

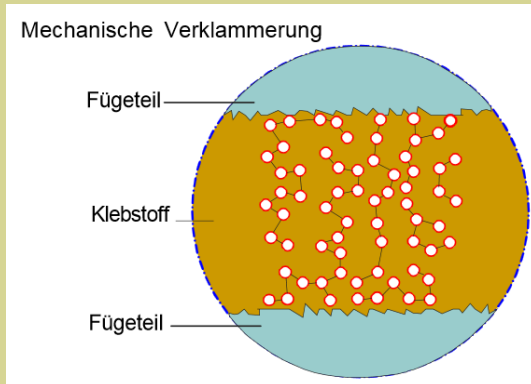
# Kleben



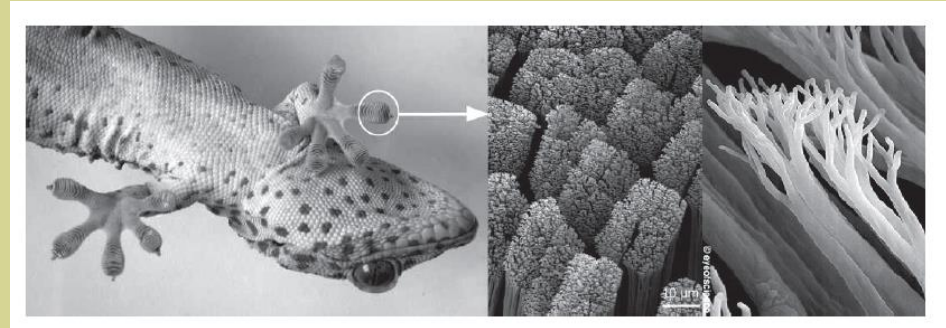
## Kleben

Kleben ist ein Fertigungsverfahren, welches wie das Schweißen und Löten zu den stoffschlüssigen Fügeverfahren der Verbindungstechnik gezählt wird.

Eine Klebverbindung besteht prinzipiell aus den beiden Fügeteilen und der dazwischen liegenden Klebschicht. Über 90% aller Klebstoffe funktionieren, weil der Kleber einen engen Kontakt der Fügeteile in der Art einer mechanischen Verklammerung herstellt. Dieses Phänomen der Haftung wird auch Adhäsion genannt. Klebstoffe sind meistens Kunststoffe.



Bei mechanisch bindenden Klebstoffen liegt der Klebstoff schon fertig vor (als Kettenmoleküle). Durch das Trocknen entweicht Flüssigkeit (Ablüften der Lösungsmittel) und der Klebstoff wird hart und hält die Fügeileile zusammen (die Kettenmoleküle knäueln sich eng zusammen).



Ein Vorbild für die Herstellung eines solch engen Kontakts in der Natur stellen die Füße des Geckos dar. In starker Vergrößerung betrachtet sind die Fußoberflächen des Geckos so fein strukturiert, dass er damit extrem glatte Flächen hinaufklettern kann.

Es gibt aber auch Kleber, bei denen es zu einer chemischen Reaktion kommt. Ein typisches Beispiel ist das Aufkleben eines Flickens auf einen Fahrradschlauch. Man kann die Wärme spüren, die bei der chemischen Reaktion freigesetzt wird. Diese Klebstoffe werden fest, weil eine chemische Reaktion stattfindet. Das ist der Fall bei vielen Zwei-Komponenten-Klebstoffen: wenn man die Komponente eins mit der Komponente zwei zusammengibt, läuft die chemische Reaktion ab und wird der eigentliche Klebstoff hergestellt. Bei manchen Einkomponenten-Klebern reicht es, wenn die Komponente mit Luftsauerstoff in Berührung kommt.



## Klebstoffe

Klebstoffe unterscheiden sich u.a. in Bezug auf

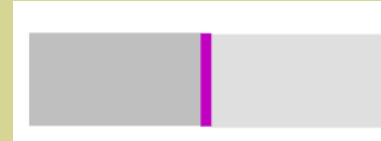
- a) Material
- b) Zähigkeit/Viskosität (z.B. pastös, flüssig)
- c) Beständigkeit (z.B. gegen Wasser, Öl, Vibrationen, Chemikalien, hohe Temperaturen)
- d) Mischung (z.B. Einkomponentenkleber, Mehrkomponentenkleber)
- e) Aushärtung (z.B. unter Druck, durch Verdunstung von Lösungsmittel)
- f) Festigkeit (z.B. in Bezug auf Druck, Zug, Biegung)

Kleben wird begünstigt, wenn

- die Füge­teile, die zusammengeklebt werden sollen, sauber sind
- die Füge­teile, die zusammengeklebt werden sollen, je nach Kleber entweder frei von Wasser oder frei von Fett sind
- die Füge­teile ggf. aufgeraut wurden
- der Kleber gleichmässig aufgetragen wird
- bei starker Zugbeanspruchung grosse Klebflächen vorgesehen werden

## Formen von Klebeverbindungen

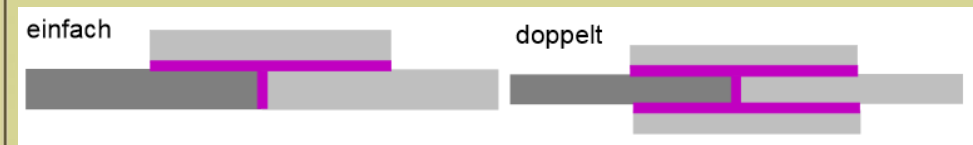
- Stumpfstöße (zwei Flächen treffen stumpf aufeinander)



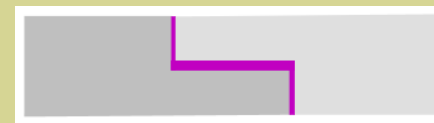
- Überlappstöße



- Laschenstöße



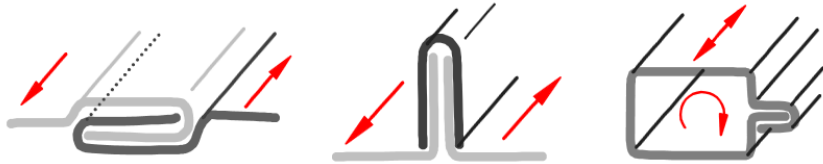
- abgesetzte Überlappung



## Typische Klebekonstruktionen

### Falzverbindungen

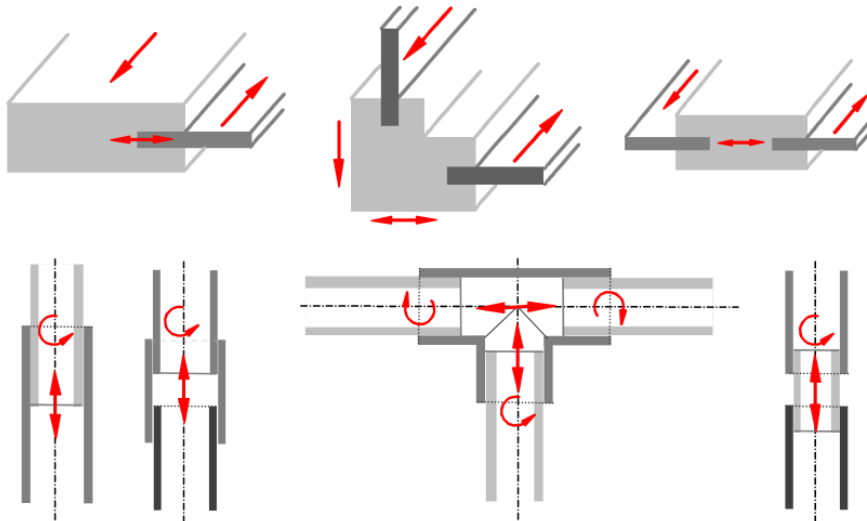
Der Kleber übernimmt dichtende und haltende Funktionen.



Zwei Materialien bilden einen Falz, dazwischen ist der Klebstoff.

### Nutverbindungen & Rohrverbindungen

Der Kleber übernimmt dichtende, haltende und schützende Funktionen.



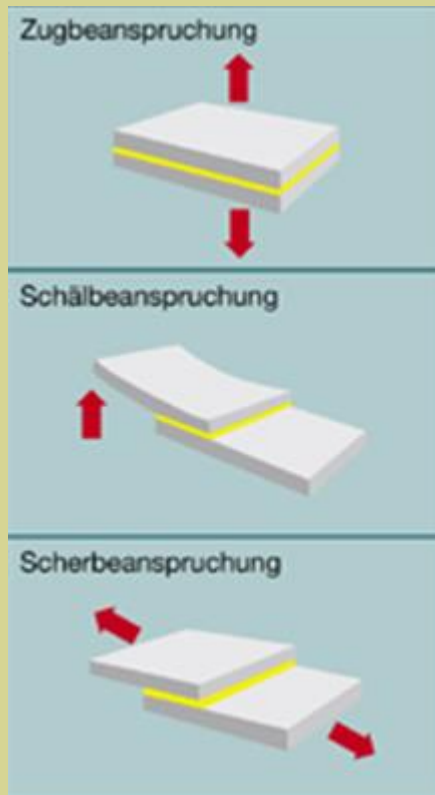
Zwei Materialien bilden Nut und Feder, dazwischen ist der Klebstoff.

### Winkelverbindungen



Zwei Materialien bilden einen Winkel, dazwischen ist der Klebstoff.

## Typische Beanspruchungsarten



## Fachbegriffe

### Adhäsion

Bindefestigkeit des Klebstoffes an den beiden Fügeflächen.

### Aushärtezeit oder Abbindezeit

Zeit der Verfestigung des Klebstoffes (durch chemische oder physikalische Reaktion).

### Aktivator

Beschleunigt den Aushärtevorgang eines Klebstoffes.

### Ablüftzeit

Zeit, die Klebstoffe benötigen, damit das Lösungsmittel entweichen kann.

### Anaerobe-Klebstoffe

Einkomponentige, flüssige Klebstoffe die unter Luftausschluss bei gleichzeitigem Kontakt der Klebeflächen aushärten.

### Sekunden- oder Blitzkleber

Einkomponentiger Klebstoff, der durch Luftfeuchtigkeit aushärtet.

### Endfestigkeit

Die unter Normalbedingungen maximal erreichbare Festigkeit eines vollständig ausgehärteten Klebstoffes.

### Füllstoff

Beimengung von Feststoffteilchen (Metallpulver, etc.) zum Klebstoff, um seine Eigenschaften, z.B. Verarbeitbarkeit, Festigkeit und chemische Beständigkeit zu variieren.

### Haftklebstoff

Klebstoffsystem, das bei Raumtemperatur dauerklebrig ist und unter Anwendung von Druck an vielen Festkörperflächen haftet.

## Fachbegriffe (Fortsetzung)

### Härter

Beimischung zum Klebstoff, er fördert die Aushärtereaktion und steuert den Härtegrad der Klebstoffschicht durch chemische Abbindung.

### Harz

Grundkomponente des Klebstoffs (oft als Komponente A bezeichnet)

### Kohäsion

Die innere Zusammenhangskraft eines Klebstoffes.

### Primer

Verbessert die Bindefestigkeit des Klebstoffes an den beiden Fügeflächen und verzögert den Alterungsvorgang.

### Lösungsmittel

Trägermittel (z.B. Aceton, Alkohol), in dem Klebstoffe gelöst sind. Durch Verdunstung des Lösungsmittels härtet der Klebstoff aus.

### Nassverklebung

Verklebung unmittelbar nach Auftragen des Klebstoffes, erfordert eine mechanische Fixierung der Werkstoffe bis zum Abbinden.

### Weichmacher

Klebstoffbestandteil, der seine Flexibilität, Verarbeitbarkeit und Dehnbarkeit erhöht.

### Zwei-Komponenten-Kleber

Reaktionskleber, der durch Vermischung der beiden Komponenten aushärtet.

## Kleben und Fliegen



Wie strapazierfähig Klebeverbindungen sind, zeigt die Luftfahrttechnik, bei der viele Verbindungen heute durch Kleben hergestellt werden. Flugzeuge sind zu einem grossen Teil "verklebt".



## Vor- und Nachteile des Klebens

### Vorteile

- Verbindungen zwischen sehr unterschiedlichen Werkstoffen möglich
- gut geeignet für dünne sowie für grossflächige Bauteile
- die wirkenden Spannungen werden relativ gleichmässig verteilt
- Klebstoffe können neben dem Verbinden gleichzeitig auch dichten
- es müssen keine schwächenden Löcher (wie beim Schrauben) angebracht werden; die zu verbindenden Werkstücke werden nicht beschädigt
- Kleben kommt i.d.R. ohne Hitzeentwicklung daher, d.h. es treten keine temperaturbedingten Abkühlspannungen, Verzug von Material etc. auf
- Gewichtersparnis: das Kleben fügt den Fügeteilen kaum Gewicht hinzu
- Vibrationen werden gedämpft

### Nachteile

- relativ geringe Belastbarkeit
- Klebeverbindungen können bei Dauerbelastung „kriechen“
- die Temperaturfestigkeit ist gering
- es gibt keine zerstörungsfreien Prüfverfahren – man muss sich auf das Ergebnis letztlich ohne vollständige Prüfung verlassen
- die Vorbereitung des Haftgrundes ist z.T. sehr aufwändig
- z.T. gibt es lange Aushärtezeiten (stören den Fertigungsablauf)
- Klebflächen können altern. Für die Alterung sind mechanische (statische und dynamische Kräfte), chemische (Feuchtigkeit, Lösungsmittel, Reinigungsmittel, Salze, Sauerstoff, ...), physikalische (Wärme, UV- und andere Strahlung) und biologische (Schimmelpilze) Einflüsse verantwortlich.

### Technische und alltägliche Anwendungsbeispiele für Kleben

- Fenstergläser und Windschutzscheiben
- mit dem Rumpf verklebte Tragwerke bei Flugzeugen
- bei Zahnersatz: Verkleben von Brücken, Kronen, Verblendschalen und Inlays
- Pressspanplatten
- Tapeten
- selbstklebende Folien
- Tesafilm
- Verpackungen (z.B. Tetrapacks)
- Briefmarken
- Schuhsohlen
- Etiketten (z.B. auf Marmeladengläsern)

## Klebstoffe

### Holzleim

- zum Verbinden von Holzteilen
- besteht ca. zur Hälfte aus Wasser
- beim Auftragen des Klebers zieht das Wasser ins Holz ein
- später trocknet alles und die Füge-teile kleben aneinander

### Sekundenkleber

- der Klebstoff im Sekundenkleber entsteht erst beim Kleben

### Alleskleber

- enthält wie der Holzleim Molekülketten
- diese sind aber wesentlich kürzer
- wenn die Lösungsmittel verdampfen, härtet der Kleber aus

### Haftnotizzettel

- Kombination von grossen „Klebstoff-Bällen“, die eingebettet sind in eine Klebstoff-Schicht
- Die Bälle haften nur punktuell am Untergrund, nicht flächige Klebung: selbst wenn man ein „Post-it“ fest andrückt, federn die Klebstoff-Bälle wieder zurück. Weil sie sich in gewisser Weise im Klebstoff-Bett bewegen können, muss auch nicht immer dieselbe Stelle aktiv sein – deshalb kann man die Zettel ganz gut mehrfach ankleben.

## Geschichte der Erfindung des Klebestifts

Als Erfinder gilt Wolfgang Dierichs, der als Wissenschaftler für die Firma Henkel arbeitete. Er soll in einem Flugzeug eine Frau dabei beobachtet haben, wie sie ihren Lippenstift auftrug – da hatte er einen revolutionären Einfall: könnte man nicht auch Klebstoff in diese Form giessen und so seine Handhabung vereinfachen? 1969 erschien der Klebestift auf dem Markt.

## Geschichte der Entwicklung des Tesafilms

Oskar Troplowitz hatte ein Wundpflaster zu erfinden versucht, dabei aber einen Klebstreifen aus Kautschuk entwickelt, der so stark haftete, dass der die Haut mit runterriess.

Aus diesem Misserfolgsprodukt versuchte jemand ein sog. „Lassoband“ zum Abdichten von Fahrradschläuchen herzustellen – das wurde auch ein Flop.

Am 11. Mai 1936 vermarktete Hugo Kirchberg mit dem Slogan „zum Kleben, Flickern, Basteln“ nicht mehr die Klebefolien, sondern einen Streifen unter dem Namen „Tesa-Klebefilm“, später „Tesa-Film“ – gegen den Widerstand des Vorstands von Beiersdorf (Kirchberg arbeitete auch für Beiersdorf). Als „Tesa“ funktionierte das Produkt hervorragend, wurde immer weiter entwickelt und ist inzwischen ein High-Tech Produkt.

## Gefahrenhinweis

- Manche Kinder sind gegenüber Klebstoffen empfindlich.
- Klebstoffe sollten nicht in Augen oder Mund kommen.
- Auf keinen Fall mit gefährlichen Klebstoffen, die stark klebend sind (z.B. Sekundenkleber) arbeiten.
- Manche Klebstoffe sind leicht entzündlich.
- Frischluftzufuhr in Zimmern herstellen und Klebflaschen immer nur kurz öffnen und gleich wieder verschliessen.



## Mögliche Problemstellungen für den Unterricht

- Ausprobieren: ist Wasser ein guter Klebstoff oder nicht? Zwei Glasscheiben mit Wasser befeuchten, aufeinander kleben, Kräfte explorierend erkunden. Trocknen lassen (auf der Heizung). Aber auch: zwei Glasplatten nassmachen, in den Kühlschrank legen. Explorierend erkunden.
- Mit Puderzucker und Eiweiss ein Lebkuchenhaus herstellen.
- Mit Naturharz einen Kleber herzustellen versuchen; explorierend diesen testen.
- Leim aus natürlichen Zutaten herstellen:
  - a) Aus Essig und Milch: Eine Tasse Milch und 1/3 Tasse Essig (sog. weissen, also durchsichtigen Essig verwenden) zusammengeben, durch Rühren mischen, danach stehenlassen bis sich zwei Schichten bilden. Die untere Schicht ist eine quarkartige Masse – diese herausfischen. Sie kann als Leim verwendet werden. Zur Erklärung: Durch die Essigzugabe wird Casein (Milcheiweiss) ausgefällt. Kurz nach Entstehung ist noch viel Wasser in die Eiweissmasse eingelagert. Dies hat zur Folge, dass die Masse sich gut an die Oberfläche von zu klebenden Teilen anpassen kann. Dadurch entsteht ein intensiver Kontakt zwischen Klebeflächen und Klebstoff. Chemisch gesprochen heisst das: Intermolekulare Wechselwirkungen werden ausgebildet. Wenn nun der Klebstoff flüssig bleiben würde, wäre die Verbindung mechanisch nicht belastbar. Es ist also zentral, dass das Wasser in der Eiweissmasse verdunstet und der Klebstoff aushärtet. Es werden zwischen Klebstoffteilchen und den Teilchen des zu klebenden Stoffes keine Atombindungen ausgebildet - d. h. es entstehen keine neuen kleinsten Teilchen und damit auch keine neuen Stoffe. Man könnte diesen Klebprozess also als physikalischen Vorgang

bezeichnen. Intermolekulare Wechselwirkungen sind aber chemische Konzepte, so dass chemische Erklärungen von Bedeutung sind.

b) Aus Mehl und Zucker: Eine Tasse Mehl, 1/3 Tasse Zucker und 1 ½ Tassen Wasser verrühren. Einen Teelöffel Essig hinzugeben. Erwärmen, bis es anfängt, einzudicken, danach abkühlen lassen. Zur Erklärung: Hier ist es ganz ähnlich wie beim Zusammengeben von Milch und Essig (a), mit einem entscheidenden Unterschied: Weissmehl ist im wesentlichen Stärke. Stärke ist ein Biopolymer, das aus Glucoseeinheiten aufgebaut ist. Durch den Essig und das Kochen werden die langen Stärkemoleküle in kürzere Glucose-Oligomere aufgespalten (hydrolysiert). Diese Oligomere können sich besser in Oberflächenstrukturen einlagern als die Stärkemoleküle. Die kleinsten Teilchen von Haushaltszucker sind Dimere aus Glucose und Fructose, diese Moleküle bilden relativ starke Wechselwirkungen mit Glucose-Oligomeren aus und unterstützen auf diese Weise den Klebprozess. Hier ist also eine chemische Reaktion beteiligt. Diese Reaktion dient aber nur zur Erzeugung des Klebstoffs und nicht zum Kleben selbst.

Es lässt sich nun ausprobieren, wie die beiden Klebstoffe sich verhalten. Der Mehl-Zucker-Klebstoff funktioniert in Verbindung mit hydrophilen (wasserliebenden) Oberflächen (z.B. Papier, Glas, Holz) deutlich besser als in Verbindung mit lipophilen (fettliebenden) Oberflächen (z.B. Polyethylen, Polyvinylchlorid, Polypropylen). Es lässt sich nun explorierend erkunden, wie es sich bei dem Milch-Essig-Klebstoff verhält, ob dieser weniger hydrophil als der Mehl-Zucker-Klebstoff ist.

## Mögliche Problemstellungen für den Unterricht (Fortsetzung)

- Über die Geschichte von Klebstoff und dessen Bedeutung für die Menschen nachdenken und recherchieren. Hinweis: es wurde schon sehr früh (in Babylonien z.B.) Leim hergestellt, indem man Tierknochen kochte (ca. 1400 v. Chr.); die Griechen hatten um ca. 500 n. Chr. sog. Fischleim. Zusammen mit der Erfindung des Buchdrucks (Gutenberg, 15. Jhd.) tauchte das Problem auf, Bücher zu leimen (Seiten und Buchrücken verbinden). Die erste Leimfabrik entstand 1690 in Holland.
- Verschiedene Klebemittel ansehen, lesen, was darauf steht (wie sie verarbeitet werden müssen, was damit klebbar ist, z.B. Holz oder Papier oder Kunststoff etc.; ob die Füge-teile stark angedrückt werden müssen, ob das ganze Produkt anschliessend trocknen muss, ob der Kleber auf einer oder auf beiden Seiten aufgetragen werden muss, ob der Kleber vor dem Zusammenpressen der Teile antrocknen muss oder nicht etc.).
- Mit sog. Heissleim explorieren: dieser Leim beschädigt das Holz überhaupt nicht, lässt sich mit einem Warmluftfön auflösen, so dass sich die Bauteile unbeschädigt voneinander trennen lassen. Er wird u.a. beim Bau von Instrumenten verwendet.
- Mit Bügelperlen arbeiten.
- Versuchen, mit Klebstoffen und Strohhalmen eine dichte Wasserleitung zu bauen.

## Unterrichtsidee: Wollkorb mit Kleister bauen

### Arbeitsmaterialien

- Unterlage, z.B. Wachstuch-Tischdecke oder Malerfolie
- kleine Schälchen aus Glas oder Plastik, aussen herum jeweils glatt abgedeckt mit Klarsichtfolie
- Wolle, pro Kind ein kleines Knäuel
- ggf. Schürzen, feuchte Waschlappen (um zwischendurch die Hände abwischen zu können)
- pro Kind eine Schale mit fertig angerührtem Kleister

### Kleisterherstellung (Rezept für ca. 8 Körbchen)

Zutaten: 100g Mehl, 1 Liter Wasser, 3 Esslöffel Zucker

1. Mehl in die Hälfte des Wassers (kalt) klümpchenfrei einrühren.
2. Das restliche Wasser im Topf aufkochen und die Mehl-Wasser-Masse einrühren und nochmals aufkochen lassen.
3. Zucker dazugeben und nochmals kurz aufkochen.
4. Masse abgedeckt abkühlen lassen, damit Kleister eindickt.

### Arbeitsschritte

1. Die mit Folie umwickelten Schälchen mit der Öffnung nach unten auf eine Unterlage stellen.
2. Das kleine Wollknäuel in den Kleister tauchen, dabei darauf achten, dass nichts verknotet und mit Kleister vollsaugen lassen.
3. Den Anfang des Knäuels suchen und vom Boden beginnend den Faden um das Schälchen wickeln, auch kreuz und quer, damit das Netz später gut hält.
4. Alles trocknen lassen, dafür viel Zeit einplanen.
5. Das fertige Wollkörbchen vorsichtig vom Schälchen abziehen.

### Hinweis

Der Kleister ist gut aus Kleidung auswaschbar.