

IJSO 2017 – In der Klebwerkstatt – BÄRENSTARK!

Begleitheft für Betreuende

Zusammengestellt von

Dr. Sabine Hansen, Ulrike Taege, PD Dr. Heide Peters

IPN — Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik
an der Universität Kiel

Hinweis

Die Zusammenstellung in diesem Heft versteht sich nicht als eigenständiger Autorenbeitrag.

Um Ihnen den Einstieg in das Thema Kleben in seinen vielen Facetten zu erleichtern, wurde hier ein Zusammenschnitt von Rechercheergebnissen erstellt.

Große Textanteile sind direkt oder nur geringfügig umformuliert aus wikipedia.org und verschiedenen anderen im Verzeichnis angegebenen Quellen übernommen worden.

Die Begleitmaterialien werden Ihnen zum persönlichen Gebrauch im Rahmen der Wettbewerbsbetreuung in der Internationalen JuniorScienceOlympiade zur Verfügung gestellt.

Inhaltsverzeichnis

Teil A: Informationsblätter zum Thema

1	Definition von Kleben – Haften – Klebstoff – Leim	9
2	Kleben – keine Erfindung der Neuzeit	10
3	Kleben – Vorbilder finden sich in der Natur	11
4	Wie „funktioniert“ ein „Klebstoff“	13
5	Einteilung der Klebstoffe	15
6	Arten und Anwendungsgebiete von Klebstoffen	19
7	Vorteile und Nachteile der Klebstoffe	20
8	Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit von Klebstoffen	20

Teil B: Weitere Aufgaben und Versuche

9	Kreuzworträtsel zur Klebwerkstatt – BÄRENSTARK!	23
10	Experiment – Was passiert mit dem Lösungsmittel beim Aushärten?	27
11	Experiment – Gummibärchen selbst herstellen	31

Teil C: Quellennachweis

12	Kommentierte Literatur- und Linksammlung	37
----	--	----

Hinweis: Alle im Text angegebenen Links wurden am 4.11.2016 auf ihre Aktualität geprüft.

Teil A: Informationsblätter zum Thema

1	Definition von Kleben – Haften – Klebstoff – Leim	9
2	Kleben – keine Erfindung der Neuzeit	10
3	Kleben – Vorbilder finden sich in der Natur	11
4	Wie „funktioniert“ ein „Klebstoff“	13
	4.1 Adhäsionskräfte	
	4.2 Kohäsionskräfte	
	4.3 Chemische Reaktionen	
5	Einteilung der Klebstoffe	15
	5.1 Einteilung nach dem Abbinde Mechanismus	
	5.2 Einteilung nach der chemischen Basis	
6	Arten und Anwendungsgebiete von Klebstoffen	19
7	Vorteile und Nachteile der Klebstoffe	20
8	Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit von Klebstoffen	20

1 Definition von Kleben – Haften – Klebstoff – Leim

Laut Duden bedeutet **kleben** „durch die Wirkung eines Klebstoffes oder aufgrund eigener Klebkraft fest an etwas hängen, an, auf etwas haften“ bzw. „Klebkraft haben“.

Der Begriff „kleben“ stammt aus dem althochdeutschen „kliban“ (norddeutsch „Klei“ = toniger Schlick) und „leimen“ aus dem indogermanischen „leimo“ = Lehm.

Ein **Klebstoff** ist ein Prozesswerkstoff und damit ein Stoff, der seine stofflichen Eigenschaften erst während der Fertigung ausbildet und zum Kleben verwendet wird. „Nach DIN EN 923 wird ein Klebstoff als „nichtmetallischer Werkstoff, der Füge­teile durch Flächenhaftung (*siehe* Adhäsion) und innere Festigkeit (*siehe* Kohäsion) verbinden kann“ definiert“.

Nur wenige Klebstoffe beruhen auf der Basis von anorganischen Verbindungen, wie beispielsweise Wasserglas (Natrium- beziehungsweise Kaliumsilikat) oder die Produkte auf Zement-Basis. Die Mehrzahl der heute verwendeten Klebstoffe gehört zu den organischen Verbindungen (<http://www.chemie.de/lexikon/Klebstoff.html>). **Haften** ist ein Synonym für Festkleben und bedeutet eine relativ feste Verbindung mit einer Oberfläche eingehen.

Ein **Leim** ist eine wässrige Lösung eines Klebstoffs. „Nach einer neueren Definition (DIN 16921) kann es sich um Lösungen von tierischen, pflanzlichen oder synthetischen Grundstoffen in Wasser handeln“. Leime sind Klebstoffe, die aus organischen Stoffen hergestellt werden. Sie bestehen unter anderem aus Haut oder Knochen von Tieren bzw. aus Proteinen <https://de.wikipedia.org/wiki/Leim> .

Entsprechend dem Zweck ihrer Verwendung werden Klebstoffe unterschiedlich benannt, wie beispielweise Tapetenkleister, Papierleim oder auch Holzleim. Dazu zählen auch Glutinleime, die aus Knochen und Häuten gewonnen werden und als Hautleim bzw. Knochenleim bezeichnet werden. Zu den Leimen zählen weiterhin auch die, die aus Milcheiweiß hergestellt werden, wie beispielsweise der Quarkleim.

Leime können als wasserlösliche Klebstoffe zur Verklebung unterschiedlicher Materialien, wie Holz oder Papier, angewendet werden.

Klebstoffe können nach mehreren unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewählt werden. Dabei können die Binde­festigkeit, die Anwendungsgebiete, die Trockenzeit aber auch die Art des zu verklebenden Materials eine Rolle spielen.

2 Kleben – keine Erfindung der Neuzeit

(verändert nach: <http://shelx.uni-ac.gwdg.de/~rherbst/eimer/html/Fortbildung/Klebstoffe/Ergaenzung/Schuelerlabor-Klebstoffe.pdf>, 31.1.2016)

Schon in der jüngeren Steinzeit, also ca. **8000 v. Chr.** befestigten Menschen Speer- und Beilspitzen mit einem Birkenharz, auch Birkenpech genannt. So fand man bei dem Gletschermann „Ötzi“ (**3340 v. Chr.**) zum Beispiel ein aus einem Eibenstämmchen gefertigtes Beil, dessen Klinge mit Birkenpech und Lederstreifen befestigt ist. Um **5000 v. Chr.** benutzte man in Babylon tierisches Blut, Eiweiß, verschiedene Pflanzenharze oder Asphalt als Klebstoffe.

Vor ca. **3500 Jahren** entstand der Beruf des Leimkochers (Kellopsos). Die Kunst des Leimsiedens, wurde später von den Griechen und Römern übernommen. Auf dem Deckel eines ca. 2000 Jahre alten Holzkästchens aus der Römerzeit, waren fünf metallische Münzen aufgeklebt. Der vermutlich auf einer Eiweiß-Kalk-Verbindung basierende Klebstoff muss eine für damalige Verhältnisse extreme Haftkraft besessen haben, da vier der fünf aufgeklebten Münzen noch heute auf der Holzunterlage haften.

Mitte des **14. Jahrhunderts** nutzten die Azteken beim Bauen die Klebwirkung des Blutes, die auf ein Bluteiweiß zurückzuführen ist. Sie mischten Tierblut unter den „Zement“. Noch heute sind diese Werke der aztekischen Baukunst recht gut erhalten und zeugen von der Qualität des Klebstoffes.

Um **1830** wurde Naturkautschuk als Klebrohstoff eingesetzt. Mit der Erfindung der Vulkanisierbarkeit von Kautschuk **1841** durch Goodyear setzt die Geschichte der synthetischen Klebstoffe ein.

Erstmals in der Geschichte der Menschheit wurde ein Naturstoff chemisch verändert und so ein halb-synthetischer Werkstoff mit neuen Eigenschaften hergestellt (Kunststoff).

Die ersten „echten“ Kunststoffe, die aus den Laboratorien der Chemiker stammten und zu denen es in der Natur keine Parallelen mehr gab, waren die Phenolharze, deren technische Nutzung 1902 begann.

In den folgenden Jahrzehnten nahm die Entwicklung der synthetischen Kunststoffe und Klebstoffe einen rasanten Aufschwung. Kunstkautschuke wie Polychloropren und Siliconkautschuk wurden synthetisiert. Es folgten die Epoxidharze und die Polyurethane, nach dem zweiten Weltkrieg die Methacrylat- und Cyanacrylat-Klebstoffe (Sekundenklebstoffe).

3 Kleben – Vorbilder finden sich in der Natur

In der Natur gibt es viele Beispiele für effektives Kleben:

Der **Sonnetau** hat an seinen Blättern unzählige mit klebrigen Sekreten besetzte Tentakeln. Berührt ein Insekt diesen Kleber, kommt es nicht mehr davon los und wird mit Hilfe von speziellen Verdauungssäften von der Pflanze verdaut.

Viele **Spinnenarten** bestreichen einige Fäden ihres Netzes mit Leim. So bleiben Insekten, die sich im Netz verfangen, kleben.

Die **Feldwespe** zerkleinert mit ihrem Mundwerkzeug Holz und vermischt es mit Speichel. Aus diesem Brei baut sie ihr Nest, denn nach dem Verdunsten des Wassers aus diesem Holzfaserkleber bleibt eine papierähnliche Substanz zurück.

Honigbienen produzieren Bienenwachs, das bei Körpertemperatur der Bienen flüssig ist und nach dem Abkühlen erstarrt.

Schwalben mischen Lehm oder Erde mit ihrem Speichel und mauern aus diesem "Mörtel" ihre Nester in Dachüberhänge.

Der **Kleiber**, eine Meisenart, mauert nach dem gleichen Prinzip die Öffnungen verlassener Spechthöhlen soweit zu, dass keiner seiner Feinde an den Nachwuchs herankommen kann.

Termiten haben eine Drüse an ihrem Kopf, mit der sie Klebstoff verspritzen können. So können sie nicht nur Opfer lahmlegen, sondern auch mit Erde, Holz und zerkauten Pflanzenresten betonharte, mehrere Meter hohe Türme erreichen. Diese bieten ihnen Schutz vor Wind und Wetter und natürlich auch vor ihren Feinden.

Die Beeren der **Misteln**, einem Halbschmarotzer, enthalten neben den Samen noch eine schleimig-klebrige Masse. Früher wurde daraus der sogenannte Vogelleim hergestellt. Vögel, die die Beeren fressen, verschmieren sich damit auch den Schnabel. Um ihn zu säubern, reiben sie ihn an Ästen oder an der Baumrinde. So kommen die im Schleim enthaltenen Samen auf andere Pflanzen. Dort härtet der Schleim sofort aus und klebt die Samen bombenfest auf einen neuen Nährboden. Sind die Bedingungen optimal, kann eine neue Mistel austreiben.

Die **Seepocke**, eine Krebsart, die in unseren Küstengewässern heimisch ist, kann sich als freischwimmende Larve an alle Hartsubstanzen anheften. Die Anheftung erfolgt dabei mit einem Sekret der so genannten „Zementdrüsen“. Bei diesem Sekret handelt es sich um einen 2-Komponenten-Reaktionsklebstoff mit hoher Resistenz gegen Wasser und enormer Langzeitbeständigkeit. Bei der Anheftung ist die Beschaffenheit des Untergrundes völlig unerheblich. Auch während des Wachstums und bei den verschiedenen Häutungen bleibt der Krebs stets fest mit dem Untergrund verbunden, weil eine ständige Neusekretion von Klebstoffen die Haftung garantiert.

Der ostaustralische **Vogelfängerbaum** lockt mit dem süßen Saft, den seine Früchte ausscheiden, Vögel an. Die gummiartige, klebrige Flüssigkeit dient dazu, die Samen auf dem Gefieder der Vögel festzukleben. Großen Vögeln macht das weiter nichts aus, sie werden zwar durch die Fracht behindert, das ist aber nicht von Dauer, da sich die Früchte auch wieder lösen.

Viele Insekten kleben ihre Eier an der Unterseite von Blättern fest. Die **Florfliege** setzt z.B. einen Klebstofftropfen auf ein Blatt und zieht daraus einen Stiel hoch, auf dem sie ihr Ei befestigt. Nach wenigen Sekunden ist dieser Sockel ausgehärtet und das Ei fest mit dem Blatt verbunden.

Quelle: verändert nach https://www.planet-schule.de/warum_chemie/kleben/themenseiten/t9/s1.html, 30.1.2016

4 Wie „funktioniert“ ein „Klebstoff“

4.1 Adhäsionskräfte

Egal, ob man sich darüber ärgert, dass ein Kaugummi an der Schuhsohle klebt und den schönen Teppich ruiniert, oder eine Jacke mit Hilfe eines „powerstrips-Hakens“ an der Tür aufgehängt wird – Klebstoffe sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken und halten gewissermaßen „unsere Welt“ zusammen.

Grundsätzlich ist eine Verklebung die Verbindung von Teilen durch eine Klebstoffschicht. Der Klebstoff härtet durch Trocknung oder chemische Reaktion aus und hält dadurch die verklebten Materialien zusammen.

Zurück zum obengenannten Beispiel, dem Kaugummi. Der Kaugummi erfüllt die Bedingungen eines Klebstoffs: Er muss an fremden Oberflächen kleben bleiben. Kaugummi ist eine Art von Klebstoff, der mit der Zeit aushärtet – und dann nur noch sehr aufwendig und teuer entfernt werden kann.

Wieso kleben Kaugummi und andere Substanzen und worin sind die Unterschiede im Klebvermögen begründet?

Die Haftung am Werkstoff wird durch Adhäsionskräfte geleistet. Dies sind Anziehungskräfte mit geringer Reichweite ($1\ \mu\text{m}$), die immer an Grenzflächen von festen Stoffen auftreten. Sie treten aber meist nicht sichtbar in Erscheinung (wenn man zwei Holzstücke aneinanderhält, wirken keine spürbaren Kräfte), da die meisten Oberflächen so uneben sind, dass der Abstand der Moleküle, der zum Ausbilden dieser Kräfte nötig wäre, zu groß ist. Deshalb haften zwei Holzstücke nicht aneinander.



Abb. 4.1: Die Adhäsion (Grenzflächenhaftung)

Quelle: http://www.uhu.com/fileadmin/_migrated/pics/adhaesion.gif

Auf welche Arten kommt Adhäsion zustande?

Eine hohe Adhäsion wird dann erreicht, wenn zwischen der Oberfläche des Werkteiles und dem Klebstoff ein enger Kontakt entsteht. Das ist nur möglich, wenn sich im Zwischenraum keine Fremdstoffe befinden. Die Klebeflächen müssen sauber, fett- und staubfrei sein. Die Adhäsion kann durch Anrauen der Materialoberfläche mit Schleifpapier verbessert werden, weil das Werkstück von Fremdkörpern gesäubert und die Oberfläche vergrößert wird. Es bilden sich viele Vorsprünge, in die sich der Kleber „verhaken“ kann. Es liegt eine Art Klettverschluss vor.

Beim *Adsorptionskleben* bilden die Grenzflächen so stark anziehende Kräfte aus, dass ein Aneinanderkleben erreicht wird (z. B. bei zwei durch Wasser verbundenen Glasplatten). Am besten funktioniert diese Art bei sehr glatten Flächen.

4.2 Kohäsionskräfte

Die Qualität einer Verklebung hängt somit nicht nur von der Qualität des Klebstoffs ab, sondern u.a. auch von der Oberflächenbeschaffenheit der zu verklebenden Materialien. Da man aber keine monomolekulare Klebstoffschicht auftragen kann, muss der Klebstoff noch eine innere Festigkeit besitzen, die sogenannten Kohäsionskräfte.

Kohäsionskräfte sind zwischenmolekulare Kräfte, die innerhalb des Klebstoffs wirken und ihm die innere Festigkeit verleihen.

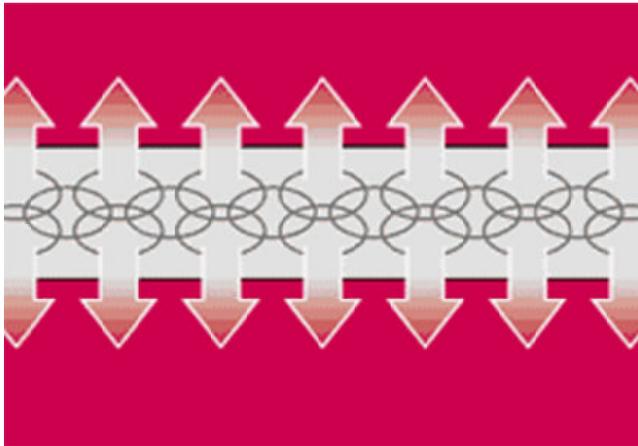


Abb. 4.2: Die Kohäsion (innere Festigkeit des Klebstoffes)

Quelle: http://www.uhu.com/fileadmin/_migrated/pics/kohaesion.gif

Die Kohäsionskräfte werden beeinflusst durch die:

1. *Molekülmasse*: Je größer die Molekülmasse ist, desto stärker sind die Kohäsionskräfte und desto höher ist die Klebstofffestigkeit.
2. *Anzahl und Größe der Seitengruppen*
3. *Polarität*: Je polarer der Klebstoff ist, desto höher ist die Festigkeit.

Da sowohl Adhäsions- als auch Kohäsionskräfte erst während des Klebens ausgebildet werden, kann die Festigkeit der Klebung beeinflusst werden durch Behandlung der Werkstoffoberflächen, Art der Klebstoffauftragung, Aushärtetemperatur, Aushärtezeit. So können sich Kohäsionskräfte optimal ausbilden, wenn der Klebstoff dünn und gleichmäßig aufgetragen wird.

Eine *hohe Kohäsion* bedeutet meistens eine *geringe Adhäsion*, daher ist ein Klebstoff immer ein Kompromiss aus beiden. Somit ist die Festigkeit eines Klebers immer abhängig von der Kleberzusammensetzung und von den zu verklebenden Fügeteilen.

Bei guten Klebstoffen sind die Kohäsionskräfte mindestens so groß wie die Adhäsionskräfte. Wenn sich im Laufe der Zeit die Adhäsionskräfte lösen, spricht man von einem Adhäsionsbruch, der Klebstoff löst sich von der Werkstoffoberfläche ab.

4.3 Chemische Reaktionen

Außer Adhäsions- und Kohäsionskräften können auch echte Bindungen (Elektronenpaarbindungen, Ionen-Bindungen) und Reaktionen, die aus der Kunststoffchemie bekannt sind, eine Rolle spielen. Dabei reagiert der Kleber mit der äußersten Schicht des Fügeteils. Dies ist meist nur durch den Einsatz von Haftvermittlern möglich, welche mit Fügeteil und mit Kleber reagieren.

Zusammengestellt aus:

<http://www.cup.lmu.de/didaktik/uploads/images/lehrer/materialien/naturundtechnik/kleben/kohaesion.pdf>

<http://www.uhu.com/de/klebeberatung/klebetchnik/physikalische-grundlagen.htm>

<http://shelx.uni-ac.gwdg.de/~rherbst/eirmer/html/Fortbildung/Klebstoffe/Ergaenzung/Schuelerlabor-Klebstoffe.pdf>

5 Einteilung der Klebstoffe

In der Natur und der Technik findet eine große Anzahl unterschiedlicher Klebstoffarten Verwendung. Eingeteilt werden die verschiedenen Klebstoffarten entweder nach dem Verfestigungs- bzw. Abbindemechanismus (5.1) oder nach der chemischen Basis (5.2).

5.1 Einteilung nach dem Abbindemechanismus

Bei der Art und Weise wie sich der Klebstoff verfestigt - wie er also die notwendige Kohäsion aufbaut, unterscheidet man zwischen physikalisch und chemisch abbindenden Klebstoffen sowie Klebstoffen ohne Verfestigungsmechanismus. Einen ersten Überblick gibt die Tabelle 5.1.

Tabelle 5.1: Einteilung der Klebstoffe nach dem Abbindemechanismus.

(Entnommen aus http://www.chemie.de/lexikon/Klebstoff.html#Einteilung_der_Klebstoffe)

Physikalisch abbindende Klebstoffe	Chemisch härtende Klebstoffe	Klebstoffe ohne Verfestigungsmechanismus
<ul style="list-style-type: none"> • Lösemittelhaltige Nassklebstoffe • Dispersionsklebstoffe (wasserbasierte Klebstoffe) • Schmelzklebstoffe • Kontaktklebstoffe • Plastisole 	<p><i>Polymerisationsklebstoffe</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cyanacrylatklebstoffe (Sekundenkleber) • Methylmethacrylat-Klebstoffe • anaerob härtende Klebstoffe • ungesättigte Polyester (UP-Harze) • Strahlenhärtende Klebstoffe <p><i>Polykondensationsklebstoffe</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Phenolformaldehyd-klebstoffe • Siliconklebstoffe • Silanvernetzende Polymerklebstoffe • Polyamidklebstoffe <p><i>Polyadditionsklebstoffe</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Epoxidharzklebstoffe • Polyurethan-Klebstoff 	<p><i>Haftklebstoffe</i></p> <p>(bleiben nach dem Auftragen auf ein Trägermaterial hochviskos und dauerklebrig; sie können durch Druck auf ein Substrat aufgebracht werden und bleiben dort haften)</p> <p>z. B. Trägerfreies doppelseitiges Klebeband, Selbstklebeetiketten, etc.</p>

Bei den **physikalisch abbindenden Klebstoffen** wird der fertige Klebstoff, das Polymer an sich, in die Klebefuge eingebracht. Dazu wird der Klebstoff in eine Form gebracht, in der er sich auftragen lässt, um ihn dann später im Klebespalt wieder verfestigen zu lassen. Die Klebstoffmoleküle sind schon als lange Molekülketten im Klebstoff enthalten. Dabei kann es sich um eine echte Lösung handeln oder um eine Dispersion. Bei Dispersionen werden die Molekülketten mittels eines Emulgators in einem Knäuel im Wasser in der Schwebe gehalten. Dispersionen sehen meist milchig-trüb aus.

Physikalisch abbindende Klebstoffe werden fest, indem die Flüssigkeit entweicht (Nasskleben). Dabei verknäulen sich die Moleküle und bilden eine zähe Masse, die immer härter wird.

Es gibt fünf Arten von physikalisch abbindenden Klebstoffen:

- *Lösungsmittelhaltige Nassklebstoffe*: Durch Verdunsten des Lösungsmittels bindet der Klebstoff ab, er wird zunächst zäher und verfestigt sich dadurch, dass sich zwischen den Polymerketten physikalische Wechselwirkungen ausbilden.
- *Dispersionsklebstoffe* nutzen in der Regel Wasser als mobile Phase (Wasseranteil ca. 40-70 Prozent), in der die Klebstoffbestandteile (z. B. Casein, thermoplastische oder elastomere Polymerpartikel) als Dispersion vorliegen. Beim Aushärten entweicht das Wasser (ggf. Änderung des pH-Werts). Die Klebstoffpartikel nähern sich dabei an und bilden einen Film, der die beiden Füge­teile verbinden kann.
- *Schmelzklebstoffe* sind bei Raumtemperatur fest (Lösungsmittelfrei) und können durch Schmelzen verarbeitet werden. Unmittelbar nach dem Abkühlen und Erstarren ist die Verbindung fest und funktionsfähig.
- *Kontaktklebstoffe*: Nach Verdunsten des Lösungsmittels erfolgt ein Übergang vom amorphen in den kristallinen Zustand, wodurch sich die Festigkeit stark erhöht.
- *Plastisole* sind eine Mischung aus einem pulverförmigen thermoplastischen Polymer und Weichmacher sowie je nach Verwendungszweck Füllstoffen, Treibmitteln und Additiven. Erst bei Temperaturen über 100 °C gelieren sie irreversibel bzw. werden zu einem zähelastischen Kunststoff.

Bei **chemisch härtenden Klebstoffen (Reaktionsklebstoffe)** werden einzelne chemische Bausteine für den Klebstoff im richtigen Verhältnis in die Klebefuge eingebracht. Die Verfestigung wird durch chemische Reaktion der Bausteine erreicht (Reaktionstypen: Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition).

Beispiele hierfür sind *Mehrkomponentenkleber*, *Sekundenkleber* und *strahlenhärtende Klebstoffe*. Ein Beispiel für strahlenhärtende Klebstoffe sind UV-Acrylate, die insbesondere für das Einkleben von Zahnfüllungen aus Kunststoff genutzt werden. Acrylate reagieren durch radikalische Polymerisation, welche empfindlich ist gegen Sauerstoff. Durch Einwirken von UV-Strahlen werden Radikale erzeugt, die die Polymerisation in Gang setzen. Es bilden sich entweder vernetzte oder thermoplastische Polymerketten.

Weitere Informationen zu den genannten Klebstoffen und ihren Anwendungsrisiken finden sich unter http://www.chemie.de/lexikon/Klebstoff.html#Einteilung_der_Klebstoffe .

5.2 Einteilung nach der chemischen Basis

In Bezug auf die chemische Basis lassen sich die Klebstoffe in organische Verbindungen, Silicone und anorganische Verbindungen einteilen. Einen Überblick über die Einteilung nach der chemischen Basis liefert die Tabelle 5.2.1.

Tabelle 5.2.1: Einteilung der Klebstoffe nach der chemischen Basis.

(Entnommen aus http://www.chemie.de/lexikon/Klebstoff.html#Einteilung_der_Klebstoffe)

Natürliche organische Verbindungen	
Kohlenhydrate (Saccharide, Stärke, Cellulose)	<p>z. B. <i>Zuckerguss</i> chemische Basis: Kohlenhydrat; Mono- bzw. Disaccharid Klebertyp: Kaltkleber, Nassklebung (muss vor Auftragen nicht erwärmt werden) Abbindemechanismus: physikalisch abbindende Klebstoffe; Dispersionsklebstoffe; Abbinden durch Verdunsten des Wassers</p> <p>z. B. <i>Stärkekleber</i> chemische Basis: Kohlenhydrat; Stärke (oder bei synthetischer Herstellung Methylcellulose) Klebertyp: Kaltkleber (muss vor Auftragen <i>nicht</i> erwärmt werden) Abbindemechanismus: physikalisch abbindende Klebstoffe; Dispersionsklebstoffe; Abbinden durch Verdunsten des Wassers</p>
Pflanzliche oder tierische Gummis & Harze (Pech, Baumharz, Kautschuk)	<p>z. B. <i>Pech</i> schwarze, teerartige, extrem zähe Flüssigkeit, die bei der Destillation von Erdöl, Kohle oder harzhaltigen Hölzern (Kiefer, Fichte, Birke, Buche) anfällt. Für die Pechgewinnung eignet sich am besten Baumharz (unter Luftabschluss bei T bis zu 700 Grad Celsius verschwelen).</p>
Proteine (Ovalbumin, Casein, Glutin)	<p>z. B. <i>Eiklar</i> chemische Basis: Protein; Ovalbumin Klebertyp: Kaltkleber (muss vor Auftragen nicht erwärmt werden) Abbindemechanismus: physikalisch abbindende Klebstoffe; Dispersionsklebstoffe; Abbinden durch Verdunsten des Wassers Eiklar von Hühnereiern besteht neben Wasser aus etwa 40 verschiedenen Proteinen (11 Prozent). Davon ist Ovalbumin mengenmäßig das häufigste Protein im Eiklar von Vogeleiern (55–65 Prozent). Ovalbumin gehört zu den Serpinen. Hühner-Ovalbumin gerinnt bei 84,5 °C.</p> <p>z. B. <i>Quarkleim</i> chemische Basis: Protein; Casein Klebertyp: Kaltkleber (muss vor Auftragen nicht erwärmt werden) Abbindemechanismus: physikalisch abbindende Klebstoffe; Dispersionsklebstoffe; Abbinden durch Verdunsten des Wassers</p> <p>z. B. <i>Glutinkleber</i> (Gummibärchenkleber, Gelatine, Knochenleim, Fischleim) chemische Basis: Protein; Glutin Klebertyp: Warmkleber (muss erwärmt werden, bevor er aufgetragen werden kann) Abbindemechanismus: physikalisch abbindende Klebstoffe; Schmelzklebstoffe; Abbinden (Erstarren) durch Abkühlen; reversibel</p>
Synthetische organische Verbindungen	
Kohlenwasserstoff-Verbindungen + Sauerstoff, Stickstoff, Chlor, Schwefel	Wasser- und organische lösungsmittelbasierte Klebstoffe, natürliche und synthetische Klebstoffe, synthetische Klebstoffe ohne Mineralölbasis, wieder lösbare Kleber, spezielle Kleber
Anorganische Verbindungen	
Keramische Bestandteile, Metalloxide, Silikate, Phosphate	Klebstoffe auf der Basis anorganischer Verbindungen sind z. B. Wasserglas (Natrium- oder Kaliumsilikat) oder die Produkte auf Basis von Zement. Sie spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle.
Silicone	
Silicon-Polymere sind grundsätzlich von den anderen hier behandelten Polymertypen verschieden, da das Rückgrat der Silicone nicht wie bei den üblichen organischen Polymeren aus Kohlenstoffketten aufgebaut ist. In der Hauptkette wechseln sich Silicium- und Sauerstoff-Atome ab. Die Seitenketten dieser Polymere besitzen organische Strukturen. Anwendungsgebiete sind heutzutage weniger Klebstoffe als vielmehr Dichtstoffsysteme, wie man sie zum Beispiel als Sanitär-silicone kennt.	

Eine Übersicht über bekannte Beispiele aus dem Haushalt für pflanzliche, tierische und synthetische Klebstoffe mit Angaben zu den Stoffgruppen, dem Lösungsmittel und dem Verfestigungsmechanismus gibt Tabelle 5.2.2.

Tabelle 5.2.2: Haushaltsklebstoffe auf pflanzlicher, tierischer und synthetischer Basis.

Klebstoff	Typ	Klebstoffmolekül	Stoffgruppe	Lösungsmittel	Verfestigungsmechanismus
Auf pflanzlicher Basis					
Zuckerguss	Nassklebstoff (Kaltleim)	Disaccharid	Kohlenhydrat	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Kartoffelkleister	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Polysaccharid	Kohlenhydrat	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Birkenpech	Teerartiges Destillat				Abbinden durch Verdunsten und weitere chemische Reaktionen
Auf tierischer Basis					
Eiklar	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Ovalbumin	Protein	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Gelatine	Schmelzklebstoff (Warmleim)	Glutin	Protein	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Gummibärchenkleber	Schmelzklebstoff (Warmleim)	Glutin (Gelatine)	Protein	Keines	Erstarren beim Abkühlen
Quarkleim	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Natrium-Caseinat	Protein	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Auf synthetischer Basis					
Kleister	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Methylcellulose	Kohlenhydrat	Wasser	Abbinden durch Verdunsten
Holzleim	Dispersionsklebstoff (Kaltleim)	Polyvinylacetat (Polymer aus C ₄ H ₆ O ₂ -Bausteinen)	Kunststoff, Thermoplast	Wasser	Wasser zieht beim Auftragen ins Holz ein. Die aufgeknäulten, ziemlich langen Klebstoffmolekülketten „strecken“ sich aus und legen sich eng aneinander. Kleber weist polare Stellen auf, die sich bevorzugt an polare Gruppen der Cellulose anlagern (gute Adhäsion).
Alleskleber	Lösungsmittelhaltige Nassklebstoffe	Polyvinylacetat (kurze Ketten)		Organisches Lösungsmittel Aceton/ Methylacetat	Hohe Anteile an Lösungsmittel ummanteln den Klebstoff, der so nicht in Berührung kommt.
Klebestift		Polyvinylpyrrolidon oder teilweise abgebaute Stärke		Wasser	Klebewirkung durch lange Molekülketten, die sich beim Abreiben auf Papier nicht berühren dürfen. Durch Zugabe von Seife zähe Konsistenz. Beim Abreiben wird Klebstoff gut in raue Papieroberfläche eingedrückt. Wasser zieht ins Papier ein. Haftung der polaren Gruppen zwischen Stärke und Papier sowie den langen verknäulten Ketten.
Sekundenkleber	Reaktionsklebstoff	Verschiedene kurzkettige Bausteine		Organisches Lösungsmittel	Chemische Reaktion der Bestandteile zu langen Klebstoffmolekülen. Der Klebstoff wird erst während der Klebung aus kleinen Einzelteilchen zusammengebaut. Davor sind sie durch eine Säure vor dem Zusammengehen geschützt. Beim Zusammendrücken reichen Spuren von Luftfeuchtigkeit aus, die einige Säuremoleküle zu neutralisieren und die Reaktion kommt in Gang.

6 Arten und Anwendungsgebiete von Klebstoffen

Die nachfolgende Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Anwendungsgebiete der verschiedenen Klebstoffarten.

Tabelle 6: Arten und Anwendungsgebiete von Klebstoffen

Art des Klebstoffs	Anwendungsgebiet
Schmelzklebstoff	Schmelzkleber auf EVA (Ethylen-Vinyl-Acetat) und Polyester-Basis werden in der Verpackungsindustrie (Kartonagenverklebung), Buchherstellung (Rückenleimung), Holz- und Möbelindustrie sowie in der Schuhindustrie eingesetzt. Schmelzkleber auf PA-(Polyamid)-Basis werden bei höheren Temperaturanforderungen und bei der Metallverarbeitung eingesetzt.
Lösemittelhaltige Nassklebstoffe	zur Verklebung von Holz, Pappe und Leder. Bei undurchlässigen, dichten Werkstoffen, wie Metall, Porzellan oder Hartkunststoff muss die Klebefläche möglichst schmal und langgestreckt sein, damit das Lösungsmittel seitlich entweichen kann.
Kontaktklebstoffe	zum Verkleben von Schaumstoffen zur Verklebung von z.B.: Holz, Kork, Textilien, Gummi, PVC, Metall
Dispersionsklebstoffe	Montageanwendungen im Innenbereich, Fuß- und Passleisten
Wasserbasierte Klebstoffe	Papier, Pappe, Holz
Plastisole	Karosseriebau
Polymerisationsklebstoffe	Kleinteile, Glas, Gewebe, Sprühverband, Kunststoff, Holz, Aluminium, Dentaltechnik
Polykondensationsklebstoffe	Papier, Holz, Metall, Fliesen-, Boden-, Wandbelege
Polyadditionsklebstoffe	Karosserie, Glasscheiben, Fahrzeug-, Flugzeugbau, Elektrotechnik
Haftklebstoffe	wieder ablösbare Etiketten, Klebebänder, Aufkleber oder selbstklebende Notizzettel drei verschiedene Anwendungsarten von Haftklebstoffen: <ul style="list-style-type: none"> wieder verklebbare Haftklebstoffe: Diese werden beim Ablösen nicht beschädigt und können somit wieder verklebt werden (z.B. Papiertaschentuch-Verpackungen) lösbare Haftklebstoffe: Diese können ohne Rückstände entfernt werden, aber im Gegensatz zu wiederverklebbaren Systemen nicht wiederverwendet werden. Sie haben aber eine höhere Klebkraft. permanent klebende Haftklebstoffe: z.B. für Außenspiegel, Schutzleisten, Spiegelklebungen, Anwendungen im Fensterbau und Fassadenbau, Mobiltelefone

Quellen:

http://www.konstruktionsatlas.de/verbindungstechnik/kleben/kleben_kleber_loesemittel.shtml

<http://www.uhu.com/klebeberatung/klebetchnik/die-klebstoffarten/die-klebstoffarten.html>

<http://www.pattex-pro.de/de/produkte/montagekleber/dispersionsklebstoff.html>

http://www.chids.de/dachs/expvotr/698Klebstoffe_Kowol.ppt

<http://www.henkelhaus.de/wissen/lexikon/haftklebstoff/>

7 Vorteile und Nachteile der Klebstoffe

Ob Epoxidharzkleber, Schmelzklebstoffe oder technische Klebebänder: Hochwertige Klebstoffe bieten im Vergleich zu herkömmlichen Verbindungstechniken erhebliche Vorteile. Wie jedes Verfahren bringt die Verwendung in der Praxis aber auch Nachteile mit sich. Die folgende Übersicht ist dem Magazin der Firma Contorion entnommen, die u.a. auch Klebstoffe für das Profi-Handwerk- und den Industrie-Bedarf anbietet. Die aufgeführten Vor- und Nachteile werden in dem Magazin im Einzelnen erläutert <https://www.contorion.de/magazin/wie-sinnvoll-ist-kleben-als-verbindingstechnologie>.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">+ Schnellere/kostengünstige Umsetzung+ Dichtende Verbindungen+ Gewichtsersparnis+ Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe+ Keine Kontaktkorrosion+ Unbeschädigte Oberfläche+ Gleichmäßige Spannungsverteilung+ Bessere Schwingungsdämpfung+ Kein Wärmeverzug+ Mechanisches Verhalten frei wählbar	<ul style="list-style-type: none">- Alterungsprozesse (je nach Klebeart)- Kontrollverfahren aufwendig- Temperaturbegrenzter Einsatz- Viele Klebstoffe sind Gefahrstoffe- Aushärtezeit- Vorbehandlung der Oberflächen- Erfahrung notwendig

8 Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit von Klebstoffen

Auf der Internetseite des Industrieverbands Kleben e.V. heißt es zu dem Thema Umweltverträglichkeit und Kleben:

„Seit einigen Jahren gilt der Begriff der Nachhaltigkeit als Ideal für eine zukunftsfähige, anhaltende Entwicklung. Die Bedürfnisse der heutigen Generation müssen befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden. Um verantwortlich zu handeln und eine intakte ökologische, soziale und ökonomische Struktur zu hinterlassen, dürfen wir heute keine Produkte und Verfahren verwenden, die sich später als schwer reparabler Schaden oder Belastung herausstellen. Dazu müssen Faktoren aus Umwelt, Kultur und Wirtschaft berücksichtigt werden. Nachhaltigkeit ist demnach untrennbar mit der Wahrnehmung der Verantwortung gegenüber der Menschheit und ihrem Lebensraum verbunden.“

Die gesellschaftlich und politisch forcierte Diskussion der Nachhaltigkeit ist derzeit ohne Zweifel eines der Top-Themen, welches für die Klebstoffindustrie aus verschiedenen Gründen wichtig ist und daher auch intensiv begleitet wird. Für die Klebstoffindustrie werden sich Opportunitäten und wichtige Marktpotenziale erschließen, wenn im Zuge der Nachhaltigkeitsdiskussion hochenergetische Fügeverfahren wie z.B. das Schweißen oder das Lötten kritisch hinterfragt und nötigenfalls auch ersetzt werden müssen. Technologisch betrachtet ist die moderne, berechenbare und zuverlässige Klebtechnik heute durchaus in der Lage herkömmliche und energiekonsumierende Fügeverfahren abzulösen.

Darüber hinaus liefert die Klebtechnik bereits heute einen nicht unerheblichen Beitrag zur Nachhaltigkeit:

Wärmedämmsysteme, Rohrisolierungen oder Isolierglasfenster sind nur durch den Einsatz moderner Kleb- und Dichtstoffe möglich. Solarpaneele und die Rotorblätter von Windkraftträdern können ohne Klebstoffe nicht produziert werden. Überhaupt gestatten Klebstoffe die Herstellung ökoeffizienter Produkte – im Flugzeug-, Automobil- oder Schiffsbau setzen die Ingenieure zunehmend mehr auf Leichtbauweisen, sogenannten „Multimaterial Designs“, die in aller Regel weder geschweißt noch gelötet, geschraubt oder genagelt werden können. Hier kommt den Klebstoffen eine sprichwörtlich tragende Rolle zu.“

Quelle: <http://www.klebstoffe.com/die-welt-des-klebens/nachhaltigkeit-umwelt.html>

Teil B: Weitere Aufgaben und Versuche

9	Kreuzwortsrätsel zur Klebwerkstatt – BÄRENSTARK!	23
10	Experiment – Was passiert mit dem Lösungsmittel beim Aushärten?	27
11	Experiment – Gummibärchen selbst herstellen	31

9 Kreuzwörterrätsel zur Klebwerkstatt — BÄRENSTARK!

Das folgende Rätsel kannst du lösen, wenn du die Wettbewerbsaufgaben zur IJSO 2017 gelöst hast. Schicke bis spätestens 20. Januar 2017 eine Mail mit deinem Lösungswort an ijsso-event@ipn.uni-kiel.de.

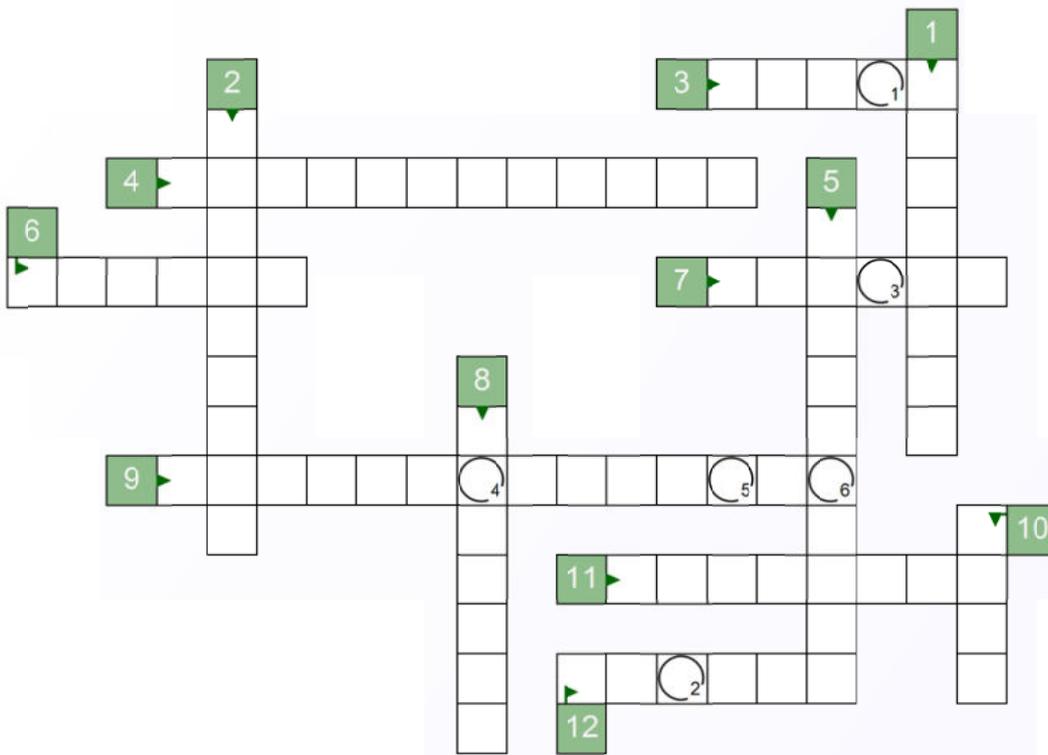
Gib in der Betreffzeile „IJSO2017-KW: “ ein und dahinter deine 6 Lösungsbuchstaben. In die Mail schreibe bitte deinen Teilnehmercode und deinen Namen.

Dann nimmst du an der Verlosung unserer Sachpreise teil.

Viel Spaß beim Knobeln!
Dein IJSO-Team in Kiel

Aufgaben:

- 1 Eine Klebung mit Knochenleim löst sich, wenn man ihn ...
- 2 Die Kräfte, die einen inneren Zusammenhalt bewirken, heißt ...
- 3 Das Geheimnis des Klebestifts steckt in der Beimengung von ...
- 4 Glucosesirup ist ein Abbauprodukt von einem ...
- 5 Holzleim bindet ab, wenn Wasser ...
- 6 Ein Proteinkleber, der ganz ohne Erwärmen auskommt, ist ...
- 7 In den Aufgaben zur IJSO 2017 geht es um das ...
- 8 Ovalbumin, der Klebstoff im Eiklar, ist ein ...
- 9 Langkettige Klebemoleküle entstehen durch ...
- 10 Einen in Wasser gelösten Klebstoff nennt man ...
- 11 Glutin hat eine ähnliche Zusammensetzung wie ...
- 12 Die Klebewirkung des Kleisters beruht darauf, dass Stärke ...

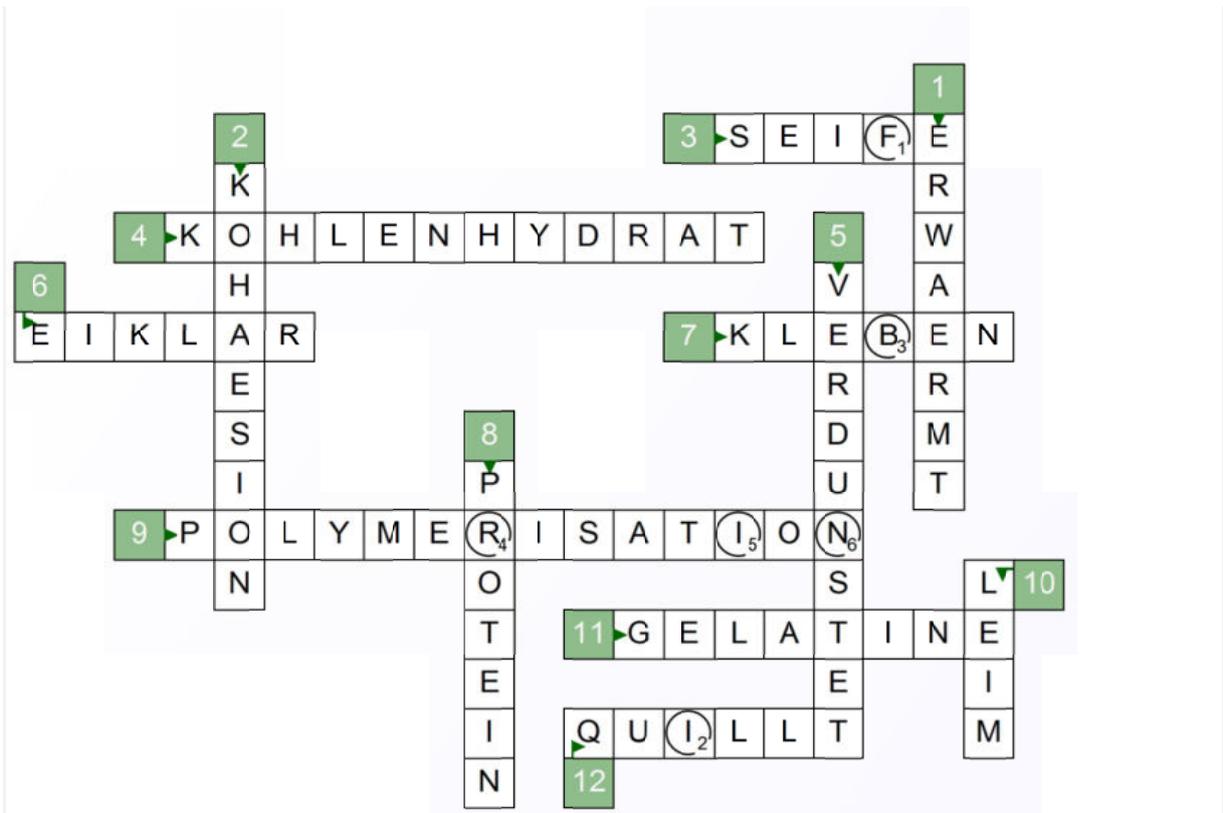


Lösungswort:

Ein medizinischer Klebstoff, mit dem man ohne Nähen oder Klammern eine blutende Wunde schließen kann.

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Lösungen zum IJSO-Kreuzworträtsel 2017



Lösungswort:

Ein medizinischer Klebstoff, mit dem man ohne Nähen oder Klammern eine blutende Wunde schließen kann.

F I B R I N

10 Experiment – Was passiert mit dem Lösungsmittel beim Aushärten?

Alina und Andi spielen Puppentheater. Beim Proben fällt Pinocchio auf den Fliesenboden und seine Nasenspitze bricht ab. Die beiden wollen seine Nase mit Holzleim wieder ankleben und fragen sich, wie lange es dauert, bis die Klebung trocknet. Sie rätseln, was eigentlich beim Aushärten passiert. Andi vermutet, dass sich das Lösungsmittel des Klebers mit dem Holz verbindet. Alina schlägt vor, das in einem Experiment zu prüfen. Dafür tragen sie auf einer Holzleiste Holzleim auf und bestimmen in regelmäßigen Zeitabständen die Masse, bis die Klebung getrocknet ist.

Du sollst mit zwei Klebstoffen auf synthetischer Basis einen ähnlichen Versuch durchführen. Nimm aber statt Holz einen mit Aluminiumfolie umwickelten Kartonstreifen.

Du benötigst: Alleskleber (z. B. UHU), Holzleim (z. B. Ponal); Karton, Aluminiumfolie, Briefwaage, ggf. Stoppuhr.

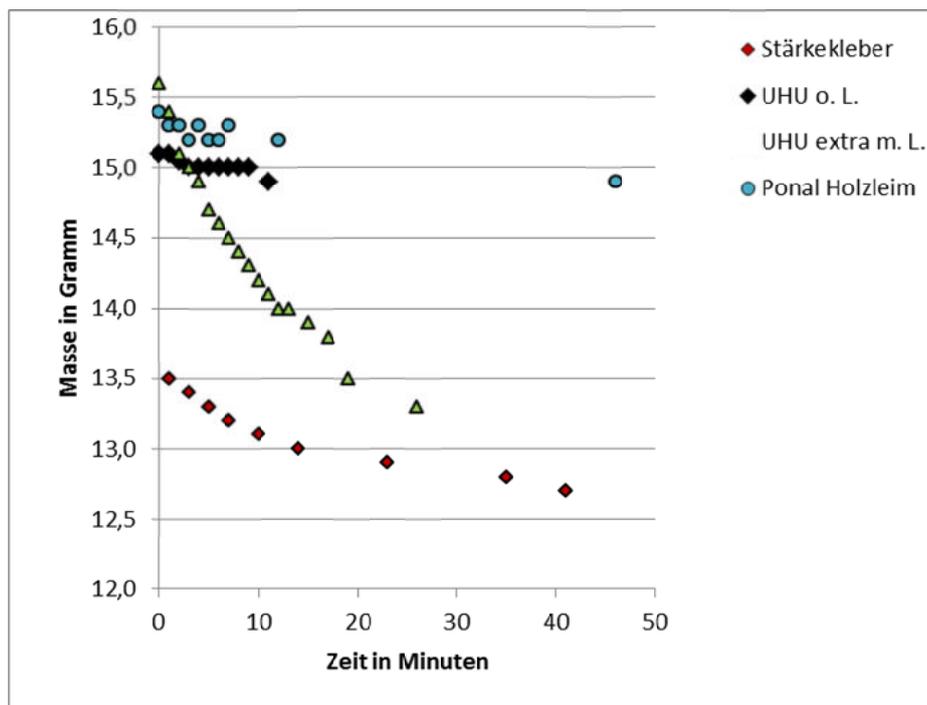
Markiere auf dem mit Aluminiumfolie umwickelten Kartonstreifen ein rechteckiges Feld mit Kantenlängen von 4 und 10 Zentimetern. Verteile 10 Gramm Klebstoff gleichmäßig auf der markierten Fläche. Miss über einen Zeitraum von einer Stunde regelmäßig die Masse - beginnend mit jeder Minute, dann in Abständen von 3 bis 10 Minuten. Führe das Experiment für Alleskleber und für Holzleim durch. Trage deine Messdaten mit Ausgleichskurven für beide Klebstoffe in einem gemeinsamen Koordinatensystem ein und vergleiche.

Aufgaben:

- a) Kläre den Begriff Leim in Zusammenhang mit Lösungsmitteln in Klebern.
- b) Welche Versuchsergebnisse würdest du erwarten, falls Andis Vermutung stimmt.
- c) Führe das Experiment für Alleskleber und für Holzleim durch. Trage deine Messdaten mit Ausgleichskurven für beide Klebstoffe in einem gemeinsamen Koordinatensystem (auf Millimeterpapier) ein und vergleiche. Begründe, warum manche Klebstoffe schneller aushärten als andere.
- d) Bestätigen deine Messergebnisse Andis Überlegungen? Ziehe deine Schlussfolgerungen aus dem Versuch bezüglich des Aushärtevorgangs. Inwieweit sind deine Ergebnisse auf die Versuchsanordnung übertragbar?

Lösungen und ergänzende Informationen

- Als Leim bezeichnet man die wässrige Lösung eines Klebstoffs (unabhängig davon, ob er auf tierischer, pflanzlicher oder synthetischer Basis hergestellt wurde).
- Aus Gründen der Massenerhaltung müsste Alina während der gesamten Messdauer von einer Stunde zu allen Messzeitpunkten die gleiche Masse bestimmen. Denn auch bei chemischen Reaktionen (wenn das Lösungsmittel sich mit dem Holz verbinden würde) gilt das Prinzip der Massenerhaltung.
- Getestet wurden im Vergleich Stärkekleber (selbst hergestellt), Ponal Holzleim sowie zwei UHU Alleskleber (mit organischem Lösungsmittel) sowie UHU Alleskleber (mit organischem Lösungsmittel).



UHU Alleskleber mit Lösungsmittel härtet deutlich schneller aus als alle anderen Kleber. Ponal Holzleim und UHU Alleskleber ohne Lösungsmittel härten nur sehr langsam aus. Stärkekleister, etwas schneller, auch wenn er wie die beiden anderen ein Dispersionsklebstoff ist auf Wasserbasis.

Organische Lösungsmittel haben einen höheren Dampfdruck als Wasser und verdunsten deshalb schneller.

- Die Messergebnisse bestätigen Andis Vermutung nicht (können sie aber auch nicht widerlegen). Während des Messzeitraums von einer Stunde nimmt die Gesamtmasse ab, beim Alleskleber mit Lösungsmittel schneller als beim Holzleim. Da ausgeschlossen werden kann, dass sich die Masse des Messstreifens (mit Aluminiumfolie umwickelter Karton) verändert und Klebstoff einsickert, folgt daraus, dass Lösungsmittel aus der Klebestelle entweichen muss. Das Lösungsmittel verdunstet. Bei der Versuchsanordnung wird der Klebstoff nicht auf Holz aufgetragen, deshalb sind die Ergebnisse nicht 1:1 übertragbar. Mit der Versuchsanordnung lässt sich auch nicht zweifelsfrei ausschließen, dass sich nicht doch ein Teil des Lösungsmittels mit dem Holz verbindet. Man kann nur mit Sicherheit belegen, dass der von Andi postulierte Mechanismus nicht der ALLEINIGE Wirkmechanismus beim Aushärten sein kann.

11 Experiment – Gummibärchen selbst herstellen

Im folgenden Experiment kannst du nach Anleitung selbst Gummibärchen herstellen. Bevor du dich an die Arbeit machst, aber für den „Meister der Gummibären“ noch einige Fragen zum Knobeln:

- 1) Hast du dir schon einmal die Frage gestellt, warum sich Salz nicht klebrig anfühlt, wohl aber Zucker, wenn du das Pulver mit feuchten Fingern anfasst?

- 2) Im Supermarkt werden immer mehr „vegane“ Produkte angeboten, so inzwischen auch vegane Gummibärchen oder Fruchtgummis. Weißt du, wie sie sich von den klassischen Goldbärchen unterscheiden? Schau dir beim nächsten Einkauf mal ganz genau die Liste der Inhaltsstoffe auf der Packung an und vergleiche.

- 3) Hast du eine Idee, warum vegane Gummibärchen, anders als die klassischen Gummibärchen sich im Wasserbad nicht gut schmelzen lassen?

*Dann kann es jetzt losgehen mit dem Versuch.
Viel Spaß in der Bärenküche!*

Lies dir das Rezept vorher in Ruhe durch oder schaue dir im Internet die Kurzfilme dazu an. Lege dir dann alle Zutaten und Geräte bereit.

130 g Gelatine

200 mL Wasser

Gelatine mit 200 mL Wasser in einer kleinen Schüssel verrühren und 15 min quellen lassen. Dann im Wasserbad langsam schmelzen. Es darf nicht kochen!

120 mL Wasser

400 g Zucker

Wasser und Zucker verrühren und aufkochen, Topf von der Platte nehmen.

400 mL Sirup oder

330 g flüssigen Honig mit 150 mL Wasser

Den Sirup oder Honig-Wasser-Gemisch unterrühren.

20 mL Weinsäure oder

4 Esslöffel Zitronensaft

Anschließend die aufgelöste Gelatine und den Zitronensaft dazu gießen und kräftig rühren.

Nun braucht die ganze Masse 5-10 Minuten auf einer warmen Herdplatte zum Ausruhen. Wieder gilt: nicht kochen, nur warmhalten.

Danach den gebildeten Schaum auf der Oberfläche abschöpfen. Löffelweise wird die Masse in vorbereitete Milkaherzen-, Adventskalender-, Pralinen-Formen gefüllt und einige Stunden an einem kühlen Ort stehenlassen.

Noch ein Tipp für die Küchenbenutzer: Das gebrauchte Geschirr gleich in warmes Wasser einweichen und Arbeitsflächen und Finger gründlich abwischen. Die warme Masse klebt wie Klebstoff und lässt sich in geliertem Zustand nur noch mit Mühe entfernen.

Vorsicht beim Herauslösen! Erst wenn die Masse wirklich durch und durch geliert ist!!!

Falls die Gummitiere je den Weg in ein Verpackungstütchen schaffen sollten, vorher leicht mit Stärkemehl bestäuben. Sonst gibt es Gummitiere am Stück und das wäre schade um die Mühe!

Quellen:

<http://www.jungschar.com/prog/b980128a/>

http://www.helpster.de/gummibaerchen-selber-machen-ein-rezept_33301

http://www.helpster.de/gummibaerchen-ohne-gelatine-selber-machen-so-klappt-s_77975

Lösungen und ergänzende Informationen

- 1) Zucker klebt nicht in trockenem Zustand. Erst wenn er mit Feuchtigkeit in Verbindung kommt, wird Zucker weich und klebrig. Es reicht schon, ein paar Zuckerkörner in der geschlossenen Hand zu halten, schon der Schweiß auf der Haut bringt den Zucker zum Kleben. Die Hydroxylgruppen im Zucker sind polar und gehen mit polaren Oberflächen Nebenvalezen ein und binden sich auf gleiche Weise auch gegenseitig. Kochsalz besteht aus Natriumchlorid-Kristallen und enthält keine Hydroxylgruppen. Wenn es feucht wird, löst es sich in Wasser und klebt nicht.

[INFO: Nebenvalezen = zwischenmolekulare Kräfte mit Bindungsenergien von 8-20 kJ/mol. Sie bewirken den Zusammenhalt von Molekülen, die hauptvalenzmäßig abgesättigt sind, z. B. bei der Hydratbildung.
<http://www.enzyklo.de/lokal/42303>]

- 2) Gummibärchen werden in unterschiedlichen Farben hergestellt und bestehen im Wesentlichen aus Zucker, Glucosesirup, Wasser und Gelatine, die ihnen ihre gummiartige Konsistenz verleiht. Seit 2000 gibt es Gummibären, bei deren Produktion keine Schweineschwarten verwendet werden.

Die vegetarischen Gummibären sollen als kosher bzw. halāl bezeichnet v. a. neue Absatzmärkte außerhalb Europas erschließen.

Klassische Gummibärchen enthalten Gelatine, vegetarische Fruchtgummis häufig Pektin (Polysaccharide, genauer Polyuronide), ein Geliermittel auf pflanzlicher Basis. Zum Einsatz kommt auch ein Geliermittel, das beim Abbau von Glucosesirup entsteht.

Glucosesirup, eine aus Stärke durch hydrolytische Aufspaltung gewonnene eingedickte Lösung, die aus Glucose (Traubenzucker) besteht und in klassischen wie vegetarischen Fruchtgummis als Süßungsmittel enthalten.

z. B. Haribo Goldbären

Zutaten / Inhaltsstoffe:

Glucosesirup, Zucker, **Gelatine**, Dextrose, Säuerungsmittel: Citronensäure; Fruchtzubereitung (Cassis, Citrone, Orange, Kiwi, Apfel), Aroma, Überzugsmittel: Bienenwachs weiss und gelb, Carnaubawachs, Karamelsirup.

Quelle:

<http://das-ist-drin.de/Haribo-Goldbaeren-250-g--415566/>

z. B. Original Bäregarten Gelatinefreie-Fruchtsaft-Gummibärchen

Zutaten / Inhaltsstoffe:

Zucker, Glucosesirup, **Geliermittel Pektin**, Säureregulatoren: Natriumcitrat und Kaliumtartrat, Fruchtsaftkonzentrate (Birne, Zitrone, Pfirsich, Orange, Erdbeere, Himbeere) 1,6 g/100 g*, Säuerungsmittel: Citronensäure, natürliche Aromen (Zitrone, Birne, Pfirsich, Mandarine, Himbeere, Erdbeere), gefärbt mit Curcuma-, Brennnessel-, Spinatextrakt, Schwarze Johannisbeer-, Karotten-, Kürbis-, Apfelsaftkonzentrat, Acerola Fruchtepulver.

Quelle:

<http://das-ist-drin.de/Original-Baerengarten-Gelatinefreie-Fruchtsaft-Gummibaerchen-150-g--9666/>

[INFO: Pektine sind pflanzliche Polysaccharide, genauer Polyuronide. Aufgrund ihrer Fähigkeit, Gele zu bilden, sind Pektine in der Lebensmittelindustrie unverzichtbarer Bestandteil vieler Produkte, bei denen aus den verschiedenen Gründen Geliermittel, Verdickungsmittel und/oder Stabilisierungsmittel eingesetzt werden. Pektine können ebenso wie Agar-Agar, Carrageen oder Alginsäure als rein pflanzliches Ersatzmittel von Gelatine dienen. Agar-Agar ist ein Galactose-Polymer (ein Polysaccharid), das Gallerte bilden kann. Die Grundeinheiten des Agars sind Agarose und sulfatiertes Agaropektin. Agar wird aus den Zellwänden einiger Algenarten, hauptsächlich aus Ostasien, hergestellt.]

- 3) Im Unterschied zu Kleister und Zuckerguss bindet Gelatine nicht durch Verdunsten eines Lösungsmittels oder Wasser ab, sondern durch Abkühlung bei Erstarren. Er ist also kein Leim, sondern ein Schmelzklebstoff und muss vor dem Auftragen erwärmt werden. Der Klebstoff in der Gelatine ist der Eiweißstoff bzw. Protein namens Glutin. Eiweißstoffe denaturieren („gerinnen“) bei Temperaturen deutlich über 60 °C.

Zwar bleibt die Primärstruktur (Reihenfolge der Aminosäurenkette) erhalten, aber die räumliche Struktur (Faltblatt, Helix) wird zerstört. Gerade die räumliche Struktur ist aber für den inneren Zusammenhalt (Kohäsion) und damit für die Verfestigung des Klebstoffs beim Abbinden in der Fuge verantwortlich.

Wird Glutin längere Zeit über 80 °C erhitzt, wird es hydrolysiert und die Gelatine verliert damit mehr und mehr ihre Gelierkraft.

[INFO: *Gelatine* ist ein Stoffgemisch aus geschmacksneutralem tierischem Protein. Hauptbestandteil ist Glutin, ein denaturiertes bzw. hydrolysiertes Kollagen. Glutin wird durch Auskochen von Tierknochen und -häuten gewonnen. Dabei entsteht eine wässrige Lösung der Kollagene (=Gerüsteiweißstoffe des Bindegewebes), die durch *Hydrolyse* (=die Spaltung einer (bio)chemischen Verbindung durch Reaktion mit Wasser) in Glutin überführt werden. Bei Abkühlung erstarrt Glutin wieder zu einer *Gallerte* (= viskoelastische Flüssigkeit).]

12	Kommentierte Literatur- und Linksammlung	37
	12.1 Literatur	
	12.2 Links	

Hinweis: Alle im Text angegebenen Links wurden am 4.11.2016 auf ihre Aktualität geprüft.

12 Kommentierte Literatur- und Linksammlung

12.1 Literatur

Alle im Text angegebenen Links wurden am 4.11.2016 auf ihre Aktualität geprüft.

K. Dilger: Warum der Klebstoff klebt – eine Kindervorlesung. PdN Chemie in der Schule, **59**, 3, 2010, 6-10.

Es wird eine Kindervorlesung mit Experimenten zum Thema Kleben vorgestellt. Zielgruppe sind Schülerinnen und Schüler der Jahrgänge 4 bis 6 (Originalzitat übernommen), die zum Download als PDF-Datei zur Verfügung steht.

http://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?Fid=908085&mstn=8&ckd=no&mtz=200&facets=y&maxg=5&suche=einfach&ohneSynonyme=y&sort=jahrAb&feldname1=Freitext&feldinhalt1=KLEBEN&bool1=and&next=908086,908087,908088,908089,908090&prev=1030646,1037564,996449,961166,988582&nHits=120&marker=1

E. Irmer: Klebstoffe – eine Unterrichtsreihe für den Unterricht Chemie in Klasse 7 des Gymnasiums. MNU, **60**, 1, 2007, 36-42.

W. Böschen, K. Haucke und I. Parchmann: Klebstoffe. MNU **65**, 4, 2012, 219-230.

Dieser Beitrag stellt anknüpfend an vorhandene fachdidaktische Artikel einen Ansatz zur Diskussion, der neben experimentellen Vorschlägen zu Belastbarkeitsprüfungen von Klebstoffen im Sinne eines "Jugend testet"-Projekts auch Einblicke in verschiedene Berufsfelder der Klebstoffindustrie anregt. (Verlagsankündigung)

S. Schwarzer, K. Kremer, L. Heepe, J. Arnold, S. Gorb und I. Parchmann: Wie Gecko & Co an die Decke gehen. PdN Chemie in der Schule, **63**, 2, 2014, 31-34.

„Der Beitrag gibt Anregungen zur Erarbeitung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen im Kontext Bionik. Dabei wird insbesondere der Wechsel der verschiedenen Betrachtungs- und Erklärungsebenen von makroskopischen Phänomenen über Oberflächenstrukturen bis zu molekularen Wechselwirkungen angeregt. Das Konzept ist fächerverbindend angelegt.“

https://www.researchgate.net/publication/262673803_Wie_Gecko_Co_an_die_Decke_gehen_Einblicke_in_die_Bionik_als_Kontext_fur_einen_facherverbindenden_Unterricht

S. Gorb und P. Bußhardt: Haften, Kleben und Verklammern als bionisches Prinzip: Wie Fliegen an die Decke gehen. Biologie in unserer Zeit, **43**, 3, 2013, 171-178.

Unterrichtsreihe „Kleben“ – Informationen für Lehrkräfte. Forscherwelt, Prof. Dr. Katrin Sommer, Lehrstuhl für Didaktik der Chemie, Ruhr-Universität Bochum.

Das Material enthält Experimente für Kinder im dritten und vierten Schuljahr. Didaktisches Konzept und Programm sind unter der Führung von Prof. Dr. Katrin Sommer, Lehrstuhl für Didaktik der Chemie an der Ruhr-Universität Bochum, mit Unterstützung von Klebstoffexperten von Henkel entstanden.

<http://www.henkel.de/blob/20128/4fd824b3cfb4fe132ae332f0b5fc1370/data/lehrerinformation-unterrichtsreihe-kleben.pdf>

Fonds der Chemischen Industrie (FCI) Industrieverband Klebstoffe e. V.

Die PDF-Datei stellt die theoretischen Grundlagen zum Thema Klebstoffe umfassend und ausführlich dar. Dazu gibt es beim FCI eine CD-ROM, die Vorschläge für Experimente und Arbeitsblätter enthält.

<https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/2015-11-unterrichtsmaterial-klebstoffe-arbeitsblaetter.pdf>

12.2 Links

Alle im Text angegebenen Links wurden am 4.11.2016 auf ihre Aktualität geprüft.

Allgemeines

Die Kunst des Klebens, Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co

http://www.eduhi.at/dl/Kleben_Quarks_Fibel.pdf

→ Grundlegendes zum Thema Kleben und Klebstoffe

Kleben fürs Leben. Das Magazin des Industrieverband Klebstoffe

<http://www.klebstoff-presse.com/kleben-fuers-leben.html>

http://www.klebstoffe.com/ivk_kleben_fuers_leben/#/1/

→ Vielfalt und Einsatzbereiche von Klebstoffen

Klebefähigkeit

Adhäsion

http://www.chemie-macht-spss.de/projekte/Moerderische_Chemie/gruppe2/adhsion.htm

→ Textinformationen zum Thema Adhäsion ohne Abbildungen

Materialprüfung - Zugfestigkeit

Experimente zur Zugfähigkeit

<http://www.bauversuche.de/experimente/>

<http://www.bauversuche.de/experimente/holz/zugfestigkeit.html>

→ Bauversuche.de ist ein Portal für Simulationen und Unterrichtsexperimente für die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft.

Klassifizierung von Klebstoffen/ Allgemein zu Klebstoffen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klebstoff>

<http://www.franzignmark.de/oekoschule/materialdownload/arbeitsblaetter/experimente-zum-thema-nachwachsende-rohstoffe.html>

→ Experiment zur Herstellung von Stärkekleister.

Leime

<http://www.chemie.de/lexikon/Leim.html>

→ Kurzgefasste Definition und kurze Angaben zur Verwendung von Leimen.

<http://www.privatimmobilien.de/glossar/leim.html>

→ Siehe oben

<http://www.pro-wohnen.de/Immobilien/leim.htm>

→ Siehe oben, Definition und Text in allen 3 Links gleich.

Klebstoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe – selbst herstellen

Stärkeklebstoffe und Kleister

Von der Kartoffel zur Stärkefolie Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. Letzte Überarbeitung:

23. Januar 2012, Dagmar Wiechoczek.

http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/nrt_01.htm

<http://www.essen-und-trinken.de/kartoffeln/die-drei-kartoffel-kochtypen-1030057.html>

→ Eigenschaften der drei Kartoffeltypen.

Proteinklebstoffe

Casein – Bindemittel, Kleber, Farben

<http://www.seilnacht.com/Lexikon/Casein.htm>

→ Geschichte, Gewinnung, Rezepturen, Bindemittel, Portraits.

Friese/ Hettgen: Kasein – Ein Kleber aus Milch. Integriertes Seminar „Chemie im Haushalt“, Institut für Didaktik der Chemie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/seminarfriese/milch.pdf

→ Kurzer geschichtlicher Überblick, wie aus Milch Plastik hergestellt wurde.

Inhaltsstoffe von Gummibärchen

http://www.helpster.de/gummibaerchen-inhaltsstoffe-informatives_183719

Gummibärchen selbst herstellen

<http://www.jungschar.com/prog/b980128a/>

http://www.helpster.de/gummibaerchen-selber-machen-ein-rezept_33301

http://www.helpster.de/gummibaerchen-ohne-gelatine-selber-machen-so-klappt-s_77975

Links zu Herstellerseiten

<http://www.uhu.com/de/home.html>

→ Klebeberatung, Produkte, Einsatzbereiche, Klebstoffe in Schule und Kindergarten, Handwerk und Industrie.

<http://www.klebstoffe.com/die-welt-des-klebens/informationen.html>

→ Informationen, Anwendungsgebiete, Kleben-aber richtig, Nachhaltigkeit & Umwelt, Klebstoff – Hersteller

<http://www.cmc.de/fileadmin/content/pdf/klebetchnik.pdf>

→ Wissenswertes zum Thema Kleben und zur Messung von Klebekraft

Animationen

<https://www.youtube.com/watch?v=rn3B9CpvaeA>

→ FWU Grundlagen des Klebens, Warum klebt ein Klebstoff?

https://www.planet-schule.de/warum_chemie/kleben/themenseiten/t4/s2.html

→ Film z. B.: Geheimnis des Klebens? Was haben Adhäsion und Klebekraft miteinander zu tun? Warum muss ein Kleber trocknen, damit er dauerhaft klebt?

<https://www.youtube.com/watch?v=gZ6gl5GZgzc>

→ Adhäsions- und Kohäsionskräfte werden visualisiert.

<https://www.youtube.com/watch?v=KZaXK7GVyq8>

→ Wissens-Floater Kleben vom Fraunhofer Institut.