der Menschen, Fahrzeuge, Tiere und anderer Dinge, die die Brücke benutzen.





(für höhere Klassen geeignet:)

Umweltbedingte Last: die Auswirkung von starken Winden, Schnee und Eis und Erdbeben.

Stoßlast: der plötzliche, hohe Stoß, den bestimmte Nutzer hervorrufen, wenn sie die Brücke überqueren. Beispiel: ein schwerer Güterzug oder LKW.

- (c) Die Schüler sollen auf die Liste an der Tafel schauen und die Lasten in die oben genannten Kategorien einteilen. Sie sollten dieses in die Hefte übertragen.
5. Erklären Sie, dass eine erfolgreiche Brücke in der Lage sein muss, das Gewicht dieser Lasten nach unten in die Fundamente zu verteilen, oder sie mit gegen gerichteten Kräften auszugleichen. Fragen Sie nach zwei Freiwilligen, um dieses Prinzip zu demonstrieren.

HINWEIS: Es ist möglicherweise keine gute Idee, das persönliche Gewicht der Schüler, wenn sie auf der Waage stehen, vorlesen zu lassen. Wenn nötig, helfen Sie, den Gewichtsunterschied, wenn die Schüler ein Brett halten auszurechnen.

- (a) Stellen Sie die Personenwaagen soweit voneinander entfernt auf, wie das Brett lang ist, das die Schüler halten werden.
- (b) Bitten Sie einen Schüler auf eine der Waagen zu steigen. Erklären Sie, dass dieser Schüler einen Stützpfiler darstellt, der eine Brücke stützt. Der Schüler sollte sich sein Gewicht merken.
- (c) (i) Geben Sie dem Schüler, der noch immer auf der Waage steht, ein langes Brett in die Hand und bitten Sie ihn, das Brett zunächst **horizontal** zu halten. Das Brett repräsentiert die Fahrbahn oder die **DECKE** der Brücke.
(ii) Der Schüler sollte das neue Gewicht auf der Waage ablesen.

(iii) Bitten Sie den Schüler nun, das Brett **senkrecht** zu halten und zu überprüfen, ob sich das Gewicht auf der Waage mit der Veränderung der Brettrichtung ändert. Bitten Sie den Schüler, seine Beobachtungen mitzuteilen.

Das Gewicht auf der Waage bleibt gleich, egal in welche Richtung das Brett gehalten wird.

- (d) Helfen Sie den Schülern, zu folgern, dass das Gewicht der gesamten Brückenlänge und des Stützpfilers durch den Stützpfiler nach unten drücken.
- (e) Bitten Sie die Schüler, sich vorzustellen, dass sich das Gewicht entlang der Fahrbahndecke und dann am Stützpfiler nach unten auf die Waage bewegt. Bitten Sie einen Freiwilligen, dies in die Zeichnung einer Balkenbrücke mit Pfeilen einzuzeichnen.
- (f) Wiegen Sie das Brett und halten die das Ergebnis in der Datentabelle 1 fest.
- (g) Bitten Sie den zweiten Schüler sich auf die andere Waage zu stellen und sich sein/ihr Gewicht zu merken. Die beiden Freiwilligen sollten nun jeder ein Ende des Brettes halten. Fragen Sie den Rest der Klasse nach ihren Vorhersagen bezüglich der Ergebnisse und der Verteilung des Gewichts.
- (h) Um die Vorhersagen zu überprüfen, bitten Sie jeden Schüler, auf die Waage zu steigen und festzustellen, wie das Gewicht des Brettes zwischen ihnen verteilt wird. Bitten Sie jeden Schüler festzuhalten, um wie viel das Gewicht auf seiner Waage zugenommen hat. Die Antworten können in die Tabelle (siehe unten Datentabelle 1) eingetragen werden.
- (i) **HINWEIS:** Sie können Bücher auf das Brett in Punkt (g) legen, um eine Nutzlast darzustellen und um mehr Variationen in den Gewichten an jedem Stützpfiler zu erhalten.

Die Antworten variieren womöglich, die meisten sollten aber vorhersehen, dass das Gewicht gleichmäßig verteilt wird.

Datentabelle 1

GEWICHT DES BRETTES	GEWICHTSZUNAHME AN STÜTZPFILER NR. 1	GEWICHTSZUNAHME AN STÜTZPFILER NR. 2	GESAMT-GEWICHTS- ZUNAHME AN DEN STÜTZPFILERN

Anwendung

- Die Schüler sollten eine kurze Beschreibung der Lastarten geben, die von einer Brücke gestützt werden, und die folgenden Zeilen ergänzen:

NUTZLAST: _____

EIGENLAST: _____

(Höhere Klassenstufen:)

UMWELTBEDINGTE LAST: _____

STOSSLAST: _____

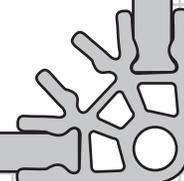
- Besprechen Sie die Ergebnisse des Experiments zur Gewichtsverteilung und lassen Sie die Schüler dies dokumentieren. Sie sollten auch eine Kopie der Datentabelle 1 übernehmen und die ermittelten Gewichte aufzeigen.
- Bitten Sie die Schüler, die Skizzen der Balken-, Bogen- und Hängebrücke zu vervollständigen und Pfeile hinzuzufügen, die die Richtung angeben, in die das Gewicht übertragen wird.

Weiterführend

- Fordern Sie die Schüler auf, sich zu Hause umzusehen und wenigstens drei verschiedene Gegenstände auszuwählen die die Last verteilen (Tisch, Stuhl, Bett, Lampe etc.). Sie sollten von jedem eine Zeichnung anfertigen und darstellen, wie jedes seine Last stützt und mit Hilfe von Pfeilen die Richtung angeben, in die das Gewicht übertragen wird.

Hefteinträge:

- ✓ Beschreibung und Skizze einer örtlichen Brücke
- ✓ Ausgefüllte Datentabelle 1 mit Erklärung.
- ✓ Mit Anmerkungen versehene Skizzen von einer Balken-, Bogen- und Hängebrücke, die die einwirkenden Kräfte zeigen.
- ✓ Beschreibung und Einstufung der verschiedenen Arten von Last.



Die Balkenbrücke:

Klassifizierung der Komponenten und Wege, die Balkenbrücke zu verstärken.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Die Grundeigenschaften einer Balkenbrücke identifizieren.
2. Wortschatz in Zusammenhang mit einer Balkenbrücke verstehen und gebrauchen.
3. Die Vor- und Nachteile, sowie die besten Anwendungsmöglichkeiten einer Balkenbrücke erforschen.
4. Mit K'NEX Elementen Modelle von Balkenbrücken bauen.

MATERIAL

Jede Gruppe von 2 Schülern benötigt:

- 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung
- Gewichte (10-1000 Gramm)
- Schulhefte

Sie benötigen:

- Eine vorgebaute K'NEX Balkenbrücke
- Ein Stück Schaumgummi (30x6x6 cm) (die Art Schaumgummi, die bei Stühlen oder Kissen verwendet werden.)
- Markierstift

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- Erklären Sie den Schülern, dass sie sich in dieser Stunde mit dem Erforschen einer Brückenart, der Balkenbrücke, beschäftigen werden. Dies ist die einfachste aller Brücke und war möglicherweise die erste eingesetzte Brücke - vielleicht in der Form von umgestürzten Bäumen, die über einem Bach liegen. Moderne Balkenbrücken werden aus Stahlbalken gefertigt und können sehr komplexe Bauwerke sein, aber alle Balkenbrücken sind gleich in Bezug auf die Art, wie sie ihr eigenes Gewicht und die zu tragende Last über senkrechte oder aufrechten Pfeiler stützen.



- Lassen Sie die Schüler auf die K'NEX Balkenbrücke schauen. Bitten Sie, die Teile der Brücke zu zeigen, die Stützen dienen. Schreiben Sie alle Begriffe, die sie für diese Gebilde verwenden.

Stützen, Pfahl, Pfosten, Turm, Stab, Pfeiler etc.

- Bringen Sie den Begriff **Pfeiler** in Erinnerung, er wird von Brückenbauern als Bezeichnung für die senkrechten Stützen einer Brücke verwendet. Bitten Sie die Schüler andere Teile der Brücke mit ihren eigenen Worten zu benennen und führen Sie dann folgende Begriffe ein:

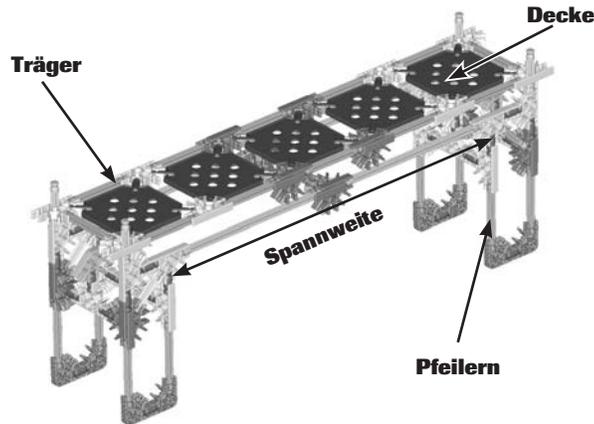
Träger - ein horizontaler Balken, der auf den Pfeilern aufliegt.

Spannweite - der Abstand zwischen den Pfeilern

Decke - die Oberfläche einer Brücke, die als Gehweg, Fahrbahn oder Schienenbahn dient.

Rampe - der schräge Abschnitt der das Land mit der Decke verbindet.

Schutzgeländer - das Schutzhindernis, das entlang der horizontalen Oberfläche verläuft und verhindert, dass Benutzer der Brücke an der Seite runterfallen können.



Entwickle eine Wortliste dieser Begriffe für die weitere Verwendung.

Übung I: Wie lang kann eine Balkenbrücke sein, bevor sie einstürzt?

Schritte

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen. Dies zählt zu einer ordentlichen Sicherheitsmaßnahme für alle Aktivitäten im Physiksaal oder im Labor.

1. Erklären Sie den Schülern, dass die ersten Untersuchungen, die sie anstellen werden, sich damit beschäftigen, was passiert, wenn mit einem einfachen Bauwerk passiert, wenn es länger und länger wird. Bevor sie mit dem Bauen beginnen, sollten sie über die folgenden Fragen nachdenken.
 - Was passiert mit der Tragfähigkeit einer Brücke wenn sie länger wird?
 - Wie könnten sie das testen?
 - Welche Messungen müssen sie machen?
 - Wo auf der Brücke werden sie die Messungen vornehmen?
 - Wo denken sie, ist der schwächste Punkt des Bauwerks?

Die einleitenden Gedanken zu diesen Fragen sollten in die Hefte eingetragen werden.

2. (a) Teilen Sie die Klasse in Gruppen von 4 Schülern und verteilen Sie je 2 K'NEX Brücken-Sets an jede Gruppe.

Erklären Sie, dass die ihre Brücke über zwei Tische, zwei Stühle oder zwei große Boxen bauen können. Geben Sie ihnen genügend Zeit für den Bau und das Testen ihrer Brücken.

HINWEIS: Es sollte genug Platz vorhanden sein, um normale Gewichte an die Brücke zu hängen. Wenn diese nicht vorhanden sind, können sich die Schüler eine andere Methode für das Ermitteln der Tragfähigkeit ausdenken.

Am leichtesten lässt sich die Brücke in der Mitte der Spannweite beladen. Die Schüler könnten eine Balkenbrücke mit langen grünen K'NEX Stäben und schwarzen Verbindern bauen, sie beginnen mit 2, dann 3, 4 ...6. Jedes Mal kann die entsprechende Tragfähigkeit der Brücke gemessen werden.

- (b) Die Schüler könnten die Last gegen die Länge der Brücke aufnehmen. Sie können die Anzahl der Stäbe als Maß verwenden. Sie sollten ihre Beobachtungen notieren und/oder entsprechende Zeichnungen anfertigen.

Die K'NEX Brücke bricht am leichtesten an den Verbindungsstücken (Verbindern).



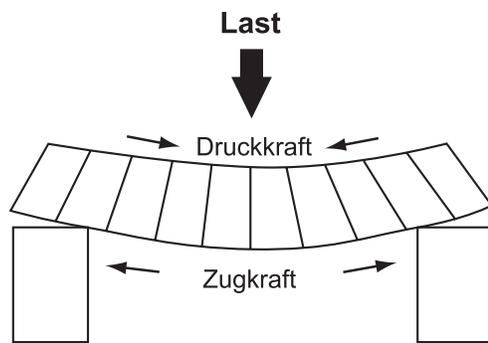


3. Besprechen Sie die Erkenntnisse.

Die Schüler sollten entdeckt haben, dass je länger die Spannweite ist, desto schwächer wird die Balkenbrücke. Der Träger beginnt, sich unter seinem eigenen Gewicht durchzubiegen, und kann sogar brechen, auch ohne zusätzliches Gewicht von oben. Im Falle der K'NEX Brücken liegt der Schwachpunkt an den Verbindern.

Genaue Beobachtungen an der einstürzenden Brücke zeigen, dass sich die Verbinder an der Unterseite auseinandergezogen wird, d.h. Zugkräften ausgesetzt ist. Die Oberseite des Trägers wird gequetscht, es wirken Druckkräfte. Eventuell lösen sich die Verbinder sogar, wenn genug Zugkraft daran angreift.

Die gibt die Möglichkeit die Auswirkungen von Druck – und Zugkräften genauer zu betrachten. Vielleicht wollen Sie das noch einmal mit einem Stück Schaumgummi demonstrieren. (siehe Seite 6 Grundsätze.) Druck auf die Oberseite des Schaumgummis quetscht das obere Ende und die Linien bewegen sich aufeinander zu, die Unterseite wird zur gleichen Zeit auseinandergezogen, die Linien bewegen sich voneinander weg.



Bitten Sie die Schüler, die K'NEX Teile wieder einzusortieren, bevor sie mit der nächsten Übung beginnen. Teilen Sie die Klasse anschließend in Gruppen von 2 Schülern, jede Gruppe erhält ein Set.

Übung aus dem Bau-Set

- ☉ Jede Gruppe soll nun die K'NEX Balkenbrücke auf Seite 2 der K'NEX Anleitung bauen. Geben Sie ihnen etwas Zeit, die Brücke nach dem Bauen etwas zu erkunden. Sie können eine Spielzeugauto oder ähnliches über die Brücke fahren lassen.

Übung II: Wie eine Balkenbrücke erweitert und verstärkt wird.

Schritte

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen.

1. Bitten Sie die Schüler, ihre Brücken auf ein Stück Papier zu stellen und vorsichtig die inneren vorderen Enden von jedem Pfeiler zu markieren. Diese Markierungen dienen als Referenz für alle Veränderungen am Abstand zwischen den Pfeilern. Schlagen Sie vor, dass die Schüler mit zwei Fingern fest auf die Platten an jedem Ende der Brücke drücken und beobachten, was mit den Stäben geschieht (falls etwas geschieht), die sich über die Brücke und die beiden Pfeiler spannen.

Sie sollten feststellen, dass es keinerlei Formveränderung bei den Stäben und keine Bewegung der Pfeiler gibt. Sie werden eine leichte Absenkung der Platten sehen, wenn sie von oben gedrückt werden.

2. Sie sollten dann den Druck auf die mittlere Platte ausüben und beobachten, was nun mit den Stäben und den Pfeilern geschieht.

Jetzt stellen sie fest, dass Druck an dieser Stelle eine Bewegung der Stäbe und der Verbinder verursacht, sie biegen sich leicht durch, während die Pfeiler beginnen, sich auseinanderzuspreizen. Sie können die Bewegung der Pfeiler messen, indem sie den neuen Standort markieren und es mit dem Ausgangspunkt vergleichen.

3. Nun werden an der Mitte der Brücke Gewichte aufgelegt, eins nach dem anderen und die Schüler sollen herausfinden, wie viel Gewicht die Brücke tragen kann, bevor sie anfängt, sich durchzubiegen. Die Beobachtungen können in eine Datentabelle wie unten gezeigt, eingetragen werden. Sie sollen dabei das steigende Gewicht in die Felder eintragen und markieren, bei welchem Gewicht, sich die Stäbe durchbiegen und die Pfeiler sich bewegen. Wenn genug Zeit vorhanden ist, kann solange Gewicht aufgeladen werden, bis die Brücke einstürzt.

4. Halten sie ein Lineal an die Mitte der Brücke und messen sie den Unterschied in der Entfernung von Deck und Tisch, wenn ein Gewicht hinzugefügt wird.

Wenn das Deck beginnt abzusinken, sollten die Messungen dies auch wiedergeben.

5. (a) Bitten Sie die Schüler, die lange Brücke auf Seite 3 der Anleitung zu bauen und die Schritte 2 und 3 zu wiederholen. Gibt es Änderungen beim Verhalten der Stäbe? Wenn ja, welche?

Die Erkenntnisse sollten ähnlich sein wie die in den Schritten 2 und 3 oben.

- (b) Wiederholen sie Schritt 4 mit den Gewichten. Tragen sie die Ergebnisse in die Tabelle ein.

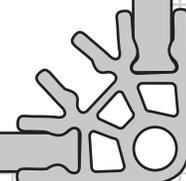
- (c) Sie Schüler sollten die Ergebnisse aus den beiden Versionen vergleichen.

Datentabelle

KURZE BALKENBRÜCKE	Gewicht	Gewicht	Gewicht	Gewicht	Gewicht
Brückenteile biegen sich					
Pfeiler bewegen sich voneinander					
LANGE BALKENBRÜCKE	Gewicht	Gewicht	Gewicht	Gewicht	Gewicht
Brückenteile biegen sich					
Pfeiler bewegen sich voneinander					

Die Schüler sollten herausfinden, dass die lange Balkenbrücke in der Mitte stärker absinkt als die kurze Balkenbrücke und sich die Pfeiler weiter auseinander bewegen. Außerdem sollten sie erkennen, dass die lange Brücke mit weniger Gewicht einstürzt als die Kurze.

6. Bitten Sie die Schüler nun, das schwarze Deck der langen Balkenbrücke zu entfernen und die Schritte 2 und 3 noch einmal zu versuchen. Jetzt wird aber direkt Druck auf die Verbinder, die die grünen Stäbe und die Pfeiler halten, ausgeübt. Die Beobachtungen werden in die Hefte eingetragen.





Anwendung

- Besprechen Sie die Ergebnisse bezüglich der Anwendung von Druckkraft an den beiden Punkten an den zwei Brücken und der Anwendung von Gewichten.
- Bitten Sie die Schüler, ihre Beobachtungen heranzuziehen, um die folgenden Fragen in ihren Heften zu beantworten:

 - Wo ist der schwächste Punkt jeder Brücke?

Die Schüler schlagen vielleicht die Mitte der Brücke und die Verbinder vor.
 - Welche Brücke hat eine höhere Tragfähigkeit?

Die kurze Balkenbrücke.
 - Welchen Effekt hat die Fahrbahndecke in Bezug auf die Tragfähigkeit einer Brücke?

Das Deck gibt der Brücke zusätzliche Stabilität, durch eine weitere Schicht, die hilft, den Druckkräften zu widerstehen.
- Diskutieren Sie, wie Bauwerke bei Belastung einstürzen können und inwieweit das Gewicht des Bauwerks selbst berücksichtigt werden muss. Bei Brücken kann dies auch zum Durchbiegen eines Trägers führen.
- Aus diesem Grund müssen Ingenieure einen Weg finden, wie die Träger gefestigt werden können und somit mehr Stabilität erzeugt werden kann.
- Welche weiteren Modifikationen können vorgenommen werden, um die Brücke zu verstärken?

*Das Hinzufügen von **PFEILERN**.*
- Fordern Sie die Klasse auf, darüber nachzudenken, welche Vor- und Nachteile es hat, weitere Pfeiler hinzuzufügen, um den Träger zu verstärken und mehr Brückentafeln zu schaffen. Halten Sie die Ideen an der Tafel fest.

Das Hinzufügen von Pfeilern, erhöht die Einsatzmöglichkeiten einer Balkenbrücke; Pfeiler auf Land zu bauen ist relativ einfach; sie erhöhen die Kosten des Bauwerks; das Bauen wird schwieriger, wenn die Fundamente der Pfeiler im Wasser liegen; für die Durchfahrt von Schiffen, wird Platz benötigt.
- Können sie sagen, warum die K'NEX Balkenbrücke sich nicht so verhält wie die Balkenbrücke auf den Fotos?

Wenn die Brücke beladen wird, werden die beiden Pfeiler anfangen sich auseinanderzuspreizen, sobald der Träger sich biegt. Auf dem Foto von der echten Balkenbrücke sind beide Enden der Brücke fest verankert. Wenn verhindert wird, dass die beiden K'NEX Pfeiler sich bewegen können, wird die Stabilität der K'NEX Brücke stark erhöht.
- Bitten Sie die Schüler, das Arbeitsblatt Nr. 1 – Balkenbrücken - zu vervollständigen und die Teile einer Balkenbrücke zusammenzufassen.
- Besprechen Sie wie die Einschränkungen einer Balkenbrücke den Einsatz beeinflussen können und wieso daher andere Brückenarten nötig sind.

Die Fachwerkbrücke:

Experimente zur Stabilität einer Fachwerkbrücke



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Herausfinden, dass Bauwerke einstürzen können und Methoden erforschen, die sie verstärken und festigen können.
2. Verstehen, dass ein Experimentier-Modell für Tests nötig ist.
3. Einen Versuch planen und durchführen.
4. Die Stabilität einer Fachwerkbrücke mit Hilfe von Experimenten untersuchen.
5. Erklären, warum ein Fachwerk eine nützliche Konstruktion für Brücken und andere Bauwerke ist.

MATERIAL

Jede Gruppe von 2 Schülern benötigt:

- 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung
- Gewichte mit bestimmten Größen (10-1000 Gramm)
- Papier
- Bleistift
- Buntstifte/Marker
- Waage
- Schnur/Band zum Aufhängen der Gewichte
- Schulhefte

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- Erinnern Sie die Schüler an ihre Untersuchungen bezüglich der Stabilität von Balkenbrücken. Wiederholen Sie die Methoden der Verstärkung bei Balkenbrücken.
- Erinnern Sie die Schüler, dass das Hinzufügen von Pfeilern bei einer Balkenbrücke nicht immer eine praktikable Option ist, besonders wenn ein sehr tiefer oder breiter Fluss überspannt werden soll. Fragen Sie, ob sie einige Gründe nennen können.
- Sagen Sie den Schülern, dass eine lange, starke Brückentafel nötig ist und fragen sie, welche anderen Möglichkeiten es gibt, wenn das Hinzufügen von Pfeilern keine Alternative ist. Halten Sie die Ideen an der Tafel fest und bitten Sie sie um Erklärungen für die Vorschläge.

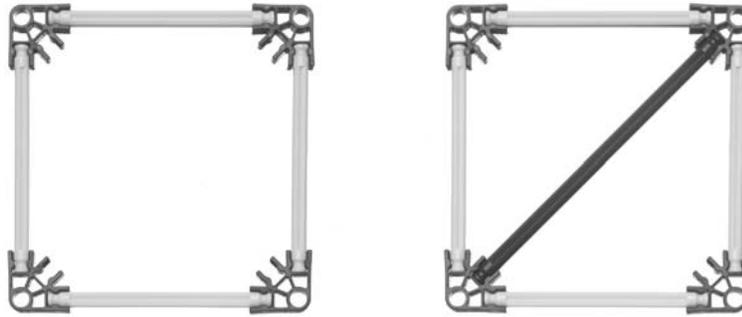
Die Schüler werden überwiegend das Hinzufügen von Pfeilern anführen.

Es ist schwer, Pfeiler im Flussbett zu versenken, oder zu teuer, oder sie wären zu lang und instabil.

Die Schüler denken vielleicht an den Gebrauch von festerem Material oder an das Verstärken der Brückentafel.

HINWEIS: Das Kräfte-Labor unter www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge gibt einige sehr nützliche Hintergrundinformationen zu diesem Thema. (Englisch)

- Fragen Sie die Klasse, welche anderen Gebilde stark und fest sind – welche Formen werden in diesen Strukturen verwendet. Wenn nötig, erinnern Sie die Schüler, wie rechteckige Gebilde mit einer diagonalen Strebe verstärkt werden können (Triangulation). Die Schüler können das selbst herausfinden, wenn dies in den vorbereitenden Übungen noch nicht gemacht wurde.



Übung aus dem Bau-Set (optional)

- Bitten Sie die Schüler ein Quadrat aus 8 K'NEX Teilen zu bauen. (Vorschlag: Verwenden sie 4 gelbe Stäbe und 4 rote 90 Grad Verbinder.
- Nun sollen sie versuchen, das Quadrat leicht zu drehen und zu biegen. Fordern Sie sie nun auf einen weiteren Stab hinzuzufügen und fragen Sie, was ihnen auffällt. (sie können einen roten Stab als Diagonale verwenden.)
- Fragen Sie, welche Form durch das Hinzufügen des Stabes entstanden ist.

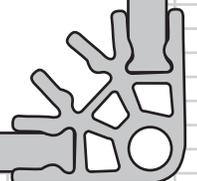
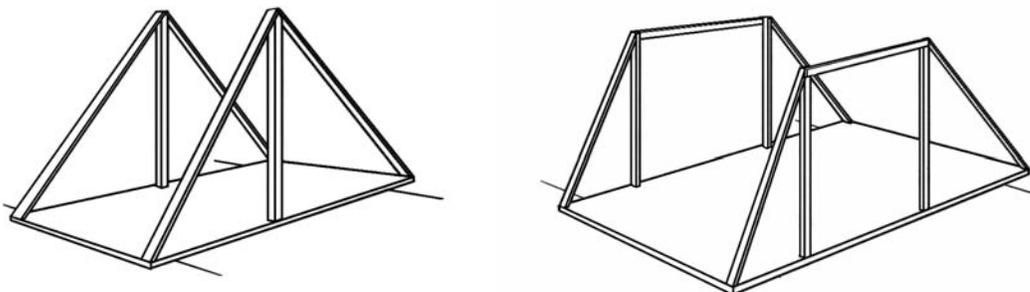
Die Schüler sollten antworten, dass das Hinzufügen des Stabs das Quadrat weniger flexibel macht.

ZWEI Dreiecke

- Erklären Sie der Klasse, dass Dreiecke besonders starke Formen sind – es ist die einzige geometrische Form, die nicht aus der Form gebogen werden kann. Fragen sie die Klasse, ob sie irgendein großes Gebilde mit Dreiecken kennen.

Die Schüler nennen vielleicht die dreieckigen Enden an ihrer Schaukel, den Giebel eines Hauses. Zeigen Sie eventuell Bilder.

- Erklären Sie, wie Ingenieure die Stabilität von Dreiecken nützen und ein Gerüst genannt **FACHWERK** kreieren. Fachwerke können für den Bau von langen Brückentafeln genutzt werden und die Stabilität erhöhen, ohne der Brücke Gewicht hinzuzufügen, was ein dickerer Träger tun würde. Die Fachwerkbrücke wurde wie ein Gitterwerk aus Dreiecken konstruiert, die das Gebilde daran hindern, sich zu biegen, zu verdrehen oder aus der Form zu ziehen.





- Sie können die Gelegenheit nutzen und den Begriff Stabilität einführen. Stabilität ist die Fähigkeit, sich Deformationen, Ausbeulen und dem Einstürzen zu widersetzen. (Im Punkt Schlüsselbegriffe finden Sie weitere Informationen zu diesem Thema.)
- Erklären Sie den Schüler, dass sie mehrere Versionen einer Fachwerkbrücke bauen werden und die Stärke eines Fachwerks untersuchen werden.
- Die Schüler sollen in Zweiergruppen zu arbeiten und verteilen Sie ein K'NEX Brücken-Set und eine Anleitung an jede Gruppe.

Übung aus dem Bau-Set:

- Jede Gruppe sollte nun die Schritt 1 der Warren Fachwerkbrücke auf Seite 4 der Anleitung bauen.
- Sagen Sie ihnen, dass sie die Schritte 2 und 3 nicht bauen sollen, bevor sie die Tragfähigkeit der Grundbalkenbrücke getestet haben.

Übung I: Schritte

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen. Dies zählt zu einer ordentlichen Sicherheitsmaßnahme für alle Aktivitäten im Physiksaal oder im Labor.

1. Bitten Sie die Schüler, ihre Grundbalkenbrücke zu untersuchen und dabei auf die zu drücken, und dann vorherzusagen, welches Gewicht die Brücke möglicherweise tragen kann.
2. Fragen Sie die gesamte Klasse, was sie denken, wäre ein ordentlicher Test wäre, um die Stärke einer Brücke zu messen. Sie sollten ihnen helfen, zu verstehen, dass ein ordentlicher Vergleich nur dann gegeben ist, wenn die für den Test angewandten Methoden gleich sind.
3. Wahrscheinlich schlagen die Schüler vor, Gewichte für das Messen der Stärke einzusetzen. Nützen Sie Fragetechniken, um zu erklären, wo und wie Gewicht platziert werden sollten. An diesem Punkt können Sie den Begriff 'variabel' einführen. Die Schüler sollten verstehen, dass die Gewichte in jedem Versuch an der gleichen Stelle platziert werden müssen. Damit ist die Höhe des Gewichts die einzige Variable und nicht die Art, wie das Gewicht verteilt wurde.

HINWEIS: Das Hängen der Gewichte an die Unterseite ist ein gleichmäßigeres Testverfahren als das Platzieren der Gewichte auf die Brückendecke. Wenn sie Gewichte an die Unterseite hängen, sollte die Brücke aber die Lücke zwischen zwei Tischen oder Stühlen überspannen.

4. Sie sollten das Gewicht notieren, mit dem die Brücke einstürzt und eine Notiz zum Schwachpunkt machen. Sammeln Sie alle Ergebnisse ein und zeigen Sie sie an der Tafel.
5. Bitten Sie die Schüler, sich die verschiedenen Ergebnisse an der Tafel anzusehen. Fragen Sie, ob es dabei irgendwelche Informationen gibt, die nicht mit denen der anderen Gruppen übereinstimmen. Gibt es Erklärungen für die unterschiedlichen Daten?

Übung aus dem Bau-Set II

- Bitten Sie die Schüler eventuell nötige Reparaturen an ihrer Brücke vorzunehmen und dann mit den Schritten 2 und 3 der Bauanleitung fortzufahren und die Warren Fachwerkbrücke fertig zu bauen.

Übung II: Wie stark ist die Brücke wenn eine Fachwerkkonstruktion hinzugefügt wird?

Schritte

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen.

1. Die Schüler sollten ihr Bauwerk erneut testen und dabei den gleichen Experimentaufbau verwenden wie davor.

2. Wenn alle Ergebnisse notiert wurden, bitten Sie die Klasse, in Gruppen von 4 Schülern zu arbeiten und 2 Varianten der Warren Fachwerkbrücke zu bauen: Das Howe Fachwerk und das Baltimore Fachwerk. Diese werden auf der Seite 5 der Bauanleitung gezeigt.

Sie sollten zu Vergleichszwecken ein oder zwei Modelle der Warren Fachwerkbrücke verfügbar haben.

3. (i) Wenn die Gruppen beide Brücken gebaut haben, fragen Sie, was ihnen am Design auffällt.

Die Schüler sollten feststellen, dass die Anzahl der verwendeten Dreiecke variiert.

(ii) Ermuntern Sie die Schüler, Vorhersagen bezüglich der Anzahl von Dreiecken und der damit verbundenen Verstärkung der Brücke zu machen. Diese Vorhersagen werden dokumentiert.

4. (i) Bitten Sie jedes Team, seine neuen Entwürfe zu testen und die Ergebnisse in eine Tabelle wie unten angeführt einzutragen. Sie sollten auch Zeichnungen anfertigen.

(ii) Die Schüler sollen die Dreiecke in jedem Brückengebilde zählen. Die Ergebnisse werden ebenfalls in die Tabelle eingetragen.

(iii) Was stellen sie fest?

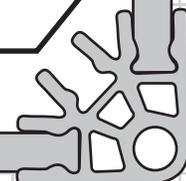
Den Schülern sollte auffallen, dass der Bau eines komplexen Gitternetzes von Dreiecken die Stärke und Stabilität einer Brücke erhöhen.

5. Werten Sie die Ergebnisse aus. Fragen Sie, warum die Schüler die K-Fachwerkbrücke geprüft haben, obwohl sie nicht mit den anderen Modellen vergleichbar ist. Bitten Sie sie, sehr genau auf die Anleitung für die K-Fachwerkbrücke zu schauen und sie mit den drei anderen Brücken auf den Seiten 4 und 5 zu vergleichen.

Helfen Sie den Schülern, herauszufinden, dass die K-Fachwerkbrücke eine andere Länge besitzt.

Datentabelle

NAME DES BRÜCKENMODELLS	MAXIMALE LAST (GEWICHT)	ANZAHL DREIECKE IM BAUWERK
Warren Fachwerk		
Howe Fachwerk		
Baltimore Fachwerk		





Anwendung

Wiederholen Sie Folgendes mit der Klasse:

Wie nennt man das Gerüst aus Dreiecken, das man einer einfachen Balkenbrücke hinzufügt?

Fachwerk

Was passiert mit der Höhe des Trägers, wenn ein Fachwerk hinzugefügt wird?

Sie wird größer.

Warum verwenden Ingenieure Dreiecke für diese Bauwerke?

Das Dreieck ist für seine Stabilität bekannt und wird verhindern, dass der Träger sich biegt, verdreht oder aus der Form gerät. Es erhöht die Stabilität des Bauwerks und macht es fester.

Nehmen Sie Bezug auf die Ergebnisse der Schüler, in welchem Verhältnis die Anzahl der Dreiecke zur Lastverträglichkeit stehen. Bitten Sie die Schüler die Erkenntnisse in ihre Heft zu übertragen und dabei den passenden Wortschatz zu verwenden.

Die Schüler sollen eine Erklärung dafür notieren, warum ihr Testverfahren aussagekräftige Ergebnisse liefert.

(für höhere Klassen geeignet.)
Sprechen Sie mit den Schülern über die Vorteile einer Fachwerkbrücke.

Verweisen die die Schüler auf die Seite 5 der Bauanleitung , wo erklärt wird, wie diese Brückenart für das Tragen von schweren Zügen und dem damit verbundenen Problem der Stoßkraft entwickelt wurde. (Lesen Sie den Abschnitt „Grundsätze für weitere Informationen“ hierzu.) Brückenbauer fanden heraus, dass der Einsatz von Dreiecken in dem Bauwerk es ihnen ermöglichte, hohe Träger zu verwenden, die mehr **Nutzlast** tragen konnten.

Das Fachwerk macht den Träger nicht nur steifer, es verteilt die Druck- und Zugkräfte über die gesamte Struktur, wenn eine Last angreift. Bei Balkenbrücken wurde der obere Teil des Trägers gequetscht und der untere Teil auseinandergezogen und er begann, sich zu biegen. Bei der Fachwerkbrücke wird der Zug am unteren Ende des Decks auf die Teile des Fachwerks gelenkt, so bleibt das Unterteil des Decks fest. Die besonders wichtig beim Transport von hohen Gewichten.

Bitten Sie die Schüler zu überlegen, wie eine Fachwerkbrücke starken Winden Stand halten kann. Führen Sie die dahin, dass bei einem offenen Fachwerk die Winde durch das Gerüst blasen können und damit die Auswirkungen der Windkraft (**Umweltbedingte Kräfte**) reduziert werden.

Erklären Sie einige der **Einschränkungen** bei diesem Design, wenn die Spannweite erweitert wird. Bitten Sie die Schüler nachzudenken, was mit der Brücke geschieht, wenn immer mehr Fachwerkelemente hinzugefügt werden, um es über breitere Hindernisse zu spannen. Wenn nötig, erinnern die die Schüler an vorangegangene Stunden.

*Sie sollten anmerken, dass die **EIGENLAST** der Brücke steigen würde, bis sie so hoch ist, dass sie sich nicht mehr selbst stützen kann. Eine größere Spannweite bedeutet auch, dass eine höhere Nutzlast einwirken könnte, da mehr Verkehr auf die Brücke passt.*

Bitten Sie die Schüler, die Vor- und Nachteile einer Fachwerkbrücke in ihre Hefte zu dokumentieren. Dabei sollten sie die verschiedenen Arten von **LASTEN** berücksichtigen.

Weiterführend

1. Fragen Sie, was bei Balkenbrücken und Fachwerkbrücken gleich ist. Wie unterscheiden sie sich?

Die Schüler finden wahrscheinlich heraus, dass beide Brücken Balkenbrücken sind und die gleichen Grundbauteile besitzen. Eine Fachwerkbrücke verwendet aber ein Gerüst aus Dreiecken und ist meist länger und stabiler. Vielleicht vergleichen sie auch die Materialien, aus denen diese Brückenarten gebaut werden können.

2. Arbeiten in Zweierteams:
Bitten Sie die Schüler, ihr eigenes Design und einen eigenen Plan für eine Fachwerkbrücke zu erstellen. Jedes Paar kann seine eigene Brücke bauen, oder eine anderes Team bitten, die Brücke nach den jeweiligen Plänen zu bauen.

3. **Design Aufgabe** – Baue eine **Fachwerkbrücke** mit einer Spannweite von 50cm, die das Gewicht eines Wörterbuchs tragen kann.

🌀 2 Gruppen arbeiten zusammen als Design-Team.

🌀 Sie haben 10 Minuten Zeit für die Planung und 20 Minuten für den Bau der Brücke. Sie brauchen vielleicht den Inhalt von zwei Sets.

🌀 Jede Gruppe testet anschließend ihre Brücke, während die anderen Gruppen beobachten. Alle Gruppen sollen nacheinander:

- (i) die Probleme, die sie hatten darstellen und beschreiben, wie sie das gelöst haben.
- (ii) Vorschläge machen, wie das Design verbessert werden könnte.

Achten Sie auf die Verwendung der richtigen Begriffe.

4. **Bitten Sie die Schüler, das Arbeitsblatt Nr. 2 Fachwerk-Mix** zu bearbeiten und so viele Fachwerkvariationen wie möglich zu erkennen. Diejenigen, die sie nicht kennen, sollten mit Hilfe der Bibliothek oder dem Internet gesucht werden.

Hefteinträge

- ✓ Daten zum Gewicht, bei dem die Brücke mit und ohne Fachwerk einstürzt.
- ✓ Vollständige Datentabelle zum Vergleich der drei Arten von Fachwerkdesigns.
- ✓ Verhältnis zwischen der Anzahl von Dreiecken und der Stabilität der Brücke.
- ✓ 'Ausgewogenes' Testverfahren
- ✓ Vor- und Nachteile von Fachwerkbrücken (nur bei höheren Klassenstufen.)





Die Auslegerbrücke:

Ein Balanceakt: die charakteristischen Eigenschaften von Auslegerbrücken erkennen.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Das Konzept einer Auslegerbrücke darstellen und erklären.
2. Die Kräfte, die auf eine einfache Pfeiler und Spanndecken Konstruktion einwirken beschreiben.
3. Die räumlichen Beziehungen zwischen den Teilen einer Auslegerbrücke erkennen und verstehen.
4. Die Anwendung des Auslegerprinzips bei anderen Bauwerken identifizieren und beschreiben.

MATERIAL

Jede Gruppe mit 2 Schülern benötigt:

- 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung
- Gewichte mit bestimmten Größen (10-1000 Gramm)
- 5 (oder 9) Bücher oder Holzblöcke ähnlicher Größe
- Schulhefte

Sie benötigen:

- 5 Meterstäbe
- 2 Stühle
- 2 x 5-6 zusammengebundene Bücher

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

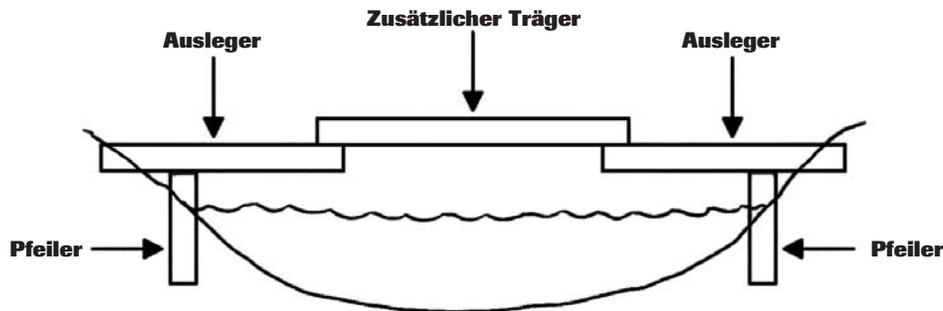
-  Erklären Sie, wie mit der Zunahme von Handel und Reisen und mit der Entwicklung neuer Transportformen der Bedarf an Brücken, die schwere Lasten über weiteren Strecken tragen konnte, wuchs. Erinnern Sie die Schüler, dass sie in der vorangegangenen Stunde erfahren haben, wie mit der FACHWERKbrücke einige der Probleme von Ingenieuren überwunden werden konnten. Für das Überspannen einer weiten Mündung musste jedoch eine neue Lösung gefunden werden.
-  Fragen Sie die Schüler, was sie unter einer **Mündung** verstehen.
-  Fragen Sie, welche Probleme ein Ingenieur haben könnte, wenn er eine Brücke über einer Mündung bauen möchte.
-  Schlagen Sie vor, dass die Schüler nach Beispielen für Mündungen im Internet suchen und herausfinden, warum die bisher kennengelernten Brückenarten hier nicht geeignet sind.
-  Erklären Sie, dass in manchen Fällen eine Flussmündung mit Hilfe eines Tunnels durchquert werden kann, aber dass dies nicht in jedem Fall eine praktikable Lösung darstellt. Eine Alternative ist die AUSLEGERbrücke. Dieses Brückendesign ist nicht neu – kleine Holzauslegerbrücken wurden in China und im Tibet bereits vor mehr als 2.000 Jahren gebaut – längere Auslegerbrücken, fähig schweren Eisenbahnverkehr zu tragen, konnten erst gebaut werden, als Stahl für den Brückenbau im späten 19. Jahrhundert verfügbar wurde.

Die Öffnung eines Flusses, wo er in das Meer oder den Ozean fließt. Normalerweise ist es die breiteste Stelle des Flusses und auch den Gezeiten unterworfen.

Große Wasserausdehnung; Sumpfland macht es schwer, feste Fundamente einzubauen; große Schiffe müssen vielleicht über den Fluss bis zu einem Hafen fahren; die Gezeiten sorgen für große Unterschiede in Bezug auf den Wasserpegel.

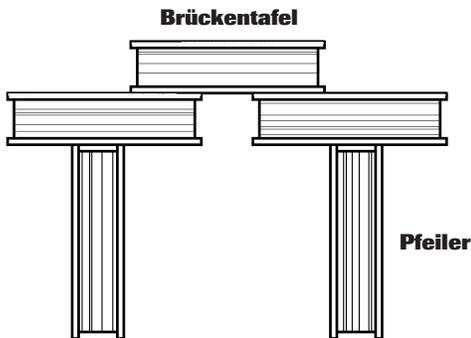
Was ist ein Ausleger?

- Helfen Sie den Schülern, zu verstehen, dass die Auslegerbrücke eine weitere Variante der Fachwerkbrücke ist. Erklären Sie, dass im Gegensatz zum Fachwerk und der einfachen Balkenbrücke, die Träger bei einem Ausleger keine zwei Pfeiler zur Stütze benötigen, nur einen. Brücken, die dieses Prinzip nützen werden aus mehreren Auslegern zusammengesetzt und beinhalten oft einen zusätzlichen Träger, der von Auslegergebilden unterstützt wird.
- Die Schüler sollen sich zwei Sprungbretter vorstellen, auf jeder Seite des Flusses eines. Die Bretter ragen in den Fluss hinein und treffen sich und bilden eine komplette Brückentafel, oder ein weiterer Träger liegt auf beiden Brettern auf und formt eine noch längere Brückentafel.
- Zeichnen Sie eine Skizze an die Tafel und zeigen Sie das Prinzip.

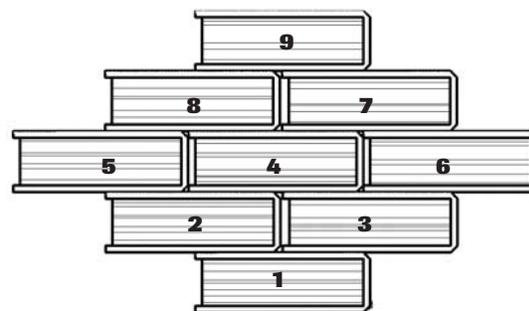


- Zeigen Sie das Prinzip des Auslegers, indem Sie die Schüler bitten, einen Ausleger aus Büchern oder Holzblöcken zu bauen.
 - Die Schüler arbeiten in Gruppen und verwenden jeweils 5 Bücher (oder Holzblöcke). Stellen Sie zwei Bücher aufrecht, um die Pfeiler darzustellen. Legen Sie auf jeweils ein Buch auf den Pfeiler, den sogenannten Ausleger. Jeder Pfeiler mit Ausleger sollte aussehen wie der Buchstabe T. Als nächstes verbinden Sie die beiden Ausleger durch ein Buch über der Lücke zwischen den beiden und balancieren es aus.
 - Fordern Sie die Schüler auf, zu experimentieren und die Ausleger näher zusammenschieben oder weiter auseinander.
 - Alternativ kann der Ausleger aus einem symmetrischen Stapel aus 9 Büchern gebildet werden, alle Bücher liegen dabei horizontal. Bei der Anordnung der Bücher, sehen die Schüler, dass der Stapel Stützen braucht. Wenn der Stapel seitlich ausgebaut wird, beginnt er zu kippen. Das Gebilde wurde instabil, nach der Fertigstellung, ist das gesamte Bauwerk aber stabil.

Ausleger



Brückentafel



- Bitten Sie die Schüler die Formen, die sie auch den Büchern gebaut haben, mit den Fotos der Forth Railway Bridge auf Seite 6 der Bauanleitung zu vergleichen. Sie sind beide sehr ähnlich. Können sie die Ausleger bei der echten Brücke erkennen?
- Erklären Sie den Schülern, dass sie die Eigenschaften einer Auslegerbrücke untersuchen werden, indem sie zuerst ein Modell aus K'NEX bauen. Teilen die die Klasse in Gruppen von 2 Schülern ein.





Übung aus dem Bau-Set:

- Verteilen Sie eine K'NEX Brücken-Set an jede Gruppe.
- Bitten Sie, nur Schritt 1 (die Fahrbahndecke) des K'NEX Ausleger Modells auf Seite 6 der Bauanleitung zu bauen.

Übung I:

Wie kann ein Ausleger ausbalanciert werden?

Schritte

1. Die Schüler sollten in Zweiergruppen arbeiten. Bitten Sie sie, ihre Fahrbahndecke an einem Ende horizontal über ihren Tischen zu halten. Dies hilft ihnen, die Kräfte zu spüren, die dabei auftreten. Was fällt ihnen auf?

Sie sollten feststellen, dass es ziemlich schwer ist, die Decke in horizontaler Position zu halten – Kräfte wirken darauf ein und drücken nach unten. Es ist instabil. Sie müssen es fest mit ihren Fingern drücken, um es horizontal zu halten. Einigen sagen vielleicht, dass es durch die Schwerkraft nach unten gedrückt wird.
2. Setzen Sie kleine Gewichte auf die Außenseiten und simulieren sie damit eine Last auf der Brücke – Was spüren sie jetzt?
3. Setzen Sie die Fahrbahndecke nun auf ein aufrecht stehendes Buch, so dass es davon gestützt wird (so wie es vorher mit der Hand geschehen ist). Setzen Sie nun Gewicht auf den Teil der Brücke, der auf dem Buch aufliegt. Kann der Ausleger mit diesem Gewicht ausbalanciert werden?

Die Fahrbahndecke fühlt sich noch instabiler und weniger ausbalanciert an.
4. Sie sollten den Schülern helfen, zu verstehen, dass der Ausleger balancieren muss, dies kann erreicht werden durch:
 - (i) wenn jede Brückentafel nach hinten ausgedehnt wird, weg vom Turm/Pfeiler um eine T-Form zu bilden.
 - (ii) durch Hinzufügen von Gegengewichten oder Verankerungen an den Enden der Ausleger, wo sie das Ufer berühren. Diese Verankerungen fungieren als Gewicht an einer Seite des Auslegersystems, und so kann der Teil der Fahrbahndecke, der nach dem Pfeiler über dem Wasser ragt, länger sein. (Es liegt in ihrem Ermessen, ob die nachfolgenden Übungen für ihre Schüler geeignet sind.)
5. Bitten Sie die Schüler, wieder auf ihre balancierte Fahrbahndecke auf dem Buch zu schauen und sich Wege zu überlegen, wie das Auslegersystem verstärkt werden könnte. Sie können nicht mehr Pfeiler zu dem Brückenabschnitt hinzufügen, der sich über dem Wasser erstreckt.

*Sie schlagen vielleicht vor, **Stützen** einzusetzen. Sprechen Sie über Möglichkeiten, wie schwache Gebilde gefestigt oder verstärkt werden können. Fordern Sie sie auf, an Techniken zu denken, die sie bereits vorher eingesetzt haben, wenn sie ein Bauwerk drücken oder ziehen sollten. Sie sollten den Einsatz von diagonalen Abstandhaltern, Fachwerken und Dreiecken anführen. Fragen Sie, wie sie hier Einsatz finden könnten.*
6. Notieren Sie die Vorschläge an der Tafel. Diskutieren Sie die Ergebnisse und die möglichen Lösungen zur Abstützung des Ausleger-Systems. Helfen Sie ihnen, zu erkennen, dass das Ausleger-System durch Hinzufügen von anderen Brückenbautechniken wie dem Fachwerk verstärkt und verbessert werden kann.
7. Fassen sie zusammen:
 Eine Auslegerbrücke besteht im Allgemeinen aus 2 Trägern, jeder Träger wird nur von einem Pfeiler gestützt. Das Gewicht in einem Ausleger-System wird auf die Pfeiler übertragen und von dort in den Grund oder den Felsboden weitergeleitet. Jeder Pfeiler ist fest im Untergrund eingebettet und das Deck, das von dem Pfeiler gestützt wird, ragt über die Seite hinaus. Im Ausleger-System wird das Gewicht der Fahrbahndecke, die sich über dem Wasser erstreckt, durch das Gewicht des Teils der Decke (und/oder der Verankerungen/ Gegengewicht), das auf der Landseite befindet ausbalanciert. Das entstandene Kräftegleichgewicht ermöglicht es, dass sich die Decke mit minimaler Abstützung weit über dem Wasser ausdehnen kann.

Aufgabe aus dem Bau-Set:



Bitten Sie die Schüler, die Schritte 2-6 der Bauanleitung fertigzustellen und zu untersuchen, wie ihre K'NEX Auslegerbrücke funktioniert.

Aufgabe I:

Was sind die charakteristischen Teile einer Auslegerbrücke und welche Funktion haben sie?

Schritte

1. Bitten Sie die Schüler, zu untersuchen, welche Teile der Brücke ähnlich sind mit Teilen anderer Brücken, die sie bereits erforscht haben. Welche Teile unterscheiden sich von der Balken- und Fachwerkbrücke? Sie sollten ihre Beobachtungen in ihre Hefte übertragen.

2. Fragen Sie die Schüler, warum sich ihr Brückenmodell nach hinten über die stützenden Pfeiler ausdehnt.

Die Schüler sollten erkennen, dass dies hilft, den Ausleger zu balancieren - es entsteht einen T-Form.

3. Bitten Sie die Schüler ein Gewicht (Last) auf die mittlere Brückentafel zu legen und einen über die Brücke fahrenden Zug zu simulieren. Was fällt ihnen in Bezug auf die Stützpfiler auf? Alle Beobachtungen sollten festgehalten werden.

In ihrem Modell sehen sie, dass die Pfeiler sich auseinanderspreizen

4. Wie wird die Fahrbahndecke gestützt, so dass sie fest und stabil genug bleibt und Last tragen kann?

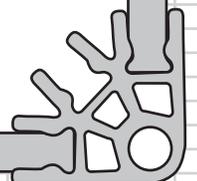
Es gibt ein Fachwerknetz über der Brücke.

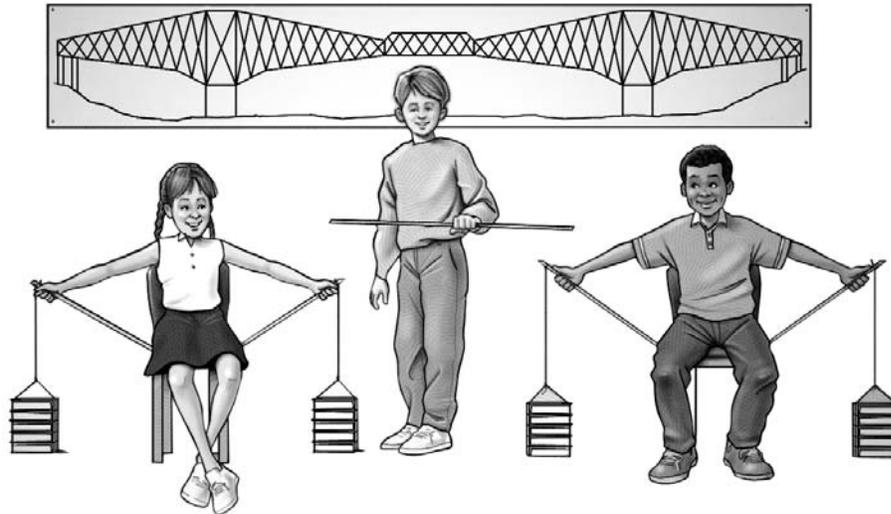
(Für höhere Klassenstufen geeignet.)

5. Schlagen Sie vor, dass die Schüler die Demonstration von Sir Benjamin Baker wiederholen, mit der er die Leute überzeugte, dass die Konstruktion einer Auslegerbrücke für den Eisenbahnverkehr über der Fith of Forth funktionieren würde. Bitte schauen Sie auf die folgende Zeichnung.

Aus Sicherheitsgründen wird der Versuch ohne die Person, die auf dem mittleren Brückentafel sitzt, durchgeführt.

- (a)
 - (i) Bilden Sie 2 Gegengewichte, indem sie schwere Bücher zusammenbinden.
 - (ii) Stellen Sie zwei Stühle mit einem Abstand von 2-3 Metern voneinander auf.
 - (iii) Platzieren die die Gegengewichte etwa einen halben Meter von der Außenseite jedes Stuhles.
 - (iv) Bitten Sie zwei Schüler sich auf die Stühle zu setzen und einen Meterstab in jeder Hand zu halten. Das eine Ende des Meterstabes sollte jeweils unter den Oberschenkeln festgeklemmt werden. Die Arme sollten ausgestreckt sein und das andere Ende des Stabes festhalten. Sie sollten so aufrecht wie möglich sitzen.
 - (v) An die beiden Stäbe werden dort, wo die Hände sie halten, die 5 oder 6 Bücher (Gegengewichte) angebunden und auf den Boden neben jeden Stuhl platziert.
 - (vi) Bitten Sie einen dritten Schüler, einen Meterstab zwischen den beiden ausgestreckten Armen zu halten und die mittlere Brückentafel zu simulieren.





- (b) Halten Sie das Modell einer K'NEX Auslegerbrücke nach oben und zeigen Sie die entsprechenden Teile beim Modell und der Versuchsanordnung mit den Schülern. Erklären Sie den Schülern, dass die beiden sitzenden Schüler zwei Auslegergebilde darstellen, wobei ihre Körper die Pfeiler/Türme darstellen, ihre Arme repräsentieren die oberen Teile eines Auslegers und die Meterstäbe fungieren als Fachwerk oder Stützen. Die Bücher auf beiden Seiten entsprechen den Gegenwichten oder Verankerungen, die für das Gleichgewicht nötig sind. Der mittlere Schüler mit dem Meterstab in der Hand repräsentiert eine mittlere Brückentafel, die auf zwei Auslegern aufliegt.

- (c) Fragen Sie die Klasse, was mit den beiden Meterstäben in den Händen der Schüler geschieht.

*Sie sollten bemerken, dass sie sich durchbiegen oder nach unten gedrückt werden. Sie erfahren **Druckkraft**.*

- (d) Bitten Sie die sitzenden Schüler, zu beschreiben, wie sich ihre Arme anfühlen.

*Sie sagen vermutlich, dass es schwer ist, sie lange ausgestreckt zu halten - helfen Sie, zu verstehen, dass das was sie fühlen **Zugkraft** ist - ihre Arme werden gezogen oder gedehnt.*

- (e) Fragen Sie die Klasse, was sie in Bezug auf die Oberkörper der Schüler sehen, wenn sie die Position für einige Minuten halten.

*Sie werden feststellen, dass die Oberkörper nach einiger Zeit nicht mehr aufrecht sind, sondern leicht zusammensinken - helfen Sie der Klasse zu erkennen, dass die Körper unter **Druckkraft** stehen.*

- (f) Die Schüler sollten erkennen, dass zwei Kräfte im Gleichgewicht sind - die oberen Teile der Auslegerkonstruktion (die Arme) stehen unter Zugkraft, die wird aber durch die unteren Teile (Körper und Meterstäbe) ausgeglichen, das ist Druckkraft.

(Für höhere Klassenstufen geeignet.)

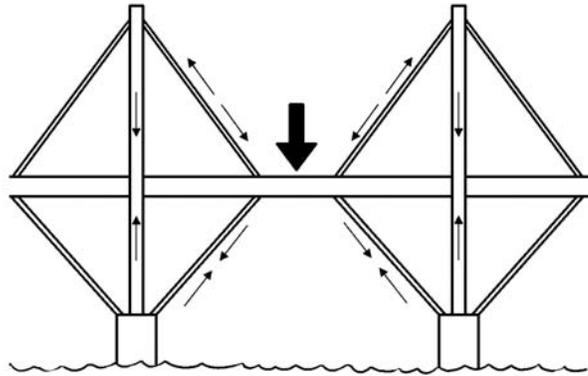
6. Bitten Sie die Schüler ihre eigenen Modell zu untersuchen und dabei entweder leicht nach unten zu drücken, oder Gewichte hinzuzufügen:

- (a) Welche Teile der Brücke stehen unter Druckkraft?

Die Stützpfiler und die dreieckigen Fachwerke neben der Decke stehen unter Druckkraft.

- (b) Welche Teile der Brücke sind Zugkräften ausgesetzt?

Die Streben über dem Deck stehen unter Zugkraft, wenn die Last nach unten drückt.



7. Fordern Sie die Schüler auf, das Modell zu untersuchen und den Mittelpunkt zu finden. Sind beide Seiten der Brücke spiegelbildlich? Welches Wort beschreibt das?

Die Schüler werden erkennen, dass die beiden Seiten ihrer Brücke Spiegelbilder voneinander sind.

Symmetrie oder symmetrisch.

Sie können dieses Prinzip weiter ausführen und erklären, dass Symmetrie und Gleichgewicht wesentliche Grundsätze beim Brückenbau sind. Symmetrie hilft, die Kräfte im Gleichgewicht zu halten. Beim Brückenbau arbeiten Druck- und Zugkräfte harmonisch miteinander, sie arbeiten nicht gegeneinander und unterstützen so das Gewicht der Brücke und das der Nutzer. Die meisten Brücken sind symmetrisch.

8. Bitten Sie die Schüler nachzudenken, ob ihr Ausleger stabil oder instabil ist. Sie sollten ihren Antworten begründungen können.

Die Antworten können wegen der Eigenschaften des jeweiligen Modells variieren.

Anwendung

Wiederholen Sie das Auslegerprinzip mit ihren Schülern und stellen Sie folgende Fragen:

- Wie viele Träger muss eine Auslegerbrücke wenigstens haben?

Zwei - von JEDER Seite des Tales spannt sich eine, sie treffen sich in der Mitte.

- Wie viele Stützen hat jeder Träger in einem Auslegersystem?

Nur eine - jeder Pfeiler stützt eine Hälfte der Brücke.

- Wie können die beiden Hälften der Auslegerbrücke alleine stehen?

Die Massen müssen im Gleichgewicht sein. Dies bedeutet, dass das Deck gleichmäßig nach beiden Seiten des Pfeilers ausgedehnt wird.





- ☉ Warum sind die beiden Seiten der Brücke Spiegelbilder von einander?

Ein symmetrisches Design hilft, die auf eine Brücke einwirkenden Kräfte im Gleichgewicht zu halten. Eine symmetrische Brücke sieht auch ansprechender aus.

- ☉ Die Schüler sollten jetzt eine Zeichnung von ihrem Modell anfertigen, es beschriften und Anmerkungen zur Funktion hinzufügen.

(Für höhere Klassenstufen geeignet.)

- ☉ Bitten Sie die Schüler, die Demonstration von Bakers Auslegerprinzip zu beschreiben. Sie sollen in beschrifteten Zeichnungen die Teile der Brücke farbig markieren, die Zugkräften ausgesetzt sind und diejenigen, die Druckkräften unterliegen.
- ☉ Fordern Sie die Schüler auf Symmetrie und Gleichgewicht vergleichen und ihre Erkenntnisse zu fixieren. Sie können ihre Antworten illustrieren.

Weiterführend

1. Design-Aufgabe

Zwei Gruppen bilden ein Brückendesign-Team. Ihre Aufgabe ist es, eine Auslegerbrücke zu bauen, die zwei Wörterbücher tragen kann und 60 cm überspannt. Sie haben 20 Minuten für die Planung und 30 Minuten für den Bau des Modells. Sie benötigen den Inhalt von zwei Bau-Sets.

Bevor sie mit der Konstruktion ihrer Brücke beginnen, sollten die Schüler über Folgendes nachdenken:

- ☉ Mit welcher Methode werden sie ihre Ausleger stützen - wo wird die meiste Unterstützung nötig sein?

Jede Gruppe testet dann ihre Brücke, während die anderen Gruppen zusehen. Bitten Sie jede Gruppe:

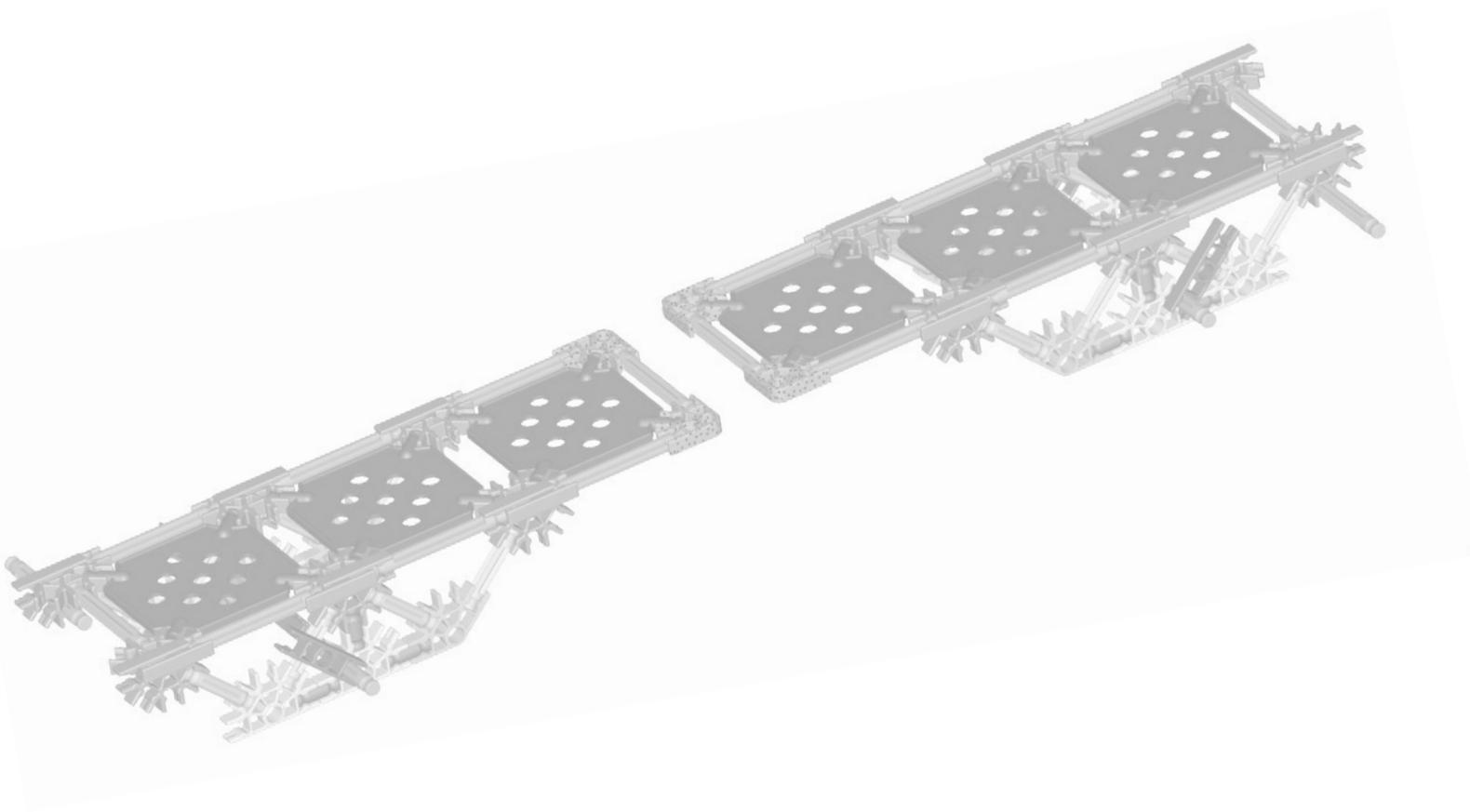
- ☉ Ihre Probleme, die sie mit ihrem Bauwerk hatten, mitzuteilen und zu beschreiben, wie sie das gelöst haben.
- ☉ Vorschläge, wie ihr Design verbessert werden könnte.

Bitten Sie die Schüler, den korrekten Wortschatz und die entsprechenden Begriffe zu verwenden.

- Fordern Sie die Schüler auf, eine der größten Auslegerbrücken der Welt zu erforschen, die Forth Railway Brücke, die die Firth of Forth in der Nähe von Edinburgh, Schottland überspannt und 1890 erbaut wurde. Erzählen Sie, dass diese Brücke auch einmal die längste Brücke der Welt war.
- Bitten Sie die Schüler mit Hilfe der Bibliothek und des Internets weitere Nachforschungen über Bauwerke anzustellen, die das Auslegersystem in ihrem Design integriert haben. Zum Beispiel die Dächer vieler Fußballstadien.

Hefteinträge

- ✓ Beschriftete Zeichnung der Modellbrücke, Notizen zur Funktion der Teile.
- ✓ Zug- und Druckkräfte bei der Brücke (höhere Klassenstufe).
- ✓ Beschreibung der Baker Ausleger-Demonstration mit beschrifteter Zeichnung (höhere Klassenstufen).
- ✓ Vergleich von Symmetrie und Gleichgewicht.



Die Klappbrücke:

Eine Brücke, die sich bewegt.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Das Modell einer beweglichen Brücke bauen und zeigen, wie es funktioniert.
2. Die Einschränkungen einer Klappbrücke identifizieren.
3. Den Betrieb einer Klappbrücke erklären.
4. Wortschatz in Verbindung mit dem Klappbrücken-System verstehen und verwenden.

MATERIAL

Jede Gruppe mit 2 Schülern benötigt:

- 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung
- Gewichte mit bestimmten Größen (10-1000 Gramm)
- Knetgummi (optional)
- Schulhefte

Sie benötigen:

- Fotos von Klappbrücken wie der Tower Bridge in London.
- Fotos von Segelschiffen mit hohen Masten und große Schiffe wie Öltanker und Containerschiffe

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- 

Wiederholen Sie mit der Klasse, wie eine Brücke es möglich macht, dass Fußgänger, Radfahrer, Fahrzeuge und Züge über einen Fluss, eine Flussmündung oder einen Kanal von einem Ufer zum anderen gelangen.
- 

Bitten Sie die Schüler, das Foto der Forth Railway Bridge auf Seite 6 ihrer Bauanleitung anzusehen und herauszufinden, welche Art von Verkehrsmittel hier Probleme haben könnte. Helfen Sie den Schülern, zu erkennen, dass es für einige große Schiffe schwer sein könnte, unter der Brücke durchzufahren. Erklären Sie, dass dieses Problem mit Brücken immer gegeben war - zu der Zeit von Segelschiffen, waren die Masten oft zu hoch, um die Brücke zu passieren, heute ist es manchmal der Schiffsrumpf selbst, der die Fahrt durch eine Brücke verhindert.
- 

Führen Sie die Schüler zu der Erkenntnis, dass eine Auslegerbrücke wie die Forth Railway Bridge sehr hoch sein müsste, um einige moderne Schiffe sicher passieren zu lassen. Fragen Sie, welche weiteren Probleme dies für die Ingenieure und Konstrukteure darstellen würde.

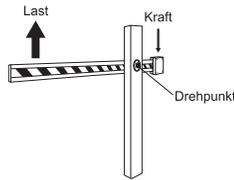
Zeigen Sie den Schülern einige Bilder von großen Schiffen.

Erhöhte Kosten; stärkere Stütze für alle Pfeiler; eine schwerere Brücke, die zusätzliche Stützen benötigt etc.

Wie kann dieses Problem gelöst werden?

Die Antworten werden variieren. Akzeptieren Sie die Vorschläge und notieren Sie sie an die Tafel. Wenn keine weiteren Vorschläge mehr kommen, kommentieren Sie die Liste im Hinblick auf Praktikabilität. Zum Beispiel würde eine sehr hohe Brücke es ermöglichen, dass die Schiffe passieren könnten, aber der Bau einer sehr hohen Brücke ist nicht immer praktikabel. Besonders über einen schmalen Fluss oder in einem Bereich, wo das Land sehr flach und eben ist. Wenn die Schüler eine bewegliche Brücke vorgeschlagen haben, fragen Sie, wie eine Brücke sich so bewegen kann, dass sie nicht im Weg ist, wenn sich Schiffe nähern.

Nehmen Sie alle Vorschläge an: die Fahrbahndecke hebt sich, oder dreht sich. Erinnern Sie die Schüler an Brücken die meist zu mittelalterlichen Burgen führten. Fragen Sie, wie sie genannt wurden und wie sie funktionierten.



Die Schüler kennen vielleicht das System von Zugbrücken, die Teil des Verteidigungssystems von mittelalterlichen Burgen waren. Sie wurden aus einer horizontalen Position, in der sie eine Brücke über einen Burggraben bildeten, in eine senkrechte Position angehoben, wo sie ein zusätzliches Hindernis am Haupteingang bildeten. Unter Berücksichtigung des Hebelgesetzes und durch den Einsatz einer Kombination aus Rollen und Ketten konnte diese Konstruktion schnell hochgezogen und gesenkt werden.

Sie können eine neuzeitliche Parallele ziehen. Das Modell der Zugbrücke ist auch bei Tiefgaragen oder bei Fähren zu finden. Ein Gewicht am kürzeren Ende ist nötig, um das Gewicht der Brücke oder des Tores am anderen Ende auszugleichen.

Erklären Sie, dass sich diese Stunde mit einer Art von beweglichen Brücken beschäftigt - der KLAPPBRÜCKE. Schreiben Sie den Namen der Brücke an die Tafel und bitten Sie die Schüler, ihn zu notieren.

Bitten Sie die Schüler, das Foto einer Klappbrücke auf Seite 8 der Bauanleitung anzusehen.

Fragen Sie, was anders ist als bei der Zugbrücke.

Die Brücke öffnet sich in der Mitte und formt zwei Arme; es wird nicht in einem Teil hochgezogen.

Fragen Sie die Schüler, ob sie die Klappbrücke an eine andere Brücke erinnert, die sie bereits kennengelernt haben. Helfen Sie den Schülern, zu verstehen, dass es sich um zwei bewegliche Auslegerarme handelt.

Erklären Sie, dass bei einer Klappbrücke das Gewicht der Fahrbahn durch ein Gegengewicht unter dem kurzen Ende der Brücke ausgeglichen wird. Das große Gegengewicht verschwindet in einer Öffnung des Brückenpfeilers, wenn die Brücke abgesenkt ist - wie bei einer Zugbrücke. Ohne das Gegengewicht zur Fahrbahn wäre es fast unmöglich, den Arm mit Hilfe von Motoren und Zahnrädern anzuheben.

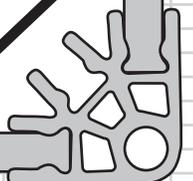
Zeigen Sie Fotos von Klappbrücken oder gestatten Sie den Schülern im Internet nach Bildern von Klappbrücken zu suchen, die Standorte zu betrachten, den Einsatz der Brücke zu berücksichtigen und zu untersuchen, wie sich die Länge dieser Brücken im Vergleich zu den bereits bekannten Brücken darstellt.

Die folgenden Websites sind nützliche Quellen

www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk; www.brantacan.co.uk

Übung aus dem Bau-Set

- Teilen Sie die Klasse in Gruppen von je 2 Schülern und verteilen Sie ein K'NEX Brücken-Set an jede Gruppe.
- Bitten Sie die Schüler, das Modell der KLAPPBRÜCKE zu bauen (Seite 8-9 der Bauanleitung)
- Geben Sie den Schülern einige Minuten Zeit, ihre Brücke zu erforschen.





Übung I: Wie öffnet und schließt sich eine Klappbrücke?

Schritte

1. Fragen Sie die Schüler nach den Hauptunterschieden zwischen dieser Brücke und den Brücken, die sie bereits kennengelernt haben.
2. Inwieweit ähnelt sie den anderen Brücken? Falls nötig, weisen Sie die Schüler darauf hin, wie die beiden Seiten der Brücke gestützt werden.
3. Fragen Sie nach Freiwilligen, die erklären, wie ihr Modell der Klappbrücke funktioniert. Bitten Sie sie den Satz wie folgt zu beginnen: "Um die K'NEX Klappbrücke anzuheben, muss man zuerst..."
4. Fordern Sie die Schüler auf mit ihren Fingerspitzen auf das Deck zu drücken. Woran erinnert sie das?
5. Schlagen Sie den Schülern vor, mit ihrem Partner zu besprechen, wie sie die Kräfte messen können, die zum Öffnen der Brücke nötig sind. Sie sollten ihre Ideen festhalten und die Messung dann mit der bevorzugten Methode durchführen. Die Beobachtungen und Ergebnisse sollten ebenfalls dokumentiert werden.

Die Brückentafel ist in zwei Hälften geteilt.

Es ist wie eine Auslegerbrücke gebaut, denn jede Seite wird nur durch einen Pfeiler gestützt.

Sie sollten Folgendes durchführen: Eine nach unten gerichtete Kraft auf die blauen Stäbe (Hebel), die auf beiden Seiten der Brücke horizontal nach außen ragen, ausführen. Weil das K'NEX Modell kein Gegengewicht besitzt, muss zusätzliche Kraft am öffnenden Hebel eingesetzt werden, um das gesamte Gewicht der Fahrbahndecke zu überwinden. Die Fahrbahndecke dreht sich über einen anderen blauen Stab in eine senkrechte Position. Ein weiterer blauer Stab (Hebel) verhindert, dass sie komplett umgedreht wird, sie stoppt am Pfeiler. Um die Brücke abzusenken, muss eine nach oben gerichtete Kraft auf den blauen Stab (Hebel) einwirken. Die Decke dreht sich und bewegt sich wieder in eine horizontale Position. Der rote Stab, der sich zwischen den Pfeilern befindet, hindert das Deck daran, sich weiter zu drehen.

Erinnern Sie die Schüler daran, dass sich das Deck wie eine Wippe verhält, nur dass es sich nicht über die Mitte des Feldes dreht. Wenn ihre Schüler das Thema Hebel bereits kennen, erinnern Sie sie an einige Eigenschaften.

Einige Schüler werden Gewichte verwenden, die sie an das Ende der Fahrbahn hängen; andere bringen Federwaagen an und messen die Zugkraft an den blauen Hebeln.

(für höhere Klassenstufen geeignet.)

Übung II:

Schritte

1. Bitten Sie die Schüler, die Stärke der Brücke zu testen, indem sie Gewichte auflegen. Dies repräsentiert eine Nutzlast, die die Brücke überquert. Schlagen Sie vor, dass sie die Gewichte auf unterschiedlichen Stellen auf der Brücke auflegen und beobachten, was jeweils mit den Pfeilern und der Brückentafel geschieht. Sie sollten das Experiment wiederholen, und das Gewicht dabei erhöhen. Die Ergebnisse können in einer Datentabelle eingetragen werden.

(a) Wo sind die schwächsten und stärksten Punkte der Brücke?

Die schwächsten Punkte der Brücke finden sich in der Mitte der Fahrbahndecke und auch an den Pfeilern. Ein Gewicht auf der Mitte der Fahrbahn verursacht ein Durchbiegen der Brückentafeln und eine seitwärtige Bewegung und Anhebung der Pfeiler. Die stabilsten Teile finden sich an den Enden der Decke.

(b) Wie lösen Ingenieure bei einer echten Klappbrücke wie der Tower Bridge das Problem dieser schwachen Punkte? Mit welchen Methoden wurden die anderen Brückenarten gestärkt und gefestigt?

Installieren von Verankerungen und Widerlagern, die verhindern, dass sich die Pfeiler bewegen. Hinzufügen von Fachwerk unter dem Deck, um das Deck stabiler und starrer zu machen.

(c) Wenn Gewicht auf der Fahrbahndecke platziert wird, wie viel Gewicht trägt die Brücke, bevor sie versagt?

Die Antworten werden variieren.

(d) Was fällt ihnen bezüglich der Stabilität ihres Modells auf?

Viele Schüler werden anmerken, dass ihr Modell nicht sehr stabil ist.

(e) Wie kann das Bauwerk verbessert werden?

Die Antworten werden wieder variieren, aber die meisten werden vorschlagen, dass die Pfeiler und die Basis des Modells verstärkt werden sollen. Das verhindert, dass sich die Pfeiler bewegen. Einige werden vorschlagen, dass man ein hohes Gewicht auf die Basis des Modells platzieren sollte, um die Stabilität des Modells zu verbessern.

Datentabelle 1

Benutztes Gewicht = _____

Position der Weicht	Zwischen Platte 1 & 2	Mitte der Platte 2	Zwischen Platte 2 & 3	Mitte der Platte 3	Mitte der Brücke
Wie hoch heben sich die Pfeiler vom Tisch					

Datentabelle 2

Benutztes Gewicht = _____

Position der Weicht	Zwischen Platte 1 & 2	Mitte der Platte 2	Zwischen Platte 2 & 3	Mitte der Platte 3	Mitte der Brücke
Wie hoch heben sich die Pfeiler vom Tisch					





2. Bitten Sie die Schüler, die beiden Hälften der Brücke zu trennen und zwei schwarze Platten an den Klappen anzubringen um sie länger zu machen. Nun sollen mit der gleichen Methode wie unter Punkt 5 die Kräfte gemessen werden, die nötig sind, die längere Brückentafel zu heben. Die Messungen sollten in die Hefte eingetragen und mit den anderen verglichen werden.

HINWEIS: Ein Schüler sollte die Basis der verlängerten Hälfte nach unten drücken, während die Messungen vorgenommen werden.

Die Schüler sollten herausfinden, dass mehr Kraft nötig ist, die längere Brückentafel zu heben.

Anwendung

- Wiederholen Sie, wie die Klappbrücke arbeitet und bitten Sie die Schüler, eine Schritt-für-Schritt Beschreibung zu entwickeln. Sie sollten eine beschriftete Zeichnung hinzufügen und zeigen, wie sie angehoben und gesenkt werden kann. Sie sollten den Dreh- oder Klapppunkt und den Mittelpunkt der Brücke finden. Erklären Sie, wo bei einer echten Klappbrücke das Gegengewicht angebracht würde, um damit das Anheben zu erleichtern.
- Bitten Sie die Schüler, das Foto der Klappbrücke auf Seite 8 der Bauanleitung (und/oder ein Foto der Tower Bridge in London) anzusehen und ermutigen Sie sie, einige Sätze über die Funktion der Bauteile im realen Brückendesign zu schreiben.

(Für höhere Klassenstufen geeignet.)

- Bitten Sie die Schüler, ihre Beobachtungen aus Übung II (wie eine Brücke geöffnet und geschlossen wird, wie die Brückentafeln auf die Last reagieren, wie viel Kraft nötig war, die unterschiedlich langen Brückentafeln zu heben und zu senken.) zu wiederholen und zu erklären, warum sie denken, dass eine Klappbrücke nur kurze Brückentafeln hat. Die Gedanken sollten dokumentiert werden.

Sie sollten erkennen, dass zu lange Brückentafeln bei der Klappbrücke in der Mitte abknicken könnten. Wenn die Brückentafel zu lang ist, ist es auch schwer, sie anzuheben, oder es dauert zu lange.

Weiterführend

1. **Design-Aufgabe 1: Die Kräfte verringern, die für das Öffnen einer Klappbrücke nötig sind.**

Schlagen Sie vor, dass zwei Gruppen zusammenarbeiten und dieses Problem lösen.

Geben Sie 10 Minuten Zeit für die Planung und 30-40 Minuten für das Bauen.

Bevor sie mit der Konstruktion beginnen, bitten Sie jede Gruppe in ihren Heften zwei alternative Lösungen und ihre Gründe für die Wahl ihrer Methode zu notieren.

Gewichte oder Knetgummi können als Gegengewicht zur Verfügung stehen.

Bitten Sie die Schüler, ihre Ergebnisse zu notieren und mit einer beschrifteten Zeichnung zu erklären. Sie sollten die korrekten Begriffe verwenden.

Jedes Team sollte seine verbesserte Brücke testen und dem Rest der Klasse vorstellen.

- Mitteilen, welche Probleme sie hatten und wie sie gelöst haben.
- Vorschlägen, wie ihr Modell verbessert werden könnte.



Die Bogenbrücke:

Eigenschaften einer einfachen Bogenbrücke.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Eine Bogenbrücke identifizieren und die Funktion der einzelnen Teile erklären.
2. Bogenbrücken bauen und Experimente durchführen, um die Stabilität der verschiedenen Designs zu vergleichen.
3. Der Begriffe im Zusammenhang mit einer Bogenbrücke verstehen.
4. Die Kräfteverteilung bei einer Bogenbrücke kennenlernen.

MATERIAL

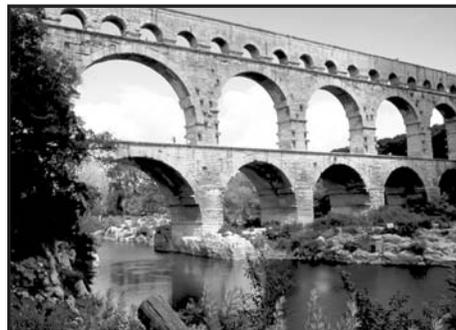
Jede Gruppe mit 2 Schülern benötigt:

- 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung
- Gewichte mit bestimmten Größen (10-1000 Gramm)
- Schulhefte
- Karton, Dosen, Kleber, Bücher (optional)

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- Erinnern Sie die Schüler an vorangegangene Untersuchungen, um ihnen zu helfen, das vorhandene Wissen, wie Ingenieure Probleme beim Brückenbau lösen, auf das neue Thema übertragen zu können. Dies beinhaltet:
 - Bautechnische Stärke und Stabilität
 - Technische Möglichkeiten, Probleme hinsichtlich der Stabilität zu beheben
 - Technische Möglichkeiten, Probleme bei Brücken zu lösen, die eine große Spannweite haben müssen
- Erklären Sie, dass diese Stunde eine Brücke zum Inhalt hat, die seit vielen tausend Jahren genutzt wird und auch heute noch in Gebrauch ist.
- Zeigen Sie den Schülern Fotos von Bauwerken, bei denen Bögen verwendet wurden - z.B. Römische Aquädukte und Brücken; mittelalterliche Brücken; Eisenbahnbrücken aus dem 19. Jahrhundert.
- Die folgenden Websites sind nützliche Quellen
www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk;
www.brantacan.co.uk (in Englisch)



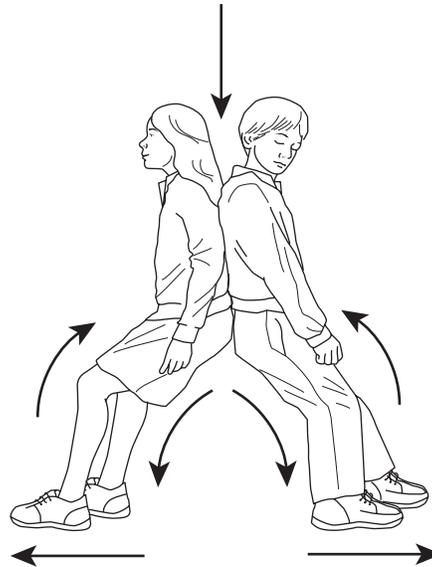
Pont du Gard, Frankreich



Wie stark ist ein Bogen?

Zeigen Sie mit einem flexiblen hellgrünen K'NEX Stab, wie ein Bogen hergestellt wird und wie damit stabile Gebilde gebaut werden können. (Für weitere Information sehen Sie bitte unter Grundsätze in diesem Handbuch nach oder besuchen Sie das Kräfte Labor unter www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/)

Teilen Sie die Klasse in Gruppen von 4 Schülern (ähnlicher Größe und ähnlichen Gewichts) und erklären Sie, dass sie einen menschlichen Bogen formen werden. Zwei aus jedem Team stellen sich Rücken an Rücken und lehnen sich aneinander. Die Füße werden jeweils einen großen Schritt weit nach vorne platziert - sie müssen dabei etwas in die Knie gehen. Die Beine formen nun einen Bogen. Die beiden anderen Schüler aus der Gruppe (Helfer) sollten verhindern, dass die Füße der Bogenbildenden über den Boden gleiten. Sie stellen einfach ihre Füße vor die Füße der Schüler, die das Experiment ausführen.



Tauschen Sie die Rollen, so dass jeder Schüler die Möglichkeit hat, Teil des Bogens zu sein.

Fragen Sie die Schüler, wie es sich anfühlt, Teil eines Bogens zu sein. Fragen Sie, wie sich ihr Rücken, die Arme, Hände, Schultern und Füße anfühlen.

Wo fühlen sie die stärksten Kräfte?

An ihrem Rücken, wo sie aneinander gedrückt werden.

Was hindert ihre Füße, wegzugleiten?

Reibung und die Füße der Helfer.

Zeigen Sie ein Foto einer Steinbogenbrücke und vergleichen Sie diese mit der menschlichen Bogenbrücke, die die Schüler gebildet haben. Betonen Sie, dass der oberste mittlere Stein in dem Bogen, genannte der SCHLUSSTEIN, an der gleichen Stelle sitzt, wo sich bei ihnen der obere Rücken aneinander presst. Alle weiteren Steine des Bogens drücken oder quetschen gegen diesen Stein, genau wie sich das Gewicht der Schüler gegen den oberen Rücken presst.



Fragen Sie die Schüler nach der Form der Steine in einem Bogen.

Die Steine sind keilförmig.





- Erklären Sie, dass diese Form es möglich macht, dass der Bogen sich selbst hält. Die Keilform stellt sicher, dass jeder Stein zwischen seinen Nachbarsteinen eingeklemmt ist und nicht nach unten fallen kann.
- Zeichnen Sie den keilförmigen Stein an die Tafel.
- Fragen Sie die Schüler, ob rechteckige Steine verwendet werden können. Warum oder warum nicht?

Rechteckige Steine könnten wegrutschen und die Brücke einstürzen lassen. In den Fällen, wo rechteckige Steine eingesetzt werden, muss Mörtel in die Zwischenräume eingefügt werden. So wird die Keilform simuliert, die Stabilität gewährleistet und der Herstellungsprozess beschleunigt.

- Fragen Sie die Schüler, ob sie das Gefühl hatten, dass ihre Füße weggleiten könnten. Das gleiche geschieht bei einer Steinbogenbrücke, wenn das Gewicht der Brücke nach unten und seitwärts drückt. Der Bogen hält nur, wenn starke **Widerlager** an jedem Ende der Brücke eingesetzt werden und verhindern, dass die Steine zur Seite geschoben werden. Zeigen Sie die Widerlager auf einem Foto einer Steinbogenbrücke - der Platz, wo die Enden der Brücke am Land oder Stein verankert sind. Schreiben Sie das Wort WIDERLAGER an die Tafel.

- Fragen Sie was oder wer im Versuch mit den menschlichen Körpern als Widerlager fungierte.

Die Schüler, die verhinderten, dass die Füße sich vorwärts bewegen konnten.

- Sprechen Sie darüber, wie ein Bogen nicht nur bei Brücken eingesetzt werden kann, sondern auch bei Gebäuden, es ist eine sehr starke Form. Einige römische Brücken sind noch immer im Gebrauch, 2.000 Jahre nachdem sie gebaut wurden. Einige Mehrbogenbrücken sind auch noch immer im Einsatz: die berühmte Ponte Vecchio in Florenz, Italien ist ein Beispiel dafür.



- Erklären Sie, dass die Schüler die Stabilität von Bogengebilden selbst untersuchen werden. Es wird erwartet, dass sie ihre Beobachtungen und Ergebnisse zusammen mit beschrifteten Zeichnungen in die Hefte eintragen.

Aufgabe aus dem Bau-Set I:

- Teilen Sie die Klasse in Gruppen von 2 Schülern und verteilen die ein K'NEX Brücken-Set an jede Gruppe.
- Bevor sie mit dem Bau beginnen, weisen Sie die Schüler auf die drei Versionen des Bogenbrückenmodells hin (Seite 10-11 der Bauanleitung.) und erklären Sie, dass ein Bogen im Brückenbau ein sehr vielseitiges Gebilde sein.
- Bitten Sie die Schüler, mit den Schritten 1-4 der Version BOGEN UNTEN, wie auf Seite 10 der Anleitung zu sehen ist, zu beginnen.

Die Decke dieser Brücke, kann über, unter oder durch den Bogen führen.

Das Zusammenbauen der beiden Seiten des Bogens (Schritte 2, 3, 4) muss gemeinsam durchgeführt werden, weil mehr als zwei Hände erforderlich sind, die grünen Verbindungsstäbe anzufügen.

Bau-Tipp:

Wenn die Schüler Schritt 1 bauen, empfehlen wir, dass sie von links nach rechts arbeiten und die oberen und unteren Verbinder mit blauen Stäben verbinden. Das ist leichter, als zuerst das gesamte Oberteil und die unteren Reihen zu bauen und sie dann mit den blauen Stäben zu verbinden.

Übung I: Wie stabil ist ein Bogen, wenn er allein steht?

Schritte

1. Stellen Sie die folgenden Fragen

(a) Was passiert mit dem Bogen, wenn von oben auf die Mitte nach unten gedrückt wird?

Die Mitte wird eingedrückt und die Enden des Bogens bewegen sich nach außen.

(b) Scheint es eine stabile oder instabile Konstruktion zu sein?

Die Schüler sollten erkennen, dass es irgendwie ein instabiles Gebilde ist, obwohl die Antworten variieren werden.

2. Bitten Sie die Schüler, noch einmal auf das Foto auf Seite 10 der Anleitung zu sehen und zu erkennen, wogegen der Bogen gebaut wurde.

Die Felswand des Canyons.

3. Wiederholen Sie den Namen, für das Gebilde, das einen Bogen daran hindert, nach außen zu gleiten.

Widerlager.

4. Erklären Sie, dass die Widerlager entweder gebaut werden oder das Gestein eines Berges sein können. Sie verhindern, dass die Enden eines Bogens nach außen weggleiten. Fragen Sie, was passiert, wenn die Enden nicht nach außen gleiten können.

Der Bogen wird zu einem stabilen Bauwerk.

Aufgabe aus dem Bau-Stet II:

Teilen Sie die Klasse in Gruppen von je 6 Schülern und erklären Sie, dass jedes Paar innerhalb einer Gruppe eine andere Version der Bogenbrücke bauen wird und eine Reihe von Untersuchungen vornehmen wird. Die Ergebnisse werden verglichen. Die Schüler sollten selbst entscheiden, welches Paar, welche Version bauen wird.

Geben Sie den Schülern genug Zeit, ihre Brücken zu erforschen.

Übung II: Haben unterschiedliche Designs Einfluss auf die Stärke der Bogenbrücke?

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen. Dies zählt zu einer ordentlichen Sicherheitsmaßnahme für alle Aktivitäten im Physiksaal oder im Labor.



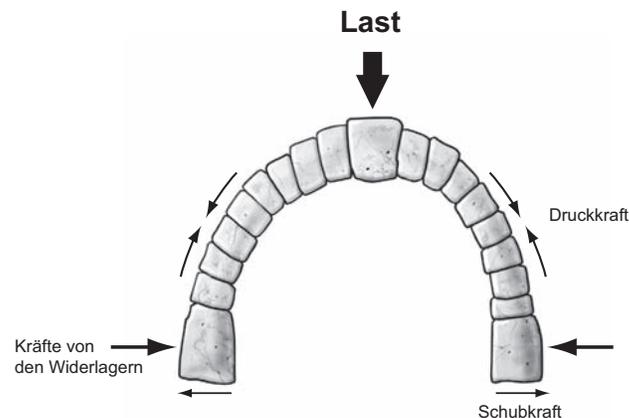


Schritte

1. Bitten Sie die Schüler, die Teile einer Bogenbrücke zu identifizieren. Zeichnen Sie ein Bild an die Tafel und bitten Sie Freiwillige, die Begriffe, die sie bereits kennen, zu benennen. Sie können ihre Begriffe akzeptieren und ersetzen Sie in den nachfolgenden Diskussionen. Die folgenden Teile der Brücke sollten identifiziert werden:

Schlussstein, Widerlager, Deck, Keilformen.

Weisen Sie darauf hin, dass moderne Bogenbrücken aus Stahl und Beton gefertigt werden. Diese Brücken haben meist keinen bestimmten Stein, der als Schlussstein gekennzeichnet werden kann, aber jeder Bogen hat einen Scheitelpunkt in seinem Bogen. Hier können Sie den Begriff Keilstein einfügen: ein echter Bogen mit keilförmigen Steinen, die sich perfekt zusammenfügen und gegen die Widerlager drücken.



2. (a) Die Schüler sollen nun einen ordentlichen Test entwickeln, mit dem die Stärke jedes Bogens ermittelt werden kann. Die Messungen werden durchgeführt und die Ergebnisse in einer Tabelle festgehalten. Lassen Sie die Schüler ihre eigene Tabelle zu entwickeln.
- (b) Fragen Sie, ob das Hinzufügen der Decke die Stärke des Bogens beeinflusst hat.

Die Teams werden vielleicht das gleiche Gewicht (Last) auf die gleiche Stelle jeder Brücke platzieren und die Auswirkung auf das Deck und die Seitenteile des Bogens wahrnehmen.

Die Schüler sollten feststellen, dass die komplette Brücke stärker und stabiler ist, aber dass noch immer eine Kraft gegen die Seiten einwirken muss, um der Brücke ausreichende Stabilität zu geben.

(Für höhere Klassen geeignet.)

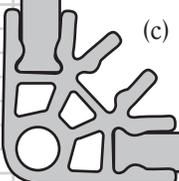
3. Bitten Sie die Schüler, Folgendes mit innerhalb ihrer Gruppe zu besprechen und die Ergebnisse in den Heften festzuhalten.
 - (a) Wie wird die Fahrbahndecke gestützt, so dass sie starr und fest genug ist, Lasten zu tragen?
 - (b) Welche Teile der Brücke stehen unter Druckkraft?

Die Antworten werden variieren - alle sollten Bezug nehmen auf das Verstärken von Rahmen.

Der gesamte Bogen ist Druckkräften ausgesetzt. Erklären Sie, dass die kurvige Form eines Bogens die Druckkräfte in Richtung der Widerlager leitet. Das ist die natürliche Stärke einer Bogenform. Für weitere Informationen besuchen Sie das Kräfte Labor unter www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/. (in Englisch)

- (c) Welche Teile der Brücke sind Zugkräften ausgesetzt?

Die Decke an der Oberseite des Bogens.

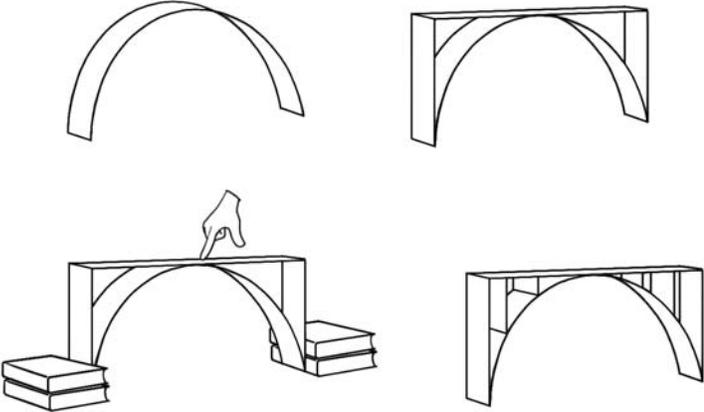


Anwendung

- Bitten Sie die Schüler eine beschriftete Zeichnung der Bogenbrücke anzufertigen und Anmerkungen zu den Teilen und deren Funktion anzufügen.
- Besprechen Sie mit der Klasse die Ergebnisse zu den Messungen der Stärke der drei Brückenversionen. Helfen Sie, die Unterschiede zu benennen. Ermutigen Sie die Schüler einen kurzen Aufsatz über ihre Ergebnisse zu schreiben.
- Lassen Sie die Schüler **Arbeitsblatt Nr. 3 Bogenbrücke** auszufüllen.

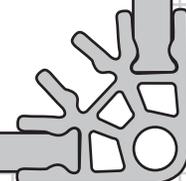
Weiterführend

1. Bitten Sie jedes Paar in der Gruppe, Beispiele von Bogenbrücken zu untersuchen. Sie können die Größe, den Standort und die Funktion eruieren.
2. Die folgende Übung erlaubt es den Schülern, selbst eine Bogenbrücke aus flexiblen Karton zu bilden. (Siehe nebenstehenden Zeichnungen.) Sie können den Bogen formen, indem sie ein Stück nassen Karton um eine Dose wickeln und trocknen lassen. Dann können das Deck und die Seitenteile angeklebt werden. Bitten Sie die Schüler, nach jeder Baustufe auf die Brücke zu drücken und zu sehen, wann die Brücke stabiler wird.


3. Die Schüler können mit unterschiedlichen Brückentafeln arbeiten und sogar eine Multibogenbrücke bauen.
4. Ermutigen Sie ihre Schüler, Aquädukte und Viadukte zu untersuchen. Sie können überlegen, wo der Ursprung liegt, warum sie nötig waren und welche heute noch genutzt werden.

Hefteinträge:

- ✓ Beschriftete Zeichnung einer Bogenbrücke.
- ✓ Notizen zu den Hauptbestandteilen einer Bogenbrücke.
- ✓ Ergebnisse der Untersuchungen zur Stabilität der 3 Versionen einer Bogenbrücke.
- ✓ Ausgefülltes Arbeitsblatt.



Die Hängebrücke:

Die Eigenschaften einer Hängebrücke.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Eine Hängebrücke bauen
2. Die Teile einer Hängebrücke und ihre Funktion identifizieren und beschreiben.
3. Zeigen und erklären, wie auf einer Hängebrücke die einwirkenden Kräfte im Gleichgewicht gehalten werden.

MATERIAL

Jede Gruppe mit 2 Schülern benötigt:

- 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung
- Gewichte mit bestimmten Größen (10-1000 Gramm)
- Büroklammern
- Schulhefte

Sie benötigen:

- Ein langes Gummiband (optional)
- Ein Stück Schaumgummi (optional)
- Schnur oder Band
- Eimer mit Gewichten
- Karton, Stühle, Tische, Vorleger etc.

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

 Erklären Sie, dass die Schüler in dieser Stunde Hängebrücken erforschen werden. Zeigen Sie ein großes Foto einer Hängebrücke. Fragen Sie die Schüler, inwieweit sich die Hängebrücke von den anderen Brücken unterscheidet. Was ist gleich? Notieren Sie alle Antworten an der Tafel.

 Stellen Sie zwei Stühle ca. 3 Meter voneinander auf und spannen Sie zwei Bänder von einem Ende der Zimmers zum anderen, so dass sie über die Rückenlehne der Stühle führen. Zu diesem Zeitpunkt werden die Bänder nicht befestigt.

 Fragen Sie, wie mit den Bändern eine Brücke gebaut werden kann.

Die Schüler schlagen vielleicht vor, dass man sich mit den Händen an den Bändern entlang vorwärts bewegen kann oder dass eine Fahrbahn an die Bänder gehängt werden kann.

 Erklären Sie, dass all dies eine Hängebrücke ergeben würde. Zeigen Sie noch einmal auf das Foto.

 Geben Sie jedem Schüler eine Büroklammer und bitten Sie die Schüler, ihre Büroklammern an das Band zu hängen. Fragen Sie, was an den Klammern hängen sollte.

Die Schüler sollten verstehen, dass die Brückendecke an diesen Haken hängt.

 Als nächsten bitten Sie die Schüler einen langen Klebestreifen und einen langen Streifen Karton als Decke an die Klammern zu hängen.

☉ Fragen Sie die Schüler, was mit dem Band passiert ist, als sie die Klammern und das Deck angehängt haben.

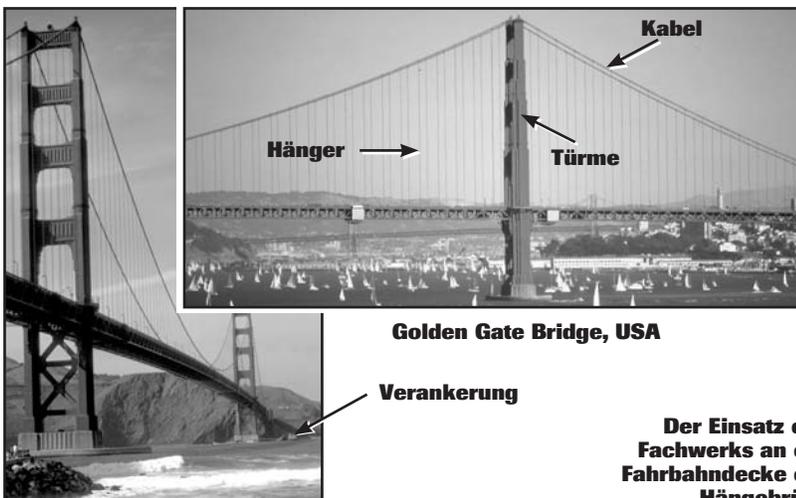
Das Band hat sich Richtung Boden durchgebogen.

☉ Fragen Sie, was sie tun müssen, um das Band anzuheben und zu sichern.

Die Enden müssen gesichert werden.

☉ Wenn ihre Brücke gesichert ist, beziehen Sie sich darauf und auf das Foto und erklären Sie die Teile einer Hängebrücke. Die Schüler können die Teile benennen und Sie geben wenn nötig die richtigen Begriffe dafür. Der Wortschatz sollte an die Tafel und in die Hefte geschrieben werden.

☉ Das Band fungiert als Hauptkabel der Brücke. Die Rückenlehnen der Stühle entsprechen den **Türmen/Pylonen** der Brücke. Die Büroklammern sind die **Hänger**, an denen das **Deck** hängt. Die Enden der Kabel sind an **Verankerungen** befestigt und verhindern, dass die Pylonen sich neigen und Brücke einstürzt. Beachten Sie, dass die Decke einer echten Hängebrücke durch ein Fachwerk verstärkt und starr gemacht werden kann.



☉ Fragen Sie nach 5 Freiwilligen, die helfen, die Teile einer Hängebrücke darzustellen und die einwirkenden Kräfte zu zeigen.

☉ Legen Sie einen Vorleger auf den Boden und sagen Sie den Schülern, dass es sich dabei um einen breiten Fluss handelt, der mit einer Hängebrücke überspannt werden soll.

☉ Verweisen Sie auf das Bild der Hängebrücke, das zwei Stühle mit Schülern darauf platziert werden - dies sind die Türme der Brücke.

☉ Fragen Sie, wo sie stehen sollen, im Fluss oder am Ufer?

Sie sollten im Fluss stehen.

☉ Setzen Sie die Schüler auf die Stühle und legen Sie Bänder über ihre Schultern. Fragen Sie, wofür die Bänder stehen.

Die Hauptkabel der Brücke.

☉ Hängen Sie einen Eimer an die Mitte des Bandes. Fragen Sie die Klasse, was der Eimer darstellt. Geben Sie wenn nötig einen Tipp: Gewicht wird in den Eimer gelegt.

Das Gewicht des Decks.





- ⊗ Fragen Sie, wo die Verankerung der Kabel angebracht werden soll.

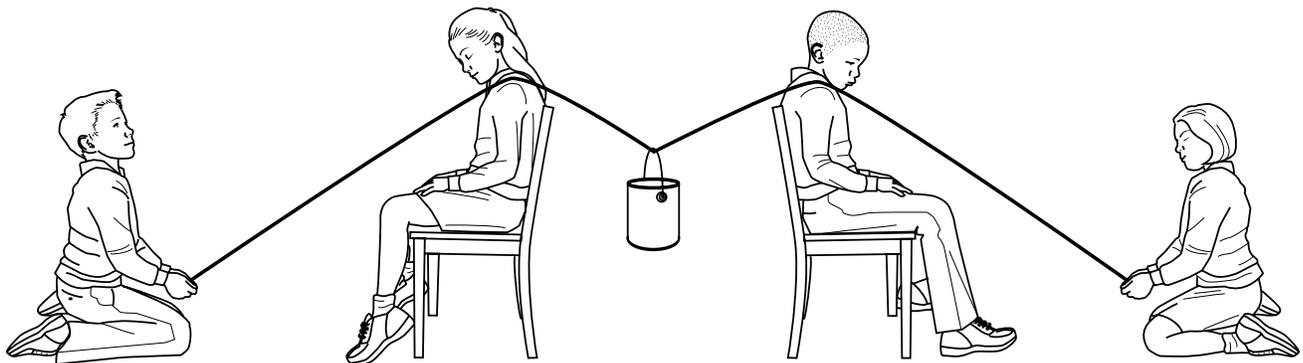
Oben am Ufer.

- ⊗ Bitten Sie zwei Schüler, die das Ufer spielen, sich auf den Boden zu setzen und die beiden Ufer zu repräsentieren.
- ⊗ Reichen Sie diesen beiden Schülern die Enden des Bandes.
- ⊗ Erklären Sie, dass Gewichte in den Eimer gelegt werden und das Ziel dabei ist, den Eimer in der gleichen Position über dem Fluss zu halten.
- ⊗ Bitten Sie den übrigen Freiwilligen, Gewichte in den Eimer zu legen und ermutigen Sie die 4 anderen Schüler, zu beschreiben, was ihnen dabei auffällt. Diejenigen, die die Enden des Bandes halten, sollten herausfinden, dass sie stärker ziehen müssen, wenn Gewicht in den Eimer gelegt wird. Die anderen Schüler auf den Stühlen werden erkennen, dass mehr Gewicht auf ihre Schultern drückt.

- ⊗ Fragen Sie, was passieren würden, wenn einer der Schüler das Band loslässt.

Das Seil hängt durch und der Eimer fällt auf den Boden.

- ⊗ Fragen Sie die Schüler nach ihren Erfahrungen beim Rollenspiel als Brücke.



- ⊗ Skizzieren Sie Anordnung an der Tafel und diskutieren Sie, wie dies eine Hängebrücke repräsentiert und wie Kräfte darauf einwirken:

Wiederholen Sie:

- ⊗ Wie das Seil als eines der **Kabel** fungiert, das das Gewicht der Fahrbahn hält.
- ⊗ Inwieweit die Schüler, die das Kabel tragen, die **Türme/Pylonen** der Brücke darstellen.
- ⊗ Wie die Schüler, die die Enden des Bandes halten, als **Verankerungen** dienen.
- ⊗ Dass der Henkel des Eimers einer der **Hänger** ist.
- ⊗ Fügen Sie diese Begriffe in die Zeichnung ein und ermutigen Sie die Schüler eine ähnliche Skizze in ihren Heften anzufertigen.

🌀 Zeigen Sie den Schülern weitere Fotos von Hängebrücken. Sie können Bilder der Golden Gate Bridge in der K'NEX Anleitung verwenden (Seite 12) oder sie suchen weitere Fotos im Internet mit denen sie:

- 🌀 die Hauptteile einer Hängebrücke bestimmen
- 🌀 Die Örtlichkeiten von Hängebrücken erforschen.
- 🌀 Den Einsatz von Hängebrücken untersuchen und zu sehen, wie sie sich in Bezug auf die Länge von anderen Brücken unterscheidet.

🌀 Die folgenden Websites sind nützliche Quellen
www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk; www.brantacan.co.uk (in Englisch)

🌀 Analysieren Sie einige der Statistiken, die die Schüler gefunden haben. Sie sollten entdeckt haben, dass für einige der längsten Brücken der Welt Hängebrücken sind. Blicken Sie zurück auf die anderen Brückenarten, die sie kennengelernt haben und welche Probleme hinsichtlich der Länge sich für die Ingenieure möglicherweise ergeben haben. Zum Beispiel muss das Hauptbrückentafel 2.000 Meter lang sein - wie kann so ein langer Träger gestützt werden und dabei fest und starr bleiben? Notieren Sie die Vorschläge.

Von der Einführung zu dieser Brückenart wissen die Schüler vielleicht, dass eine hohe Anzahl von Hängern, die das Deck hochziehen und starke Kabel das Gebilde fest und stabil halten. Sie haben vielleicht erkannt, dass Hängebrücken leichter sind als andere Brücken und dass die deshalb mit längeren Brückentafeln gebaut werden können.

Übung aus dem Bau-Set

- 🌀 Teilen Sie die Klasse in Gruppen von 2 Schülern ein und verteilen Sie je ein K'NEX Brücken-Set an jede Gruppe.
- 🌀 Erklären Sie den Gruppen, dass sie ihre Untersuchungen an der Hängebrücke mit dem Bau eines K'NEX Modells einer Hängebrücke beginnen werden (siehe Seite 12 und 13 der Bauanleitung.)
- 🌀 Sie sollten das Modell bis einschließlich Schritt 4 bauen; sie sollten Schritt 5-7, wo sie die grünen Flexi-Stäbe mit der Fahrbahndecke verbinden noch nicht aufbauen.

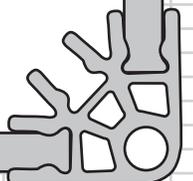
Übung I: Ist es ohne die Kabel ein stabiles Gebilde?

HINWEIS: Die Schüler sollten beim Testen ihrer Brücke eine Schutzbrille tragen. Dies zählt zu einer ordentlichen Sicherheitsmaßnahme für alle Aktivitäten im Physiksaal oder im Labor.

Schritte:

1. Bitten Sie die Schüler, einen Test zu entwickeln um die Stabilität zu ermitteln. Dabei soll eine Last in der Mitte der Brücke platziert werden.
2. Jede Gruppe soll beobachten, was passiert und die folgenden Fragen beantworten:
 - 🌀 Wie hoch ist das maximale Gewicht, das die Brücke tragen kann, bevor sie unsicher wird?

Die Antworten werden variieren. Sie können die Ergebnisse in eine Datentabelle eintragen.





☉ Welches sind die schwächsten Punkte der Brücke?

Sie antworten vielleicht, dass das ganze Gebilde schwach ist: Das Deck biegt sich in der Mitte und schwingt hin und her; die Türme bewegen sich und neigen sich gen Mitte.

☉ Wie erklären sie die Beobachtungen?

Ungenügende Unterstützung der Brückenteile.

☉ Ist das Gebilde im aktuellen Zustand stabil oder instabil?

Die meisten werden antworten, dass es sehr instabil ist.

3. Besprechen Sie die Ergebnisse. Die Schüler sollen die Beobachtungen in ihren Heften dokumentieren.

Datentabelle

Bauabschnitt der Brücke	Gewicht	Beobachtung
Keine Kabel		
Kabel nicht befestigt		
Kabel befestigt		

Weiterführung der Übung aus dem Bau-Set

☉ Jede Gruppe komplettiert nun das Modell und verbindet die Kabel (Schritte 5-7.)

Übung II: Inwieweit beeinflusst das Hinzufügen eines Kabels die Stabilität des Bauwerks?

Schritte

1. Bitten Sie die Schüler, die verschiedenen Teile ihrer Hängebrücke zu identifizieren. Sie können die beschriftete Zeichnung heranziehen, die zur Einführung gemacht wurde.
2. Schlagen Sie vor, dass Sie das Foto in der Bauanleitung betrachten und die Unterschieden zwischen dieser Brücke und ihrem K'NEX Modell finden. Testen Sie, ob sie wissen, welche Materialien bei modernen Brücken verwendet werden (Siehe auch Grundsätze in diesem Handbuch.)

Helfen Sie ihnen, wenn nötig, zu verstehen, dass ihr Modell keine Verankerungen hat, in die die Kabel eingebettet werden. Das Modell hat auch keine Kabel, die über das gesamte Modell führen. Die Türme einer echten Brücke sind im Verhältnis größer als die des Modells. Neuere Hängebrücken werden aus gedrehten Stahlkabeln gefertigt, mit Beton oder Stahlabschnitten für die Türme und Decks.

3. Bitten Sie die Schüler, diese Unterschiede im Gedächtnis zu behalten und dann die Brücke mit exakt der gleichen Methode wie vorher erneut zu testen. Sie sollten die Fragen beantworten und die Datentabelle benutzen, um ihre Ergebnisse festzuhalten.

(a) Hast sich die Tragfähigkeit der Brücke erhöht, ist sie gleich geblieben oder hat sie sich verringert?

Sie sollten erkennen, dass sie sich erhöht hat.

(b) Was ist der Grund dafür?

Es wurden zusätzliche Hänger an die Kabel gehängt, sie helfen die Mitte der Brückendecke zu stützen.

(c) Was fällt die in Bezug auf die Form des Decks auf, wenn die Kabel hinzugefügt sind?

Das Deck geht in der Mitte nach oben - es hat eine Bogenform, weil die Hänger und Kabel es nach oben ziehen.

(d) Welchen Einfluss hat das Hinzufügen der Kabel auf die Stabilität der Brücke?

Die Schüler sollten erkennen, die Stärke und Stabilität der Brücke erhöht wurde.

(Für höhere Klassen geeignet.)

4. Erklären Sie den Schülern, dass das Gewicht der Fahrbahn und der Nutzlast von den Kabeln und Hängern (die unter Zugkraft stehen) verteilt wird. An den Kabeln entstehen damit hohe Zugkräfte. Diese zieht an den Verankerungen und die Kabel werden auf die Türme gepresst. Die Türme werden dabei gedrückt und das Gewicht auf den Felsgrund unter dem Flussbett übertragen. Erklären Sie, dass das Design der Brücke die auftretenden Druck- und Zugkräfte ausgleicht.

5. Fragen Sie, ob die Kabel bei einer echten Brücke sich lose auf den Türme bewegen können, oder ob sie festgemacht wurden. Warum oder warum nicht?

Bei einer echten Brücke liegen die Kabel auf den Türmen/ Pylonen. Dies geschieht, weil (i) sie sich so bewegen und die Ausdehnung des Metalls anpassen kann und (ii) die Zugkraft von einer Seite zur anderen reduziert wird, wenn sich das Gewicht der Nutzlast ändert. Dies ist ein weiterer Unterschied zu ihrem Modell.

6. Schlagen Sie vor, dass sie nun an den Enden der Flexi-Stäbe des K'NEX Modells ziehen und noch einmal Test zur Tragfähigkeit durchführen. Die Antworten sollten wieder in die Datentabelle eingetragen werden.

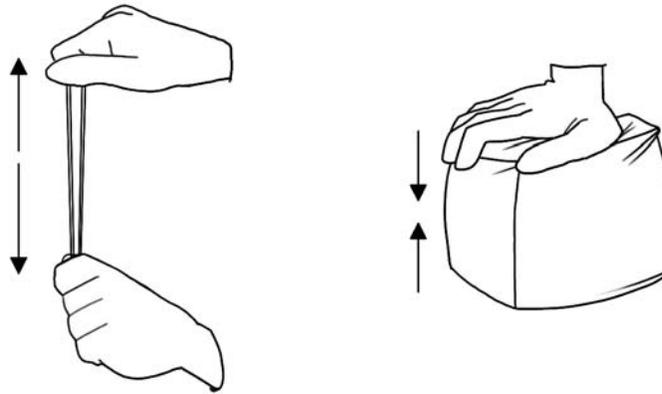
Sie sollten erkennen, dass durch Festhalten der Flexi-Stäbe die zu tragende Last erhöht werden kann. Sie sollten erkennen, dass sie die Rolle der Verankerungen übernehmen. Die Hängebrücke ist am effektivsten, wenn alle Bauteile Höchstleistung liefern.





7. Wiederholen Sie die Erkenntnisse durch folgende Fragen:

- Was ist die Funktion der Türme/Pylonen?
- Welche Funktion haben die Kabel, die über die Türme führen?
- Warum müssen diese beiden Hauptkabel an beiden Seiten verankert werden?
- Was ist die Funktion der hängenden Kabel?
- Wie wird die Fahrbahndecke stark und fest gemacht?



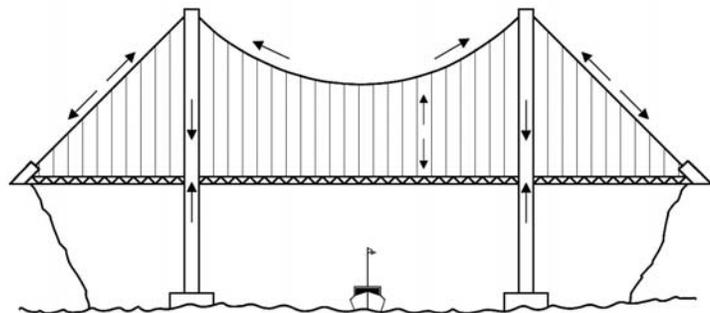
Die Türme tragen das gesamte Gewicht der Brücke. Die Hauptkabel tragen das Gewicht der Decke. Dieses Gewicht lässt die Kabel durchhängen (unter Zugkraft setzen). Um zu verhindern, dass die gesamte Konstruktion zusammenklappt, müssen die Hauptkabel an beiden Enden verankert werden. Senkrechte Kabel, die Hänger, verbinden das Deck mit den Hauptkabeln. Die Fahrbahndecke wird durch eine leichte Bogenform starr und fest. Diese Form entsteht durch das Hochziehen der Kabel über die Hänger.

(Für höhere Klassen geeignet.)

- Wiederholen Sie, wie Brücken das Prinzip von ausgeglichenen Kräften nützen, um das Gebilde vor dem Einsturz zu bewahren. Fragen Sie nach den beiden Hauptkraftarten, die auf Brücken einwirken.
 - Bitten Sie die Klasse, an die Beschreibungen der Freiwilligen aus der Demonstration zu denken; damit sollten Sie erklären, wo Druck- und wo Zugkräfte auf die Brücke einwirken. Sie können auch auf die Mitte des Modells der Brücke drücken und beobachten, was geschieht. Vielleicht müssen Sie dabei helfen, indem Sie ein Gummiband und ein Stück Schaum einsetzen, siehe Abbildungen oben.

Zug- und Druckkraft oder Ziehen und Drücken.

Sie sollten erklären können, dass die Türme Druckkräften ausgesetzt sind, weil die Kabel nach unten pressen. Auf die Kabel und Hänger wirken Zugkräfte ein, da sie immer gezogen werden. Die Kräfte, die auf das Deck einwirken (das nur von den Hängern hängt), beinhalten Drehen und Biegen durch die Nutzlast. Die Wölbung der Fahrbahn hilft, die Spannung am Unterteil der Decke zu reduzieren.



Kräfte, die auf eine Hängebrücke einwirken.

Anwendung

- Besprechen Sie die Ergebnisse zur Hängebrücke
 - Bitten Sie die Schüler, die Teile der Hängebrücke aufzulisten und kurz die Funktion zu beschreiben.
 - Fordern Sie die Schüler auf, die Hauptunterschiede zwischen einer echten Brücke und ihrem Modell niederzuschreiben.
 - Fragen Sie die Schüler, wie sich das Hinzufügen von Kabeln auf die Stärke und Stabilität der Hängebrücke auswirkt.
 - Bitten Sie die Schüler, die Kräfte, die auf eine Hängebrücke einwirken, zu identifizieren, dabei sollen sie eine beschriftete Zeichnung, farbige Stifte und die korrekten Begriffe verwenden.
 - Schlagen Sie vor, dass die Schüler das **Arbeitsblatt Nr. 4: Der Vorteil der Hängebrücke** ausfüllen. Wenn Sie meinen, dass eine Aussage falsch ist, sollten Sie diese richtig stellen.

Geeignet für höhere Klassenstufen, kann für jüngere Schüler angepasst werden.

Weiterführend

1. Erklären Sie, dass, obwohl Bauingenieure viel Zeit in die Planung und Vorbereitung der Brückenkonstruktion investiert haben, die Dinge nicht immer so laufen, wie geplant.

Bitten Sie die Schüler mit Hilfe des Internets den Einsturz der Tacoma-Narrows -Hängebrücke zu erforschen.

Fotos und einen Film darüber findet man unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Tacoma-Narrows-Br%C3%BCcke> gesehen werden.

Lehrertext: Während moderne Hängebrücken so konstruiert sind, dass sie bis zu einem gewissen Grad schwingen können, war die Tacoma Narrows Brücke über den Pugetsund nicht dafür ausgelegt. Durch einen Konstruktionsfehler begann die Fahrbahn dieser Brücke bei Wind zu schwingen, zu hüpfen und sich zu verdrehen. Eine Zeitlang war sie eine Touristenattraktion, im Dezember 1940 stürzte die Brücke aber ein, nachdem ein etwa 67 km/h starker Wind sie in starke Schwingungen versetzt hatte. Hätten die Architekten ein Modell dieser Brücke im Windkanal getestet, hätten man diesen Fehler vermeiden können. Zehn Jahre später wurde die Brücke nach einem neuen Entwurf wieder aufgebaut.

2. Laden Sie die Schüler ein, eine erfundene Geschichte über den Bau einer Hängebrücke durchzuspielen. Beginnen Sie mit zwei hohen Klippen auf jeder Seite des Flusses. Bitten Sie die Schüler Stühle, Tische, einen Vorleger und andere Dinge für die Szene bereitzustellen. Sagen Sie den Schülern, dass eine Brücke benötigt wird, damit Menschen und Waren von einer Seite zur anderen gelangen können. Erklären Sie, dass nur ein Seil zur Verfügung steht. Wie können sie eine einfache Brücke bauen und was sind die einzelnen Schritte?

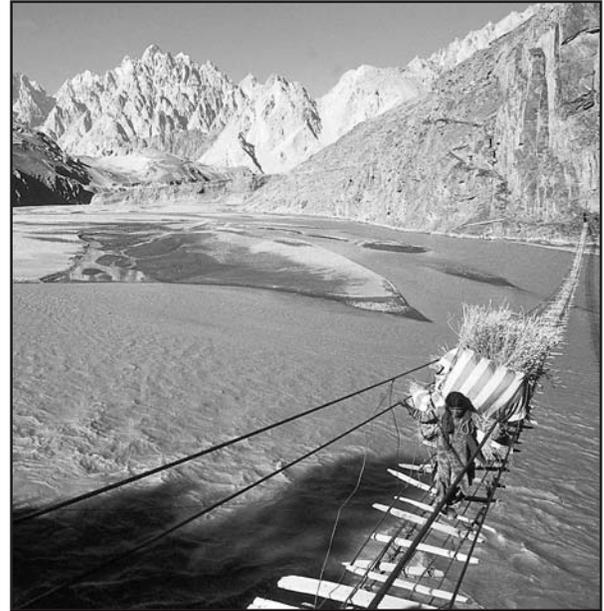
Eine mögliche Szene könnte sein:

1. Finde einen guten Standort für die Brücke, wo Bäume sind, an die die Seile befestigt werden können.
2. Bilde mehrere Seile aus Lianen.





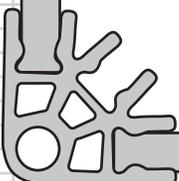
3. Befestige ein Ende des Seils an einem Baum, das andere an einen Pfeil. Schieße den Pfeil auf die andere Seite über den Fluss.
 4. Klettere nach unten und schwimme durch den Fluss, klettere auf den anderen Seite nach oben, finde den Pfeil und befestige das Seil an den Baum.
 5. Hangle dich per Hand an dem Seil entlang und befestige weitere Seile an der Brücke.
 6. Binde die Seile zusammen und forme einen Weg mit Handlauf.
3. Zeigen Sie den Schülern, dass, was immer sie tun, die einzelnen Schritte immer nach einer bestimmten Reihenfolge ablaufen müssen.
 4. Schlagen Sie vor, dass die Schüler untersuchen, wie eine moderne Hängebrücke gebaut wird und dem Rest der Klasse einen kurzen Bericht dazu geben. Die folgenden Begriffe sollten dabei enthalten sein: Luftspinnverfahren, Türme, Hänger, Kabel, Laufsteg, Seil, Verankerung.

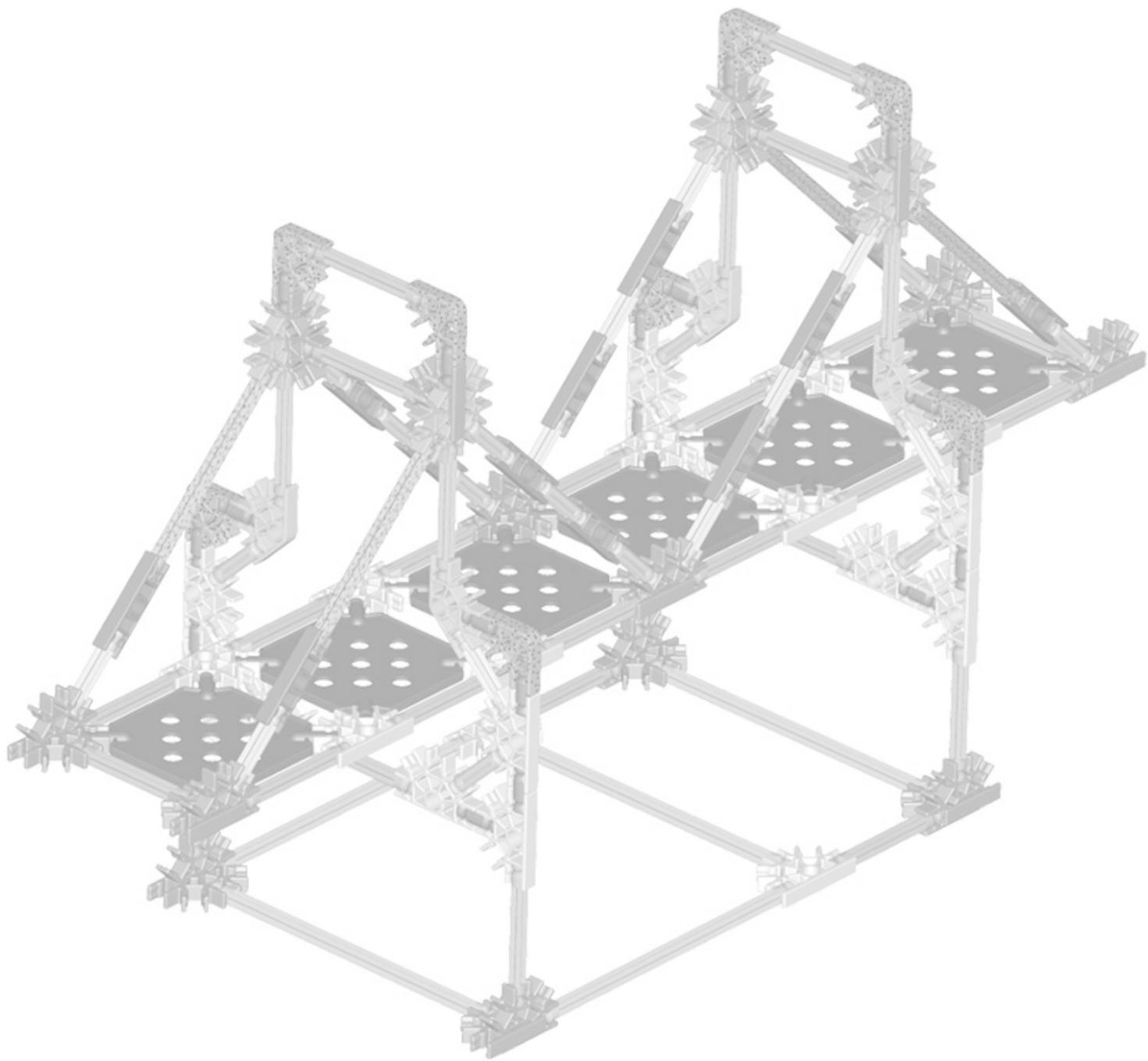


Hefteinträge:

- ✓ Skizze einer Hängebrücke mit der Kennzeichnung der Hauptbestandteile.
- ✓ Kurze schriftliche Beschreibung der Funktion jeder Komponente der Brücke.
- ✓ Unterschiede zwischen dem K'NEX Modell und einer echten Hängebrücke.
- ✓ Erklärung, wie die Kabel die Stabilität der Brücke beeinflussen.
- ✓ Skizze, die die einwirkenden Kräfte zeigt.
- ✓ Ausgefülltes Arbeitsblatt

HINWEIS: Behalten Sie wenn möglich ein Modell der Hängebrücke für einen späteren Vergleich mit der Schrägseilbrücke, die in der nächsten Stunde betrachtet wird.





Schrägseilbrücke:

Die Merkmale einer Schrägseilbrücke.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Das Modell einer Schrägseilbrücke bauen und es erforschen.
2. Eine Schrägseil- und eine Hängebrücke vergleichen.
3. Begriffe im Zusammenhang mit einer Schrägseilbrücke verwenden und erklären.

MATERIAL

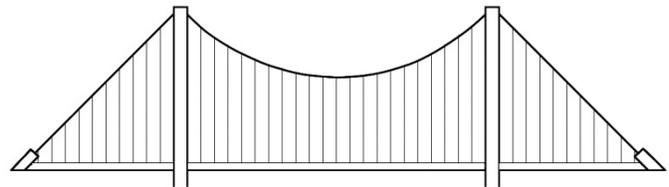
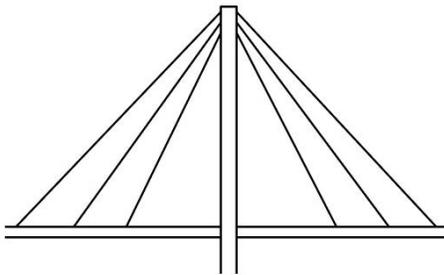
Jede Gruppe von 2 Schülern benötigt:

- | | |
|--|-------------------------|
| - 1 K'NEX Brücken-Set mit Anleitung | - Schnur oder Seil |
| - Gewichte mit bestimmten Größen (10-1000 Gramm) | - Papier und Bleistifte |
| | - Scheren |
| | - Schulhefte |

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- 🕒 Erklären Sie, dass sich diese Stunde auf die Untersuchung der Schrägseilbrücke anhand eines K'NEX Modells konzentriert. Die Schüler werden auch das Internet nutzen, um Informationen zu sammeln.
- 🕒 Zeichnen Sie Skizzen von einfachen Hänge- und Schrägseilbrücken an die Tafel und / oder erstellen Sie ein Arbeitsblatt und bitten Sie die Kinder, die beiden Designs zu vergleichen.
- 🕒 Inwieweit gleichen sich die beiden Brücken, wie unterscheiden sie sich?



Ähnlichkeiten: Beide haben Decks, die durch Kabel gehalten werden. Beide verteilen Last mit Hilfe von Türmen auf den Grund oder den Fels.

Unterschiede: Bei einer Hängebrücke laufen die Kabel von Turm zu Turm und die Decke hängt an den Kabeln, in einer Schrägseilbrücke dagegen gibt es normalerweise nur einen Turm, von dem die Kabel direkt zur Fahrbahndecke laufen. HINWEIS: Einige Schrägseilbrücken haben Türme für längere Brückentafeln.

-  Erklären Sie den Schülern, dass ein weiterer Unterschied der beiden Designs darin liegt, wie die Decks gebaut sind. Das Deck einer Hängebrücke wird erst installiert, wenn die Kabel über den Türmen aufliegen und die Hänger von den Kabeln hängen. Bei einer Schrägseilbrücke kann das Deck von den Türmen aus gebaut werden, weil es sich dabei um ein Ausleger-System handelt. Die Kabel können angebracht werden, wenn jeder Abschnitt an seinem Platz ist.

Übung aus dem Bau-Set

-  Teilen Sie die Klasse in Gruppen von 2-3 Schülern und verteilen Sie ein K'NEX Brücken-Set an jede Gruppe.
-  Bitten Sie die Klasse, die Schrägseilbrücke mit einem Turm (auf Seite 14 der Bauanleitung) zu bauen.
-  **HINWEIS:** zwei Paar Hände sind nötig das Deck und die Stützstruktur zusammenzufügen.
-  Geben Sie den Schülern einige Minuten Zeit, ihr Gebilde zu untersuchen.

Übung: Was sind die Merkmale einer Schrägseilbrücke und welche anderen Brückendesigns ähneln sie?

Schritte

1. Zeigen Sie Bilder von echten Schrägseilbrücken. Die Schüler sollten auch das Foto der Schrägseilbrücke in ihrer Anleitung betrachten (Seite 14). Bitten Sie die Schüler, die Unterschiede zwischen einer echten Brücke und ihrem Modell zu identifizieren. Bitten Sie sie, diese Unterschiede im Gedächtnis zu behalten.

Die Antworten enthalten vielleicht: Ihr Modell hat nur einen Turm; in ihrem Modell gibt es keine Pfeiler, die an Land führen; echte Schrägseilbrücken haben wesentlich mehr Kabel.

2. Erklären Sie der Klasse, dass das Schrägseildesign relativ neu ist - die erste Brücke mit diesem Design wurde 1950 erbaut. Sie beinhaltet Elemente aus zwei Brücken, die sie bereits durchgenommen haben.

- (a) Bitten Sie, einen Brückennamen zu nennen, dem es ähnelt.

Sie sollten sich erinnern, dass sie Ähnlichkeiten mit einer Hängebrücke hat.

- (b) Fragen Sie nach Vorschlägen, welches andere Design integriert ist.

Einige nennen vielleicht eine Balkenbrücke. Helfen Sie ihnen, zu erkennen, dass das Deck von der Mitte hinausragt und führen Sie sie zu der Erkenntnis, dass es sich um das Auslegerprinzip handelt, da das Deck ausgeglichen ist.

3.
 - (a) Bitten Sie die Schüler, zu beobachte und zu erklären, was passiert, wenn eine Last auf jeden der Arme platziert wird oder wenn sie nach unten drücken.
 - (b) Was passiert, wenn sie die Last auf die Mitte der Brücke legen?
 - (c) Ist das eine stabile Konstruktion?

Bei dem K'NEX Modell ist die Brücke wie eine Wippe - sie ist im Gleichgewicht, aber wenn eine Last auf ein Ende gelegt wird, hebt sich die andere Seite. Bei einer echten Schrägseilbrücke haben beide Enden Stützpfeiler - schauen sie wenn nötig auf die Fotos der echten Brücken.





4. (a) Wo werden die Enden der Kabel befestigt?

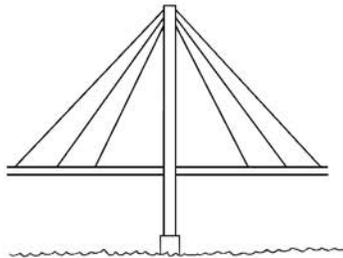
Am Turm und am Deck.

- (b) Wie unterscheidet sich das von der Hängebrücke?

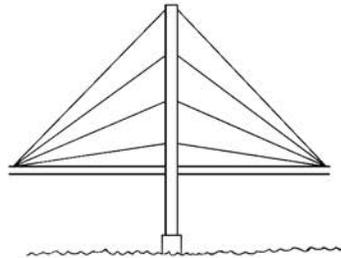
Die Kabel einer Hängebrücke müssen in großen Betongebilden verankert werden, die im Baugrund versenkt werden. Die Schrägseilbrücke benötigt diese Verankerung nicht.

5. Untersuche die Form der Kabel in deinem Brückenmodell. Welche Form kannst du erkennen? Was weißt du über diese Form?

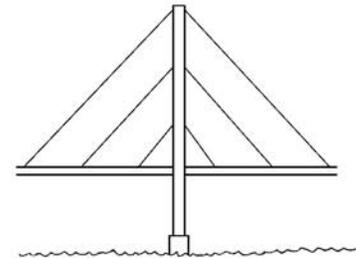
Die Schüler sollten erkennen, dass die Kabel ein Dreieck formen und sich daran erinnern, dass dies eine sehr starke Form ist. Bei dieser Gelegenheit können sie weitere Kabelmuster besprechen. Zeichnen Sie Skizzen an die Tafel - siehe unten.



Büschel-/Bündelsystem



Fächersystem



Harfensystem

(Es liegt in ihrem Ermessen, ob die Schritte 6-8 für ihre Schüler geeignet sind.)

6. Um die Kräfte und die Stütze durch die Kabel zu demonstrieren, bitten Sie jede Gruppe, die Kabel an einer Seite der Brücke zu entfernen und ein kleines Gewicht auf beide Enden zu legen. Was passiert?

Das Ende ohne Kabel stürzt ein.

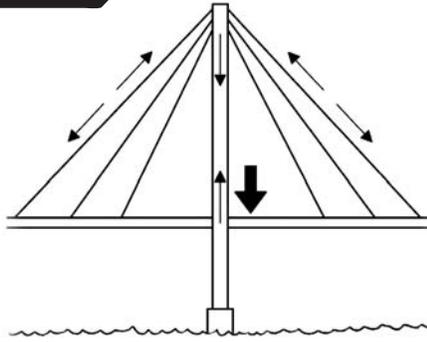
7. (a) Besprechen Sie, wie Schrägseil- und Hängebrücken, sich beide auf Zugkräfte verlassen, um das Gebilde zu stabilisieren. Bitten Sie die Schüler von ihrem Modell auf die Teile der Brücke zurückzuschließen, die unter Zugkraft stehen und die Teile, die Druckkraft ausgesetzt sind.

Sie sollten ihnen helfen, zu erkennen, dass der Turm und das Deck, wenn Nutzlast aufliegt, Druckkraft unterliegen, während die Kabel Zugkräften ausgesetzt sind. Sie wollen das vielleicht weiter ausführen und erklären, dass bei einer Schrägseilbrücke, der Widerstand der Kabel, nun unter Zugkraft, Last der Brückendecke ausgleicht, während die Türme Druck ausgesetzt sind und das Gewicht der Brücke stützen.

- (b) Was stellen sie in Bezug auf die Form der Brückendecke fest?

Die Brückendecke ist leicht gebogen. Die Bogenform der Fahrbahndecke hilft die Spannung am unteren Ende der Decke zu verringern.

Kräfte, die auf eine Schrägseilbrücke einwirken



8. Beziehen Sie sich auf vorangegangene Übungen zum Thema Stabilität einer Brücke und sprechen Sie über mögliche Probleme, die Ingenieure bei der Entwicklung von Schrägseilbrücken erfahren haben. Was passiert zum Beispiel mit der Fahrbahnplatte, wenn sie vom Turm nach außen bauen?

Helpen Sie den Schülern, zu sehen, dass so, auch wenn das Gebilde im Gleichgewicht ist, die Brücke leicht einstürzen kann.

Anwendung

- Bitten Sie die Schüler, Illustrationen und Notizen zu machen und die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen einer Schrägseil- und einer Hängebrücke zu identifizieren.
- Wiederholen Sie mit der Klasse die charakteristischen Merkmale der Schrägseilbrücke und stellen Sie folgende Fragen (die Schüler können Seite 15 der Bauanleitung heranziehen.)

- Schrägseilbrücken sind eine Kombination aus welchen zwei Brückenarten?

Die sind eine Kombination aus Auslegersystem und einer Hängebrücke, wo der Turm einen ausgewogenen Abschnitt der Fahrbahn mit Kabeln stützt.

- An welchen Plätzen stehen sie normalerweise?

Im Allgemeinen handelt es sich um Brücke mittlerer Größe. In jüngster Vergangenheit aber, wurden längere Brücken aus zwei oder mehr Schrägseiltürmen gebaut.

- Bitten Sie die Schüler, die Beobachtungen an ihrem Modell festzuhalten und dabei die korrekten Begriffe zu verwenden sowie eine beschriftete Zeichnung anzufertigen. Die Hefteinträge sollten folgende Fragen beantworten:

- Was ist die Funktion der Türme?
- Welche Funktion haben die Kabel?

Türme und Kabel stützen das Gewicht der Fahrbahnplatte und ihrer Nutzlast.

(Wenn die Schritte 6-8 fertiggestellt sind)

- Welche Teile der Brücke unterliegen (i) Druckkraft, (ii) Zugkraft?

i. Turm und Oberteil des Decks, ii. die Kabel.

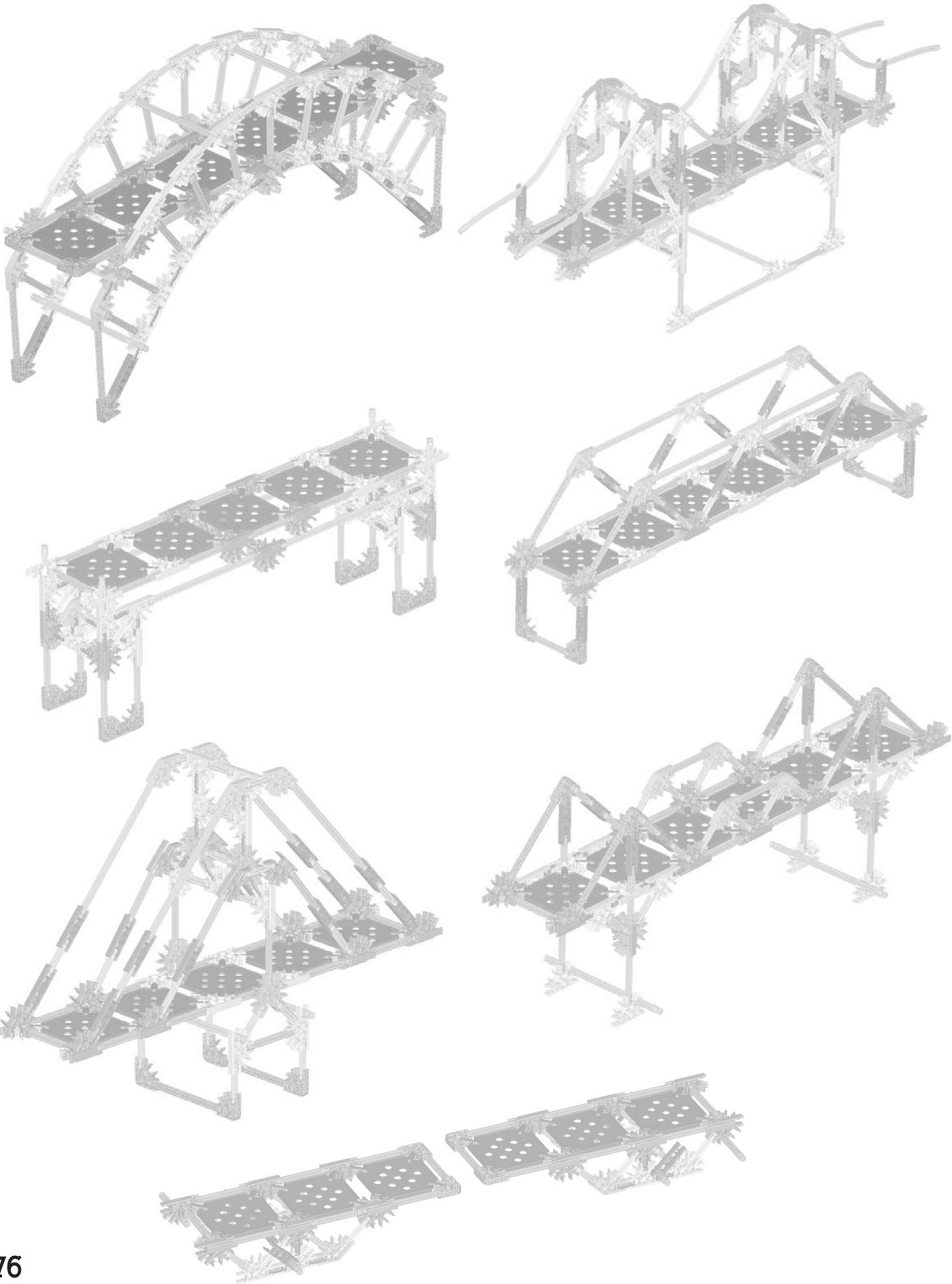
- How is the road decking made strong and rigid?

Die Kabel ziehen an ihr und formen einen leichten Bogen. Bei dieser Gelegenheit finden die Schüler vielleicht heraus, dass ein zusätzliches Fachwerk-System ebenfalls die Stärke und Härte erhöht.

- Wie wird die Fahrbahnplatte stark und fest?

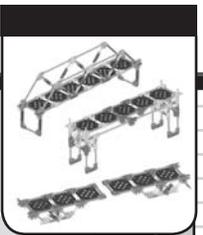
Bitten Sie die Schüler, das **Arbeitsblatt 5: Schrägseilbrücken** auszufüllen.





Eine Brücke entwerfen:

Zeit- und Kostenfaktor.



ZIELE

Die Schüler werden:

1. Das Modell einer Brücke entwerfen und bauen. Dabei muss eine Reihe von Kriterien berücksichtigt werden.
2. Die Kosten des für den Brückenbau benötigten Materials kalkulieren.
3. Mit anderen Teams einen Wettstreit austragen, bei dem das kostengünstigste Modell gefunden werden soll. Das Modell muss innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens erstellt werden und alle Anforderungen erfüllen.

MATERIAL

Jede Gruppe von 4-6 Schülern benötigt:

- | | |
|---|-------------------|
| - 1 oder 2 K'NEX Brücken-Sets mit Anleitung | - Büroklammern |
| - Schnur oder Kordel | - Pfeifenreiniger |
| - Papier ca. 21 x 27 cm | - Trinkhalme |
| - Bleistifte | - Klebeband |
| - Scheren | - Schulhefte |

DURCHFÜHRUNG

Einleitung

- Nachdem die Schüler ihre Untersuchungen zu den verschiedenen Brückenarten abgeschlossen haben, sollten sie nun verstehen, dass die Ingenieure nicht nur den Standort und die Funktion bei den Entwürfen für eine neue Brücke berücksichtigen müssen. Die Kosten und der Zeitrahmen für die Fertigstellung der Brücke sind wichtige Faktoren. Wengleich sie aus Sicherheitsgründen nicht an den Materialkosten sparen können, müssen sie doch innerhalb des Budgets bleiben. Sie müssen auch bedenken, dass vielleicht nur bestimmte Materialien für die Brücke zur Verfügung stehen und das könnte Einfluss auf den Entwurf und Bau der Brücke haben. Es ist ebenfalls wichtig, sich an einen Terminplan zu halten – werden Fristen nicht eingehalten, lässt dies die Kosten für den Bau der Brücke steigen und der Verkehr wird für einen längeren Zeitraum beeinträchtigt.

- Erklären sie den Schülern, dass sie in Gruppen von 4-6 Schülern als eine Art "Firma" für Brückenbau arbeiten und eine Brücke gestalten, die eine spezielle Last tragen kann. Jedes Team sollte sich einen "Firmennamen" geben.

Die Aufgabe

- Entwurf und Bau einer Brücke, die eine Lücke von 40cm überspannen und eine Last von 50g auf ihrer Mitte tragen kann. Die Brücke muss eine Fahrbahn haben, auf der sich Fahrzeuge bewegen können.

Wettkampf-Bedingungen

- Diese Übung ist eine Art Wettstreit, bei dem die Schüler gebeten werden, ihre Brücke aus einem Blatt Papier (ca. 21 x 27 cm), Büroklammern, Klebeband, Pfeifenreinigern, Trinkhalmen und einer Schnur zu bauen. Die Firmen entscheiden, welches Material sich für ihren Entwurf am besten eignet.
- Die Firmen dürfen keine K'NEX Bauteile für ihren Entwurf verwenden, sie können aber die Sets für Tests oder Versuche heranziehen.
- Die Firmen haben 45 Minuten Zeit für die Fertigstellung des Entwurfs, in dieser Zeit müssen sie den Materialeinsatz schätzen und den Einkauf vornehmen. Für den Bau der Brücke haben sie weitere 45 Minuten.

☉ Das Material kann im “Lehrer-Geschäft“ zu folgenden Preisen gekauft werden:

- Papier 21 x 27 cm € 5 /Blatt
- Klebeband € 1 /10 cm Streifen
- Büroklammer € 0,50 / Stück
- Trinkhalm € 1 /Stück
- Pfeifenreiniger € 2 /Stück
- Schnur/Kordel € 1 /10 cm Stück

☉ Diejenigen, die am besten planen, haben am Ende kein Material übrig. Überschüssiges Material wird vom Lehrer-Geschäft zum halben Preis zurückgekauft. Sollte nach dem Ersteinkauf weiteres Material benötigt werden, kann dies zum doppelten Preis gekauft werden.

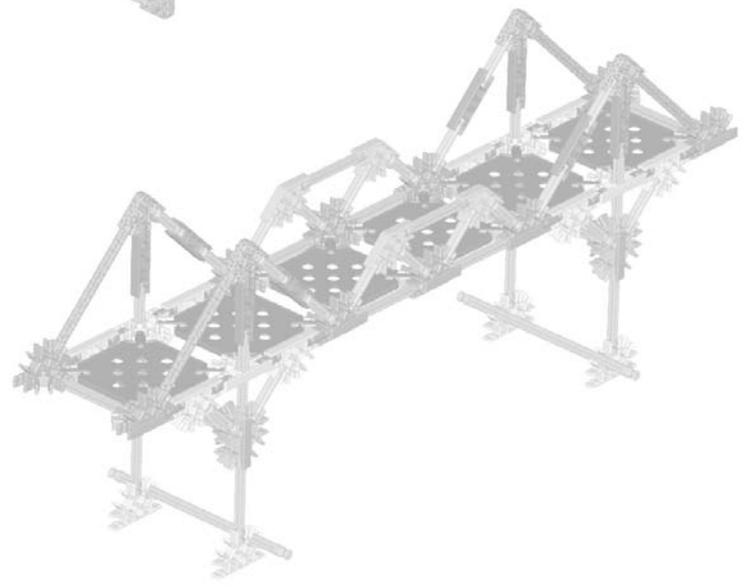
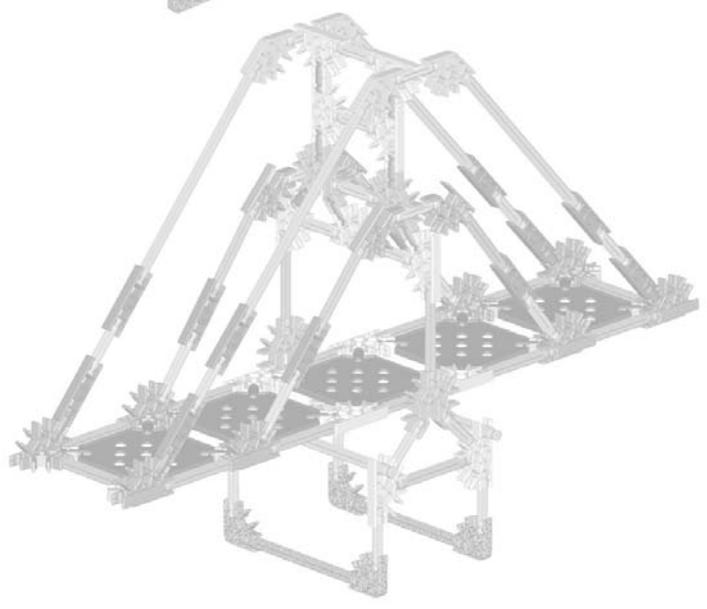
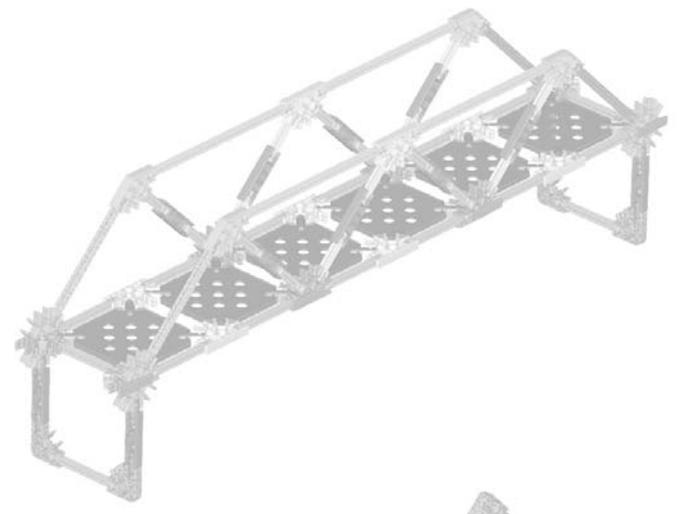
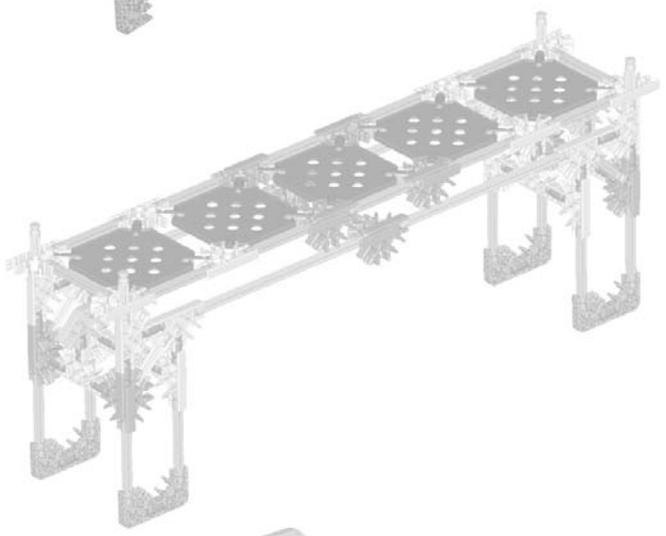
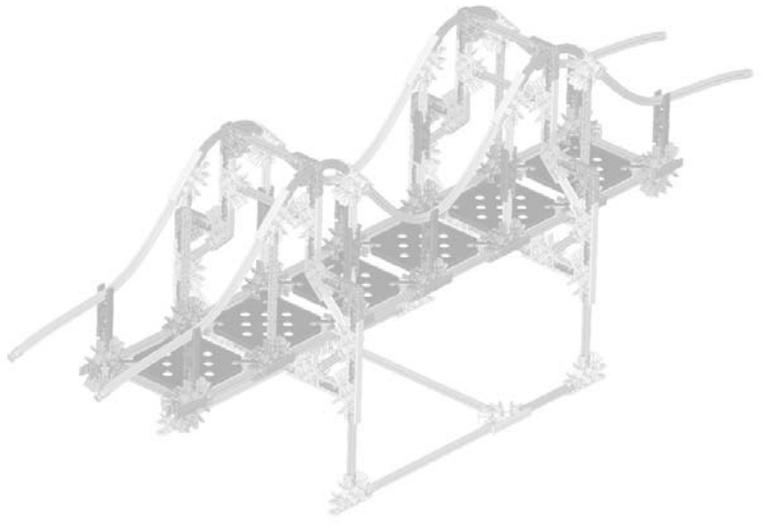
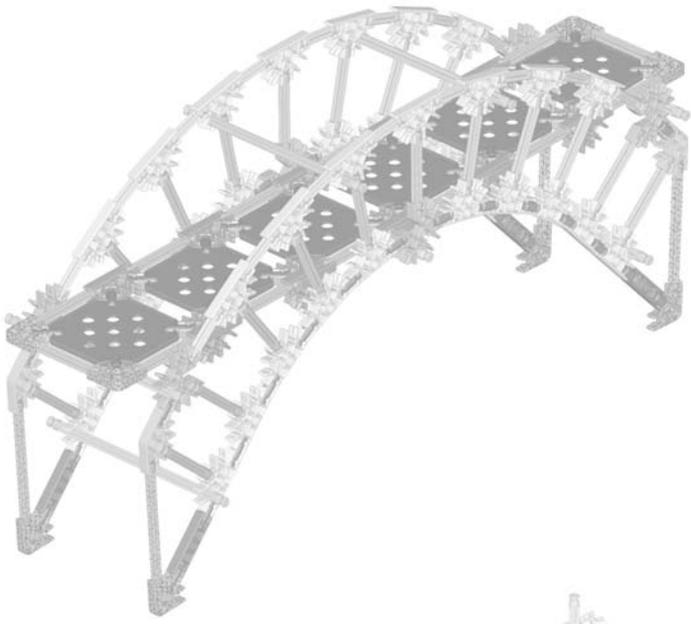
☉ Die Firmen müssen für ihre Brücke einen Namen finden.

Der Gewinner

☉ Gewinner ist die Firma, deren Brücke alle Anforderungen erfüllt, innerhalb der vorgegebenen Zeit fertiggestellt wurde und die niedrigsten Kosten aufweist.

Design und Bau

- ☉ Erinnern sie die Schüler, dass Vorplanung und Testen möglicherweise der Schlüssel zum erfolgreichen Einstieg in den Wettkampf sind. Sie sollten die Schüler ermuntern, auch anderes Material, das nicht auf der offiziellen Materialliste steht, für die Tests zu verwenden.
- ☉ Schlagen sie vor, dass die Firmen all ihre Ideen und Gründe für das Verwerfen oder Annehmen auf Papier festhalten. Sie sollten auch Notizen und Kommentare zu den Arbeiten an ihrem Design notieren.
- ☉ Ermutigen sie die Schüler, gemeinsame Entscheidungen zu treffen und sich gegenseitig bei der Arbeit und dem Einhalten der Fristen zu unterstützen. Erklären sie den Firmen, dass sie die Teamarbeit überwachen - jeder sollte die Möglichkeit haben, sich am Brückenentwurf und dem Bau zu beteiligen. Vielleicht wollen sie jedem Teammitglied eine bestimmte Aufgabe zuteilen.
- ☉ Erinnern sie die Firmen, ihre Schulhefte zu nützen und Material und Kosten im Auge zu behalten. Sie wollen ihre Informationen möglicherweise in einer Aufstellung festhalten und das Material, die Einzelkosten und die Gesamtsumme entsprechend auflisten. Sie sollten ihre Kalkulationen überprüfen und sicherstellen, dass sie ihre Kosten richtig zusammengezählt haben.
- ☉ Wenn sie ihren Brückenentwurf auswerten, sollten sie sich folgende Fragen stellen:
 - Wie können wir sie tragfähig machen?
 - Wie können wir sie verstärken?
 - Wo sind die Schwachstellen in dem Entwurf?
 - Wie können wir sie stützen?
- ☉ Erlauben sie jeder Firma, ihre Brücke zu testen und sicher zu stellen, dass sie das Gewicht von 50g tragen kann.
- ☉ Überprüfen sie bei jeder Gruppe Kosten und Zeit und vergeben sie den Brückenbauvertrag an die Firma, die allen Anforderungen in Bezug auf Budget, Zeit, Brückenstärke und effektive Teamarbeit gerecht wird. (Bereiten sie ein offiziell aussehendes Dokument als “Vertrag” vor.)



**ARBEITSBLATT 1****BALKENBRÜCKEN**

Beschreibe mit kurzen Sätzen, welche Funktion die folgenden Teile einer Balkenbrücke übernehmen.

1. PFEILER _____

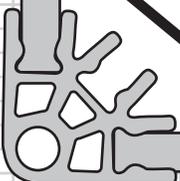
2. TRÄGER _____

3. SPANNWEITE _____

4. BRÜCKENDECKE _____

5. RAMPE _____

6. GELÄNDER _____



ANTWORTEN:

ARBEITSBLATT 1: BALKENBRÜCKEN

PFEILER: senkrechte Stützen, die eine Balkenbrücke halten.

TRÄGER: Horizontales Rahmenwerk, das auf Pfeilern aufliegt.

SPANNWEITE: Abstand zwischen den Pfeilern.

BRÜCKENDECKE: Grundlage, auf der die Fahrbahn oder der Gehweg gebaut ist.

RAMPE: Schräger Abschnitt, der das Land mit dem Balken verbindet.

GELÄNDER: Schutzvorrichtung entlang der Decke, die verhindert, dass Dinge oder Menschen von der Brücke fallen.





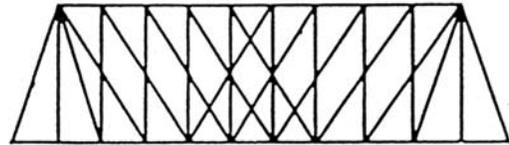
ARBEITSBLATT 2

FACHWERK-MIX

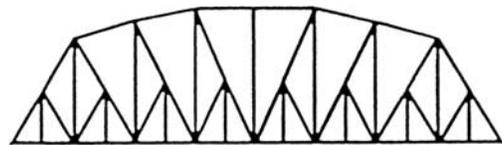
Während in Deutschland die Fachwerkträger vorwiegend nach der äußeren Form unterschieden werden (z.B. Parallelträger, Trapezträger), werden in Nordamerika die Fachwerkträger nach dem Konstrukteur oder der Bahngesellschaft bezeichnet, die einen bestimmten Trägertyp vorwiegend einsetzte. Eine bebilderte Darstellung findest du unter: <http://www.karl-gotsch.de/Lexikon/Fachwerk.htm>

Unten sind die Namen und Abbildungen der verschiedenen nordamerikanischen Fachwerkbrücken durcheinander geraten, versuche sie wieder zu ordnen und ziehe Linien vom Namen der Brücke zur richtigen Abbildung.

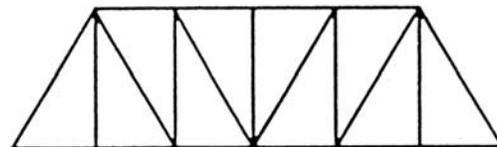
BALTIMORE (PRATT)



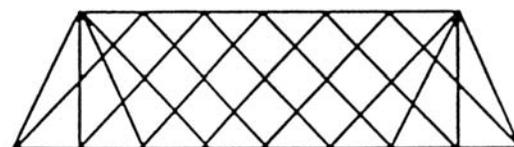
WARREN



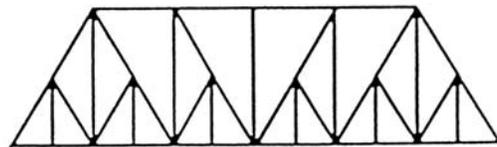
PENNSYLVANIA (PRATT)



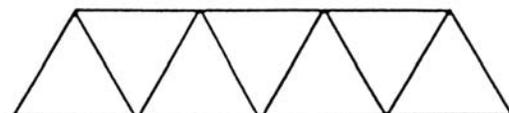
LATTICE



PRATT



WHIPPLE



ANTWORT:

ARBEITSBLATT 2: FACHWERK-MIX

BALTIMORE (PRATT)

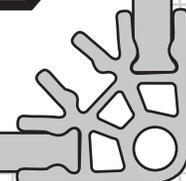
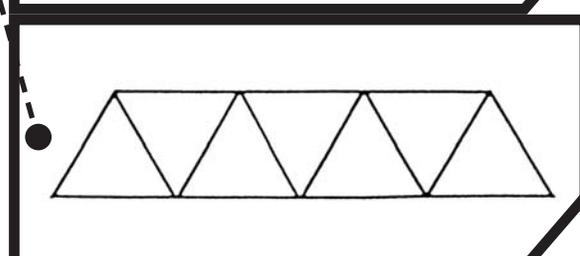
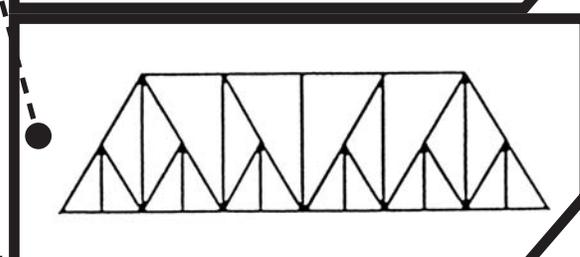
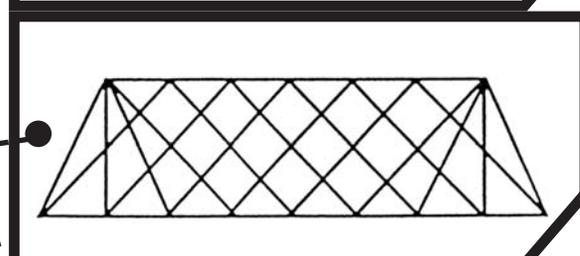
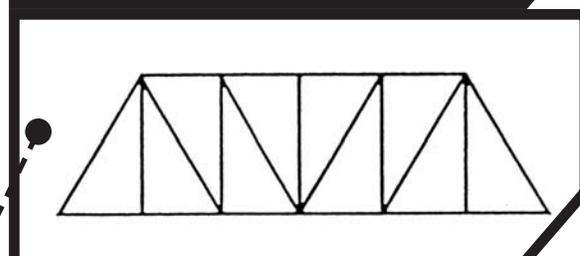
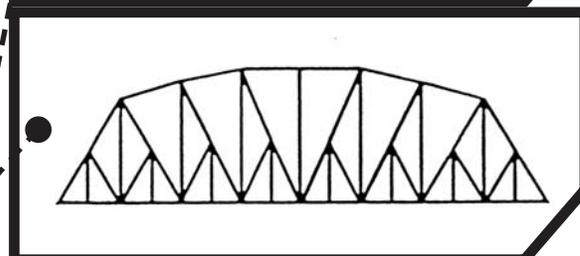
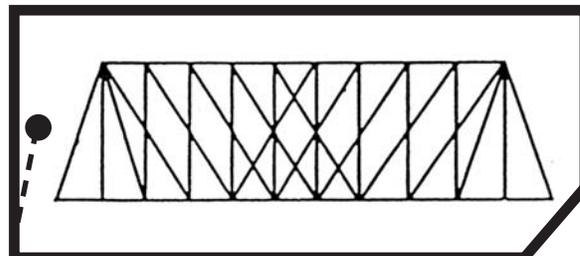
WARREN

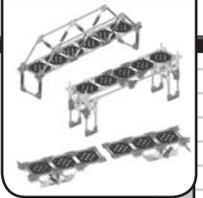
PENNSYLVANIA (PRATT)

LATTICE

PRATT

WHIPPLE





ARBEITSBLATT 3

BOGENBRÜCKE

Kannst du die folgenden Sätze über eine Bogenbrücke vervollständigen? Benutze dazu die Wörter aus dem Kasten unten. Nachdem du alle fehlenden Wörter eingetragen hast, kannst du mit Hilfe der Buchstaben auf den fett unterlegten Platzhaltern die nachfolgende Frage beantworten:

Wofür wurden Bögen vor dem Brückenbau genutzt?

WIDERLAGER

AQUÄDUKTE

SCHLUSSSTEIN

STEIN

RÖMER

BETON

STAHL

DRUCKKRAFT

1. Die Seitenteile der Brücke, wo sie mit dem Land verbunden sind, sie stützen den Bogen:

_____ **a** _____

2. Drei Materialien aus denen Bogenbrücken hergestellt werden:

_____ **e** _____ **n** _____

_____ **o** _____

_____ **t** _____

3. Spezielle, lange Bögen, die Wasser von einem Fluss in die Stadt bringen:

_____ **k** _____

4. Die Kraft, die bei einer Bogenbrücke am stärksten wirkt:

D _____

5. Welche Kultur hat die Bogenbrücke entwickelt? Die Kultur der:

_____ **ö** _____ **r** _____

6. Der obere mittlere Stein in einer Bogenbrücke, alle anderen Steinen lehnen sich an ihn oder drücken dagegen:

_____ **i** _____

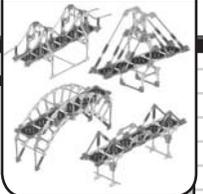
ANTWORTEN:

ARBEITSBLATT 3: BOGENBRÜCKEN

- | | |
|------------------------|-----------------|
| 1. Widerlager | 4. Druckkraft |
| 2. Stein, Beton, Stahl | 5. Römer |
| 3. Aquädukte | 6. Schlussstein |

Bögen dienen als DEKORATION.



**ARBEITSBLATT 4****DIE HÄNGEBRÜCKE**

Hier findest du einige Aussagen über die Hängebrücke. Sind sie wahr oder falsch?

Wenn eine Aussage falsch ist, ändere sie so ab, dass sie richtig wird.

- _____ 1. Alle Hängebrücken haben drei Dinge gemeinsam: zwei sehr hohe Türme/Pylonen; starke Verankerungen; Kabel, die aus vielen Drähten gefertigt sind.

- _____ 2. Die Decke hängt an den Kabeln.

- _____ 3. Hängebrücken haben üblicherweise die längste Spannweite von allen Brücken.

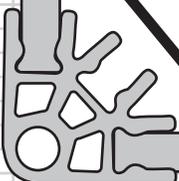
- _____ 4. Je länger die Hängebrücke ist, desto niedriger müssen die Türme/Pylonen sein.

- _____ 5. Der schlimmste Feind einer Hängebrücke ist Regen, denn er kann die Stahlkabel rosten lassen.

- _____ 6. Einige der berühmtesten Brücken der Welt sind Hängebrücken.

- _____ 7. An den Kabeln einer Hängebrücke arbeiten keine Zugkräfte.

- _____ 8. Einer der letzten Arbeitsschritte beim Bau einer Hängebrücke ist das Verankern der Kabel.



ANTWORT:

**ARBEITSBLATT 4:
DIE HÄNGEBRÜCKE**

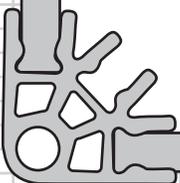
1. Wahr
2. Wahr
3. Wahr
4. Falsch: Je länger eine Hängebrücke ist, desto höher müssen die Türme/Pylonen sein.
5. Falsch: Der schlimmste Feind einer Hängebrücke ist Wind, denn er kann dafür sorgen, dass die Brücke schwingt oder sich verdreht.
6. Wahr
7. Falsch: Die Kabel einer Hängebrücke stehen unter permanenter Zugkraft.
8. Falsch: Einer der letzten Arbeitsschritte beim Bau einer Hängebrücke ist das Hängen des Decks.



**ARBEITSBLATT 5****SCHRÄGSEILBRÜCKEN**

Im Folgenden findest du verschiedene Brückeneigenschaften. Setze einen Haken neben die Aussagen, die auf eine Schrägseilbrücke zutreffen.

- Zwischen Turm und Decke sind Kabel gespannt.
- Diese Brückenart überspannt leicht Entfernungen unter 1.000 Metern.
- Ein Turm stützt einen sich im Gleichgewicht befindenden Abschnitt des Decks.
- Es sind keine Verankerungen am Ende des Kabels nötig.
- Die Decke hebt sich, um Schiffe sicher passieren zu lassen.
- Bei diesem Brückentyp finden sich immer Widerlager.
- Zugkraft wirkt auf die Kabel ein.
- Ein Schlussstein hilft, die anderen Steine der Brücke an ihrem Platz zu halten.



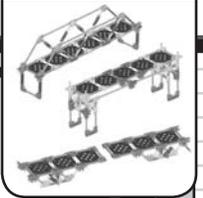
ANTWORT:

ARBEITSBLATT 5: SCHRÄGSEILBRÜCKEN

Die folgenden Prinzipien gelten für Schrägseilbrücken:

- ✓ Zwischen Turm und Decke sind Kabel gespannt.
- ✓ Diese Brückenart überspannt leicht Entfernungen unter 1.000 Metern.
- ✓ Ein Turm stützt einen sich im Gleichgewicht befindenden Abschnitt des Decks.
- ✓ Es sind keine Verankerungen am Ende des Kabels nötig.
- ✓ Zugkraft wirkt auf die Kabel ein.





ARBEITSBLATT 6

BENENNE DIESE BRÜCKE

Im Folgenden findest du Aussagen über die verschiedenen Brückenarten, die du kennengelernt hast. Trage jeweils den richtigen Brückennamen neben die Aussage. Die Brückennamen können mehrmals genannt werden.

BOGEN**BALKEN****FACHWERK****KLAPP****AUSLEGER****HÄNGE****SCHRÄGSEILBRÜCKE**

1. Weil Brücken wie ich lang und leicht sind und hoch in die Luft ragen, ist unser größter Feind der Wind. _____
2. Die Originalversion von mir wurde von Baumeistern aus keilförmigen Steinen gefertigt, die perfekt aneinander passten. Sie wurden mit dem Gewicht der Brücke am Platz gehalten.

3. Als Brücke bin ich beliebt, wenn die Spannweite weniger als 1.000 Meter beträgt, hauptsächlich weil ich keine Verankerungen oder eine Vielzahl an Pfeilern benötige.

4. Mein Design erinnert an eine Wippe, das Wörterbuch beschreibt mich als Hebel – etwas, das sich im Gleichgewicht befindet, wenn ein Ende gesenkt wird, hebt sich das andere Ende.

5. In der Vergangenheit wurde ich zur Überbrückung von kleineren Distanzen, wie kleinen Bächen oder Flüssen eingesetzt. _____
6. Die Stärke meines Designs liegt im Einsatz von Dreiecken. _____
7. Brücken wie ich, werden üblicherweise aus zwei Balken gebaut, jeder wird dabei von einem Pfeiler gestützt. _____
8. Ich bin ein neues Brückendesign, das Elemente der Ausleger- und der Hängebrücke enthält. Ich bin leichter zu bauen als diese Brücken, mein Einsatz ist aber beschränkt, weil ich nur kürzere Distanzen überspannen kann. _____
9. Zwei Brücken mit meinem Design sind die Brooklyn Bridge und die Golden Gate Bridge. Sie haben beide Fahrbahndecken, die an Kabeln hängen, die aus Hunderten von Stahldrähten gefertigt wurden. _____
10. Ich bin eine der ältesten und einfachsten Brücken. Heute kann ich eine relativ komplexe Brücke sein, aber wie meine Vorfahren stütze ich mein eigenes Gewicht und die Nutzlast auf vertikalen Pfeilern. _____

ANTWORT:

**ARBEITSBLATT 6:
BENENNE DIESE BRÜCKE**

1. Hängebrücke
2. Bogenbrücke
3. Schrägseilbrücke
4. Klappbrücke
5. Balkenbrücke
6. Fachwerkbrücke
7. Auslegerbrücke
8. Schrägseilbrücke
9. Hängebrücke
10. Balkenbrücke

