

**Themenbereich  
Wohnen (1)  
Klassenstufe 7/8**

## Übersicht und Vorbemerkung

### 1. Vorbemerkung

Hinweise zum Unterricht

Arbeitsblatt Baustelle

### 2. Baustoffe und Bautechnik

2.1 Herstellung von Beton

2.2 Brückenbau mit Ziegeln

2.3 Wärmeausbreitung

### 3. Statik

### 4. Einfache Maschinen

### 5. Bauen in verschiedenen Kulturen

verantwortlich für den Inhalt: Th. Albrecht, U. Deinert, J. Reich

## 1. Vorbemerkung

### Hinweise zum Unterricht

1. Die im Folgenden für den Lernbereich Naturwissenschaften und Technik vorgeschlagenen Unterrichtsbausteine können durch andere ersetzt werden, wenn dadurch die angestrebten Kompetenzen erworben werden.

2. Die vorgestellten Versuchsreihen zur Materialprüfung wirken sehr umfangreich, es ist aber zu bedenken, dass die Herstellung der Schalungsformen einmalig erfolgt. Die Herstellung von Beton und/oder Ziegel durch Schülerinnen und Schüler kann im Rahmen von Projekttagen und außerhalb des Schulgebäudes durchgeführt werden.

3. Zur Klärung von fachlichen und berufsorientierenden Fragen empfiehlt sich der Besuch im **Ausbildungszentrum-Bau GmbH, Schwarzer Weg 3, 22309 Hamburg, Tel: 040 / 63 90 03-0** und in der Gewerbeschule G 19, Ansprechpartner Herr Lund, Tel. 42892-04. Beide Einrichtungen stehen auch zur fachlichen Beratung und ggf. für Besuche von Experten zur Verfügung.

### Die Unterrichtsbausteine in Einzelnen

Zu einer ersten Sachanalyse können die Schülerinnen und Schüler eine Baustelle in der Umgebung erkunden. Eine Beobachtung des Rohbaus und eine Befragung des Bauleiters sind auch ohne Gefährdung der Jugendlichen möglich. Ergänzend oder als Alternative bietet sich ein Besuch im Ausbildungszentrum Bau oder eine Internetrecherche an. Als Anregung kann Arbeitsblatt "Baustelle" fungieren.

Einige häufig benutzte Baumaterialien werden anschließend genauer analysiert:

## **Kapitel 2:** Baustoffe und Bautechnik

**Kapitel 2.1** Beton ist ein sehr häufig benutzter Baustoff und in der Schule selbst herstellbar. Es können Testreihen durchgeführt werden und dabei die Funktion der Mischungsverhältnisse und der Bewehrungen erkannt werden. Chemische (Abbinden) und physikalische (Zug- und Druckkräfte) werden anschaulich erlebt. In einer Projektwoche können anschließend (und nachhaltig) die Kenntnisse genutzt werden, um z.B. Bänke für den Schulhof oder Leichtbeton für Skulpturen (Kunstunterricht) herzustellen. Bei einem Besuch in einem Betonsteinwerk oder im Ytongwerk in Wedel werden alternative Verfahren und Materialien kennen gelernt.

**Kapitel 2.2** Der gebrannte Ziegel ist ein sehr alter Baustoff, der aufgrund seiner Wärmespeicherfähigkeit wieder häufiger genutzt wird. Schülerinnen und Schüler können Ziegel herstellen und gleichzeitig Statik und Brückenbau erleben,

**Kapitel 2.3** Neben der Festigkeit von Baustoffen spielen weitere Faktoren eine wesentliche Rolle:

- Schallschutz
- Wärmeleitfähigkeit (Wärmedurchlasskoeffizient, früher sog. k-Wert, jetzt U-Wert)
- Wärmespeicherfähigkeit
- Feuerfestigkeit

Die zur Prüfung der o.a. Eigenschaften notwendigen Testverfahren sind relativ aufwändig, deshalb wird an dieser Stelle ein Text (Arbeitsblatt Streitgespräch) eingesetzt.

Frage des Feuerschutzes aber können mit einem Busenbrenner im Vergleich zwischen Beton und Gips anschaulich dargestellt werden.

## **Kapitel 3:** Statik

Die Fragen der Statik sind für Bauvorhaben bestimmend und im Zusammenhang mit Fachwerkbauten und Dachstühlen deutlich zu erkennen. Hier bieten sich Baukastensysteme an, die auch in Klassenräumen Versuche ermöglichen. Eine anschließende Erkundung von Fachwerkstrukturen im Dorfmuseum oder im Fertighausbau verdeutlichen die Ergebnisse der Versuche und verweisen gleichzeitig auf einen weiteren Baustoff: Holz

## **Kapitel 4:** Einfache Maschinen

Große Maschinen werden zwar oft auch schon an kleinen Baustellen eingesetzt, trotzdem ist der Einsatz von "einfachen Maschinen" (Flaschenzug, Hebel) noch immer anschaulich zu beobachten.

## **Kapitel 5:** Bauen in verschiedenen Kulturen

Bauen und Wohnen wird u.a. bestimmt durch klimatische, historische und soziale Bedingungen, die von Schülerinnen und Schülern – fächerübergreifend – untersucht werden.

## Arbeitsblatt BAUSTELLE

Beim Bau von Häusern werden von verschiedenen Berufen unterschiedlichste Materialien und Werkzeuge verwendet. Versucht einige davon bei der Beobachtung einer Baustelle, im Baumarkt, im Internet oder im Ausbildungszentrum Bau herauszufinden.

	Gewerke, Berufe	Materialien	Werkzeuge
Planung			
Fundament			
Wände			
Dach			
Licht			
Wärme			
Wasser, Abwasser			
Farben			

## Unterrichtsbaustein: Beton

Beton ist ein moderner Werkstoff, der fast jede Bauform ermöglicht, und deshalb weit verbreitet und den Schülerinnen und Schülern nicht fremd ist. Sein Name kann für hervorragende technische Meisterleistungen stehen, aber auch für krasse Fehlplanungen.

Beton ist ein Gemisch aus groß- und feinkörnigen Zuschlagstoffen (zumeist Sand und Kies), hydraulischen Bindemitteln (Zement) und Wasser. Durch die Wasserzugabe wird der Zement flüssig (Zementleim) und kann so die einzelnen Zuschlagstoffe umhüllen (Frischbeton). Der Zementleim erhärtet nach einer komplizierten chemischen und physikalischen Reaktion zu Zementstein, der die einzelnen Zuschlagstoffe miteinander verkittet. Es entsteht Festbeton – ein künstlicher Stein. Die Abbindezeit beträgt bei Beton etwa 24 Stunden. Danach erfolgt das Erhärten. Tragfähig erhärtet sind z.B. Betonteile nach ca. 4 Wochen.

Die Schüler sollen Biegeprüfungen mit Hilfe selbst gefertigter Betonprobekörper durchführen und auswerten, um Einflussfaktoren auf die Festigkeit des Betons und grundlegende statische Sachverhalte bei massenaktiven Tragesystemen zu erkennen. Als unterrichtlicher Zugang zur Arbeit mit Beton eignet sich das 'Technische Experiment' sehr gut.

Zur Realisierung der oben genannten Prüf-Ziele hat sich ein Probekörper mit quadratischem Querschnitt mit 30 mm Kantenlänge bei einer Prüflänge von 650 mm bewährt. Die Prüfung der Probekörper soll durch Belastung mit Gewichten erfolgen. Als Gewichte werden Eimer verwendet, die bis zum Bruch der Betonträger kontinuierlich mit Kies gefüllt werden: die Schüler belasten die Probekörper und transportieren dann die gefüllten Eimer zur Waage - die Bruchlast wird an der Waage abgelesen und im Arbeitsblatt festgehalten - die Messergebnisse werden analysiert und interpretiert.

Die Probekörper sind so dimensioniert, dass je nach den unterrichtlichen Möglichkeiten verschiedene Faktoren experimentell untersucht werden können, wie:

### > **Verschiedene Zementmengen**

Der Wasserzementwert (W/Z-Wert) bestimmt alle wichtigen Betoneigenschaften nachdrücklich und eignet sich sehr gut für ein technisches Experiment im Unterricht. Er wird durch das Massenverhältnis des im Beton enthaltenen Wassers (Oberflächenfeuchte der Zuschläge und Zugabewasser) zum Zement gebildet:

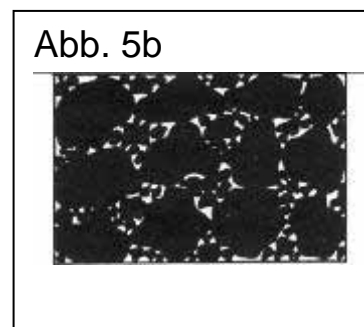
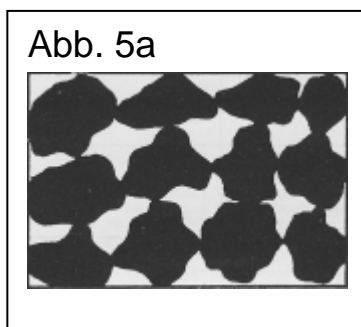
W/Z-Wert – Masse des Wassers / Masse des Zements

Für das vollständige Kristallisieren des Zements sind im Verhältnis zum Zementanteil ca. 40 % Wasser nötig (W/Z-Wert = 0,4). Weist ein Zementleim einen höheren W/Z-Wert auf, so wird das überschüssige Wasser nicht mehr vom Zement gebunden. Es bildet stattdessen ein System feiner Haarröhrchen (Kapillarporen), die sich, nachdem das Wasser verdunstet ist, mit Luft füllen. Dadurch wird die Qualität des Zementsteins und damit die des Betons verschlechtert.

### > **Verschiedene Arten und Zusammensetzungen des Zuschlags**

Beton kann mit unterschiedlichen Zuschlagstoffen hergestellt werden: Kies, Sand, Tonkugeln, Styropor usw., um unterschiedliche Eigenschaften zu erreichen. Im Allgemeinen wird ein Kies-Sand-Gemisch mit unterschiedlicher Korngröße verwendet. In einem solchen Gemisch werden die Hohlräume zwischen den größeren Steinen durch die kleineren statt mit Zementleim ausgefüllt. (Abb. 5b). Denn erstens sind Zuschläge bedeutend preiswerter (Zement ist etwa 6mal so teuer wie Zuschläge!) und zweitens werden betontechnologische Nachteile (z. B. erhöhtes Schwinden) vermieden.

In der Regel wird Beton so zusammengesetzt, dass er Zement und Zuschlag im Verhältnis 1:4 enthält. Im schulischen Bereich sollte ein höherer Zementanteil genommen werden, damit Unzulänglichkeiten beim Mischen von Hand nicht zu einer Minderung der Betonqualität führen! Empfehlenswert: 1:3 oder 1:3,5



Aus diesen Überlegungen ergeben sich folgende Forderungen:

- Die kleineren Körner müssen in einer solchen Menge vorhanden sein, dass sie die Hohlräume zwischen den größeren weitgehend ausfüllen.
- Das Größtkorn ist so zu wählen, wie es die Verarbeitung, die Bewehrung und die Abmessungen des Bauteils, also der Prüfkörper, erlauben. (Die Größe des Größtkorns darf nur  $\frac{1}{3}$ , besser jedoch  $\frac{1}{5}$ , der kleinsten Bautenabmessung nicht überschreiten.)

Auf Grund dieser Erläuterungen wurde mit Hilfe empirischer Untersuchungen folgendes Zuschlagsgemisch für die im Unterricht nutzbaren Prüfkörper entwickelt:

- 40% Sand der Korngröße 0 mm bis 2 mm
- 30% Quarzsand der Korngröße 2 mm bis 3 mm
- 30% Kies der Korngröße 3 mm bis 5 mm.

Dieses Gemisch liefert besonders gut abgestufte Messwerte bei den Experimentalreihen. Dabei sind die Werte innerhalb einer Versuchsgruppe weitgehend homogen.

Oft können jedoch nur genormte Zuschläge preisgünstig bezogen werden. Dann ist folgendes Gemisch, das sich auch für eine Vielzahl von Werkstücken eignet, zu empfehlen:

- 40%-55% Sand der Korngröße 0 mm bis 2 mm
- 45%-60% Kies der Korngröße 2 mm bis 8 mm

Um einen homogenen Beton zu erhalten, ist intensives Mischen der Bestandteile erforderlich. Für die Probekörper sind nur kleine Betonmengen erforderlich, die in einem Eimer mit Hilfe eines Spachtels (oder einer Kelle) gut gemischt werden können. Dabei werden bereits vor der Wassergabe die trockenen Bestandteile (Zement und Zuschläge) intensiv vermengt.

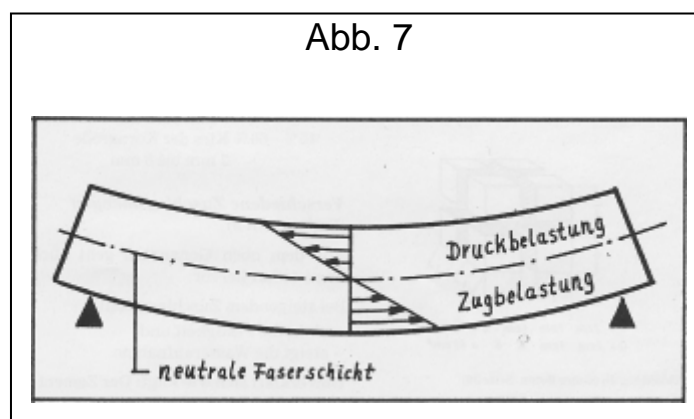
Der in das Bauteil eingebrachte Frischbeton enthält je nach Konsistenz und Zuschlaggemisch mehr oder weniger viele Hohlräume. Diese mit Luft gefüllten Hohlräume müssen durch Verdichtung so weit wie möglich entfernt werden. Ohne ausreichende Verdichtung werden die angestrebte Festigkeit und auch andere Eigenschaften des Betons, wie z. B. Wasserundurchlässigkeit und Rostschutz, nicht erreicht. Dabei kommen je nach Konsistenz des Betons verschiedene Verdichtungstechniken zum Einsatz. Einen guten Überblick gibt die erste Hälfte des Films „Verdichten von Beton mit dem Innenrüttler“ (FWU Film Nr. 32 2376).

Der im Beton enthaltene Zement benötigt, wie bereits beschrieben, zum Erhärten eine bestimmte Wassermenge, die genügend lange zur Verfügung stehen muss. Beton muss also nicht, wie laienhaft vermutet, 28 Tage trocknen, sondern braucht diese Zeit zum Erreichen der Endfestigkeit. Deshalb werden die Probekörper mindestens 7 Tage lang durch eine Folie möglichst luftdicht abgedeckt.

### > Stahlbeton

Der Prototyp massenaktiver Tragsysteme ist der Linienträger auf 2 Stützen. Mit der Masse seines Querschnitts lenkt er senkrecht wirkende Kräfte um 90° um und trägt sie auf die Stützen ab. Dabei wird der Balken durch die äußeren Kräfte (Kräfte, die auf den Träger einwirken) auf Biegung beansprucht. Im Balken treten dann innere Kräfte auf, die den äußeren entgegenwirken. Es handelt sich hier v. a. um Druck- und Zugkräfte, die entsprechend Abb. 7 im Balken aktiviert werden.

Abb. 7



Die hervorstechendste Eigenschaft von Beton ist seine hohe Druckfestigkeit. Dieser positiven Eigenschaft steht eine sehr viel geringere Zugfestigkeit gegenüber (nur etwa 1/10 bis 1/15 der Druckfestigkeit), die aber ausgeglichen werden kann, indem man in Betonteile an zugbeanspruchten Stellen Stahleinlagen (Bewehrungen, Armierungen) hineingibt. Den dadurch entstehenden Verbundstoff nennt man Stahlbeton. In ihm ergänzen sich Beton und Stahl auf ideale Weise und ergeben außergewöhnlich hoch belastbare Bauteile.

### > Varianten der Armierung

Die oben genannten theoretischen Grundlagen können experimentell mit Schülern erarbeitet werden. Es werden dazu drei verschiedene Arten von Prüfkörpern hergestellt, bei denen die Bewehrung je oben, in der Mitte und unten liegt.

Falls möglich kann - wenn die richtige Lage der Armierung feststeht - auch deren Dimension verändert werden. Dabei ist es möglich, entweder unterschiedlich dicke Drähte als Armierungseisen zu verwenden oder einfach die Anzahl der Drähte zu variieren.

Bei Stahlbeton ist es besonders wichtig, dass Beton und Stahl gut aneinander haften. Dies kann gezeigt werden, wenn man die Drahtoberfläche wie folgt verändert:

- blanker Draht
- Draht mit eingeschlagenen Kerben
- Drähte mit Korrosions-Schutzanstrich \*)
- verdrehte Drähte \*\*)

### **Anmerkungen:**

Die letztgenannte Möglichkeit \*\*) ist bei den Experimenten zu bevorzugen, da Beton und Stahl durch Formschluss optimal aneinander haften, die Herstellung geradliniger Armierungen am problemlosesten ist und die Drähte leicht mit Hilfe einer elektrischen Handbohrmaschine miteinander verdreht werden können.

Isolierte Drähte wie etwa die mit Korrosions-Schutzanstrich \*) eignen sich überhaupt nicht, weil kein „Kraftschluss“ zwischen Beton und Stahl erzielt wird – ebenso sind Armierungen aus anderen Metallen als Stahl ungeeignet, weil ihre Wärmeausdehnungszahlen ungleich sind.

**Ergänzung:** Die o.a. Versuche können die Grundlage bilden für den Selbstbau von Gestaltungselementen für den Schulhof. Gute Erfahrungen liegen vor beim Bau von Tischtennisplatten, Sitzwürfel oder Bänken, Blumenkästen. Dabei werden alle Themen (Problemdefinition, Planung, Schalungsbau, Bewehrung, Mischungsverhältnisse) realitätsnah berücksichtigt. Auskunft ggf. Gewerbeschule... oder Ausbildungszentrum Bau. Beide können auch Ziel von Erkundungen sein.

## Zur Durchführung der technischen Experimente

### 1. Einführung: Vorbereitung auf die Experimente

Motivierend dürfte als Einstieg in die Unterrichtsarbeit die Betrachtung eines Bauwerkes aus Beton wirken. Schulgebäude bieten hier (leider) oft eine Fülle von Anschauungsmaterial.

Im Rahmen eines Unterrichtsgesprächs äußern die Schüler ihre Meinungen und Einstellungen gegenüber diesem Baustoff. Mit Hilfe von Abbildungen (Bildkarten, Dias, kann z.B. erarbeitet werden:

- die große Plastizität von Beton (Bsp.: Wallfahrtskirche in Ron-Champs von Le Corbusier)
- die krassen Fehlplanungen im Bereich des Wohnungsbaus. Hier wurden Architekten und Städteplaner – von der fast unbegrenzten Formbarkeit des Betons verführt – zu gedankenlosen und rein rationalen Bauten verleitet

### 2. Zusammensetzung von Beton

Woraus besteht der künstliche Stein, der sich so vielseitig gestalten lässt? Ein aufgesägtes Betonteil (z. B.: eine Gartenplatte) leistet hier gute Dienste, da man in den Werkstoff „hineinsehen“ kann.

Folgendes Tafelbild (Abb. 8) kann erarbeitet werden

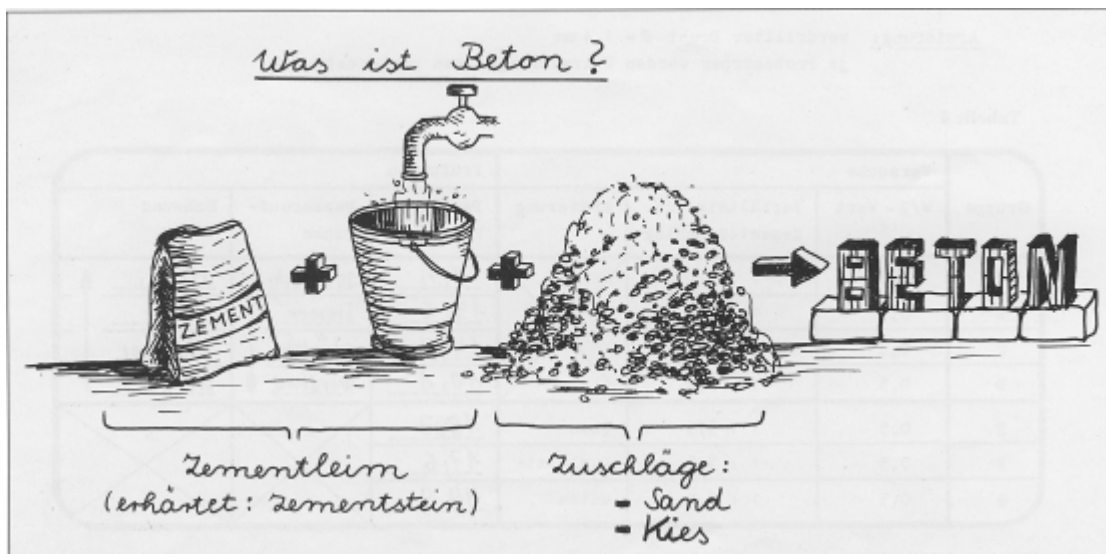


Abb. 8 (...Tafelbild-Skizze)

Anhand folgender Beispiele können die Schüler die wichtigsten Anforderungen an diesen Baustoff erkennen:

- **Beton muss eine große Festigkeit besitzen**
  - o Bsp.: Viadukte, Hochhäuser und Staudämme
- **Beton darf nur wenig Wasser saugen, um u. a. frostbeständig zu sein**
  - o Bsp.: Staudämme und Pflanztröge
- **Beton darf beim Trocknen kaum schrumpfen, um Risse in den Bauwerken zu verhindern**
  - o Bsp.: Trifft für alle Bauteile aus Beton zu

### 3. Herstellung der „Schalungen“

Um die Probekörper problemlos herstellen zu können, benötigt man eine Einrichtung, die es in einer einfachen Weise ermöglicht, eine Vielzahl von Probekörpern zu produzieren (Abb. 9). Diese kann auch von Schülerinnen und Schülern einmalig hergestellt und immer wieder verwendet werden.

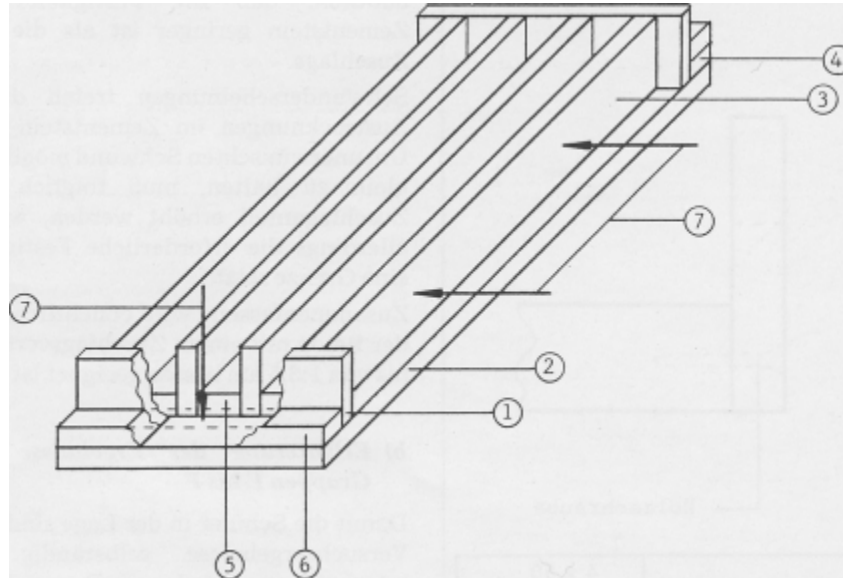


Abb. 9

<b>Werkstoff:</b>		<b>19mm Spanplatte / beschichtet</b>	
<b>Stück</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Teil</b>	<b>Abmessungen (mm)</b>
2	Seitenleiste	1	200 x 49
1	Grundplatte	2	818 x 200
4	Trennleiste	3	700 x 49
1	Halteblock	4	200x 40
3	Abstandleiste	5	700 x 30
1	Klemmleiste	6	200 x 40
3	Klemm- oder Schraubzwinge	7	Spannweite 200

Der Aufbau besteht aus einer Grundplatte und Leisten, deren Oberflächen kunststoffbeschichtet sind. Die Leisten werden zusammengelegt und mit Klemm- bzw. Schraubzwingen gehalten. Die hintere Seitenleiste (1) wird durch den Halteblock (4) arretiert, der aus zwei aufeinander montierten Spanplattenleisten besteht, die mit der Grundplatte fest verschraubt sind.

Durch die Kunststoffbeschichtung der Leisten wird erreicht, dass :

- die Verwendung von Schalöl nicht unbedingt erforderlich ist
- die Schalung robust ist und oft verwendet werden kann
- dem Beton beim Trocknen keine Feuchtigkeit entzogen wird

**4. Herstellen der Probekörper**

<b>Arbeitsschritt</b>	<b>Tätigkeit</b>	<b>Hilfsmittel</b>
A. Schalung vor- behandeln	1. Schalung zusammenbauen 2. Schalung einölen 3. Schalung beschriften	Schalung 3 Holzzwingen Schalöl, Bestäuber Folienstift, permanent
B. Trocken- mischung her- stellen	4. Bestandteile abwiegen 5. Bestandteile im trockenen Zustand (!) gut mischen	Zement, Zuschläge Waage mit Gewichten Handschaufeln, Eimer Herstellungstabelle (Gipser-) Spachtel
C. Beton herstellen	6. Wasser abmessen 7. Wasser langsam zugeben - stets gut mischen!	Wasser Messzylinder Spachtel
D. Probekörper herstellen	8. Beton in die Schalung ein- füllen 9. Beton verdichten: steifer Beton: stampfen - plastischer Beton: rütteln - weicher Beton: stochern	Spachtel Rundholz d=20mm Holzhammer Rundholz d=8mm
E. Nachbehandlung	10. Probekörper luftdicht abdecken	Folie

Tabelle 1: Arbeitsplan

Die Herstellung der Betonkörper erfolgt in Partnerarbeit. Jede Gruppe erhält eine Schalung und stellt drei gleiche Prüfkörper her, um Schwankungen der Messwerte auszugleichen. Die einzelnen Arbeitsschritte und erforderlichen Medien sind dem Arbeitsplan (siehe Tabelle 1) zu entnehmen, der mit den Schülern erarbeitet wird.

Die Experimente werden im gruppenteiligen Verfahren mit gleichen oder ggf. auch mit unterschiedlichen Prüfaufträgen durchgeführt. Zu berücksichtigen gilt dabei nur, dass das Gesamtgewicht aller Bestandteile (einschließlich des Wassers) 5 kg bis 6 kg beträgt!

Die Bilder 1+2 veranschaulichen das Herstellen der Prüfkörper :

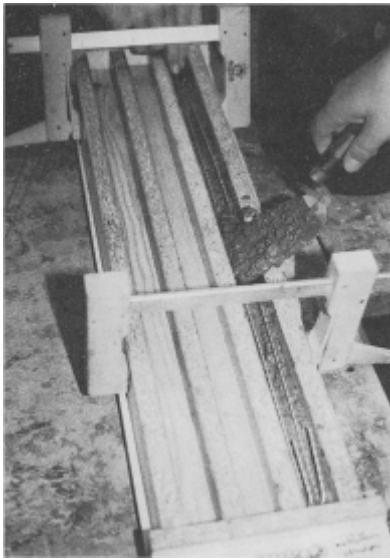


Bild 1: die Armierungsdrähte werden abgedeckt

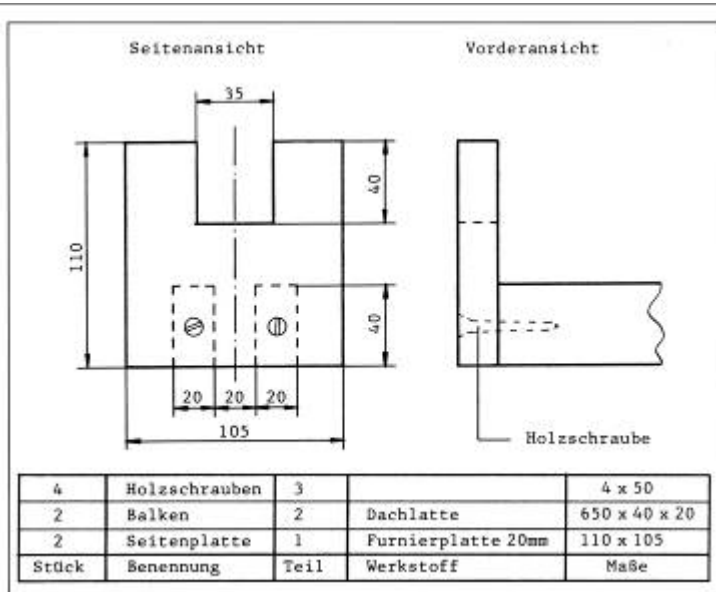


Bild 2: Einfüllen des Betons in die Formen für die Prüfkörper – die Abdeckfolie liegt bereit

### 5. Herstellung der Prüfvorrichtungen

Zur Prüfung der Probekörper benötigt noch jede Schülergruppe eine Prüfvorrichtung (siehe Abb. 10). Sie dient

- der Genauigkeit der Messergebnisse, da die Prüflänge stets konstant ist
- dazu, dass die Belastung anhand einer Markierung auf dem Balken genau in der Mitte erfolgt
- der Unfallverhütung, da eine Verletzungsgefahr durch herabfallende Probekörper ausgeschlossen ist



Die Prüfvorrichtungen können von zügig arbeitenden Schülern bereits als Vorbereitung auf dieses Unterrichtsthema angefertigt werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass zwei bzw. drei Schülergruppen ihre Experimente nacheinander an derselben Prüfvorrichtung ausführen.

Abb. 10

## **6. Prüfung der Probekörper**

Die Kriterien für „guten Beton“ werden zunächst wieder in Erinnerung gerufen, denn sie gilt es jetzt zu erforschen. Dann werden die „Prüfplätze“ vorbereitet. Jeder Arbeitsplatz wird ausgestattet mit:

- den Probekörpern
  - einer Prüfvorrichtung, die zwischen zwei Werkbänken aufgelegt wird
  - einem Eimer, zum Einfüllen des Gewichts (Kies)
  - einem Seil mit Schlinge und Haken
  - einem Behälter mit Kies
  - einer Handschaufel zum Einfüllen des Kieses
  - einem Arbeitsblatt 1, das die Arbeitsanweisungen für die einzelnen Gruppen enthält.
- Dadurch wird ein gezieltes Arbeiten und eine übersichtliche Ergebnissicherung erreicht

Außerdem benötigt man eine Personen-Waage zum Wiegen der gefüllten Eimer - so wird die Bruchlast schnell ermittelt.



**Bild 4:** ... Schülerteams bei der Prüfung der Probekörper

## 7. Auswertung der Experimente

Die Resultate der einzelnen Gruppen werden mithilfe einer „Auswertungstabelle“ für alle Schüler transparent gemacht. Die Gruppen erhalten den Arbeitsauftrag, mit Hilfe der erarbeiteten Sachverhalte die Messergebnisse zu erläutern. Zu ihrer eigenen Kontrolle sollen sie versuchen, den Lückentext des Arbeitsblatts auszufüllen und die richtige Lage der Armierung einzutragen.

### Stahlbeton

Wird ein Balken auf Biegung beansprucht, so treten in ihm Zug- und Druck kräfte auf.

Beton besitzt eine sehr hohe Druckfestigkeit, aber nur geringe Zugfestigkeit. Deshalb gibt man in die zugbeanspruchten Stellen eines Trägers Stahleinlagen ( sogenannte Armierungen oder Bewehrungen ) hinein, die die Zugkräfte aufnehmen. Den dabei entstehenden Verbundstoff nennt man Stahlbeton. In ihm ergänzen sich Beton und Stahl auf ideale Weise und ergeben außergewöhnlich hoch belastbare Bauteile.

Abb. 11

Teil 4 des Arbeitsblatts 2b enthält abschließend Arbeitsbeispiele für eine Hausaufgabe, in denen die Lage der Bewehrung bei anderen Belastungsfällen problematisiert wird. Die Lösungen sind Abb.12 zu entnehmen.

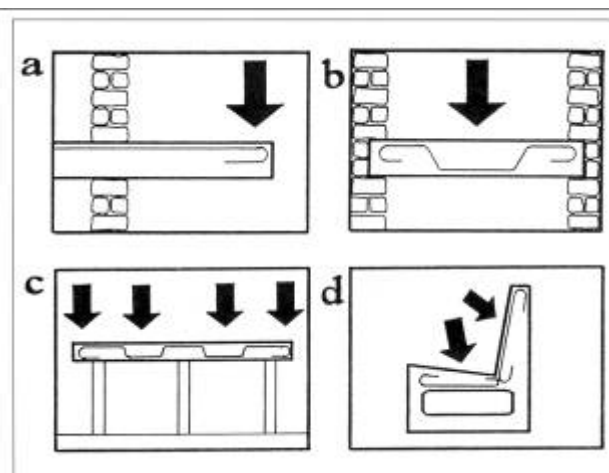


Abb. 12

Arbeitsblatt 1: Versuchsdurchführung

# Experimentelle Prüfung der Probekörper

**Gruppe:** \_\_\_\_\_ Probekörper mit \_\_\_\_\_

- W/Z – Wert =
- Zement : Zuschlag =
- \_\_\_\_\_

**Name:** \_\_\_\_\_

Arbeitsauftrag: Prüft mindestens 2 der Probekörper, indem ihr sie in der Mitte kontinuierlich bis zum Bruch belastet.

Arbeitsschritte:

- Probekörper mit Seilschlinge in die Prüfvorrichtung einlegen.
- Seilschlinge mit Hilfe der Markierung in Mittelstellung bringen.
- Eimer anhängen und kontinuierlich bis zum Bruch des Prüfkörpers belasten.
- Eimer mit Hilfe der Personenwaage wiegen.

Messergebnisse: 1. Versuch: Bruch bei \_\_\_\_\_ kg.

2. Versuch: Versuch: Bruch bei \_\_\_\_\_ kg.

3. Versuch: Bruch bei \_\_\_\_\_ kg.

Der Mittelwert der Messergebnisse lautet:

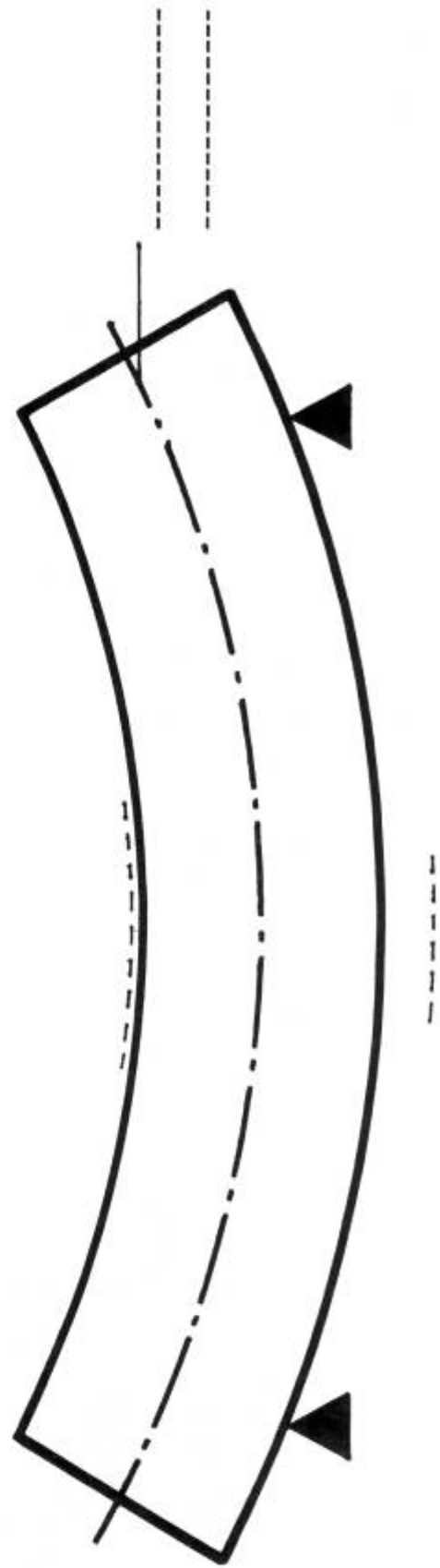
\_\_\_\_\_ kg

Übrigens: Sauberkeit ist Trumpf!


## Einflussfaktoren auf die Festigkeit von Beton

Gruppe	Versuche		Prüfungen			
	W/Z - Wert	Verhältnis von Zement:Zuschlag	Armierung	Festigkeit [kg]	Wasseraufnahme	Schwund
A	0,5	1 : 0	X	-----	-----	-----
B	0,5	1 : 3,5		-----	-----	-----
C	0,5	1 : 4,5		-----	-----	-----
D	0,5	1 : 5,5		-----	-----	-----
E	0,5	1 : 3,5	oben	-----	X	X
F	0,5	1 : 3,5	i. d. Mitte	-----		
G	0,5	1 : 3,5	unten	-----		

**1.**



**2.**

-----

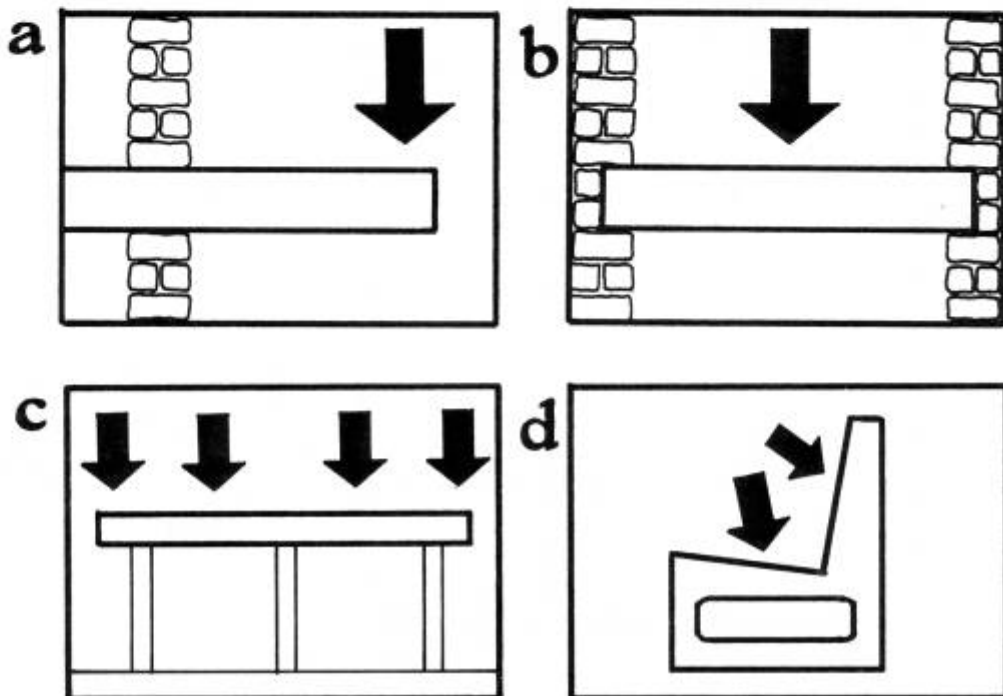
**3.** Wird ein Balken auf Biegung beansprucht, so treten in ihm  
----- und ----- kräfte auf.

Beton besitzt eine sehr hohe -----, aber  
nur geringe ----- . Deshalb gibt man in die  
----- Stellen eines Trägers Stahleinla-  
gen ( sogenannte ----- oder ----- )  
hinein, die die ----- aufnehmen. Den dabei ent-  
stehenden Verbundstoff nennt man ----- . In ihm  
ergänzen sich ----- und ----- auf ideale Weise und  
ergeben außergewöhnlich ----- Bauteile.

-----

**4.** Welche Lage hat die Armierung ?

Übertrage die Zeichnungen in dein Werkheft und fertige  
jeweils eine Skizze an bei der die Durchbiegung des Bal-  
kens sichtbar wird. (Stelle dir dabei einfach einen Schaum-  
stoffbalken vor.) Trage nun mit Bleistift die richtige  
Lage der Armierung ein.



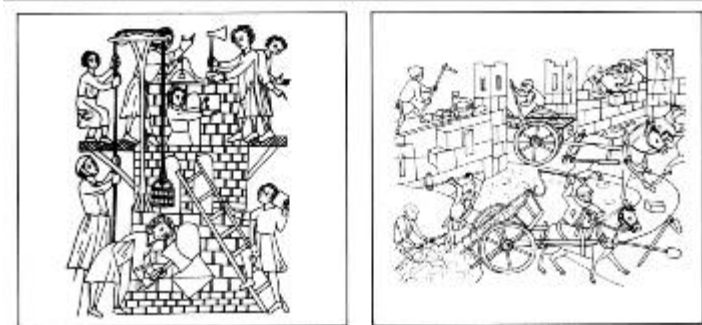
## 2.2. Brückenbau mit Ziegeln

Wer sich mit Baustoffen beschäftigt, darf den Ziegelstein nicht vernachlässigen. Die Renaissance dieses Baumaterials liegt zunächst in seinem Wärmehaushalt begründet.

In den letzten Jahren wurde stark auf hohe Dämmungen gesetzt und dabei vernachlässigt, dass für den Wärmehaushalt eines Gebäudes auch die Wärmespeicherfähigkeit der Baumaterialien entscheidend ist.

So stellen baubiologische Untersuchungen fest, dass z.B. eine nachträglich innen angebrachte Dämmschicht von nur 1 cm die Wärmespeicherfähigkeit des darunter liegenden Baustoffs um bis zu 75 % reduziert und damit das Raumklima nachteilig beeinflussen und ggf. sogar Bauschäden verursachen kann.

Diese Erkenntnisse sind ein weiterer wesentlicher Grund dafür, sich immer wieder intensiv mit dem Baustoff Ziegel zu beschäftigen – für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 7/8 bietet sich der konstruktive Ziegelstein-Modellbau als geeignete Möglichkeit an, grundlegende Kompetenzen in diesem Inhaltsbereich zu entwickeln.



### **Die Aufgabe lautet:**

*„Baue eine Bogenbrücke aus Modellziegelsteinen, die eine Spannweite von 40 cm aufweist“.*

### **1. Information**

a) Information über die „Maßordnung im Hochbau“, die festlegt, dass alle Ziegel und Steine so lang, breit und hoch sein müssen, dass sie ohne Materialverlust zusammenpassen (Fugen mitgerechnet – Maße in cm):

24 x 11,5 x 7,1 (Normal-Format NF)

24 x 11,5 x 11,3

24 x 17,5 x 11,3

49 x 24 x 23,8

b)

Der Vollziegel im Normalformat (NF) wird von im Verhältnis 1:4 verkleinert. Falls jemand Wert auf Genauigkeit legt, müsste er das Schwinden des Materials ermitteln und vor Herstellung einer Form zugeben.

Unser Ton-Modell-Ziegel erhält also das Format 6 cm x 2,9 cm x 1,8 cm.

## 2. Planung

Der Brückenbogen sollte die Form einer „Stützlinie“ aufweisen, die einer „umgekehrten Hängelinie“ (Abb.1a/b) entspricht.

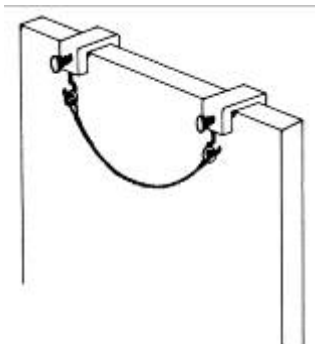


Abb.1a (Hängelinie)

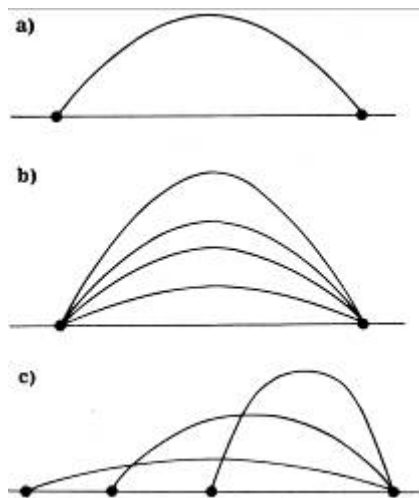


Abb.1b  
(Stützlinie)

Unter dem Gesichtspunkt der Materialökonomie sollte die Wölbung nicht zu steil sein. Da bei unseren frei stehenden Brücken der auftretende Horizontalschub nicht durch Widerlager aufgefangen wird, sollen die Auflagestellen durch eine „Zuggurtung“ – hier: Schraubzwinge – verbunden werden, was den sonst bedeutsamen Horizontalschub zu einer unwesentlichen Größe reduziert.

Aus der so ermittelten Form (Abb.2) der Brücke (bei einer Tiefe von 6 cm) wird von den Schülern die Anzahl der benötigten "Ziegelsteine" näherungsweise bestimmt oder gemäß Formel berechnet.

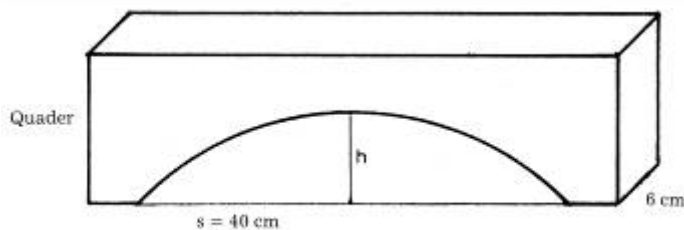


Abb.2

$$(V_{\text{Quader}} = \frac{2}{3} \times s \times h \times 6); V_{\text{Ziegelstein}} = \text{Anzahl der Ziegelsteine}$$

## 3. Durchführung

Je 3 Schüler arbeiten an einem Brückenmodell. Zuerst müssen die Ziegelsteine aus Ton hergestellt werden, wozu eine Form benötigt wird, die nach Gebrauch an der Schule aufbewahrt werden kann (Zeit!).

Die Schüler stellen in Handarbeit die Ziegelsteine her, wie es noch um die Jahrhundertwende in Deutschland großteils im Beruf des Zieglers üblich war (Abb.3). Die Steine werden nicht gebrannt, was es ermöglicht, das gesamte Material hinterher wieder zu verwenden (genau genommen darf

man deshalb nicht von Ziegelsteinen sprechen). Für den Brückenbau wird auf einer Grundplatte ein Lehrgerüst aufgebaut, wobei zu beachten ist, dass es zum Abbau abgesenkt werden kann.



Abb. 3

Anschließend kann die Brücke aufgemauert werden (Abb.4). Als Mörtel wird breiiger Ton verwendet, wobei gilt, dass dieses Material keine zusätzliche Stabilität bringen muss, da unsere Brücke nur auf Druck belastet wird und daher auch etwa entstehende Trockenrisse keine Rolle spielen.



Abb. 4

Auf dem gemauerten Bogen wird solange aufgemauert, bis sich eine ebene Fahrbahn ergibt. In dieser Phase des Unterrichts kann der Lehrer zusätzliche Informationen über das Mauern im Verband geben, wie sie in jedem Handbuch für Heimwerker stehen.

#### **4. Untersuchung**

Um den Horizontalschub aufzufangen, werden die beiden Pfeiler der Brücke durch eine Schraubzwinde („Zugband“) verbunden. Jetzt kann das Lehrgerüst entfernt werden.

Die Brücken werden nun durch kontinuierliche Erhöhung der Belastung kontrolliert zum Einsturz gebracht.

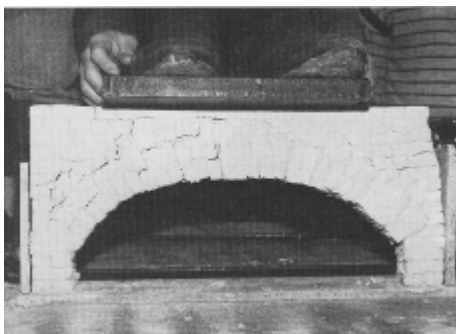


Abb. 5

Die Durchführung kann einfach erfolgen, indem Schüler unter allmählicher Erhöhung der Belastung auf die Brücken gestellt wurden. Man könnte hier daran denken, ein Gerät zu entwickeln (ähnlich den Vorrichtungen in Materialprüfanstalten), mit dem die Belastung exakt dosiert und abgelesen werden kann. Die Tragfähigkeit der Brücken beträgt bis zu 250 kg.



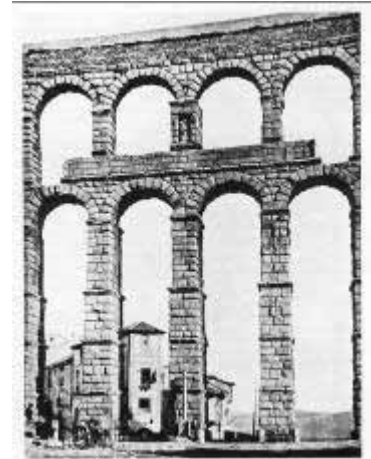
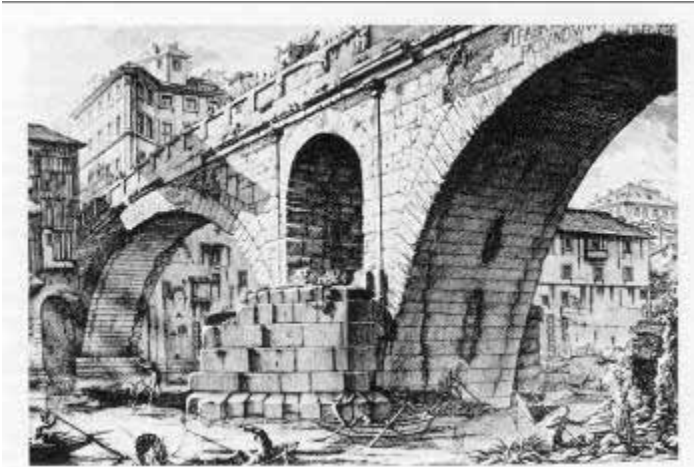
Abb. 6

### Auswertung

Die Schüler haben grundsätzliche statische Probleme des Brückenbaus wie Horizontalschub, Auflagedruck, Hängelinie und Stützlinie theoretisch wie praktisch kennen gelernt.

Es gilt nun dieses Wissen auf ähnliche und andere Bauwerke zu übertragen und dadurch weitere, den Sachverhalt aufschließende Einsichten zu gewinnen.

Medium dazu können vom Schüler gesammelte Abbildungen von Brücken und Bogenkonstruktionen sein (vgl. folgende, historische Abbildungen).



## Wärmeleitung in Baustoffen: Arbeitsblatt Streitgespräch Wärmeleitung

Zwei Bauherren unterhalten sich:

A: Ich möchte eine Wand mit einer schönen Isolierung, damit keine Heizungswärme verloren geht, also zum Beispiel den leichten Porenbeton, der enthält viel Luft und isoliert richtig.

B: Nein, ich bevorzuge den guten alten massiven Beton, der ist richtig fest und wenn der erst einmal warm ist, dann bleibt er auch warm, auch wenn ich die Heizung schon wieder ausgestellt habe. Das spart auch.

A: Aber wenn ich abends nach Hause komme, dann will ich es schnell warm haben und nicht erst lange die Wände aufheizen.

B: Bei uns ist den ganzen Tag jemand zu Hause. Und: Erinnerst du dich, wie schön kühl das in einem festen Steinhaus an einem heißen Sommertag sein kann, weil die Kälte der Nacht noch in den Wänden steckt??

A: Ja, ja – aber wenn die Wände dann erst einmal warm sind, schwitzt du die ganze Nacht, weil selbst Durchzug dann nicht mehr hilft. In meinem gut isolierten Leichtbauhaus lüfte ich einmal und die Hitze ist raus.

B: Dafür nervt dich die laute Musik deiner Kinder, bei mir ist es ruhiger.

A: Na das Problem kann man auch anders lösen...

usw. usw.

Es geht hier um den Konflikt zwischen der Isolier- und der Speicherfähigkeit von Baustoffen, und auch der Schallschutz spielt eine Rolle. Ergänze die Tabelle mit den Wörtern "hoch" und "niedrig".

	Wärmedämmung	Wärmespeicherung	Schallschutz
Beton			
Porenbeton			
Holzrahmen			
Ziegel			

Eine Wand in **Holzrahmen**-Bauweise besteht aus Holzständern (Kanthölzer), die auf beiden Seiten verkleidet werden: innen mit Gipskarton- oder Gipsfaserplatten und außen mit einer Putzschicht oder Ziegelfassade. Dazwischen befindet sich relativ viel Steinwolle als Isolierung. Dadurch ergibt sich eine gute Dämmwirkung, aber eine geringe Speichermasse.

**Porenbeton** bietet eine ausgezeichnete Wärmedämmung und guten Brandschutz. Da die Wasseraufnahmefähigkeit durch die vielen Poren hoch ist, müssen Außenwände wasserabweisend verputzt werden. Seine Wärmespeicherfähigkeit ist geringer als beim Ziegel.

Die Stärken von **Beton** liegen aufgrund der hohen Dichte vor allem beim Schall- und Brandschutz sowie der Wärmespeicherfähigkeit. Um jedoch eine gute Wärmedämmung erzielen zu können ist eine zusätzliche Außendämmung erforderlich.

Der **Ziegel** ist der am häufigsten verwendete Wandbaustoff. Jedes zweite Haus wird aus Ziegel gebaut. Sein Aufbau bestimmt seine Eigenschaften: Mit Luftkammern ist seine Wärmedämmfähigkeit sehr gut und als massiver Stein kann er Wärme speichern und vor Lärm schützen.

## **Wärmeleitung in Baustoffen: Versuchsaufbau**

Für die Überprüfung der Wärmeausbreitung in Zement- und Gipsbaustoffen müssen zunächst eine ZEMENTMÖRTEL-PLATTE und die GIPS-PLATTE hergestellt werden. Dies können Schülerinnen und Schüler selbst durchführen und dabei die jeweiligen Materialeigenschaften (z.B. unterschiedliche Abbindezeiten) und den Umgang kennen lernen. (Beton s.o., Gips s.u.)

### **Benötigte Baustoffe / Werkzeuge für die Herstellung der Platten**

- 1) Holzschalung für beide Platten
  - Zwei Sperrholzplatten (Dicke = 3 mm, Länge = Breite = 300 mm)
  - Vier Holzleisten, je Leiste Breite = 20 mm, Höhe = 25 mm, Länge = 300 mm
  - Vier Holzleisten, je Leiste Breite = 20 mm, Höhe = 25 mm, Länge = 200 mm
  - Vier Schrauben, Durchmesser = 4 mm, Länge = ca. 40 mm
  - Eine Plastikfolie (oder Plastiktüte) Länge = Breite = 300 mm
  - Bohrmaschine mit Bohrern von Durchmesser = 4 mm und 2 mm
  - Vier Schraubzwingen
  - Schalöl, z.B. Olivenöl mit Wasser mischen
  
- 2) Zementmörtel-Platte
  - Sand, Korngröße = 0 bis 2 mm, Masse = 3300 g
  - Zement, z.B. CEM I – 32,5, Masse = 1100 g
  - Wasser, Volumen = 650 ml bis 700 ml
  - Kunststoffschale zum Anmischen der Bestandteile
  - Waage für Sand und Zement bzw. Messbecher für Wasser
  - Spachtel, Kelle oder großen Esslöffel zum Vermischen
  - Stahllineal oder Kunststofflineal zum späteren Glätten der Oberfläche
  
- 3) Gips-Platte
  - Gips, Masse = 2200 g
  - Wasser, Volumen = 1500 ml
  - Kunststoffschale zum Anmischen der Bestandteile
  - Waage für Sand und Zement bzw. Messbecher für Wasser
  - Spachtel, Kelle oder großen Esslöffel zum Vermischen
  - Stahllineal oder Kunststofflineal zum späteren Glätten der Oberfläche

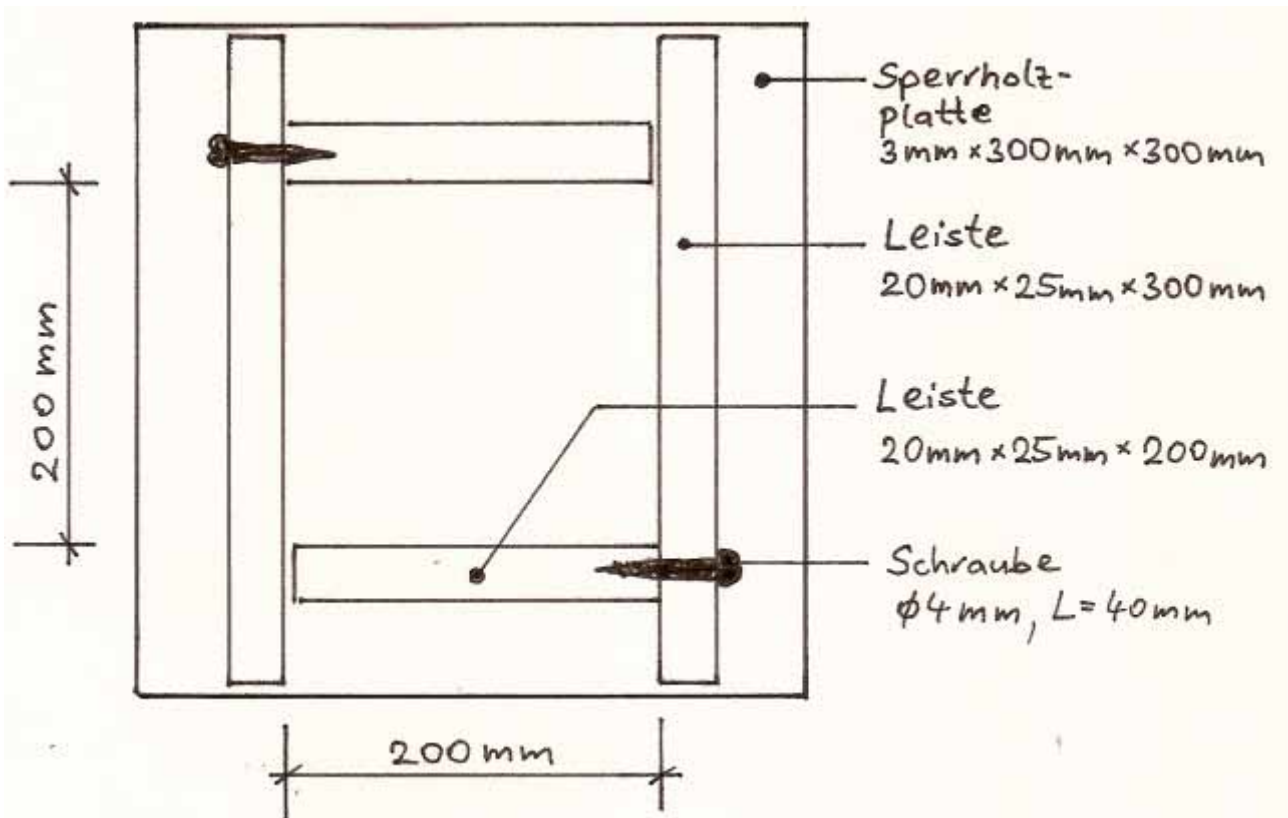
### **Herstellung der Schalung**

- Beide Sperrholzplatten werden auf die Maße 300 mm x 300 mm zugeschnitten.
- Die Holzleisten, 20 mm x 25 mm werden vierfach auf Länge = 300 mm und vierfach auf Länge = 200 mm abgelängt.
- Jeweils zwei Holzleisten werden im rechten Winkel miteinander verschraubt. Hierzu sind Bohrungen anzubringen (siehe Abbildung)

- Zusammenbau der Schalung:

- Sperrholzplatte auf einen Tisch legen, darauf die Plastikfolie geben.
- Die beiden Holzleistenwinkel gem Abbildung auf die Holzplatte legen und beide mit Schraubzwingen am Tisch befestigen.
- das Innere der Schalung (Die Fläche 200 mm x 200 mm und der Leistenhöhe von 25 mm) mit Schalöl (Olivenöl + Wasser) bestreichen; das verhindert das Festkleben der Mörtelmischung an der Schalung

**Aufbau der Schalung** (unmaßstäblich)



**Zementmörtel- und Gipsmörtelherstellung**

- Sand und Zement trocken mischen, Wasser hinzugeben gut durchmischen und in die Schalung einfüllen. Durch leichtes Klopfen an der Schalung oder am Tisch den Mörtel verdichten. Oberfläche glätten.
- Wasser in ein Gefäß geben, den Gips einstreuen, langsam einrühren. Zügig in die Schalung einfüllen, auch hier durch leichtes Klopfen am Rahmen oder an der Tischplatte den Gipsmörtel verdichten. Oberfläche glätten.
- Beide Platten ruhig lagern,
- zwei Wochen abbinden lassen, danach vorsichtig ausschalen

## Arbeitsblatt: Versuch zur Wärmeausbreitung in Beton und Gips (1)

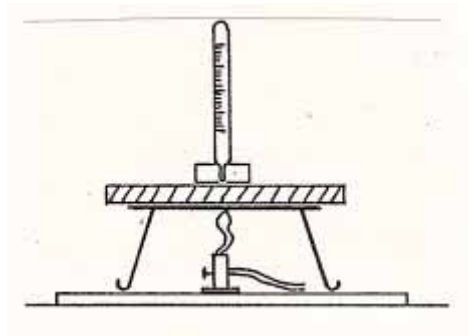
### Geräte:

Kontrolliere bitte, dass folgende Geräte zur Verfügung stehen:

- 2 Bunsenbrenner mit großen Düsen
- 2 feuerfeste Unterlagen
- 2 DreifüÙe
- 2 Thermometer (Messbereich bis 400°C) mit Halterung
- 1 Zementmörtelplatte
- 1 Gipsplatte

### Versuchsaufbau:

Für den Versuch baue bitte die Geräte nach der unten stehenden Abbildung auf und stell die Verbindung der Bunsenbrenner zum Gasanschluss her.



### Versuchsdurchführung:

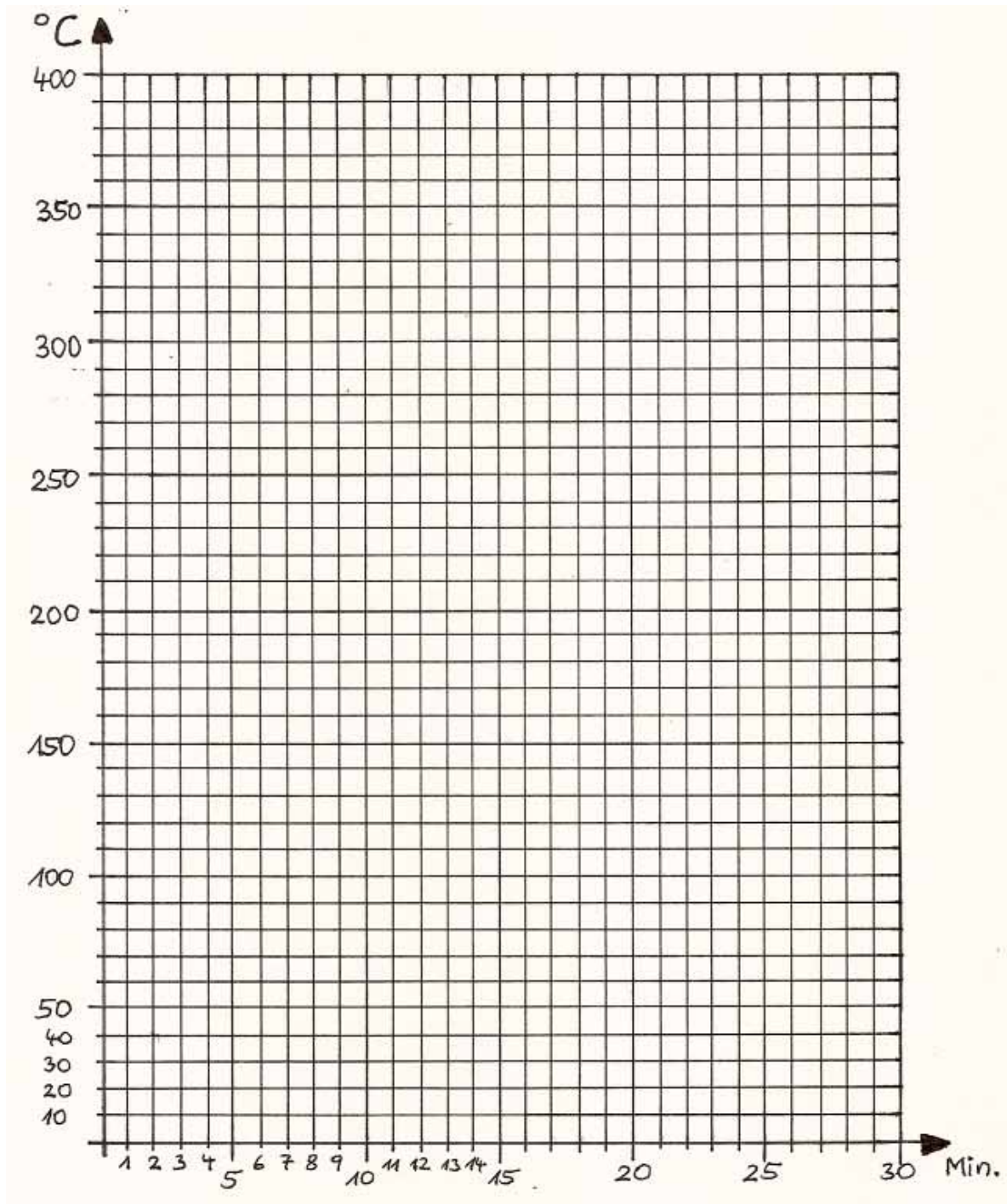
- Stelle die Thermometer so auf die Zementmörtelplatte und Gipsplatte, dass sie die Plattenoberfläche berühren.
- Regulierte die Flammen der Bunsenbrenner g l e i c h m ä ß i g ein.
- Lies alle zwei Minuten die Temperatur ab und trage die Werte in die unten stehende Tabelle ein.

Minuten	Temperatur Gipsplatte °C	Temperatur Zementpl. °C
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		
30		

## Arbeitsblatt: Versuch zur Wärmeausbreitung in Beton und Gips (2)

### Diagramm der Wärmeausbreitung in Zement- und Gipsbaustoffen

- 1) Übertrage bitte die Temperaturwerte der Gipsplatte in G R Ü N und die Temperaturwerte der Zementmörtelplatte in R O T in das Diagramm.
- 2) Beschreibe, welcher Unterschied in der Temperaturkurve beim Baustoff Gips und beim Baustoff Zementmörtel, deutlich erkennbar wird.



- 3) Nenne Beispiele, wo man sich in der Technik diese Eigenschaft zunutze macht.

## Sachinformation Gips

Gips - ein Mineral aus schwefelsäurehaltigem Kalk - kommt in der Natur vor. Außerdem fallen, seitdem die Abgase von Kraftwerken entschwefelt werden müssen, allein in den Rauchgasentschwefelungsanlagen der deutschen Braunkohlekraftwerke pro Jahr rund fünf Millionen Tonnen Gips in Form eines feinen Pulvers an. Es ist die chemische Verbindung von einem Teil (Molekül) Calciumsulfat und zwei Teilen Wasser. Die chemische Formel lautet:



Der in Brüchen gewonnene Gips wird zunächst sehr fein gemahlen und dann gebrannt. Dieser Brennvorgang entzieht dem Rohstoff Wasser. Kommt das gebrannte Gipspulver mit Wasser in Berührung, so bindet es dieses wieder. Erneut entsteht in einer exothermen Reaktion ein Doppelhydrat, indem sich die Gipskristalle zu einem dichten festen Gefüge verbinden. Sein Volumen vergrößert sich um 1%.

Je nach Brenntemperatur und dem dadurch unterschiedlichen Mischungsverhältnis von Halbhydrat und Anhydrit gibt es verschiedene Sorten von Baugipsen, z. B. Stuckgips, Putzgips, Estrichgips (Hochbrandgips) oder Anhydritbinder, die sich durch ihre Erhärtungs- und Verarbeitungseigenschaften und ihre Eigenschaften im erhärteten Zustand unterscheiden. Fertigputzgipsen sind darüber hinaus Verzögerer und Füllstoffe beigegeben, so dass sie sich zum Beispiel auch zum Verfüllen von kleinen Löchern (Renovierung beim Auszug) besser eignen als reiner Gips und erheblich billiger sind als z.B. Moltotill. Putzgipse sind 20 Minuten und länger bearbeitbar, während die Abbindezeit z.B. für einen Gipsverband bei etwa 3 bis 4 Minuten liegt.

Die Wassertemperatur beim Anrühren beeinflusst die Abbindezeit des Gipses. Soll der Gips schnell abbinden, gibt man dem Gipsbrei etwas Salz zu. Soll er länger flüssig bzw. formbar bleiben, so muss man dem angerührten Gips Essig beimischen.

Damit es keine Klumpen gibt, muss der Gips immer in Wasser eingerührt werden und nicht umgekehrt. Man nimmt dazu einen Gummibecher, den man zum Säubern zusammen drückt, sodass der hart gewordene Gips abspringt.

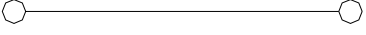
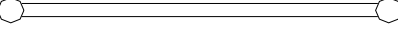
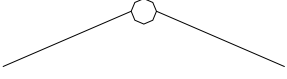

**Gips kann viel Feuchtigkeit aufnehmen und ebenso gut wieder abgeben. Das führt zu einer guten Feuchtigkeitsregulierung von Wohnräumen. Außerdem wirkt er dadurch feuerhemmend, was durch obigen Versuch demonstriert wird.**

Außerdem kann Gips in Form der Gipskartonplatten auch von Laien leicht verarbeitet werden und wird dadurch für den Trockenbau (Innenausbau) immer interessanter.

Bei der Arbeit sollen die Schülerinnen und Schüler ggf. Staubmasken tragen und Gipsreste niemals im Ausguss, sondern getrocknet als Bauschutt entsorgen.

### 3. Statik

Hier erarbeitest du Grundkenntnisse über die Bautechnik – die erste Tabelle erklärt Symbole, die bei den Experimenten verwendet werden:

Symbole	Bedeutung
	ein „Stab“ (S)
	ein „Diagonalstab“ (S)
	zwei Stäbe, in einem Knoten (K) beweglich miteinander verbunden
	ein durchlaufender Stab mit festem Gelenkpunkt (Knotenpunkt K) in der Mitte

Erkunde nun nach folgenden Anleitungen die Bauprinzipien!

#### A) Konstruktion eines „Fachwerks“

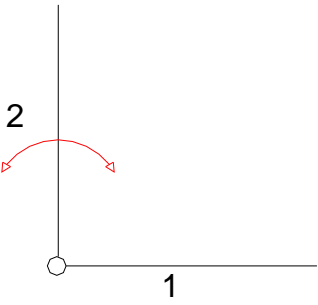
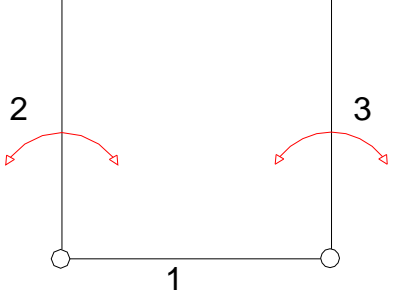
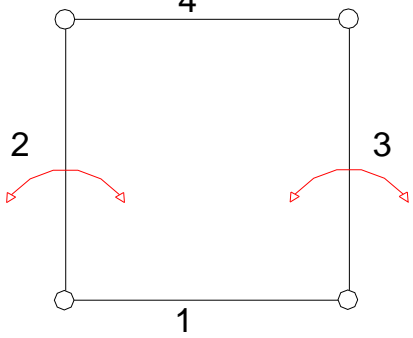
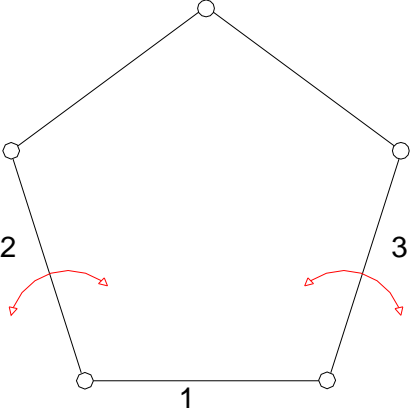
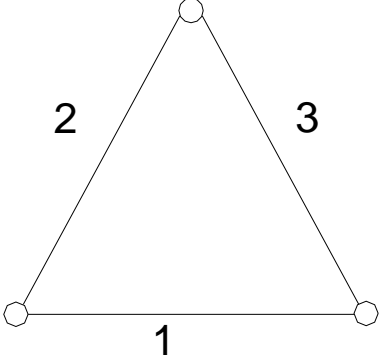
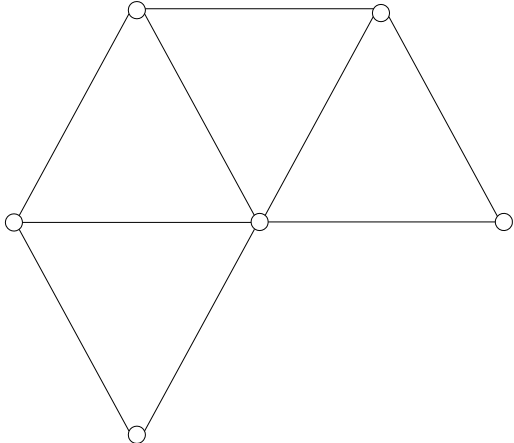
Bild	Anleitung	Hinweis
	1 = Grundstab Stab 2 ist angesteckt er bleibt frei in Pfeilrichtung beweglich	in dieser Experimentierreihe werden zunächst nur kurze 150mm-Stäbe und Zylinderkopfschrauben mit Mutter verwendet
	Stab 3 wird angesteckt	er bleibt ebenfalls frei in Pfeilrichtung beweglich

Bild	Anleitung	Hinweis
	<p>Stab 4 wird angesteckt</p>	<p><b>Frage:</b> kann ein 4. Stab an den freien Enden der Stäbe 2 und 3 angesteckt, deren Bewegung verhindern und das entstehende Quadrat stabilisieren?</p>
<p><b>ERGEBNIS :</b></p>	<p>Das Stabviereck bleibt weiterhin _____</p>	

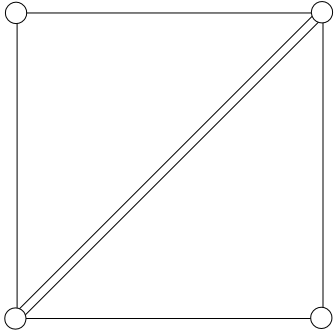
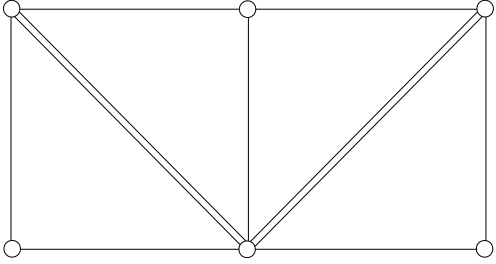
**B) Ergänze die Konstruktion des „Fachwerks“ durch weitere Elemente**

Bild	Anleitung	Frage:
	<p>Ergänze durch weitere Stäbe und versuche, mehr Stabilität zu erhalten</p>	<p>wie viele Stäbe müssen noch angesteckt werden, damit die Konstruktion „fest“, „starr“ (stabil) wird? (Fünfeck? Sechseck?)</p>
<p><b>ERGEBNIS :</b></p>	<p>wenn die zunächst angesteckten Stäbe 2 und 3 beweglich sind, bleibt die gesamte Konstruktion _____ ganz gleich, wie viele weitere Stäbe noch angesteckt werden.</p>	

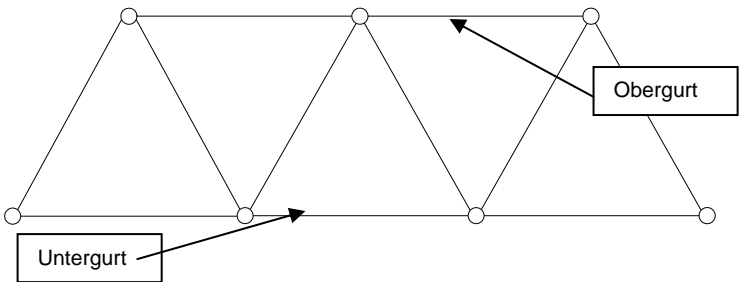
**C) Ein neuer Schritt:**

Bild	Anleitung	Hinweis
	<p>Stab 2 wird durch Stab 3 „gefangen“</p>	<p>obwohl die Verbindungen auch in dieser Konstruktion nur lose geschraubt, also frei beweglich bleiben, ist diese <b>Dreiecksfigur</b> doch absolut stabil.</p> <p>Wir benutzen von nun an für unsere Konstruktionen die gebräuchliche Bezeichnung <b>Fachwerk</b> und <u>formulieren die Regel:</u></p>
<p><b>ERGEBNIS :</b></p>	<p><i>Das</i></p> <hr/> <p><i>(aus 3 K und 3 S) ist das einfachste, zusammengesetzte statisch stabile (das sog. „bestimmte“) Fachwerk.</i></p>	
	<p>Baue weitere Dreiecke im Flächenverband an</p>	<p><b>Ergebnis:</b></p> <p>Alle Dreiecke und die aus ihnen gebildeten Fachwerke bleiben</p> <hr/>

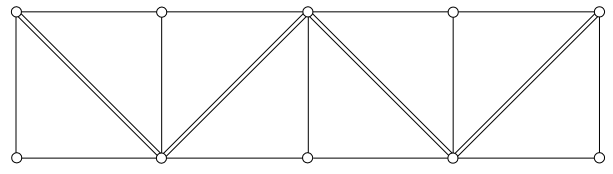
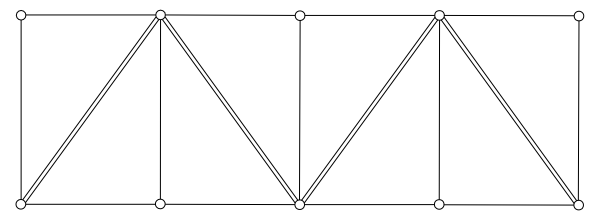
**D) Quadrate**

<b>Bild</b>	<b>Anleitung</b>	<b>Hinweis</b>
	<p>Stelle ein Quadrat her!</p> <p>Teile es durch einen Diagonalstab in zwei gleiche Dreiecke!</p>	<p><b>Frage:</b> gilt nun für diese Konstruktion auch das Gesetz vom „einfachsten statisch bestimmten Fachwerk“?</p>
	<p>erweitere das Quadrat ....</p>	<p>... erprobe auch geänderte Anordnungen der Diagonalstäbe</p>
<p><b>Zusammenfassung</b></p>	<p>Eine Konstruktion, aus mehreren starren Stäben unverschiebbar zusammengesetzt, nennen wir ein Fachwerk.</p> <p>Ein Dreieck ist das einfachste stabile (= statisch bestimmte) Fachwerk.</p> <p>Wenn ein Fachwerk so erweitert wird, dass jedes Dreieck mit dem jeweils anschließenden <u>einen Stab</u> und <u>zwei Knoten gemeinsam</u> hat, bleiben die Eigenschaften der Ausgangsfigur (Dreieck) erhalten.</p>	

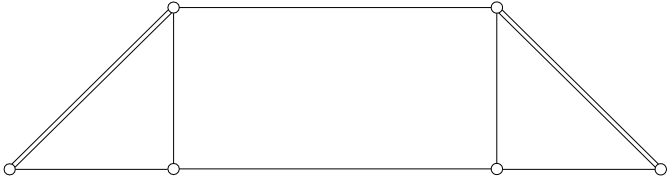
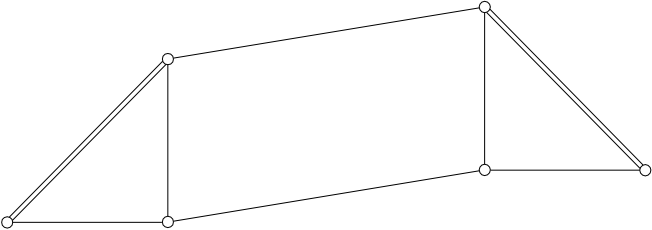

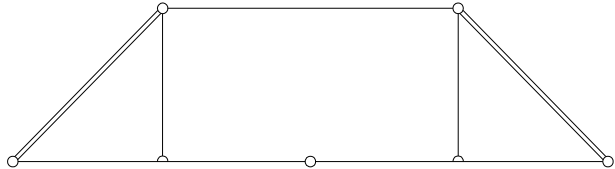
**E) Fachwerk aus gleichseitigen Dreiecken:**

Bild	Anleitung	Hinweis
	<p>Verwende: 12 Stäbe 7 Knoten</p>	<p>Alle Knoten sollen beweglich bleiben!</p>

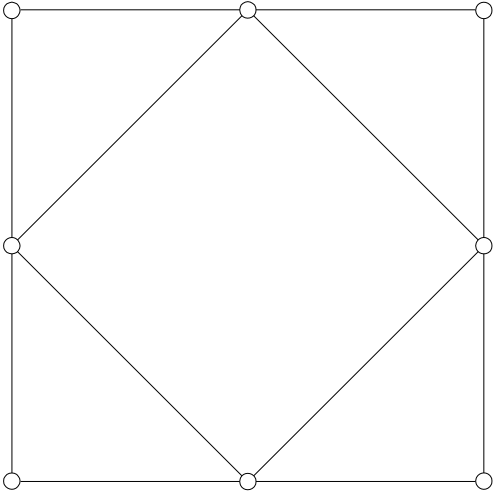
**F) Fachwerk aus gleichschenkligen und ungleichschenkligen, rechtwinkligen Dreiecken:**

Bild	Anleitung	Hinweis
	<p>Verwende: 13 Stäbe 4 Diagonalstäbe 10 Knoten</p>	<p><b><u>... zu sehen bei :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gittermast (z.B. Strom)</li> <li>- Hochbaukran</li> <li>- altem Hafenkran</li> <li>- Jahrmarkt-Fahrgeschäft</li> <li>- Gerüstbau</li> <li>- Bühnenbau</li> </ul>
		

**G) Erweiterungen**

Bild	Anleitung	Hinweis
	<p>Wie können mit Hilfe der Dreiecks-konstruktion auch „freie“ Vierecke stabilisiert werden?</p>	<p>Wenn das Fachwerk aus beweglich zu-sammengesteckten Einzelteilen besteht, so sind zwar die beiden Dreiecke stabil...</p>
		<p>...das Rechteck aber verschiebt sich zu einem Parallelogramm</p>
		<p>... läuft jedoch der Untergurt durch, ist diese Verschiebung nicht mehr möglich</p>
	<p>Stelle diese Konstruktion und mehrere ähnliche Fachwerke her und prüfe ihre Stabilität</p>	

**H) ... zum Abschluss**

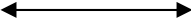


Bild	Anleitung	Fragen:
	<p>Bei einem Ver-suchs-„Spiel“ mit den Bauteilen er-gab sich diese Figur - obwohl sie ausschließlich aus statisch stabilen Dreiecken besteht, ist sie in sich un-stabil !</p>	<p>... wo ist das „Gesetz für die Stabilität aus Dreiecken zu-sammengesetzter Fachwerke“ nicht er-füllt?                  ...wie viele Stäbe (welcher Länge) braucht man, um dieses Fachwerk voll-kommen zu stabilisieren?</p>

## 2. Lehrerinformation: Bauteile statischer Konstruktionen

Jedes Bauwerk besteht aus einer Reihe von Einzelbauteilen. Auch Konstruktionsmodelle sind in diesem Sinn „Bauwerke“.

### 2.1. Auflager

Ein Bauteil kann sich in 3 Grundrichtungen bewegen:

- a. in der Horizontalen 
- b. in der Vertikalen 
- c. drehend-kippend 

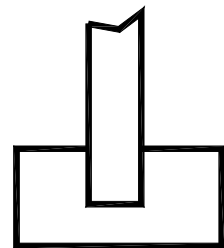
Auflager sollen, ihrer konstruktiven Aufgabe entsprechend, eine oder mehrere dieser Bewegungsmöglichkeiten ausschalten.

#### 2.1.1. das eingespannte Auflager ...

... verhindert jede Bewegung. Das Bauteil, etwa ein Mast, ein Träger, ist in den Erdboden / in eine Montageplatte absolut fest („starr“) eingelassen. (Auch ein auf eine Grundplatte fest geklebter „Kartongittermast“ z. B. ist natürlich „eingespannt“ gelagert.)



Abb. 1



Eingespannter Vollwandträger

#### 2.1.2. das feste Auflager ...



... gestattet nur drehend-kippende Bewegungen (1.1.c) (aufgelegte Bauteile können um das Auflager kippen - das Auflager gibt diese Bewegungen nicht an die Unterlage weiter)

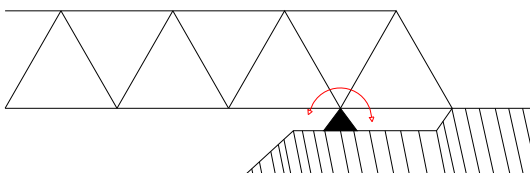


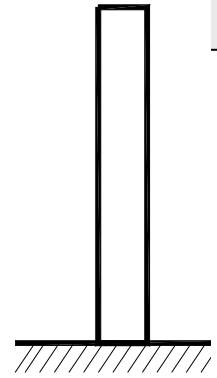
Abb. 2

fest aufgelegter Fachwerkträger (Brücke)

## 2.2. Stützen

(Ausführung als Mast, Säule, Pfeiler, Gitterstütze/Fachwerkstütze u. ä.)  
Die Stütze führt vertikale Kräfte auf die Auflager ab (Abb.3)

Abb. 3



## 2.3. Träger

(Ausführung gerade, gebogen/gewölbt, geknickt; als Vollwand-, Massiv-Fachwerkträger u. ä.)  
Der Träger (Abb.4) führt äußere Kräfte horizontal zu den Stützen hin ab.



Abb. 4

## 2.4. Diagonalstäbe / Streben

Streben (Abb.5) ergänzen eine Stützen-Träger-Konstruktion zu einem statisch stabilen/bestimmten Verband (Trigonalverband).

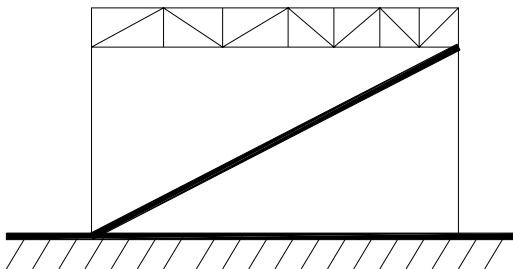


Abb. 5

**HINWEIS:** Im Wohnhaus-Fachwerkbau haben die erwähnten Bauteile auch andere, handwerklich oder landschaftlich gebundene Namen.

### 3. Hinweise zum Unterricht

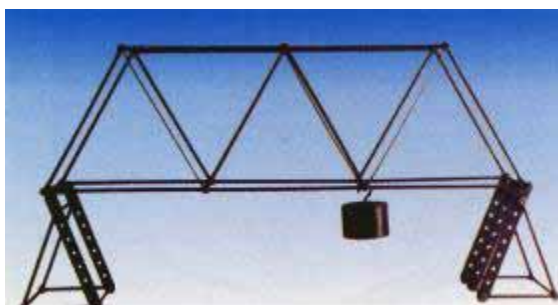
Die vorgestellte Untersuchungsreihe kann (später) auch die Stabilitätsgesetze an Raumtragwerken erörtern. Auszugehen ist zunächst von einem begrenzten Vorstellungsvermögen der Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 7/8 - deswegen entwickeln sie die ersten Grunderkenntnisse mit Versuchen in der Fläche. Erst wenn die Gesetzmäßigkeiten des Trigonal-(Dreiecks-)Systems sicher bekannt sind, folgt der Schritt in die räumliche Dimension, etwa zum Tetraeder hin (Realschule).

Bei den beschriebenen Versuchen handelt es sich weitgehend um theoretische Untersuchungen, in denen der Wert des manipulativen Arbeitsanteils gering ist. Sie können daher durchaus mit vorgefertigten Bauteilen durchgespielt werden.

Zu beachten ist, das sich die Länge der Diagonalstäbe rechtwinkliger Vierecke jeweils nach dem „Satz des Pythagoras“ aus der Wurzel der Summe der zugehörigen Katheten-Quadrate ergibt (... also erst ab Hauptschule Kl. 9 – in tieferen Klassenstufen ist die systematische Behandlung dieses Schwerpunktes nicht sinnvoll!) In Klassenstufe 7/8 sollten vorgefertigte Stäbe mit Messing-Ösen eingesetzt werden – es ist darauf zu achten, dass die Rahmenteile dem verwendeten pythagoreischen Raster entsprechen ( z.B. bei 150mm-Stablänge 212mm-Diagonalstäbe )

Tragende oder überbrückende Bauwerke werden oft als Stabfachwerke ausgeführt. Diese Konstruktionsform bietet den Vorteil, dass alle Lasten so abgetragen werden, dass keine Biegespannungen entstehen. Die einzelnen Stäbe des Fachwerks müssen nur Kräfte in ihrer Längsrichtung aufnehmen. Sie werden nur auf Druck oder auf Zug beansprucht. Deshalb können solche Konstruktionen sehr material-ökonomisch ausgeführt werden.










Die unterschiedlichen Querschnitte des Materials, aus dem mit Hilfe der Vorrichtungen beliebig lange Bauteile hergestellt werden, ermöglichen, dass druck- und zugbeanspruchte Bauglieder unterschieden werden. Dies kann durch Belasten experimentell erprobt werden. Falsch eingesetzte 2 mm starke Stäbe knicken bei Druckbelastung aus.



Bezug: [www.technik-lpe.de](http://www.technik-lpe.de)

## 4. Einfache Maschinen

Beim Bau eines Hauses werden viele „Maschinen“ verwendet. Einige davon hast du bestimmt schon mal „in Aktion“ gesehen. Ergänze die Tabelle!

<p>(1)</p>  <p>Bagger</p> <hr/>	<p>(2)</p>  <hr/>	<p>(3)</p>  <hr/>
<p>(4)</p>  <hr/>	<p>(5)</p>  <hr/>	<p>(6)</p>  <hr/>
<p>(7)</p>  <hr/>	<p>(8)</p>  <hr/>	<p>(9)</p>  <hr/>

Bei einigen dieser Gegenstände kommt dir der Ausdruck "Maschine" vielleicht unpassend vor.

Eine Definition lautet (Wikipedia): Maschinen werden von Menschen vor allem zur Verstärkung der eigenen Kräfte und Fähigkeiten, für einen gezielten Krafteinsatz und die bequemere Erledigung von Routinearbeiten eingesetzt.

Als "einfache Maschinen" bezeichnet man vor allem die Rolle (Flaschenzug) und den Hebel

### Arbeit auf der Baustelle

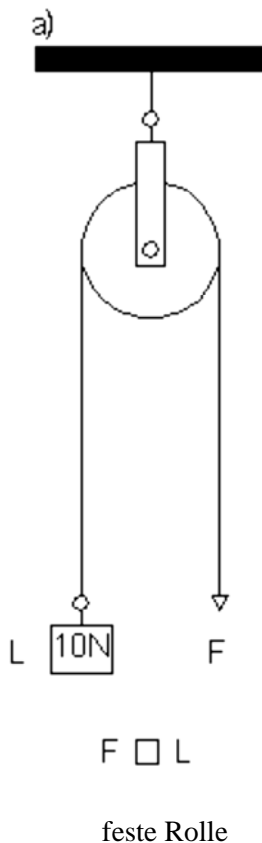
Auf kleineren Baustellen ist oft kein Platz oder es fehlt das Geld, um einen Kran oder andere größere Baumaschinen einzusetzen. Dennoch müssen Mörtel, Steine und anderes Baumaterial nach oben transportiert werden, wenn der Bau wächst. In Abb.4 siehst du, wie das gemacht wird.

**Wird dabei Kraft gespart?**

Abb. 4



### Experimente



Baue die Anordnung a) auf. Ziehst du am freien Ende der Schnur, so wird auf der anderen Seite das Gewicht gehoben. Um zu erfahren, welche Kraft notwendig ist, um die 10 N emporzuheben, hängst du an die andere Seite auch Gewichte an.

**Information:** Kräfte werden in Newton [N] gemessen –  
1N entspricht der Gewichtskraft von 102g Masse auf der Erde (also soviel wie eine normale Tafel Schokolade)

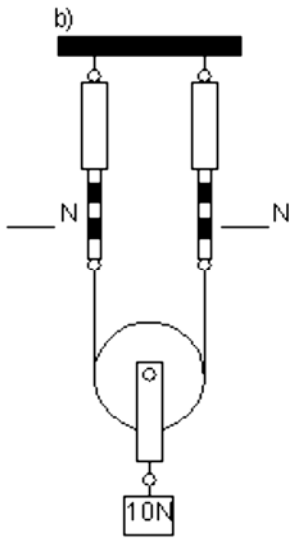
Du findest, dass die 10 N auf der einen Seite von 10 N auf der anderen Seite gehalten werden. Dabei ist es gleichgültig, ob das eine Gewicht höher steht oder das andere.

Wenn ein Arbeiter einen Balken von 700 N hochzieht, dann muss er am freien Ende mit der Kraft von 700 N wirken, um die Last zu heben. Mit diesem Aufzug, der festen Rolle, wird also keine Kraft gespart. Wohl aber hilft sie, Lasten bequemer zu transportieren, denn sie lenkt die Kraftrichtung um: Statt aufwärts ziehen wir abwärts.

### Ergebnis:

An der festen Rolle, herrscht Gleichgewicht, wenn die Kraft gleich der Last ist

$$\text{Kraft [F]} = \text{Last [L]}$$

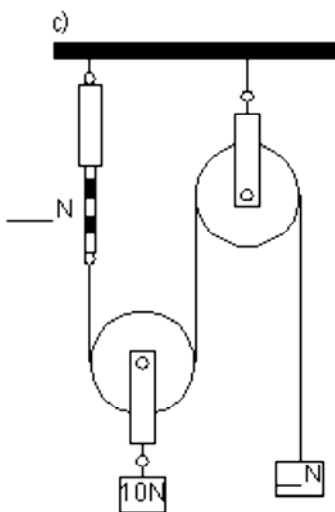


**Wie aber können wir eine Last heben, die schwerer ist als ein Mensch?** An der festen Rolle kann ein Mensch doch höchstens sein eigenes Körpergewicht als Kraft einsetzen!

Stelle mit einer sehr leichten Rolle, die mit zwei Federwaagen lose angehängt wird, die Anordnung b) zusammen. Hänge an die Rolle ein 10N-Gewicht an. Du wirst feststellen, dass sich die Kraft von 10 N auf die beiden Federwaagen aufteilt.

Lies die Ergebnisse ab und trage ein

Löse die rechte Schnur von der Federwaage und lenke sie über eine feste Rolle um.



Welche Gewichtskraft hält jetzt die 10 N im Gleichgewicht?

Lies die Ergebnisse ab und trage ein.

Führe den gleichen Versuch mit einer Last von 20 N durch.

**Ergebnis:**

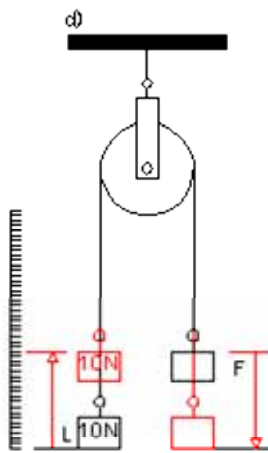
An der losen Rolle herrscht Gleichgewicht, wenn die Kraft gleich der \_\_\_\_\_ Last ist.

Kraft = \_\_\_\_\_ Last.

Durch die lose Rolle wird Kraft gespart. Deshalb kann ein Arbeiter mit einem derartigen Aufzug wesentlich schwerere Lasten heben als mit einer festen Rolle. Wurde durch die Rollen auch **Arbeit** gespart? Um das zu klären, musst du auch den Weg messen, den die Last zurücklegt, wenn auf sie die Kraft wirkt.

**Information:** Physikalische Arbeit = Kraft x Weg [  $W = F \times s$  ]

Die Maßeinheit lautet: **Nm**



Prüfen wir dies zunächst bei der festen Rolle.

Baue die Anordnung d) zusammen. Senke das rechte Gewichtstück und beobachte dabei das linke.

Du kannst ausmessen, dass es sich um die \_\_\_\_\_ Strecke hebt, um die sich das rechte senkt.

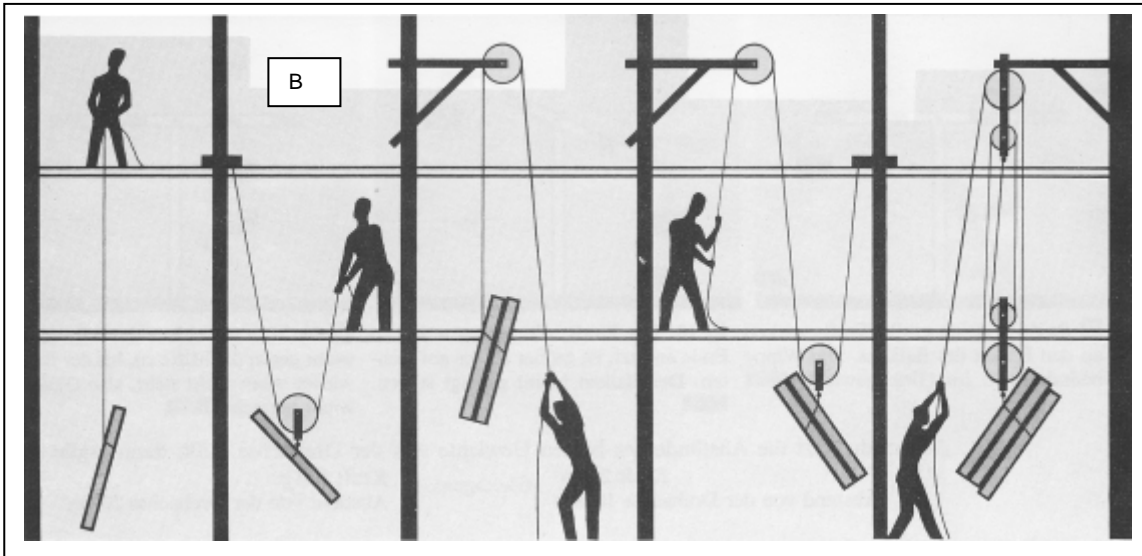
Da  $F$  gleich  $L$  ist und die Wege auf beiden Seiten gleich sind, ist auch die Arbeit auf der Kraftseite gleich der auf der Lastseite.

**Ergebnis:**

Bei der festen Rolle wird also \_\_\_\_\_ Arbeit gespart.

Bei der losen Rolle spart man zwar Kraft, aber dafür wird der Weg länger und die Arbeit bleibt folglich gleich – überprüfe diese Aussage durch ein entsprechendes Experiment wie in c) und d)!

**Überprüfe jetzt deine Kenntnisse:**



A

C

D

E

Arbeit auf der Baustelle: Welche Hilfsmittel benutzen die einzelnen Arbeiter? Wie erleichtern sie sich die Arbeit? Wird irgendwo Arbeit gespart?

<b>A</b>	
<b>B</b>	
<b>C</b>	
<b>D</b>	
<b>E</b>	

## Einfache Maschinen: Hebel

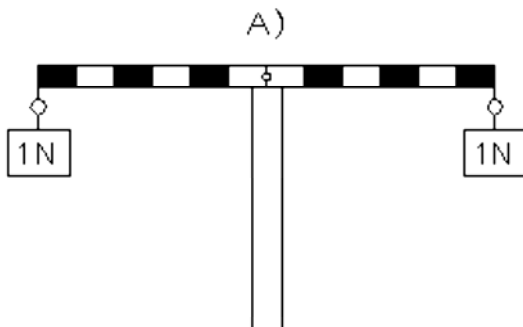
Auf einer Baustelle müssen manchmal sehr schwere Gegenstände nur kurz angehoben werden. Auch in deiner Wohnung kann ein solches Problem auftauchen, wenn du zum Beispiel einen Teppich, auf dem ein schwerer Schrank steht, herausnehmen möchtest. In beiden Fällen hilft eine einfache Maschine, der "Hebel". Man nutzt ihn auch beim Herausziehen von Nägel, beim Nüsseknacken, beim Radfahren usw. usw. – der Hebel ist wohl der am meisten verbreitete "Trick", um Kraft zu sparen.



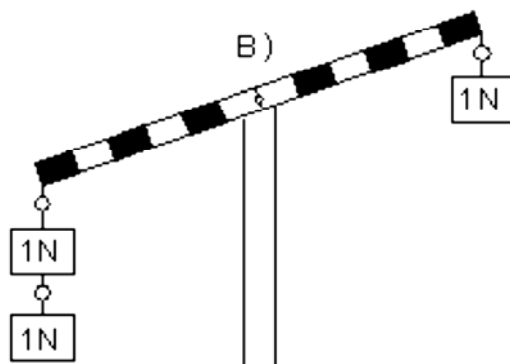
Wie funktioniert ein Hebel?

Du kennst die Balkenschaukel oder Wippe, wie sie meist genannt wird. Auf jedem Ende des Balkens, der sich in der Mitte um einen Zapfen dreht, sitzt meist ein Kind. Solange die beiden etwa gleich schwer sind, geht es leicht auf und ab. Sitzt auf dem einen Ende aber einer, der 500 N wiegt, und am anderen Ende einer von nur 300 N, dann klappt es nicht mehr so recht. Der Schwere bleibt unten sitzen, während der Leichte „in der Luft hängt“. Auch du hast ja sicher solche Erfahrungen mit der Wippe gemacht. Dann weißt du auch, dass das Spiel dennoch weitergehen kann. Der schwerere Junge braucht sich nur etwas zur Mitte hin zu setzen. Durch die Verschiebung seines Körpergewichts ist es möglich, dass der leichtere Junge am einen Ende des Balkens den weitaus schwereren im Gleichgewicht halten kann.

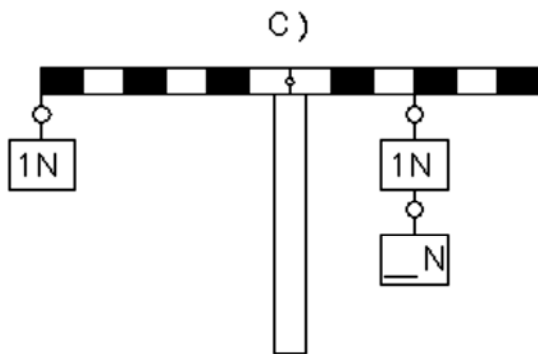
Wie lässt sich diese merkwürdige Tatsache erklären? Links und rechts von der Drehachse greifen doch verschieden große Kräfte an, und dennoch wird ein Gleichgewichtszustand erreicht? - Am besten bauen wir uns eine Wippe für einen Versuch auf. Zwei Gewichtstücke sollen die beiden Jungen darstellen.



Zwei gleich große Kräfte wirken an den Enden des Balkens. Die Wippe befindet sich im Gleichgewicht.



Die Kraft, die jetzt am linken Ende ansetzt, ist größer als die am rechten. Der Balken bleibt geneigt stehen.



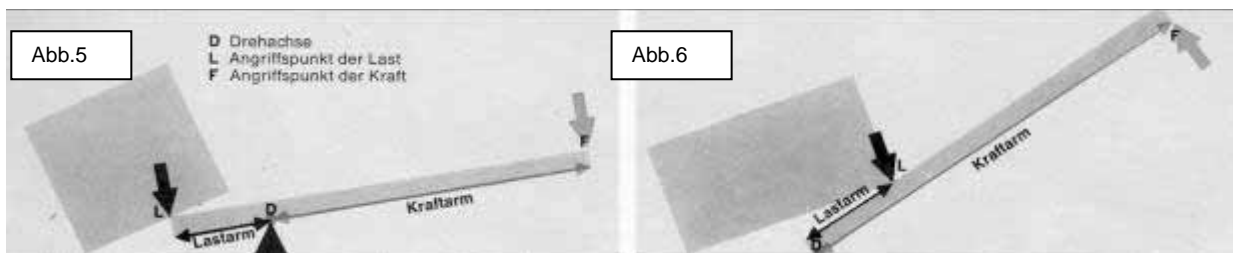
Jetzt befindet sich das Doppelgewicht auf der rechten Seite, aber näher an der Drehachse – der Balken steht waagrecht und es herrscht Gleichgewicht wie bei A) – der Abstand des Doppelgewichtes von der Drehachse ist aber nur halb so groß wie der auf der anderen Seite.

? ? ?  
 Wie groß muss die zweite Gewichtskraft sein?  
 (Trage ein)

**Ergebnis:** \_\_\_\_\_

Eine Wippe befindet sich im Gleichgewicht, wenn auf beiden Seiten der Drehachse die Produkte aus Kraft [F] und Abstand [s] gleich sind

Dieses Ergebnis zeigt auch, dass ein drehbar gelagerter Balken (oder Stange) ein Werkzeug darstellt, mit dem schwere Lasten gehoben werden können, ohne dass eine gleichgroße Kraft eingesetzt werden muss. Diese einfache Maschine heißt jetzt nicht mehr Wippe, sondern Hebel.



An einem Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn das Produkt Last mal Lastarm gleich dem Produkt Kraft mal Kraftarm ist.

Als Nutzenanwendung für die Arbeit mit dem Hebel finden wir: Je länger der Kraftarm gegenüber dem Lastarm ist, umso mehr Kraft kann beim Heben einer schweren Last eingespart werden, bzw. eine umso schwerere Last kann mit der gleichen Kraft bewegt werden.

Beim Hebel in Abb.5 liegt der Kraftarm auf der einen, der Lastarm auf der anderen Seite der Drehachse. Er wird deswegen zweiseitiger Hebel genannt. Bei der ebenfalls viel verwendeten Hebelart in Abb.6 liegen Kraft- und Lastarm auf derselben Seite der Drehachse. Er wird als einseitiger Hebel bezeichnet. An ihm gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie am zweiseitigen Hebel. Sowohl die Kraft als auch die Last versuchen, den Hebel um seine Drehachse zu drehen, und zwar die eine links herum, die andere rechts herum. Die beiden Produkte sind dann ein Maß für die Drehwirkung und heißen deswegen auch Drehmoment der Kraft bzw. der Last. Deshalb sagt man auch:

***Am Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn das Drehmoment der Kraft gleich dem Drehmoment der Last ist.***

**Überprüfe deine Kenntnisse**

1. Versuche für die Hebel in Abb.7 die Drehachse, den Angriffspunkt der Kraft und den der Last zu finden.
2. Wie schneidet man hartes Material mit der Schere möglichst kraftsparend?
3. Warum haben Blehscheren und Heckenscheren lange, Papierscheren kurze Griffe?
4. Oft will man mit Hebeln Kraft sparen. Hier und da, wo der Krafteinsatz keine Rolle spielt, spart der Hebel Weg. Weise das bei der Papierschere (ggf. auch bei der Bahnschranke) nach.
5. Welche der Hebel in Abb.7 sind einseitig, welche zweiseitig?
6. Warum wirkt unser Unterarm nicht kraft-, aber wegsparend?

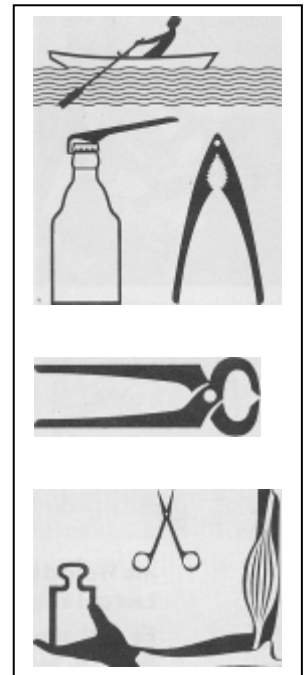


Abb.7

**Deine Antworten...**

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

**Ergänzung:**

Auf dem Bau werden besonders zwei weitere Geräte benutzt: Die **Sackkarre** und die **Schubkarre**. Zeichne und untersuche jeweils:

- Gibt es hier auch einen Last- und einen Kraftarm?
- Hilft hier auch das Hebelgesetz? Wieso?
- Wie muss man die Last auf einer Schubkarre verteilen, damit möglichst wenig Kraft gebraucht wird?

## 5. Wohnen und Bauen in anderen Kulturen

"Erste Bauten der Vor-Menschen im Mensch-Tier-Übergangs-Zeitraum waren (vermutlich) Wind- und Regenschutzwände und Dächer aus Zweigen und Blättern. Bereits ca. 400 000 Jahre alt ist ein nachgewiesener Bau von beachtlicher Größe aus schräg aufrecht stehenden Ästen. Daneben war das 'Bewohnbarmachen' bzw. 'Wohnlichmachen' vorgefundener Höhlen eine weitere frühe Bau-Arbeit. Überraschend früh haben die Menschen bereits mit dauerhaften Materialien, mit Holz (nur relativ dauerhaft) und dann mit natürlichen und künstlichen Steinen, komplexe Bauten errichtet. Ein wichtiges Kennzeichen dieser frühen Technik ist, dass solche Bauaufgaben nur kooperativ bewältigt werden konnten. Beispiele haben sich bis heute erhalten: Turmbauten in Mesopotamien (Turm zu Babel), in Ägypten Tempel und Pyramiden, in Großbritannien Stonehenge und viele andere gewaltige Bauten." (Duismann, Plickat 2001)

Historische, aber auch geographische und klimatische Bedingungen führen zu unterschiedlichen technischen Problemlösungen auch beim Bau von Wohnungen und Häusern, die von Schülerinnen und Schülern untersucht werden können. In Kooperation mit den Lernbereichen Gesellschaft und Künste kann zum Beispiel untersucht werden:

- historische Baustoffe und Fertigungsverfahren in Städten und Dörfern
- Einsatz von "Einfachen Maschinen" bei Monumentalbauten
- historische Problemlösungen im Brückenbau
- Baustoffe und Architekturstile
- Raumfunktionen, Nutzungsgewohnheiten, Zimmergrößen und -gestaltung unter historischen und sozialen Bedingungen
- klimaabhängiges Bauen in heißen und kalten Wüsten

Neben der Analyse von Texten, Bildern und des Internetangebots kann das Völkerkundemuseum als Informationsquelle genutzt werden. Bei Fragen zu historischen Bau- und Wohnfragen in Hamburg (z.B. Leben in Nissenhütten nach 1945 im Barmbek) bieten das Museum der Arbeit und die Architektenkammer Materialien und Auskunft.