

## 1 Gespräch mit Hilfe von Impulsfragen über Verbindungen und Verbindungstechnik führen

- Was sind Verbindungen? Wo finden wir Verbindungen in Alltagsgegenständen? Was versteht man unter Verbindungstechnik?
- Die Verbindungstechnik beschreibt die Methoden des Zusammensetzens von funktionsfähigen Gebilden aus ihren Einzelteilen. In der Regel sind Verbindungen fest. Verbindungen, die allein bewirken sollen, dass zwei oder mehr Teile beweglich miteinander verbunden sind, nennt man Gelenke.

## 2 Suchen, sammeln, zeichnen

- Büroklammer, Dübel, Klettverschlüsse, Knöpfe, Reissverschlüsse und Karabiner können zwei oder mehr Teile miteinander verbinden. Welche Verbindungselemente fallen uns noch ein? Die Verbindungselemente können auch gezeichnet werden und so ein Wandplakat erstellt werden.
- Es lässt sich auch überlegen, was für Verbundkonstruktionen es gibt – auch dazu lässt sich ein Wandplakat anfertigen.
- Typische Verbundkonstruktionen, die wir im Alltag finden, sind z.B. die Anhängerkupplung, der Skistock mit dem eine Handschlaufe verbunden ist oder Möbel (z.B. sind Tischbeine mit der Tischplatte verbunden).

## 3 Erzählerischer Impuls: Geschichte der Verbindungstechnik

- Bereits in der Steinzeit wurden ganz unterschiedliche Verbindungs-Lösungen entwickelt: vom Steinbeil in einer Holzgabel über das Steinbeil in einem Holzloch, über das Steinbeil, welches mit einem Hornverbindungsstück und Birkenteer an einem Holzschaft befestigt war (Sollbruchstelle Hornverbindung), über das Metallbeil mit Seitenschlaufen zur Befestigung am Schaft, bis hin zum Metallbeil mit Loch.
- In der ur- und frühgeschichtlichen Archäologie versteht man unter Schäftung verschiedene während der Vor- und Frühgeschichte angewendete Verbindungstechniken, vor allem aber das Anbringen eines Schaftes (Griffes). Durch die Schäftung wurde die Handhabung des Geräts ermöglicht oder die Wirksamkeit erhöht. Bei Jagdwaffen wurden Kraftwirkung und Reichweite verbessert.
- Ein länglicher Werkzeugschaft wird auch Stiel genannt. In der Steinzeit bestanden Schäfte aus Holz, Geweih, Knochen, Horn oder Elfenbein. Der Schaft ist mit der Klinge oder Spitze verbunden, die ab der Bronzezeit aus Metall bestehen kann.



**Abb. 1:** Zeremonialbeil, Papua-Neuguinea. Klinge aus Stein, Schaft aus Holz mit Umwicklung aus Pflanzenfasern



**Abb. 2:** Geschäftete Steinaxt, Originalfund

– In der Altsteinzeit verwendete Materialien

a) Für Spitzen und Klingen

Felsstein und Mineralien, insbesondere Feuerstein, Quarz, Quarzit, Schiefer. Grundvoraussetzung war die präzise und kontrollierbare Spaltbarkeit, die eine scharfe Kante ergeben musste. Besonders begehrt war Obsidian.

b) Für den Schaft

Verschiedene Arten von Holz, je nach Verfügbarkeit. Das Holz musste fest und zugleich elastisch sein, ohne Neigung zu splintern und nicht zu schwer. Beliebte waren Ulme, Eibe und Esche sowie Feldahorn und Kiefer, in Ostasien auch Bambus. Die Schäfte wurden sorgfältig geglättet. Neben Holz aber auch Horn, Geweih, Knochen und Elfenbein.

c) Für die Fixierung

Stabile Pflanzenfasern, Rinden- und Lederstreifen oder kleine Äste; zudem natürlich vorkommende oder leicht herzustellende Klebemittel wie Birkenpech, Harz, später auch Leim.



Abb. 3: Schlingenschäftung bei einer Pfeilspitze

- Schäftungstypen: Es gibt verschiedene Arten der steinzeitlichen Schäftung. Metallzeitlich kommen dieselben Schäftungstypen vor, jedoch erweitert durch Nietenschäftungen etc.
  - a) Klemmschäftung: Die Klinge oder Spitze wird in den Schaft eingeklemmt.
  - b) Bindeschäftung: Die Klinge oder Spitze wird mit Schnüren, Lederriemen oder Sehnen am Schaft angebunden.
  - c) Klebeschäftung: Die Klinge oder Spitze wird mit Klebemitteln am Schaft befestigt. Hauptsächliche Klebemittel waren Holzteer, Baumharze wie Birkenpech und Leim.
  - d) Dornschäftung: Ein Schäftungsdorn an der Spitze oder Klinge wird in ein Loch am Schaftende eingeführt. Bei grösserer Länge spricht man von einer Schaftzunge.
  - e) Tüllenschäftung: Am Ende der Spitze oder Klinge oder auch des Schaftes befindet sich eine Vertiefung oder Aushöhlung, in die das zu verbindende Teil hineingesteckt wird. Auch Zwischenstücke können mit einer Tülle verbunden werden.
  - f) Lochschäftung: Entweder der Schaft oder die Klinge ist durchbohrt. In Klingen aus Metall können Löcher eingegossen sein. Bei metallenen Beilklingen kommen auch angegossene Ösen vor.
  - g) Kombinationen: Verschiedene Techniken können auch kombiniert werden. Ein Beil kann zum Beispiel am Holzstiel festgeklemmt und zugleich geklebt und festgebunden sein.

## 4 Herstellung von Steinzeit-Werkzeugen in der Altsteinzeit

- Dialog über Altsteinzeit: welche Materialien standen den Menschen zur Verfügung? Was stellten sie her?
- Bereitstellung von Pfeilspitzen, Steinen, Ästen, Lederstreifen, Bienenwachs, Schafwolle, ggf. Baumharz und versuchen, Steinzeitwerkzeuge herzustellen. Vorstellung der einzelnen Produkte und Austausch über Erfahrungen (z.B.: Lederstreifen halten besonders gut, wenn man sie nass verarbeitet – beim Trocknen schrumpft das Leder und durchs Zusammenziehen wird die Verbindung fester).
- Herstellung von weiteren Gebrauchsgegenständen wie z.B. Zahnbürsten und Besen mit einfachen Verbindungstechniken, dabei ist es gut möglich, verschiedene Aspekte vorzugeben und sich die Ergebnisse gegenseitig zu präsentieren und sie zu diskutieren



Abb. 4: Zahnbürste

## 5 Untersuchung von Prinzipien der Verbindungstechnik

- Tisch mit unterschiedlichsten Verbindungselementen bzw. -materialien (u.a. Karabiner, Seile, Lego, Puzzleteile, Schrauben, Klammern, Klebstoffe): nun gilt es zu versuchen, diese Elemente nach den Prinzipien «formschlüssig», «kraftschlüssig» und «stoffschlüssig» zu ordnen und die Zuordnung zu begründen. Ggf. auch Mischkategorien bilden. Im Anschluss zweiter Ordnungsvorgang in die Kategorien «lösbare Verbindung» und «nicht lösbare Verbindung». Auch Frage: nach welchen anderen Kategorien könnte man die Verbindungselemente ordnen?

### I Schluss: kraftschlüssig, formschlüssig, stoffschlüssig

Die Wörter kraftschlüssig, formschlüssig und stoffschlüssig beschreiben wichtige Wirkprinzipien im Bereich der Verbindungstechnik. Manchmal wirken auch verschiedene Prinzipien gleichzeitig. Ein Beispiel für das gleichzeitige Auftreten verschiedener Wirkungsarten ist die Schraubverbindung: wenn die Schraube fest angezogen ist, ist sie formschlüssig (Gewinde) und kraftschlüssig (durch die Kraft des Fest-Angezogen-Seins).

#### a) formschlüssig

Zwei Bauteile können formschlüssig zusammengefügt werden.

In beide Teile wird je eine räumliche Form, wobei die Formen sich als positive und negative Gestalten ergänzen, eingearbeitet.

Ein drittes Teil wird nur verwendet, wenn verhindert werden soll, dass die Verbindung in eine bestimmte Richtung auseinanderrutschen kann.

Grösstenteils sind formschlüssige Verbindungen lösbar.

Beispiele für formschlüssige Verbindungen:



Abb. 5: Haken und Öse

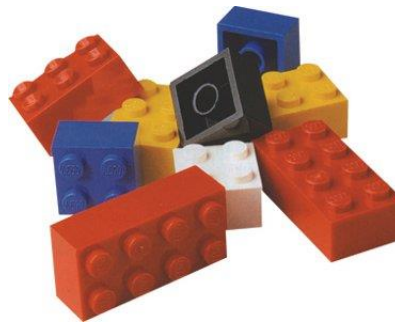


Abb. 6: Legosteine

## b) kraftschlüssig

Kraftschlüssige Verbindungen entstehen durch die Anwendung von Kraft. Dazu zählen z.B. Druckkräfte oder Reibungskräfte. Der Zusammenhalt der kraftschlüssigen Verbindung wird rein durch die wirkende Kraft gewährleistet. Das Adjektiv heisst kraftschlüssig, als Nomen gibt es den Kraftschluss bzw. die Kraftschlüssigkeit.

Beispiele für kraftschlüssige Verbindungen:



Abb. 7: Wäscheklammer und Schraubzwinde

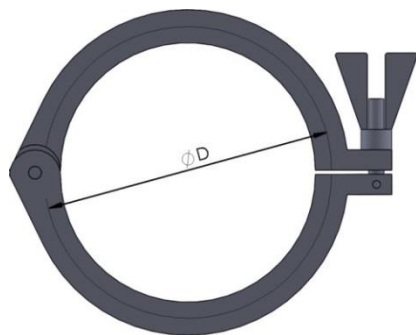


Abb. 8: Schlauchschelle/Bride und Kreuzknoten

## c) stoffschlüssig

Stoffschlüssige Verbindungen werden alle Verbindungen genannt, bei denen die Verbindungspartner durch atomare oder molekulare Kräfte zusammengehalten werden. Sie sind gleichzeitig nicht lösbare Verbindungen, die sich nur durch Zerstörung der Verbindungsmittel trennen lassen:

Auch das Kleben gehört zu den stoffschlüssigen Verfahren. Der Klebstoff haftet auf der Oberfläche eines Fügeteils. Durch physikalische (selten auch chemische) Wechselwirkungen kommt es zur Verbindung der Einzelteile.

### a) Löten

Löten ist ein thermisches Verfahren zum stoffschlüssigen Zusammenfügen von Werkstoffen. Löten ist eine sehr alte Technik, die nachweislich schon um 5000 v. Chr. bekannt war. Die damals bekannten Metalle Gold, Silber und Kupfer wurden zu Kult- oder Schmuckgegenständen verarbeitet.

### b) Schweißen

Unter Schweißen versteht man das unlösbare Verbinden von Bauteilen unter Anwendung von Wärme und/oder Druck, mit oder ohne Verwendung von Schweißzusatzwerkstoffen. Die Geschichte des Schweißens beginnt bei den Sumerern und Hethitern im 3. Jahrtausend v. Chr. Die Entwicklung machte über Jahrtausende nur geringe Fortschritte, um dann mit den Erfindungen des 19. Jahrhunderts eine rasante Beschleunigung zu erfahren.

### c) Kleben

Auch das Kleben gehört zu den stoffschlüssigen Verfahren. Der Klebstoff haftet auf der Oberfläche eines Fügeteils. Durch physikalische (selten auch chemische) Wechselwirkungen kommt es zur Verbindung der Einzelteile.

## II Lösbarkeit: lösbare Verbindungen, nicht lösbare Verbindungen

Unterschieden werden lösbare und nicht lösbare Verbindungen.

### a) Lösbare Verbindungen

Die Verbindung lässt sich beliebig oft herstellen oder lösen. Beispiel: Legosteine.

### b) Nicht lösbare Verbindungen

Beim Wiederauftrennen dieser Verbindungen kommt es zur Zerstörung der Verbindungsteile bzw. -flächen. Beispiele: eine gemauerte Mauer abreißen, zwei zusammengeklebte Papiere auseinanderreißen.



## III Passung: Spielpassung, Presspassung, Passung

Als Passung wird die massliche Beziehung zwischen zwei Teilen, die miteinander verbunden werden, bezeichnet. Man unterscheidet drei Passungstypen:

### a) Spielpassung

Die zusammengefügt Teile haben Luft.

Beispiel: Sonnenschirmrohr im Sonnenschirmständer

### b) Presspassung

Die zwei Teile können nur mit Kraftaufwand zusammengebracht werden. Beispiel: Achse, die in einer Lagerbuchse läuft.

### b) Passung

Die zusammengefügt Teile passen exakt ineinander, sie haben keine Luft. Beispiel: Kugellager, Lager



**Abb. 9:** Zwei Jungen an einem Brett mit drei Bohrlöchern und drei Stäben, welche die drei Passungen repräsentieren.



# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Aufgaben zur Vertiefung und Übung:
  - a) die Hände formschlüssig ineinanderlegen
  - b) im Klassenzimmer oder Schulhaus Beispiele für formschlüssige, kraftschlüssige oder stoffschlüssige Verbindungen suchen, oder Beispiele für Klebeverbindungen, lösbare Verbindungen, nicht lösbare Verbindungen
  - c) sich in Betrieben bezüglich bestimmter Fertigungsverfahren, wie z.B. Löten und Schweißen informieren
  - d) Plakate erstellen: Plakat Formschlüssigkeit mit Beispielen (Bildern), Plakat Stoffschlüssigkeit mit Beispielen
  - e) verschiedene Verbindungstypen selbst bauen, z.B. Pappuhr mit Zeiger, Armband, Wasserrad, Bahnschranken-Modell, Bilderrahmen
  - f) Erfinden: einen Gegenstand erfinden, der mindestens drei verschiedene Verbindungstechniken aufweist
  - g) Lösungssuche für Verbundkonstruktionen: Verbindung Papier-Papier, Verbindung Papier-Metall, Verbindung Holz-Metall, Verbindung Plastik-Holz
  - h) Modellbau: ein Modell bauen, dass z.B. die Prinzipien Passung, Spielpassung, Presspassung gut veranschaulicht
  - i) Recherchieren: z.B. Geschichte der Erfindung des Klettverschlusses oder des Klebstifts; Schweisstechnik heute (mit Interview in einem Betrieb); kulturspezifische und kulturgeographische verbindungstechnische Lösungen (z.B. Verbindungen mit unterschiedlichen, kulturraumspezifischen Baustoffen)

- Gefahrenhinweise

- a) Arbeiten mit Holz

Nur mit ungefährlichen Werkzeugen arbeiten.

Darauf achten, dass möglichst keine Quetsch- oder Klemmgefahr besteht.

Holzstaub in der Luft minimieren (z.B. durch regelmässige Fensterlüftung)

- b) Arbeiten mit Klebstoffen

Manche Menschen sind gegenüber bestimmten Klebstoffen empfindlich.

Klebstoffe sollten nicht in Augen oder Mund kommen.

Auf keinen Fall mit gefährlichen Klebstoffen, die stark klebend sind (z.B. Sekundenkleber) arbeiten.

Klebstoffe ohne Lösungsmittel verwenden.

Manche Klebstoffe sind leicht entzündlich – diese nicht verwenden!

Frischlufzufuhr in Zimmern herstellen und Klebflaschen immer nur kurz öffnen und gleich wieder verschliessen.



## c) Arbeiten mit Ölen

Auf den Verpackungen von ätherischen Ölen, Holzöl, Hartöl, Arbeitsplatten-Öl oder Hartwachs-Öl und manchen Kunstharzlacken steht der Sicherheitshinweis *«Mit Öl getränkte Lappen können zur Selbstentzündung neigen. Daher sofort nach Gebrauch gründlich auswaschen oder in luftdicht verschlossenem Gefäss aufbewahren und entsorgen»*. Was hat dieser Hinweis zu bedeuten?

Grundsätzlich härten alle Öle durch Aufnahme von Luftsauerstoff aus. Bei dieser chemischen Reaktion entsteht Wärme. Diese Wärme wird normalerweise an die Umgebung abgegeben und ist ungefährlich. Bei den zur Verarbeitung benutzten Lappen, Filz pads oder Schwämmen ist die Sauerstoffreaktion aufgrund der grösseren Materialoberfläche wesentlich intensiver. Ein Schwamm oder zusammengeknüllter Lappen kann wenig Wärme abgeben und sich deshalb stark aufwärmen. Wenn diese Wärme nicht abgeführt wird, kommt es zunächst zu Rauchentwicklung und danach zur Entzündung. Die Entzündung kann ohne entsprechende Vorkehrungen nach wenigen Stunden und je nach Umgebungsbedingungen auch noch nach einigen Tagen stattfinden.

Richtige Verhaltensweisen:

- Tücher, Lappen, Pads und ähnliche mit Öl benetzte Materialien in einen Eimer mit Wasser tauchen und komplett durchnässen. Danach im Freien trocknen lassen und im Hausmüll entsorgen.
- Alternativ können Tücher in einem luftdicht verschliessbaren Gefäss vorübergehend gelagert werden, um sie später mit Wasser zu tränken und zu entsorgen.
- Ölige Lappen niemals achtlos liegen lassen! Während der Arbeit die benutzten Lappen immer ausgebreitet ablegen.
- Sollte dennoch eine Entzündung stattfinden: mit Wasser löschen.

## 6 Verbindungstechnik Blockbauweise

– Erzählerische Einleitung:

Blockbau (auch Blockwerk, Gewättbau, Strickbau, Flecken genannt) ist eine Bautechnik mit Massivholz. Es gibt viele Belege dafür, dass die Blockbautechnik bereits in prähistorischer Zeit eine gängige Bauweise vor allem in Mitteleuropa gewesen ist. Sie kam seit dem Neolithikum beim Brunnenbau, ab dem 2. Jahrtausend v. Chr. auch beim Hausbau zum Einsatz. Eine wichtige Fundstätte hierfür ist das schweizerische Savognin Padnal. In römischer Zeit finden sich Hinweise auf Befestigungsanlagen und Wachtürme in Blockbauweise. Die ältesten heute noch erhaltenen Blockhäuser stammen aus dem Mittelalter. Verbreitet ist diese Bauweise vor allem in Europa und Asien und angewendet wird sie überwiegend für den Bau von rechteckigen oder quadratischen Häusern.

Die Wände entstehen, indem Hölzer liegend aufeinandergeschichtet werden. Verwendet werden dabei Rundhölzer, abgeflachte oder vierkantig geflächte Hölzer oder gesägte Kanthölzer (Balken). Bei Rundholz kommt abwechselungsweise das dünnere über das dickere Ende des Stammes zu liegen, um das volle Holz auszunutzen. Die Hölzer kommen entweder dicht aufeinander zu liegen oder es wird eine Füllung zwischen den Hölzern eingestopft, z.B. Moos. Will man, dass Luft durch das Bauwerk ziehen kann (z.B. Heuschober), kann man die Balken auch auf Abstand setzen.

An den Ecken müssen entsprechende Holzverbindungen vorgenommen werden – hier gibt es viele unterschiedliche Ausführungen. Ebenso sind Verbindungen bzw. Überschneidungen im Fall von mehrräumigen Bauten nötig, nämlich dort, wo Innenwände aufeinanderstossen oder Innenwände auf Aussenwände treffen.

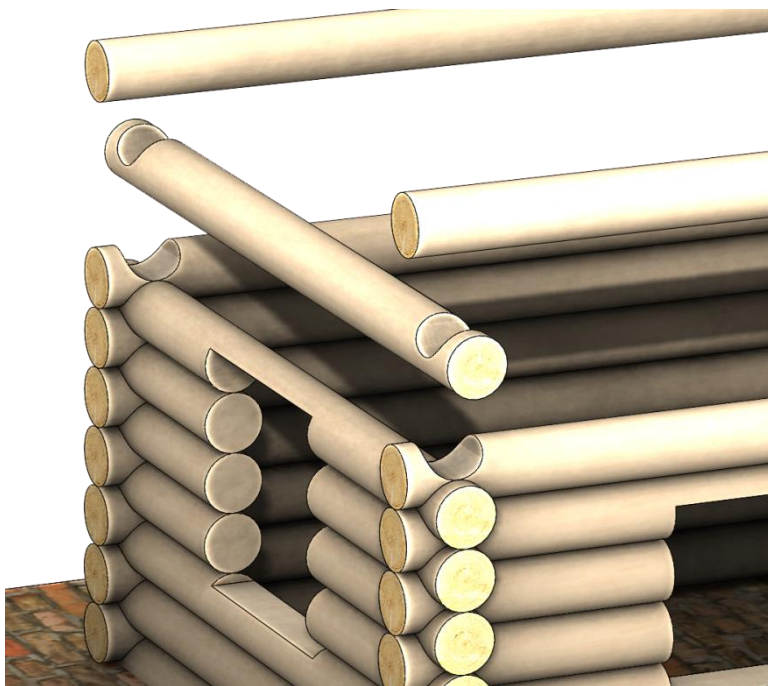
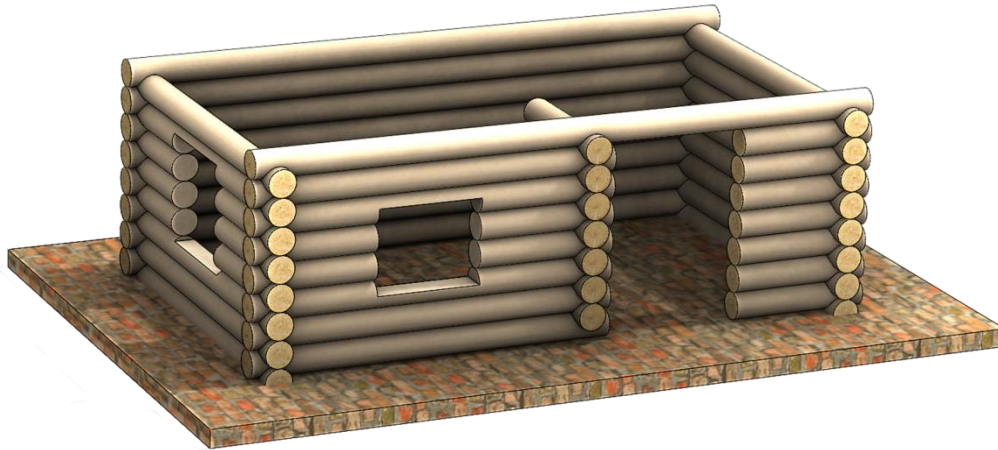
Ein Blockhaus oder eine Blockhütte ist ein in Blockbauweise errichtetes Gebäude mit Wänden aus Baumstämmen. Man baut Blockhäuser aus

- unbehauenen Stämmen, die jedoch geschält werden („Naturstammbauweise“)
- auf Wandstärke beidseitig gesägten oder mittels eines breiten Zimmermannsbeils gehauenen Balken
- komplett profilgefrästen Stämmen, die es erlauben, die Stämme wie in einem Baukasten aufeinander zu stapeln

Die Balken werden in regelmässigem Abstand durch grosse hölzerne Dübel gesichert. Die aufeinandergelegten Stämme oder Balken werden mit Moos, Schafwolle oder synthetisch abgedichtet.

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

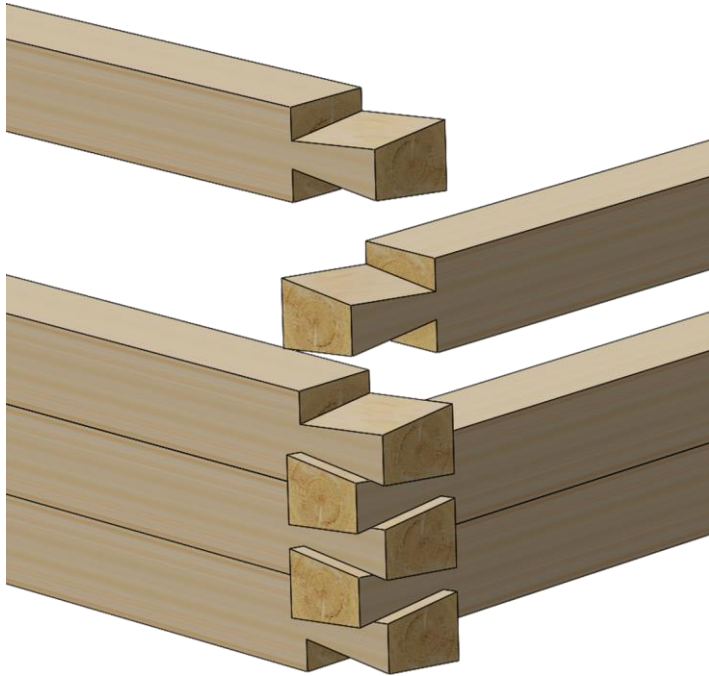
- Untersuchung: Blockhausbau mit Rundkerbe, z.B. anhand eines Fotos, eines Modells, einer Zeichnung



**Abb. 10:** Blockhausbau mit Rundkerbe – noch besser ist es, wenn die Rundkerbe nach unten zeigt, damit Regenwasser ablaufen kann

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Untersuchung: Blockhausbau mit Schwalbenschwanz, z.B. anhand eines Fotos, eines Modells, einer Zeichnung



**Abb. 11:** Blockhausbau mit Schwalbenschwanz

- Untersuchung: Blockhausbau mit schwedischer Bautechnik „Enkelkattsknut“



**Abb. 12:** Blockhausbau mit Enkelkattsknut

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Untersuchung: Blockhausbau mit japanischer Bautechnik „Azekurazukuri“

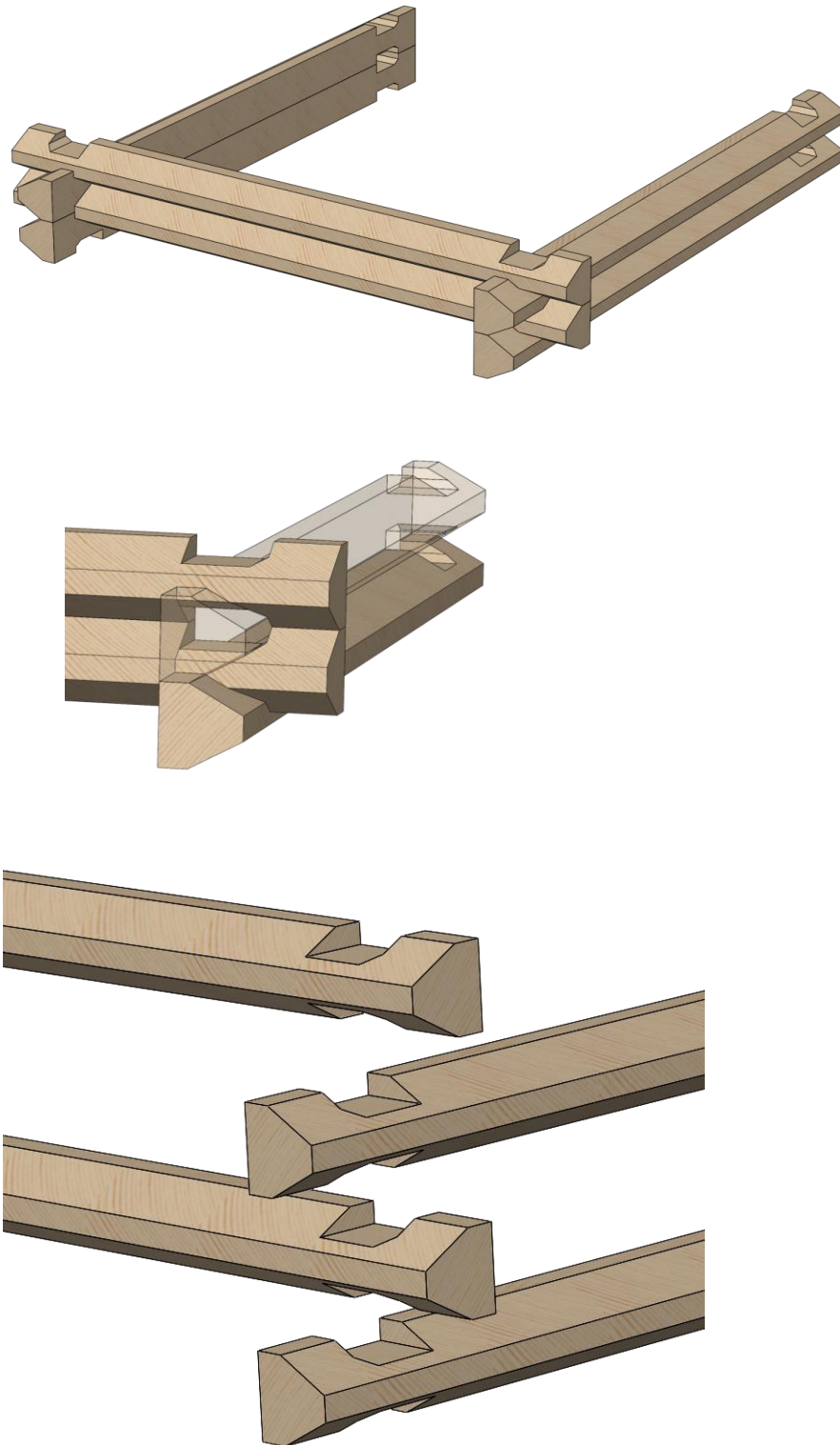


Abb. 13: Blockhausbau mit Azekurazukuri

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Mögliche Übungs- und Vertiefungsaufgaben
  - a) Mit Knete verschiedene Eckverbindungen simulieren, erfinden, ausprobieren
  - b) Modellblockhäuser bauen (Materialien: Modellblockhaus-Bausätze, kleine Hämmerchen - manchmal muss man leicht klopfen, damit die Teile ineinander halten, am besten man legt dabei ein kleines Holzklötzchen zwischen Blockhaus-Bauteil und Hammer; Teppichfliesen lassen sich unterlegen – das schont die Tische, vermindert die Klopfgeräusche und verhindert das Verrutschen der Bauteile).
  - c) Sokratische Gespräche führen: wo haben wir schon Blockhäuser gesehen? In welchen Ländern bietet es sich an, in Blockbauweise zu bauen? Was sind Vorteile von Blockhäusern, was sind Nachteile?
  - d) Den Stummfilm „Azekurazukuri-Technik“ schauen – zunächst nur den Anfang, sich überlegen, wie sieht nun wohl die Wand von innen aus – dann den ganzen Film schauen. Über Vor- und Nachteile dieser Technik sprechen.
  - e) Sachzeichnungen zu verschiedenen Blockhaus-Bautechniken anfertigen (z.B. Schwalbenschwanz, Rundkerbe)
  - f) Nachdenken über die Frage: Aus welchen Materialien werden heute Häuser gebaut und welche Auswirkung hat das auf die Verbindungstechnik?



Abb. 14: Kinder beim Blockhaus-Modellbau

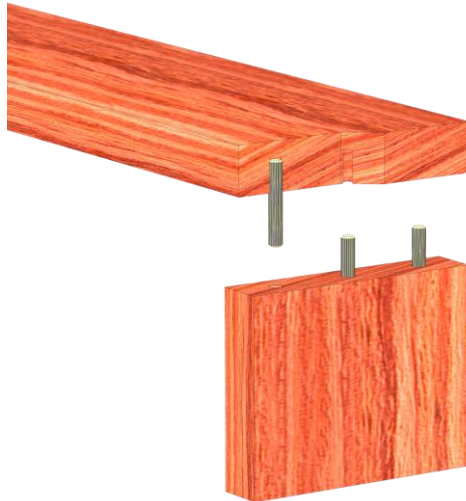
## 7 Verbindungstechnik Heften - am Beispiel des Heftgeräts/Bostitch

- Mögliche Aufgaben:
  - a) Ein Heftgerät/einen Bostitch untersuchen; die Funktionsweise der Einzelteile herauszufinden versuchen. Dabei beispielsweise auch das Klammermagazin herausnehmen und wieder hineinlegen und beschreiben, wie der Nachschubmechanismus in etwa funktioniert.
  - b) Recherchieren: Geschichte der Erfindung des Heftgeräts
  - c) Herausfinden, wie man Blätter so heften kann, dass die Heftklammerfüsschen nach aussen zeigen und dann so, dass die Heftklammerfüsschen nach innen zeigen.
  - d) Explorierend herausfinden, wie viele Blatt Papier sich maximal zusammenheften lassen.
  - e) Mit einem Heftklammerentferner eine Heftklammer herausziehen.
  - f) Hersteller interviewen, um herauszufinden, in welchen Berufen Heftklammergeräte eingesetzt werden.
  - g) Bilder von möglichst vielen verschiedenen Heftklammergeräten recherchieren und auf einem Poster aufkleben.
  - h) Ausprobieren, welche Materialien sich mit einem Hefter heften lassen. Verschiedene Hefter ausprobieren.



## 8 Verbindungstechnik Dübel

- Mögliche Aufgaben:
  - a) Erkundung der Funktionsweise eines Holzdübel



**Abb. 15:** Holzdübel-Verbindung

- b) Geschichte des Dübels recherchieren
- c) Funktions- und Wirkungsweise des Kunststoffspreizdübels erkunden und ein Gespräch darüber führen

Hinweise dazu: Wenn sich eine Schraube nicht direkt in einen Gegenstand, z.B. eine Wand, eindrehen lässt, kommt oft der Dübel zum Einsatz. Der Dübel wird in ein zylindrisches Loch, das zuvor in die Wand gebohrt wurde, eingesetzt. Die anschliessend eingedrehte Schraube spreizt den Dübel, wobei ein Kraftschluss und in geringerem Masse auch ein Formschluss entsteht.

Die Schraube formt sich im inneren Teil des Dübels ein Gegengewinde, wobei sie das Dübelmaterial plastisch verformt und zusätzlich radial nach aussen verdrängt, sie spreizt den Dübel. Freie Räume bei unebener oder poriger Lochwand werden vom Dübelmaterial ausgefüllt, wobei ein Formschluss gegen Herausziehen entsteht (der Dübel kann nicht herausgezogen werden). Hauptsächlich ist diese Verbindung aber kraft- beziehungsweise reibschlüssig. Die im Dübelmaterial entstehenden Radialkräfte führen vorwiegend zu dessen elastischer radialer Verformung. Die elastischen Kräfte wirken auf die unnachgiebige Lochwand als Normalkraft, die senkrecht dazu eine proportionale Haftreibungskraft zur Folge hat. Der elastische Hohlzylinder zwischen Schraube und zum Beispiel Mauerwerk ist dick genug, dass die Radialkräfte gleichmässig auf ein eventuell unebenes Loch verteilt werden. Am äusseren Lochrand nehmen die Radialkräfte stetig ab, sodass auch bei sprödem Mauerwerk dort kein Abplatzen auftreten kann.

Fragen lässt sich u.a., wozu die beiden abstehenden Kunststoffflaschen da sind. Diese haben nämlich vor allem dann eine Funktion, wenn ein Dübel in die Decke gesteckt wird: er fällt dann nicht gleich wieder heraus, noch bevor die Schraube hineingedreht werden konnte.

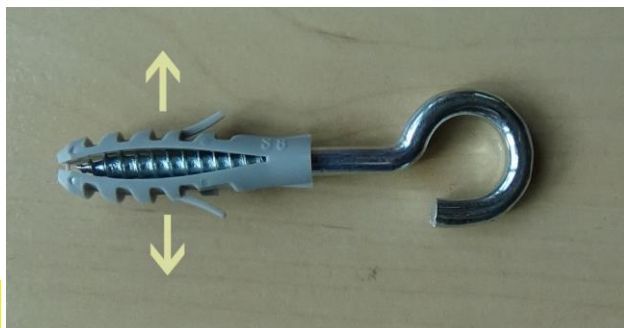


Abb. 16: Schraubhaken und Kunststoffspreizdübel

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- a) Verschiedene Arten von Dübeln betrachten. Beschreiben. Über ihre Funktionsweise nachdenken. Überlegen, was Kriterien bei der Wahl eines Dübels sind. Beispiele:
- Baustoff des Untergrunds (z. B. Beton, Mauerwerk, Gips)
  - Homogenität des Untergrunds (z. B. eine unverputzte Kellerdecke) oder Mehrschichtigkeit des Untergrunds (z. B. Wände mit Oberputz, Unterputz, Kalksandstein)
  - Hohlräume im Untergrund (z. B. Rigips-Wand mit Isolierstoff dahinter) (dafür gibt es spezielle Dübel)
  - Kräfte, welche der Dübel aufnehmen bzw. von Schraube oder Haken auf den Untergrund übertragen muss
  - Dicke des Untergrunds (z. B. ist eine nicht-tragende Zwischenwand meistens nicht dicker als 12,5 cm – der gewählte Dübel und die dazugehörige Schraube sollten nicht so lang sein, dass sie im Nachbarraum aus der Wand herausragen)
- b) Nachdenken über die Frage, warum man die Schraube nicht direkt in die Wand drehen kann.
- c) Den Stummfilm «Dübel» ansehen und versuchen, die Wirkungsweise zu erklären.
- d) Versuchen, verschiedene Dübelarten an entsprechend vorbereiteten Steinen und weichen Materialien wie zum Beispiel Styropor einzusetzen und eine Schraube einzudrehen. Anschliessend versuchen, die Dübel herauszuziehen.
- e) Die Funktionsweise eines Dübels zeichnerisch darstellen.



## 9 Verbindungstechniken bei Papier: das Beispiel Flaschenträger erfinden

- Aufgabe: einen Flaschenträger aus Papier erfinden.



**Abb. 17:** Papier-Flaschenträger zum Tragen einer PET-Flasche

Mögliche Aufgabenmodifikationen und -erweiterungen:

- Beim Bau des Flaschenträgers sollen verschiedene Verbindungsmöglichkeiten demonstriert werden und enthalten sein:
  1. Kleben mit Papierkleber
  2. Klebeband verwenden
  3. Bostitch verwenden
  4. Schrauben ohne Einlegescheiben verwenden
  5. Schrauben mit Einlegescheiben verwenden

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Durchführen von Belastungsproben: Die unterschiedlich verbundenen Papiere werden belastet und die unterschiedlichen Versagensflächen miteinander verglichen (d.h. es wird z.B. geschaut: Wo reißt es? Warum?). Möglicher Zusatz II: die Belastungstests werden filmisch festgehalten.
- Einen Flaschenträger nur mit einer Verbindungsart bauen (z.B. nur kleben, oder nur schrauben)
- Einen Flaschenträger bauen und dabei achten auf 1. Möglichst wenig Material einsetzen, Leichtbauweise 2. Möglichst ästhetisch ansprechendes Produkt erstellen 3. Möglichst funktionales Produkt herstellen
- Gespräch über die Entwicklung und Erfindung von Produkten; z.B. Gespräch darüber, wann es gut möglich ist, mit Hilfe von „Trial and error-Prinzip“ zu entwerfen – nämlich dann, wenn das verwendete Material billig ist und gut entsorgbar.



Abb. 18: Kinder mit ihren Papier-Flaschenträgern

## 10 Verbindungstechnik Flechten

- Gespräch darüber führen, was flechten ist. Beim Flechten werden Stränge biegsamen Materials ineinandergeschlungen. Flechten ist nicht zu verwechseln mit Weben, denn im Gegensatz zum Flechten werden beim Weben die Fäden rechtwinklig einander zugeführt. Flechten kann sowohl von Hand als auch maschinell ausgeführt werden.
- Gespräch darüber führen, welche Materialien sich zum Flechten eignen. Zum Flechten eignen sich viele Materialien, z.B. Bast, Weide, Reisig, Rattan, Gras, Schilf, Palmblattrippen und Binsen. Daher findet diese Methode in sehr unterschiedlichen Bereichen Verwendung.
- Überlegen, wo Flechten Verwendung findet. Beispiele:
  - das Flechten von Haaren zu einem Zopf
  - das Flechten von Leder für Gürtel oder Riemen
  - das Korbflechten
  - das Mattenflechten
  - das Schmieden von Stahlsträngen in glühendem Zustand
  - das Flechten von Teigsträngen (Hefezopf, Hefering, Brezel)
  - das Flechten von Seilen und Schnüren
  - das Flechten von Drahtseilen
  - das Flechten von Korbmöbeln und Sitzflächen
  - das Flechten von Bienenkörben und von Fischreusen
  - das Flechten von Heissluftballonkörben
- Recherche zu archäologischen Funden von Flechtware
- Weidenzweige ernten und aufbereiten, Körbe oder Tablets flechten, zuvor eine Konstruktionszeichnung anfertigen
- Hefezöpfe oder geflochtene Heferinge mit verschiedenen Flechtmustern backen
- Recherchieren, wie Korbflechten und blinde Menschen in der Geschichte in Zusammenhang standen
- Verschiedene Flechttechniken recherchieren und dokumentieren
- Auf einer Weltkarte markieren, welche Flechtmuster woher stammen



Abb. 19: Kind beim Korbflechten

## 11 Verbindungselement Karabiner

- Verschiedene Karabiner anschauen



**Abb. 20:** Kletterkarabiner mit Schraubverschluss (links) und Schieberhülse (rechts)



**Abb. 21:** Zierkarabiner, die nicht zur Kletterverwendung zugelassen sind

Normalkarabiner haben keine Verschlusssicherung (z.B. Schraubverschluss), sondern sie schliessen mit einem Schnapper.

Bei Verschlusskarabinern ist der Schnapper durch eine verschiebbare oder verschraubbare Hülse gegen versehentliches Öffnen geschützt. Im geschlossenen Zustand liegt die Hülse auf der zu öffnenden Seite des Schnappers über der Verbindungsstelle zwischen Schnapper und Karabiner-Körper und verhindert so, dass sich der Schnapper öffnen lässt.

Aufgabenmöglichkeit: Mit einem Experten über die Einsatz- bzw. Verwendungsmöglichkeiten von Karabinern sprechen (z.B. im Bereich Feuerwehr; Bergsport). Dabei u.a. auch schätzen, wie viel Gewicht man an einen Karabiner hängen kann, bevor dieser bricht

## 12 Verbindungselement Klammer

- Klammersammlung anlegen. Im Gespräch über die verschiedenen Funktionsweisen der einzelnen Klammern nachdenken



Abb. 22: Verschiedene Klammern



# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Erzählerische Impulse (Beispiele)

Mit einer Wäscheklammer befestigt man Wäsche an einer Wäscheleine. Ursprünglich wurden gespaltene oder mit einem Schlitz versehene Holzstücke verwendet, die man auf die mit einem Überschlag über die Wäscheleine gelegt Wäsche steckte.

Im Lauf der Industrialisierung begann die maschinelle Fertigung von Wäscheklammern. Für verschiedenste Modelle wurden Patente erteilt. Heute besteht die übliche Wäscheklammer normalerweise aus zwei länglichen Kunststoffschenkeln, die in der Mitte von einer Schenkelfeder aus nichtrostendem Metall zusammengehalten werden. Die Schenkelfeder sorgt für den Aufbau von Druck und hält die Einzelteile der Klammer zusammen. Drückt man die Schenkel auf einer Seite zusammen, öffnen sich die Schenkelenenden auf der anderen Seite.

Verbreitet sind aktuell - auch aus Umweltschutzgründen - wieder verstärkt Klammern aus Holz, meist aus hellem, nicht färbendem und nicht harzendem Holz, z.B. Birkenholz. Wäscheklammern mit Federn in der Mitte sind erst seit ca. den 1960er Jahren als Massenprodukt verbreitet. Im Zuge von Überlegungen zur Kostensenkung bei der Produktion wird aktuell nun wieder darüber nachgedacht, wie man die Herstellungskosten senken kann, beispielsweise indem man die Feder verkleinert oder weglässt.

Wäscheklammern werden gerne in anderen Bereichen genutzt, z.B. klemmen Musiker oft ihre Noten mit Klammern am Notenständer fest.

- Aufgabe: versuchen, mit zwei Hölzern, Gummis, Halbrundhölzern, Holzdübeln und ggf. weiteren Materialien eine Holzklammer herzustellen (Anleitungsvorschlag im Anhang).

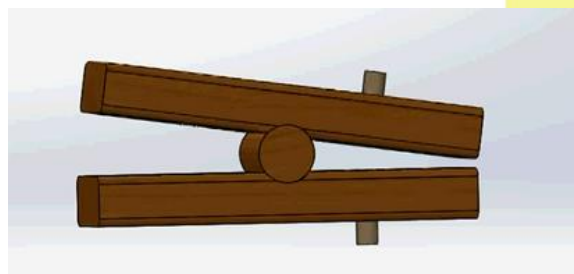
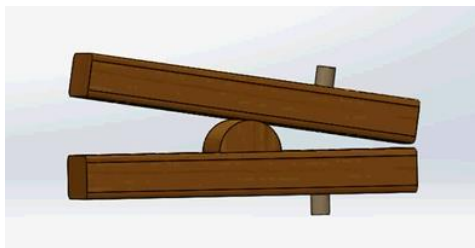
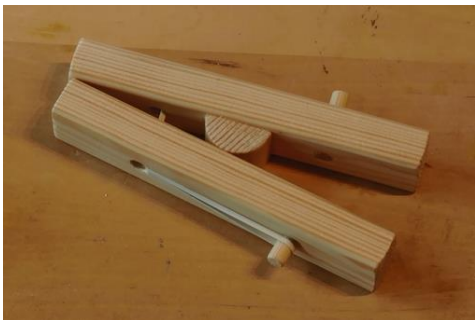


Abb. 23: Verschiedene Klammerkonstruktionen, Kinder mit ihren Konstruktionen

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Explorieren mit der Klammer als Hebel

Wenn ein starrer Körper mit einem Angelpunkt drehbar gelagert ist, spricht man von einem Hebel. Die mathematische Beschreibung dieses Systems lässt sich mit Hilfe des Hebelgesetzes vornehmen. Das Hebelgesetz wurde in der Antike durch Archimedes formuliert („Gebt mir einen festen Punkt im All und ich werde die Welt aus den Angeln heben“).

Mit der Hilfe von Hebeln kann man mit geringem Kraftaufwand grosse Kräfte bewirken. Von Hebelwirkungen wird u.a. Gebrauch gemacht bei Brechstangen, Scheren, Schraubenschlüsseln, Flaschenöffnern, Waagen und Wippen.

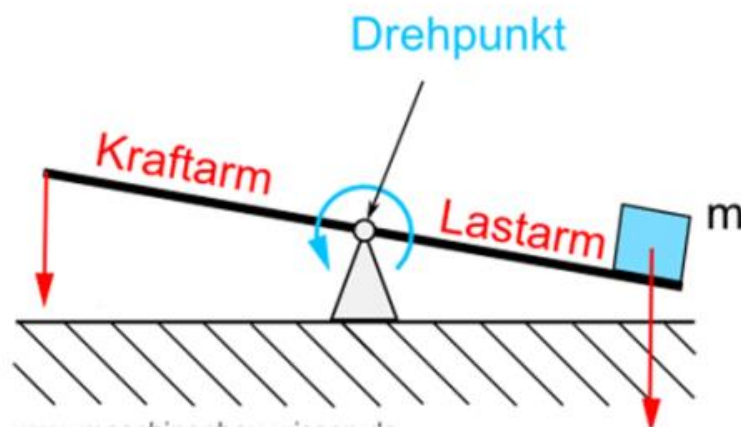


Abb. 24: Hebel mit Drehpunkt, Kraft- und Lastarm

Mit Hebeln wird keine mechanische Arbeit gespart, sondern lediglich die notwendige Kraft zum Bewegen oder Heben eines Gegenstandes verringert, wobei sich der zurückzulegende Weg vergrößert. Es gilt die „Goldene Regel der Mechanik“, dass das Produkt aus Weg ( $s$ ) und Kraft ( $F$ ) unverändert bleibt ( $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$ ).

## Hebel - wichtige Begriffe

- Kraftarm: auf diesen wird die Kraft ausgeübt (bei der Wäscheklammer, indem man dort drückt)
- Lastarm: die andere Seite der Wäscheklammer (das „Maul“), das man öffnen will
- Drehpunkt (auch Angelpunkt genannt): Punkt, um den sich der Hebel drehen kann.

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

Die Wäscheklammer als Hebel:

Wäscheklammern sind herkömmlich aus zwei gegenseitig angebrachten identischen Schenkeln aus Holz oder aus Kunststoff aufgebaut. Jeder Schenkel weist einen hinteren Bereich, der einen Hebelarm bildet, und einen vorderen Bereich auf, der eine Backe bildet, die der entsprechenden Backe des anderen Schenkels zugewandt ist und mit dieser anderen Backe zusammenwirkt.

Eine Feder verbindet die beiden Schenkel und drückt diese in der Richtung der Klemmwirkung der Backen gegeneinander, so dass diese ein Wäschestück einklemmen können, um dieses zum Trocknen aufzuhängen. Die Klammer ist auch ein Hebel. Man kann sich vorstellen, dass der untere Holzteil der Klammer statisch ist (also so tun, als ob die Klammer nur aus einer Holzhälfte besteht und die andere „nicht gilt“). Nun betrachtet man, was passiert, wenn man den oberen Holzteil der Klammer bewegt. Im Normalzustand ist eine Seite zu und klemmt dort etwas ein, d.h. es wirkt eine bestimmte Kraft auf einen zwischen die vorderen Holzenden („das Maul“) eingeklemmten Gegenstand. Zum Öffnen muss man auf der anderen Seite, also an den hinteren Griffen, drücken.

Bei der selbstgebauten Klammer kann man mit der Hebelkraft explorieren, indem man das Halbrundholz in der Mitte weiter vor- oder zurückschiebt.

Mit Hilfe eines Klammerbretts und Gewichten kann man ebenfalls Hebelgesetze erforschen.



Abb. 25: Kinder am Klammerbrett explorieren mit verschiedenen Gewichten

## 13 Verbindungstechnik Klettverschluss

- Erzählerischer Impuls:

Zur Erfindung des Klettverschlusses gibt es eine wahre Geschichte. Der Schweizer Ingenieur Georges de Mestral unternahm mit seinen Hunden oft Spaziergänge in der Natur. Immer wieder blieben einige Früchte der Grossen Klette (*Arctium lappa*) im Fell der Hunde hängen. Georges de Mestral legte die Kletten unter ein Mikroskop und entdeckte, dass sie winzige elastische Häkchen tragen, die auch dann nicht abbrechen, wenn man versucht, die Kletten gewaltsam aus Haaren oder Kleidern zu entfernen. Mestral untersuchte die Beschaffenheit der Klettfrüchte und sah eine Möglichkeit, zwei Materialien auf einfache Art reversibel zu verbinden. Er entwickelte den Klettverschluss aus Textilien und meldete seine Idee 1951 zum Patent an. Vermarktet wurde das Produkt erstmals unter dem Namen Velcro. Velcro setzt sich zusammen aus den französischen Begriffen velours ("Samt") und crochet ("Haken").

Klettverschlüsse werden meistens aus Textilien hergestellt. Man kann sie fast beliebig oft wieder lösen. Das Verschlussmittel beruht auf dem Prinzip von Klettfrüchten; es ist ein Prinzip, das der Natur abgeschaut wurde. Solche Übertragungen von Naturphänomenen in die Technik nennt man Bionik. Ein bekanntes Beispiel für Bionik ist Leonardo da Vincis Idee, den Vogelflug zu studieren um seine Prinzipien auf Flugmaschinen zu übertragen. Der Bionik liegt die Annahme zugrunde, dass die belebte Natur durch evolutionäre Prozesse optimierte Strukturen und Prozesse entwickelt, von denen der Mensch lernen kann. Die bionische Umsetzung besteht beim Klettverschluss in der typischen Form aus zwei Faserstreifen, wovon der eine flexible Widerhäkchen und der andere Schlaufen hat. Zusammengepresst ergeben sie einen belastungsfähigen, aber reversiblen Schnellverschluss.

Die Kletten bilden eine Pflanzengattung innerhalb der Familie der Korbblütler (Asteraceae). Die etwa 10 bis 14 Arten sind in Eurasien und Nordafrika weitverbreitet.

- Untersuchen: wo überall findet man Klettverschlüsse?

Man findet Klettverschlüsse u.a. an Schuhen und Bekleidungsstücken, an Blutdruckmessmanschetten, an Babywindeln, zum Fixieren von Teppichböden und Planen, an Rucksäcken und Taschen, in Autos zum Zusammenhalten von Kabeln (als Kabelbinder). Man verwendet sie auch zum Befestigen medizinischer Bandagen und Prothesen. Klettbänder können auf Textilien genäht oder geschweisst werden, bei steifen Flächen werden die Klettbänder auch geklebt.

- Klettverschluss-Modelle bauen

Denkbar ist z.B., das Modell eines Pilzkopf-Klettverschlusses zu bauen. Beim Pilzkopf-Klettverschluss werden statt der Haken kleinste Halbkugelköpfe (26, 40, 62 oder 110 Noppen pro cm<sup>2</sup>), die jeweils auf einem kurzen Stempel sitzen, verwendet. Diese auf Stempeln sitzenden Halbkugeln werden auf einer Fläche wellenförmig oder parallel angeordnet. Zwei Platten mit solchen Pilzköpfen gleiten übereinander, bis sie durch Druck ineinander verankert werden. Das Modell könnte aus halbierten Kugeln, die auf zwei Flächen aufgeklebt werden, hergestellt werden

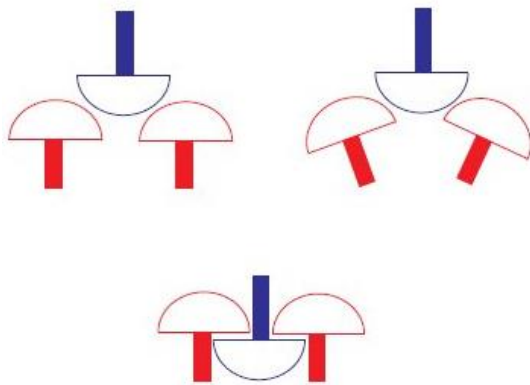


Abb. 26: Pilzkopf-Klettverschluss-Modell

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

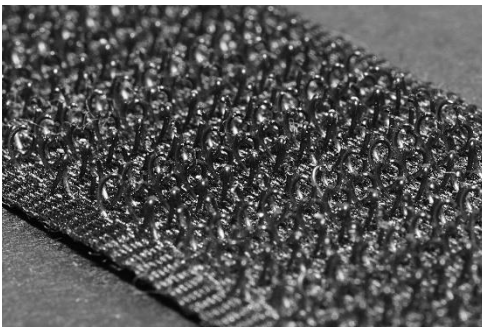
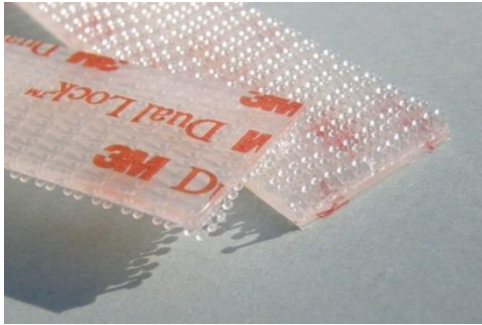
Möglich ist auch der Bau eines Zehenschaumstoff-Klettverschluss-Modells. Dazu benötigt man Klebstoff, z.B. Patex, dünne, biegsame Plastikplatten, Schaumstoff-Zehenkämme, Schere, Bleistift (zum Markieren der Klebeflächen auf dem Plastik).



**Abb. 27:** Klettverschluss-Modell aus Zehenschaumstoffelementen

# LERNUMGEBUNG VERBINDUNGSTECHNIK

- Klettverschluss-Material lässt sich auch unter dem Mikroskop untersuchen



**Abb. 28:** Klettverschluss-Material – von oben nach unten: Pilzkopf, Widerhaken, Schlaufen