



Quarks Script

Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co“

WDR FERNSEHEN

**Die Kunst
des Klebens**

Inhalt

1. Was wäre wenn ... Eine Welt ohne Klebstoffe	4
2. Was ist „Kleben“?	5
3. Kleben – nichts Neues	9
4. Klebstoffe im Alltag	10
Die geklebte Kiste: Bastelanleitung zum Herausnehmen	17
5. Das Quarks-Klebe-Labor	22
6. Die Wunder-Kleber	24
7. Hightech-Kleben	26
8. Lesetipps, Adressen und Internet-Links	33
9. Index	34



Bildnachweis:
S. 4 Martin Rosenberg;
S. 11, 12, 16 Mitte Step AniMotion;
S. 13 o. 3M, u. A. Fels, Stuttgart;
S. 14 Beiersdorf AG, Hamburg;
S. 15 Beat Ernst, Basel Nr. M. 0256;
alle anderen WDR
Illustrationen und Grafiken:
Designbureau Kremer & Mahler,
Vera Vinitski, Manfred Zepf.
Diese Broschüre wurde auf
100 % chlorfrei gebleichtem
Papier gedruckt.

Impressum:
Text: Axel Bach, Martin Dreifert,
Dr. Heinz Greuling
Redaktion: Thomas Hallet
Copyright 2000: WDR Köln

Internet: Weitere Informationen,
Internet-Tipps und diesen Text als PDF-
Datei finden Sie unter www.quarks.de

Gestaltung:
Designbureau Kremer & Mahler, Köln

„Kleben“ –
ein Thema
zum Tüfteln
und Staunen



Liebe Zuschauerin, lieber Zuschauer!

Wenn es je eines Beweises bedurft hätte, dass Erfindungen ihren eigenen Markt schaffen können, dann ist er uns bei unserer Sendung übers Kleben gelungen: Noch nie ist in unserem Studio so viel zu Bruch gegangen. Und so mussten wir den einen oder anderen Klebetest durchführen, auch wenn er nicht im Drehbuch stand.

Beim großzügigen Klebstoff-Gebrauch ist das Quarks-Team übrigens in bester Gesellschaft. Denn Deutschland ist Klebe-Europameister: Sechs Kilogramm Klebstoffe werden pro Kopf und Jahr verbraucht. Die Gesamtmenge sagt eigentlich wenig über das, was Klebstoffe heutzutage können. Vom Klebestift bis zu Hightech-Klebstoffen in Elektronik und Autoindustrie: Die Spannweite ist riesig. Und tatsächlich können moderne Klebstoffe fast Wunder vollbringen, vorausgesetzt man wählt für jeden Zweck genau das passende Mittel. Erinnern Sie sich an unser Experiment? Wir hatten verschiedenen Klebstoffherstellern die Aufgabe gestellt, ein 1,2 Tonnen schweres Auto hochzuheben – die gesamte Last sollte dabei an einem zusammengeklebten Aluminium-Zylinder hängen. Der beste Kleber brauchte dazu gerade mal die Fläche eines Fünfmärkstücks – unglaublich. Kleben – für uns und hoffentlich auch für Sie ein Thema zum Staunen, aber auch mit vielen praktischen Fassetten. Über beides gibt's in diesem Quarks-Script viel zu lesen. Viel Spaß!

Ihr
Ranga Yogeshwar

A stylized, handwritten signature in black ink, which appears to read 'Rogshwar'.

Übrigens: Die Herstellung des „Quarks-Scripts“ wird durch Ihre Rundfunkgebühren ermöglicht. Ich hoffe, auch dieses Heft wird für Sie ein nützlicher Service und eine gute „Geldanlage“.

1. Was wäre wenn?

Eine Welt ohne Klebstoffe

Klebstoffe sind schon eigentümliche Helfer. Meist wirken sie im Verborgenen (wie zum Beispiel bei den Verpackungen für Säfte) oder wir nutzen sie wie selbstverständlich – etwa an der Briefmarke oder beim Tesafilm. Richtig auffällig werden sie erst dann, wenn sie nicht so gut halten, wie wir uns das vorstellen: wenn zum Beispiel der mit Sekundenkleber geklebte Henkel an der Porzellantasse nach einigen Spülmaschinengängen wie abgeht.



Was würde eigentlich passieren, wenn es von einem Moment auf den anderen keine Klebstoffe mehr gäbe? Dieses Gedankenexperiment macht deutlich, dass wir es im Alltag fast überall mit Klebstoffen zu tun haben.

Beispiel Architektenbüro: Dem Architekten geht bei der Arbeit der Klebstoff aus. Die Vorstellung, dass es nun „im ganzen Haus“ keinen Klebstoff mehr gibt, regt seine Fantasie gehörig an:

Die gelben Haftnotizen liegen nun als Zettelstapel lose aufeinander. Und als er versucht, etwas Tesafilm abzurollen, kommt ihm die ganze Rolle entgegen. Langsam ahnt der



Architekt, dass noch Schlimmeres passieren könnte. Sein Blick schweift durchs Zimmer und – rums: Er hätte das Bild besser doch nicht mit einem Klebehaken aufhängen sollen. Er will sich den Scherbenhaufen ansehen, doch auf dem Weg



Ohne Klebstoff bleibt die Sohle auf der Strecke.

dahin stolpert er: Seine Schuhsohlen lösen sich.

Zur Beruhigung einfach eine Zigarette anzünden? Ist eh' ungesund – aber ohne Klebstoffe findet er in seiner Schachtel nur ein großes Durcheinander. Die Blättchen haben sich geöffnet und die Filter liegen einzeln herum. Dann halt einen Kaffee! Tja, wenn die Papptüte aus dem Dritte-Welt-Laden nicht geklebt wäre, hätte unser Architekt sich vielleicht einen Kaffee machen können. So landet das braune Pulver auf dem Kühlschrank, aus dem es schon verdächtig rumort. Jetzt geht alles ziemlich schnell: Als er die Tür öffnet, verabschiedet sich gerade



Chaos im Kühlschrank. Die Getränkekartons fallen auseinander und die Marmeladen-Gläser haben ihre Beschriftung verloren.

2. Was ist Kleben?

Haften und halten

die geklebte Türdichtung und es fließt ihm ein Mischmasch aus Milch und Orangensaft entgegen. Die geklebten Kartons können die Getränke nicht mehr halten.

Kurz danach kippt ihm die Innenwand der Türe entgegen. Sie ist mit einem Kleber befestigt, der gleichzeitig isoliert.

In dem großen Chaos fliegen ihm einige Blätter entgegen. Die geleihten Taschenbücher zerlegen sich zuerst in ihre einzelnen Seiten und dann zerfallen sie zu Cellulose. Auch das Regal macht nicht mehr mit. Die geklebten Press-Spanplatten zerbröseln und zu guter Letzt fallen auch noch die Tapeten von den Wänden ...

Eine Welt ohne Klebstoffe? Glücklicherweise nur ein Gedankenspiel.

Wie für fast alles gibt es auch für das Kleben eine Norm, die DIN-EN 923: Danach ist ein Klebstoff ein „nicht metallischer Stoff, der Werkstoffe durch Oberflächenhaftung (Adhäsion) so verbinden kann, dass die Verbindung eine ausreichende innere Festigkeit (Kohäsion) besitzt.“

Es geht also darum, zwei Sachen miteinander zu verbinden – mit Klebstoff. Dazu muss der Klebstoff zwei Eigenschaften haben: Erstens muss er die zu verklebenden Oberflächen benetzen können und darauf haften. Das nennt der Fachmann „Adhäsion“. Zweitens muss der Klebstoff eine innere Festigkeit haben. Diese Eigenschaft heißt „Kohäsion“. Die innere Festigkeit entwickelt sich meistens erst, wenn der Klebstoff aushärtet.

Damit ist klar, warum z. B. Wasser kein idealer Klebstoff ist. Es bleibt zwar an einer Glasoberfläche ganz gut haften. Ja, es gelingt sogar, zwei Glasscheiben mit Wasservorübergehend zu verbinden. Aber es reichen schon geringe Kräfte, um die Scheiben wieder voneinander zu trennen. Wenn man sich vorstellt, man würde den Klebstoff Wasser nach dem Auftragen gefrieren lassen, wird aber klar, dass das Wasser dann auch eine hohe innere Festigkeit (also Kohäsion) aufweist und gut hält. Denken Sie nur an die vereisten Autoscheiben oder Türen im Winter. Die meisten Klebstoffe sind deshalb zunächst flüssig wie Wasser oder zumindest pastenartig, um sich der Oberfläche der zusammenzufügenden Körper anschmiegen zu können.

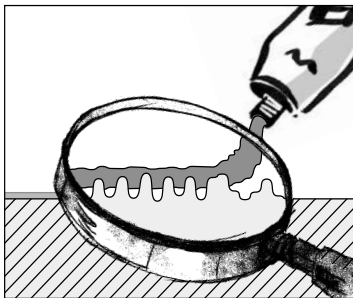
Doch dann muss sich eine innere Festigkeit entwickeln: Der Klebstoff muss also selbst fest werden.

Adhäsion

Was hat es mit der Adhäsion genau auf sich?

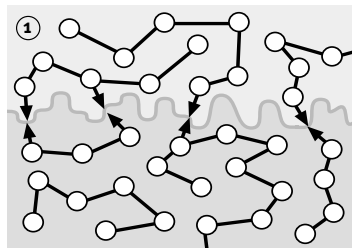
Als Adhäsion werden alle Kräfte bezeichnet, die an den Berührungsflächen von Klebstoff und Werkstoff deren Zusammenhaften bewirken. Der Begriff kommt aus dem Lateinischen (adhaerere) und bedeutet „anhängen“.

Für die Adhäsion sind zwei Phasen beim Kleben von Bedeutung: Wenn der flüssige Klebstoff aufgetragen wird, werden die Klebstoffmoleküle sehr nah an die zu verklebende Oberfläche gebracht. Es kommt nun darauf an, wie groß der Anteil der Oberfläche ist, die vom Klebstoff „wirklich“ benetzt wird. Die meisten Oberflächen sind – mikroskopisch betrachtet – so uneben wie ein Gebirge; d.h. die effektive Oberfläche ist viel größer als die, die man mit bloßem Auge zu erkennen vermag. Je besser nun der Klebstoff in die Täler fließt, desto

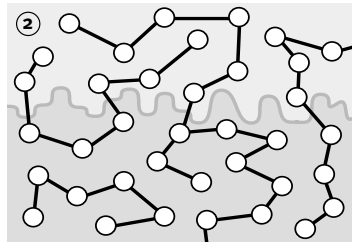


mehr Haftpunkte kann er ausbilden und desto besser hält der Klebstoff an der Oberfläche.

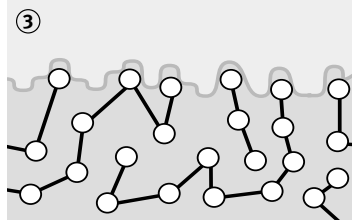
Die Vorgänge beim Kontakt zwischen



physikalische ...



chemische ...



mechanische Adhäsion



dem Klebstoff und der Oberfläche der Klebefläche sind kompliziert. Drei Komponenten spielen dabei eine wichtige Rolle:

- Zwischen einzelnen Molekülen treten verschiedene kleinere Bindungskräfte auf, die in ihrer Summe einen wichtigen Beitrag zur Klebekraft entfalten (**physikalische Adhäsion**) (s. Abb. 1). Beispiele dafür sind Wasserstoffbrückenbindungen, die sich meist zwischen Was-

serstoffatomen und Sauerstoffatomen benachbarter Moleküle ausbilden. Moleküle binden sich aber auch aneinander, wenn sie sich nur nahe genug kommen (so genannte „Adsorptionskräfte“). Dafür muss der Abstand zwischen Klebstoff und Oberfläche weniger als 0,0000005 mm betragen. Bindungen entwickeln sich auch, wenn z. B. ein negativ geladener Teil eines Klebstoffmoleküls in die Nähe einer Metalloberfläche kommt. Weil sich gleiche Ladungen abstoßen, werden die negativ geladenen Elektronen dann von der Metalloberfläche weg ins Innere verlagert, so dass diese schließlich positiv geladen ist. So kann sich der Klebstoff (negativ) an die Metalloberfläche (positiv) anlagern.

- Zwischen Klebstoffen und Oberflächen kann es aber auch zu „ganz gewöhnlichen“ chemischen Bindungen kommen; das nennt man dann **„chemische Adhäsion“** (s. Abb. 2).
- Bei genügend rauen Oberflächen tritt noch der Aspekt der mechanischen Verankerung auf: Der Klebstoff dringt zum Beispiel in Fasern (etwa bei Textilien) ein oder lagert sich in Vertiefungen fest. Bei glatten oder schwach aufgerauten Oberflächen ist der Anteil der so genannten **mechanischen Adhäsion** (s. Abb. 3) aber relativ unbedeutend!

Die einzelnen Beiträge dieser Bindungsarten sind ziemlich gering. Erst das milliardenfache Zusammenwirken ergibt die enormen Klebekräfte. Auf der Fläche von einem Quadratzentimeter wirken etwa eine Billiarde Adhäsionsbindungen. Das ist eine fast unvorstellbar große Zahl – eine Zahl mit 15 Nullen.

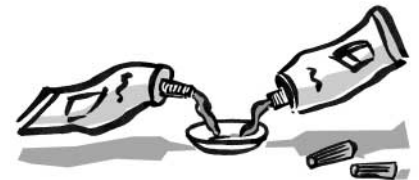
$$1 \text{ cm}^2$$

1.000.000.000.000.000 Haftpunkte

Kohäsion

Die Haftung des Klebstoffs an der Werkstoffoberfläche alleine macht noch keine gute Verbindung wie das Beispiel „Wasser als Kleber“ zeigt. Damit zwei Holzplatten richtig fest miteinander verbunden werden können, muss auch der Klebstoff selbst sehr stabil sein. Für eine Verklebung von zwei Holzbrettern wäre es also ideal, wenn der ausgehärtete Kleber stabiler ist als das Holz. Die meisten Kleber bestehen aus Kunststoffen, die (auf verschiedene Art und Weise) zum Auftragen in eine flüssige Form gebracht werden. Wenn sie erhitzen, sind sie richtig fest – ähnlich wie auch geschmolzenes Metall nach dem Abkühlen wieder richtig fest wird. Die einzelnen Bindungskräfte, die dies bewirken, machen die Kohäsion aus. Der Begriff kommt aus dem Lateinischen (cohaerere) und bedeutet „zusammenhängen“. Während Adhäsionskräfte hauptsächlich zwischen Klebstoff und Werkstoffoberfläche wirksam sind, sind Kohäsionskräfte im Innern der Stoffe wirksam. Kohäsionskräfte sind zwanzig- bis hundertfach stärker als die einzelnen Adhäsionskräfte.

Wie sind Klebstoffe aufgebaut?



Man unterscheidet zwei große Gruppen von Klebstoffen:

Chemisch reagierend (Reaktionsklebstoffe): Diese Klebstoffe werden fest, weil eine chemische Reak-

tion stattfindet. Ganz offensichtlich ist dies bei Zweikomponenten-Klebstoffen: Erst durch Mischen von zwei Substanzen wird der eigentliche Klebstoff hergestellt. In der nun einsetzenden chemischen Reaktion vernetzen sich die Einzelmoleküle des Klebstoff-Harzes zu einem hochfesten Klebstoff.

Bei chemisch reagierenden Einkomponenten-Klebstoffen muss das Abbinden von „außen“ eingeleitet werden. Es kann Luft-sauerstoff, Luftfeuchtigkeit (z. B. bei Sekundenkleber) oder auch Licht sein. Es gibt sogar Klebstoffe, denen eine Substanz entzogen werden muss (z. B. der Sauerstoff), damit der Abbindevorgang einsetzt. Solche anaeroben Klebstoffe werden zum Beispiel zum Sichern von Schrauben benutzt. Sie werden in speziellen Flaschen aus Sauerstoff durchlässigem Kunststoff gelagert.

Physikalisch abbindend: Hier sind die Klebstoffmoleküle als lange Molekülketten schon im Klebstoff enthalten. Dabei kann es sich um eine echte Lösung handeln oder auch um eine Dispersion. Dispersionsklebstoffe sind – weil lösungsmittelfrei – im Kommen: Die Molekülketten werden mittels eines Emulgators in einem Knäuel („Micelle“) im Wasser in der Schwebe gehalten. Dispersionen sehen meist milchig-trüb aus.

Physikalisch abbindende Klebstoffe werden fest, indem die Flüssigkeit entweicht: Der Klebstoff trocknet. Dabei verkünnen sich die Kettenmoleküle und bilden eine zähe Masse, die immer härter wird. Wenn Fachleute von Nasskleben sprechen, ist genau dies gemeint.

Zu den physikalischen Verfahren gehören auch Kontaktkleben, Schmelzkleben und Haftkleben.

Interessant ist die Frage, ob ein Klebstoff Lösungsmittel enthält. Uns ist aufgefallen, dass sich Thermopapiere, wie sie für Faxgeräte, Wiege-Etiketten und Automatenfahrtscheine verwendet werden, mit Lösungsmitteln schwärzen lassen. Machen Sie doch mal einen Versuch mit einem lösungsmittelhaltigen Klebstoff.



Was ist Haftkleben?

Kriterium für einen guten Klebstoff ist normalerweise, dass er besser hält als die zu verbindenden Materialien. Beim Haftkleben ist es gerade anders: Die Adhäsion soll zum Haften reichen, aber durch „Schälen“ wiederum überwindbar sein. Ganz praktisch gesprochen: Aufkleber und Klebestreifen will man auch wieder abziehen können.



Das Geheimnis der Haftklebstoffe steckt in der Klebeschicht. Damit sie gut auf verschiedenen Oberflächen haftet, also eine gute Adhäsion hat, muss der Klebstoff in gewisser Weise flüssig sein. Je flüssiger, umso besser kann sich der Klebstoff der Oberfläche anschmiegen. Andererseits soll der Klebstoff aber auch nicht vom Band herunterfließen. Er benötigt also eine genügende innere Festigkeit.

Wichtig ist das richtige Verhältnis von Adhäsions- und Kohäsions-Fä-



Werden alle Papierstreifen gleichmäßig belastet, ist der Klimmzug kein Problem (links); am Rand reicht schon eine kleine Belastung und die Papierstreifen reißen.

higkeit. Das Verblüffende ist, dass die Adhäsionskräfte zwischen einem Klebstoffmolekül und der Oberfläche sehr klein sind. Erst weil diese kleinen Kräfte milliardenfach zusammenwirken, kommen erstaunliche Adhäsionsleistungen zu Stande.

Ein Experiment macht es deutlicher: Ein einzelner Papierstreifen ist leicht zu zerreißen. Ganz viele zusammengenommen sind aber so stabil, dass man sich sogar dranhängen kann. Wer aber – wie beim Aufkleber – am Rand beginnt, kann die Verklebung lösen. In unserem Modell heißt das: Die Papierstreifen zerreißen, sobald man sich an eine Seite hängt und dadurch die Streifen nach und nach belastet.

Früher hat man solche Haft-Klebstoffe aus Harz und in Benzin gelöstem Kautschuk gemacht. Diese Mischung bleibt – mehr oder weniger – dauerhaft pastös klebend. Tatsächlich eher weniger, denn besonders alterungsbeständig sind solche Klebebänder nicht. Deshalb werden heute Haftklebeschichten aus Kunststoffen hergestellt, übrigens auch, um weniger Lösungsmittel einsetzen zu müssen.

3. Kleben – nichts Neues

Es begann vor 6000 Jahren ...

Vor 6000 Jahren entwickelten sich im Alten Orient die ersten Hochkulturen der Menschheit: die Reiche der Sumerer, Babylonier und Ägypter. Aus den vielfach gefundenen bildlichen Darstellungen und Keilschriftdokumenten ergibt sich heute ein lebendiges und faszinierendes Bild von der damaligen Zeit. Nicht nur, dass die Sumerer wohl die Ersten waren, die die Kunst des Bierbrauens beherrschten (vgl. unser Script „Die Wissenschaft vom Bier“), sie waren auch Vorreiter in der Technik des Klebens. Sehr wahrscheinlich haben sie bereits bewusst Klebstoff hergestellt: Aus Tierhäuten kochten sie eine Art Glutinleim und beim Häuserbau nutzten sie offenbar Asphalt. Um 1500 v. Chr. finden sich dann weitere Hinweise bei den alten Ägyptern: Die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt eine Wandmalerei, in der die Herstellung von Leim aus zerkleinerten Tierknochen dargestellt wird.

Die Griechen erweiterten das Klebstoffrepertoire etwa 500 v. Chr. um den erstaunlich gut klebenden Fischleim, über den der griechische Philosoph Theophrast (etwa 370 – 286 v. Chr.) berichtete, dass eher das Holz reiße als die Leimfuge.

Erst die Gutenberg'sche Erfindung der beweglichen Lettern machte ab Mitte des 15. Jahrhunderts neue Leime für das Binden von Büchern nötig. Die erste Leimfabrik entstand schließlich 1690 in Holland. Schon um 1700 gab es überall in Europa



Möbel- und Leimherstellung in Oberägypten, Nachzeichnung einer Wandmalerei aus dem Grab des Präfekten Rekhmara von Theben (zwischen 1450–1470 v. Chr.): In der 1. Zeile sieht man, wie das Furnier geschält und der Gelatineleim warm aufgetragen wird. In der 2. Zeile erkennt man, wie die verklebten Sperrholzteile getrennt und bearbeitet werden. Die untere Zeile zeigt, dass auch Nägel verwendet wurden; rechts stehen einige fertige Möbelstücke.

Leimfabriken, die bis in das 20. Jahrhundert hinein bestanden. Noch 1980 wurden in Deutschland 7800 Tonnen Haut-, Leder- und Knochenleime produziert.

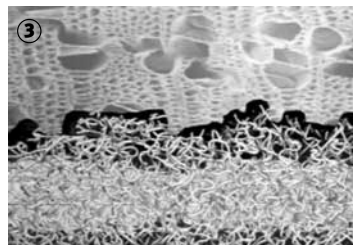
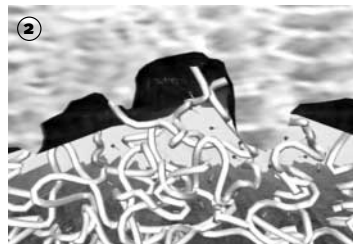
4. Klebstoffe im Alltag

Holzleim, Alleskleber & Co

Auch in Ihrem Haushalt befinden sich bestimmt eine ganze Menge Klebstoffe. Natürlich ist in erster Linie wichtig, dass sie „funktionieren“. Wir möchten in diesem Kapitel aber mal die Geheimnisse der Alltagsklebstoffe lüften und haben den bekanntesten unter ihnen „in die Fuge geschaut“:

Holzleim

Wenn man zwei Holzteile miteinander verkleben will, eignet sich Holzleim hervorragend. Der besteht zur Hälfte aus Wasser. Der Klebstoff selbst ist ein Feststoff (Polyvinylacetat). Er wird (ähnlich wie Schmutzteilchen im Spülwasser) von Tensiden in einem Knäuel („Micelle“) im Wasser in der Schwebe gehalten (s. Abb. 1). Wenn der Kleber aufgetragen wird, zieht das Wasser ins Holz ein. Dadurch brechen die Tensidkäfige auf und die fadenförmigen, „aufgeknäulten“ (ziemlich langen) Klebstoffmoleküle „strecken“ sich aus (s. Abb. 2). Durch das herausziehende Wasser schrumpft die Klebstofffuge insgesamt um die Hälfte. Die Klebstoffketten legen sich dadurch eng aneinander (s. Abb. 3). Die Adhäsion an Holz klappt besonders gut, weil der Kleber so genannte „polare“ Stellen aufweist. Die lagern sich wiederum bevorzugt an den polaren Gruppen der Cellulose an, aus der Holz zu einem großen Teil besteht.



So klebt Holzleim (Näheres im Text).

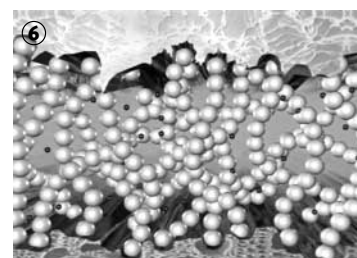
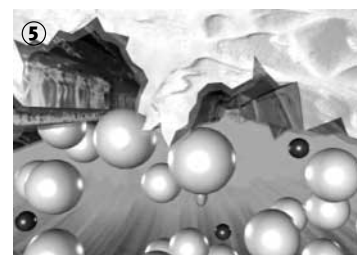
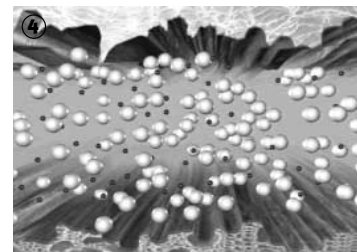
Sekundenkleber



Wenn es mit der Klebung besonders schnell gehen soll, sind Sekundenkleber die erste Wahl.

Der Klebstoff im Sekundenkleber wird erst während der Klebung aus kleinen Einzelteilchen zusammengebaut. Der Kleber besteht aus diesen kleinen Bauteilchen (s. Abb. 4), die durch eine Säure vor dem Zusammengehen geschützt sind. Wenn die beiden Klebteile zusammengepresst werden, reichen Spu-

ren von Luftfeuchtigkeit an den Oberflächen aus, um einige Säureteilchen zu neutralisieren (s. Abb. 5). Das setzt eine Reaktion in Gang, in der aus kurzen Molekülbauteilen lange Klebstoffmoleküle werden. Diese wachsen von der Werkstoffoberfläche aus in die Mitte und hinein auf die andere Seite der Klebefuge. Wenn die Ketten eine gewisse Länge erreicht haben, erhärten sie (Abb. 6).

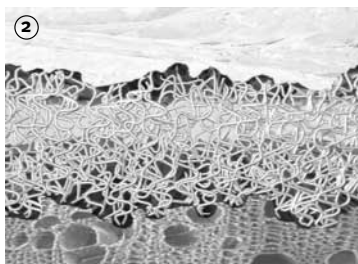


Sekundenkleber macht seinem Namen alle Ehre. Nach dem Anpressen entwickelt sich in Sekundenschnelle eine enorme Klebewirkung.

Alleskleber



In den Allesklebern steckt derselbe Klebstoff wie im Holzleim – nämlich Polyvinylacetat. Die Ketten sind aber viel kürzer. 30 % des Klebstoffs sind in 70 % Lösungsmitteln gelöst; d. h. sie sind von den Lösungsmitteln vollständig ummantelt, so dass sie nicht aneinander kleben können (s. Abb. 1). Wenn die Lösungsmittel verdampfen, zieht sich die Klebstoffgasse stark zusammen. Die langen Molekülketten lagern sich aneinander und haften zusammen (s. Abb. 2).



Alleskleber: Sie bestehen nur zu einem Drittel aus Klebstoff.



Klebestifte

Klebestifte sind sehr praktisch. Gerade im Büro kann man damit schnell und problemlos Papier verkleben.

In Klebestiften wirken verschiedene Klebstoffe – je nach Hersteller. Einer davon ist z. B. der Zungenbrecher „Polyvinylpyrrolidon“. Ein anderer besteht aus teilweise abgebauter Stärke. Auch Stärke besteht aus langen Molekülketten, die daher eine Klebewirkung haben. Damit der Klebstoff überhaupt vom Stift auf das Papier gerieben werden kann, dürfen sich die Klebemoleküle nicht berühren. Dafür nutzt man einen Trick:

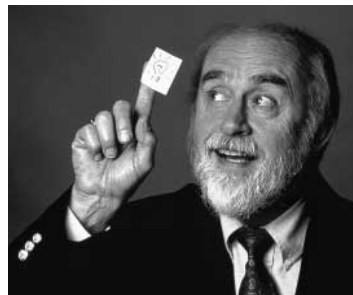
Der Klebestift besteht zur Hälfte aus Wasser. Man erhitzt es und löst darin Seife (Natriumstearat) sowie Abbauprodukte von natürlicher Stärke. Beim Erkalten wird daraus „fast“ ein Feststoff. Durch das Reiben des Stiftes wird der sehr zähflüssige Klebstoff besonders gut in die raue Oberfläche des Papiers hineingedrückt. Das Wasser zieht ein. Insgesamt schrumpft die Klebstoffgasse dadurch um die Hälfte. Die Klebewirkung ergibt sich aus der Haftung der polaren Gruppen zwischen Stärke und Papier sowie den langen verknäulten Ketten.

Das Geheimnis der Haftnotizen

Die kleinen – meistens gelben – Zettel gehören inzwischen zu den meistverkauften Büroprodukten. Sie sind so beliebt, dass es sie inzwischen sogar virtuell für den Computer-Desktop gibt.

Die Haftnotizen haben eine interessante Geschichte. Sie beginnt mit einem Chor, einem Kirchenchor in der Gemeinde von North St. Paul im US-Bundesstaat Minnesota:

Art Fry, Chormitglied, hat sich beim Singen die jeweiligen Stellen im Liederbuch mit Papierstreifen markiert – doch die Papierschnipsel fallen oft herunter. Fry arbeitet bei



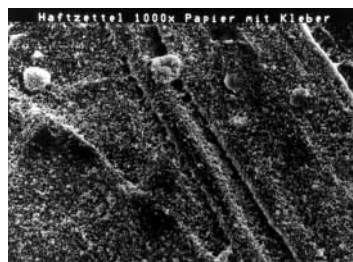
Der Erfinder der Haftnotizen: Art Fry

einer großen Firma, die auch Klebstoffe herstellt und erinnert sich an einen Kollegen, der einen Kleber gefunden hatte, der nicht besonders gut klebt. Fry bestreicht seine Lesezeichen damit – und nun bleiben sie im Notenbuch. Schon bald wird klar, dass diese Klebezettel richtig praktisch sind und nicht nur als Lesezeichen taugen, sondern vor allem, um Schriftstücke mit kleinen Notizen zu versehen. Doch die Idee war so neu, dass die Firma anfangs einige Mühe hatte, die selbsthaftenden Zettel zu verkaufen. Erst als die Stadt Boise in Idaho mit Marketing-Leuten und gelben Zetteln überflutet wurde, begann die steile Karriere eines unscheinbaren Produkts. Im Detail ist es sehr interessant, wie die Zettel kleben: Die Klebtechniker

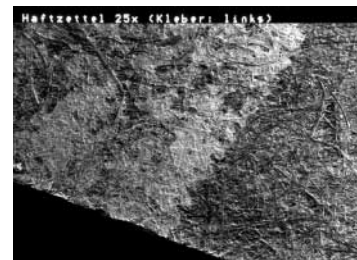
können durch geschickte Wahl von Klebstoff, Rührgeschwindigkeit und Emulgator erreichen, dass sich eine Klebstoff-Dispersion zu kleinen Kügelchen mit 30 bis 50 Mikrometer Durchmesser zusammenballt. Diese „Klebstoff-Bälle“ werden mit einem anderen Klebstoff auf den gelben Zetteln verankert. Das Klebstoff-Bett besteht auch aus einem Dispersionsklebstoff, nur dass der Kugeldurchmesser viel, viel kleiner ist.

Diese Kombination – große „Klebstoff-Bälle“ eingebettet in eine Klebstoff-Schicht – hat nun genau die gewünschten Eigenschaften: Sie bleibt kleben, ohne die fremde Oberfläche zu beschädigen. Das liegt daran, dass die Bälle nur punktuell haften und nicht flächig. 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.

Übrigens steckt auch in den Zetteln selbst Hightech. Es werden spezielle Papiere verwendet. Teilweise sind sie eigens beschichtet, damit sich



„Klebstoff-Bälle“ eingebettet in einem zweiten Haft- Klebstoff – das Geheimnis der Haftnotizen



Der Klebstoff ist so dünn aufgetragen, dass man die Papierfasern immer noch erkennen kann.

ein Zettel sauber vom nächsten trennt. Die Erfinderfirma erzählt, dass Art Fry in dem Keller seines Wohnhauses einen Prototyp für die Produktion entwickelt habe. Der soll so groß und kompliziert gewesen sein, dass man sogar eine Kellerwand hätte einreißen müssen, um ihn zu weiteren Forschungen ins Labor bringen zu können.

Die wunderbare Geschichte eines Klebefilms



„Der Name ist das Produkt ...“ – zumindest glaubt man das bei vielen Alltags-Gegenständen. Beispiel: Tesa-Film. Der Name „Tesa“ steht fast schon synonym für den Klebefilmstreifen mit seinem Abreißspender. Doch dieser durchsichtige Tesa-Film hat eine bewegte Geschichte; nicht nur als Erfindung, sondern auch als Lehrstück, wie erst der „richtige“ Name zum „richtigen“ Produkt kommen muss, um zu einem Verkaufserfolg zu werden. Doch davon später ...

Tesa von Beiersdorf gibt es nicht erst seit rund sechzig Jahren als Produkt der Apothekenfirma des Paul C. Beiersdorf aus Hamburg, Tesa ist älter, zumindest, was den „Namen“ betrifft:

- Wer 1896 Tesa verlangte, erhielt am Ladentisch keinen Klebestreifen – nein, Tesa war der Markenname für die Patent-Tube der Zahnpasta Pebeco, ein eher erfolgloses Produkt. Der Name Tesa war übrigens die Erfindung der Beiersdorf-Sekretärin und Kontoristin „**Tesmer, Elsa**“, die bis 1908 in der Firma arbeitete.
- Wer dagegen 1926 Tesa verlangte, der hätte in einer Fleischerei fragen müssen: Denn Tesa war ab da

der Name für eine neuartige Wurstpelle – immer noch keine Spur von einem Klebestreifen. Auch die Wurstpelle war ein Misserfolg ...

Vom Flopp zum Hit

Die Erfolgsstory beginnt, als sich 1934 – in Deutschland gibt es sieben Millionen Arbeitslose – der 25-jährige Hugo Kirchberg aus Eisenach bei Beiersdorf in Hamburg bewirbt. Der umtriebige Bürokaufmann aus einer Sechsmann-Firma für Bürobedarf hat eine Idee: den bisher erfolglosen „Beiersdorf-Kautschuk-Klebefilm“ von 1896 zum Erfolg zu führen. Er glaubt an das Produkt, zumindest an seine Zukunft im Büro.

Der Kautschukfilm war – wie viele Erfindungen – ein Abfallprodukt: hatte doch Oskar Tropolowitz ein Wundpflaster gesucht, dabei aber einen Klebstreifen entwickelt, der so stark haftete, dass der die Haut mit runterriss ...



Der Erfinder des Beiersdorf-Kautschuk-Klebefilms, des späteren Tesa: Oskar Tropolowitz

Aus diesem Band wurde das „Lassoband“ zum Abdichten von Fahrradschläuchen – und ebenfalls ein Flopp. Am 11. Mai 1936 vermarktet Hugo Kirchberg mit dem Slogan „zum Kleben, Flickern, Basteln“ nicht mehr die Klebe-„folien“, sondern einen Streifen unter dem Namen „Tesa-

Klebefilm“, später „Tesa-Film“ – gegen den Widerstand des Vorstands. Er sollte aber Erfolg haben, denn seitdem ist Tesa zum Synonym für Klebestreifen schlechthin geworden.

Tesa ist seit 1934 ständig verändert worden – und hat sich so nach und nach zu einem High-Tech-Produkt entwickelt. Es sollte ein durchsichtiger Klebestreifen werden für Büro und Haushalt. Dazu wählte man einen Filmträger aus Zellglas (Zellulosehydrat). Der große Nachteil dieses Materials war von Anfang an, dass er sehr spröde und wasserempfindlich war. Als Kleber verwendete man Naturkautschuk. Das ganze Produkt wurde ziemlich schnell gelb (und ist heute fast schwarz). Der Film wurde in einem ersten Schritt gegen Zelluloseacetat ausgetauscht, das dann wesentlich weniger spröde war und schließlich in den 60ern gegen Hart-PVC-Folie ausgewechselt. Um dem schlechten Image von PVC entgegenzusteuern, tauschten ab den 80er Jahren die Tesa-Forscher PVC gegen Polypropylen aus. Auch beim Kleber blieb man nicht beim Naturkautschuk stehen. Der sehr poröse und nicht so durchsichtige Kautschuk-Kleber wurde 1960 gegen Acrylat ausgetauscht. Einziger Nachteil dieser „glas-klaaren“ Lösung: Sie enthielt Lösungsmittel – und auch die wurden in der letzten Tesa-Generation ausgetauscht. Heute sind Lösungsmittel nicht mehr enthalten.

Wie funktioniert der Klebefilm?

Warum bleibt eigentlich der Klebstoff an einer Seite des Tesa-Film kleben und an der anderen nicht? Und: Wie bleibt der Kleber beim Abrollen am Film hängen? Die Antwort ist einfach: Der durchsichtige und hoch-

glatte Film wird von beiden Seiten unterschiedlich bearbeitet. Eine Seite ist mit einer Trennschicht versehen, die den Kleber abweist (bei vielen Produkten ist dies ein Lack, beim Tesa-Film fehlt heute diese Lackschicht, denn der Film selbst ist schon superglatte), die andere Seite ist eine Verbindungsschicht, die den Kleber bindet. Alles in allem hat ein Tesa-Film also drei Schichten: Trägerfilm, Verbindungsschicht und den Kleber.

Kaugummi: Kleben nein danke

Klebstoff zum Kauen? Wo gibt's denn so was? In Deutschland immerhin über 8 Milliarden Mal pro Jahr. Kaugummis bestehen zwar zu über 50% aus Zucker oder Süßstoffen. Etwa ein Fünftel ist aber die eigentliche Kaumasse und die besteht aus riesig langen Molekülketten, die Klebstoffen ähneln. Sie bilden das „Gerüst“ eines jeden Kaugummis.

Den Rohstoff für die ersten Kaugummis gewann man aus verschiedenen Bäumen, die beim Anritzen der Rinde einen Milchsafte abgeben, der – wenn er gerinnt – zu einem „Chicle“ genannten Gummi wird.



Aus dem Sapotillbaum (auch Breiapfelbaum genannt) wird Chicle gewonnen, aus dem Kaugummi hergestellt werden können.

Nach einem Reinigungsprozess entsteht ein Pulver aus etwa 40% Harzen, 17% Gummi und etwa 17% Zucker und Stärke.

Auch heute wird Chicle noch in sogenannten „Jungle Gums“ als Rohstoff verwendet. Für die Weltproduktion an Kaugummi ist die Menge dieser natürlichen Erzeugnisse aber viel zu gering. Daher besteht das Gerüst der meisten Kaugummis aus Kunststoffen wie zum Beispiel Polyvinylethyl-ether oder Polyisobutylene. Erstere werden auch in Fußbodenklebstoffen genutzt, letztere z. B. in Heftpflastern.

Die Grundrezeptur für Kaugummi ist recht einfach. Sie bestehen aus Zucker oder Süßstoffen, Kaumasse, Glucosesirup, Weichmacher und Aromastoffen. Die deutsche Kaugummi-Verordnung erlaubt aber noch eine Reihe weiterer Zusatzstoffe: Aluminiumoxid, Kieselsäure und Cellulose können bis zu maximal 38% als „Füllmittel“ zugesetzt werden. Weiterhin sind für eine angenehm zu kauende Kaugummibase (so der Fachbegriff) Feuchthaltemittel, Antioxidantien und Emulgatoren nötig.

Müssen Kaugummis kleben?

Die Kaugummibase ist „von Natur“ aus klebrig. Und das muss sie auch sein: Sonst würde der Kaugummi im Mund zerbröseln. Zu den Bestandteilen der synthetischen Kaumassen (wie z. B. Polyvinylethylether oder Polyisobutylene) kommen noch spezielle „elastische“ Fasern hinzu. Sie stärken den Zusammenhalt der Kaugummimasse. Wenn man von diesen besonderen Fasern einen größeren Anteil zusetzt, erhält man eine spezielle Art des Kaugummis: den Bubble Gum. Mit ihm kann man sehr gut Blasen machen. Das funktioniert – einfach



weiter auf Seite 21



Blasen machen mit Kaugummi: Die Kaugummiteilchen spannen sich wie ein zusammengeknülltes Einkaufsnetz.

Wie alles anfang ...

Schon seit Urzeiten kauen die Menschen gummiähnliche Stoffe. Die Griechen gewannen z. B. um 500 vor Christus aus der Rinde des Mastixbaumes einen Harz, mit dem sie ihre Zähne beim Kauen reinigten. Die Indianer Neuenglands gewannen ein gummiartiges Harz aus Rot-Tannen. Gesüßter Paraffinwachs verdrängte ab etwa 1850 zunehmend den Harz. Aber der Siegeszug des Kaugummis begann erst mit der Verwendung des bereits erwähnten Chicles. Es gibt eine weiche elastische Kaumasse, die die Aromastoffe besser aufnimmt und länger hält.



Die geklebte Kiste: eine Sammelbox für Quarks-Scripte

Mit ganz gewöhnlichen Haushaltsklebern und einfachen Requisiten können Sie sich eine kleine Holzkiste bauen, in der Ihre Sammlung von Quarks-Scripten unterkommt. In der Sendung „Die Kunst des Klebens“ haben wir sie vorgestellt, und zwar mit Erläuterungen, was bei den einzelnen Klebschritten geschieht (s. Kap. 4).

Was Sie benötigen:

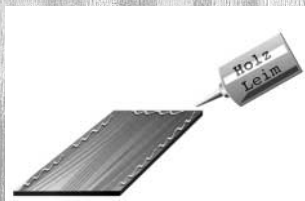
- **KLEBSTOFFE:**
 - Holzleim (z. B.: Ponal)
 - Alleskleber (z. B.: Uhu)
 - Sekundenkleber, oder besser: Sekundenkleber-Gel (z. B.: Pattex Blitz-Kleber)
- **WEITERES MATERIAL:**
 - 2 Scharniere, (z. B.: 3,8 x 3,2 cm, Messing, 7,95 DM)
 - 1 Bogen festes Papier (120 g/m²)
 - Schmirgelpapier (150-er Körnung, 0,80 DM)
- **HOLZTEILE** (Im Baumarkt erhielten wir z. B. Pappel-Sperrholz für unter 5 DM incl. Zuschnitt.)
 - 2 Grundplatten (Boden und Dach): 12 x 17 x 0,6 cm
 - 1 Rückwand: 10 x 23 x 1 cm
 - 1 Seitenwand, rechts: 16,4 x 23 x 1 cm
 - 1 Seitenwand, links: 16 (je nach Dicke des Scharniers) x 23 x 1 cm
 - 1 Tür: 10,6 x 22,6 x 0,6 cm
 - 1 Spielfigur o. Ä. als Türknauf
- **HILFSMITTEL:**
 - 1 Unterlage
 - 1 Klarsichthülle (möglichst aus Polyethylen = „PE“)
 - 1 stabiles Buch
 - 1 Geodreieck
 - 1 Bleistift
 - 1 Schneidmesser
 - 2 Glasflaschen als Stützen

So geht's – in sechs Schritten zum Erfolg:

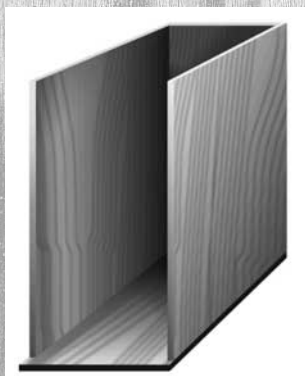
Am einfachsten lassen Sie sich die Holzteile direkt passgenau zuschneiden – z.B. im Baumarkt.

1.

Im ersten Schritt sollen die drei Seitenwände auf die Bodenplatte geklebt werden. Halten Sie dafür zwei Glasflaschen bereit. Daran können Sie die eingeleimten Seitenwände verkehrt herum abstellen, bis Sie sie mit Klebstoff versehen haben. Bestreichen Sie die Bodenplatte u-förmig an drei Seiten (etwa ein Zentimeter breit) dünn mit Holzleim. Tragen Sie nun auf die zusätzlichen Klebeflächen



der Seitenwände ebenfalls Holzleim auf. Nun können Sie die Wände auf die Bodenplatte stellen und

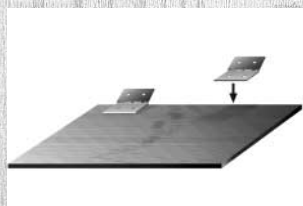


fest andrücken, so dass der überschüssige Leim herausgequetscht wird.

Nach fünf bis zehn Minuten (je nachdem, ob Sie einen schnell abbindenden oder einen gewöhnlichen Holzleim nutzen) ist das kleine Bauwerk schon recht stabil.

2.

In der Zwischenzeit können Sie das Scharnier an die Holztür kleben. Das geht am einfachsten mit Sekundenkleber. Achten Sie aber darauf, dass das Scharnier möglichst gerade und nicht verbogen



ist: Sekundenkleber können keine dicken Klebefugen überbrücken – sie kleben dann nicht! Daher haben wir stabile Messing-Scharniere genutzt. (Günstiger ist so genanntes „Klavierband“.) Bestreichen Sie eine Seite der Scharnierleiste flächig und dünn mit Sekundenkleber. Achten Sie darauf, nicht zu nah an das Gelenk zu kommen, da es sonst selbst festklebt. Pressen Sie das Scharnier dann für etwa eine halbe Minute fest an den äußeren Rand der Türwand. Damit Sie ihre Finger nicht mit herausquellendem Kleber verkleben, decken Sie die Scharniere beim Anpressen mit einer Klarsichthülle ab. Der Klebevorgang beim Sekundenkleber beginnt übrigens erst dann, wenn er zu einem flachen Film gedrückt wird; d.h. Sie können nach dem Auftragen ohne besondere Eile das Scharnier an die richtige Stelle drücken.

Sollten Ihre Finger trotzdem etwas von dem „schnellen“ Klebstoff abkommen haben und zusammen kleben, baden Sie die betroffenen Finger etwa zehn Minuten in etwas Wasser mit Spülmittel und machen Sie dabei ganz leichte Bewegungen mit den Fingern, bis sich der Klebstoff löst.

Nun können Sie die Tür „einhängen“. Mit Sekundenkleber ist das gar kein Problem. Legen Sie ihre Sammelbox auf die linke Seitenwand. Bestreichen Sie die beiden Scharniere mit Sekundenkleber und drücken Sie sie (wieder durch eine Klarsichthülle geschützt) für etwa eine halbe Minute fest an.

3.

Jetzt kommt das Dach an die Reihe: Bestreichen Sie die oberen Kanten der Seitenwände mit Holzleim und pressen Sie die Deckplatte passgenau darauf. Wenn Sie ein stabiles Buch oben drauf legen, können Sie sich das Anpressen leicht machen: Stellen Sie die Box auf den Boden und setzen Sie sich einfach vorsichtig (ohne zu wackeln) für fünf Minuten darauf.

4.

In der Innentür ist noch Platz für ein Register mit den Titeln Ihrer Quarks-Scripte. Notieren Sie alle Titel auf einem Pappstreifen (7 x



20 cm). In unserem Quarks-Script finden Sie auch ein Register zum Herausschneiden.

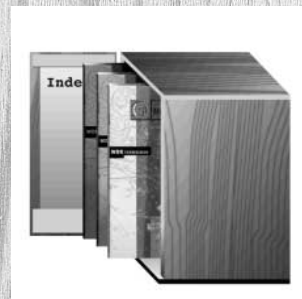
Schneiden Sie zusätzlich zwei Streifen mit 10 cm Breite und 1,5 sowie 3 cm Höhe. Den breiteren Streifen verwenden Sie unten als Tasche, den schmaleren oben zusätzlich als Klemme. Zum Aufkleben auf die Tür nutzen Sie am besten einen Alleskleber.

5.

Wenn Sie möchten, können Sie einen Türöffner an ihre Sammelbox kleben. Vielleicht haben Sie noch eine Mensch-ärgere-dich-nicht-Spielfigur aus Holz, einen Würfel oder Ähnliches übrig. Streichen Sie den Türöffner dünn mit Holzleim ein und drücken Sie ihn fest an die Tür.

6.

Zum Schluss können Sie außerdem mit feinem Schmirgelpapier (150er Körnung) über die Kanten gehen, um sie zu entgraten. Achten Sie aber darauf, immer nur mit der



Maserung des Holzes zu schmirgeln, weil sonst sehr leicht kleine Splitter ausreißen.

Geschafft!

Jetzt haben Ihre Quarks-Scripte ein schönes Zuhause!

1. ☐ Elektromog
2. ☐ Kopfschmerz
3. ☐ Allergien
4. ☐ Jet-Lag
5. ☐ Die Wissenschaft vom Wein
6. ☐ Wenn das Gedächtnis streikt
7. ☐ Die Datenautobahn
8. ☐ Vorsicht, Fett!
9. ☐ Aus der Apotheke der Natur
10. ☐ Vorsicht Parasiten!
11. ☐ Das Wetter
12. ☐ Die Wissenschaft vom Bier
13. ☐ Eine Reise durch Magen und Darm
14. ☐ Die Geheimnisse des Kochens
15. ☐ Gesünder essen
16. ☐ Unsere Haut
17. ☐ Unser Schweiß
18. ☐ Krebs
19. ☐ Faszination Kaffee
20. ☐ Gute Zähne, schlechte Zähne
21. ☐ Die Börse – einfach erklärt
22. ☐ Das Wunder Haar
23. ☐ Abenteuer Fahrrad
24. ☐ Das Herz
25. ☐ Kernenergie
26. ☐ Schokolade – die süße Last
27. ☐ Kampf dem Schmutz
28. ☐ Mindestens haltbar bis ...
29. ☐ Der Traum vom langen Leben
30. ☐ Die Kunst des Klebens
31. ☐ _____
32. ☐ _____
33. ☐ _____
34. ☐ _____
35. ☐ _____
36. ☐ _____
37. ☐ _____
38. ☐ _____

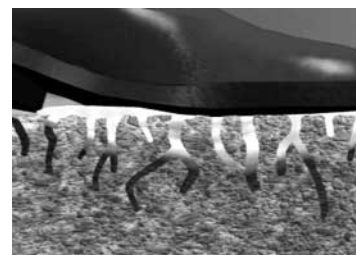


gesagt –, weil diese elastischen Bestandteile wie ein zusammengeknülltes Einkaufsnetz aufgebaut sind. Im gewöhnlichen Kaugummi „fehlen“ aber die stabilisierenden Querstreben unter den Ketten, so dass die Blasen ziemlich klein ausfallen und schnell platzen ...



Nach 20 Minuten ist alles vorbei

Im Schnitt werden Kaugummis 20 bis 25 Minuten lang durchgekaut. Dann wandert ein Teil davon (zum großen Ärgernis vieler Menschen) auf Straßen und Gehsteige. Eigentlich kleben Kaugummis gar nicht so gut. Die elastische Masse kann sich aber perfekt an die Oberfläche anschmiegen und außerdem bieten die porösen Bodenplatten viele Möglichkeiten, sich festzukrallen. Jeder, der auf ein Kaugummi tritt, drückt es tiefer in die Platte hinein. Wenn dann der Speichel verdunstet ist, wird die Masse härter und sitzt richtig fest. Anders ist dies auf glatten Bodenplatten, die man heute mehr und mehr in Bahnhöfen oder U-Bahnstationen findet. Dort können sich die Kaugummis nicht festkrallen und lassen sich daher ziemlich einfach wieder lösen. Sie haften allein deshalb, weil sie sich gut an die Oberfläche anpassen.



Jeder Tritt gibt dem Kaugummi auf dem Bürgersteig mehr Halt.

Die Hersteller forschen angeblich an einem weniger stark klebenden Kaugummi – vielleicht nur ein PR-Gag? Denn Kaugummis müssen kleben, sonst wären sie nicht mehr ein solcher Genuss. Deshalb: die Kaugummis nach Gebrauch wieder in die Verpackung und dann in den nächsten Mülleimer werfen.

Mit der Zeit werden die plattgetretenen Kaugummis dunkel; das ist einfach nur Dreck. Mit Schwamm und Spülmittel kann man sie säubern. Dann wird ihre Oberfläche sogar wieder klebrig. Einzig und alleine Väterchen Frost macht den Kaugummi richtig zu schaffen: Sie werden dann hart und spröde. Zwar bleiben sie immer noch fest am Boden, man kann sie aber relativ leicht mit einem Spachtel abschaben.

5. Das Quarks Klebe-Labor

Heiße Tipps zum Kleben



Bestimmt hatten auch Sie schon einmal so richtig Pech beim Kleben: Irgendwie wollte es aber auch gar nicht halten. Tief sitzt deshalb oft das Misstrauen. Wir möchten Ihnen in diesem Kapitel einige Tipps zum erfolgreichen Kleben geben – in der Hoffnung, dass manches, was bisher kaputt in der Mülltonne landete, geklebt noch länger lebt.

Im Falle eines Falles ...

Am Ende des Hefts haben wir für Sie eine praktische Klebetabelle und eine Klebstoffliste erstellt. Damit sind Sie für die meisten Klebprobleme gewappnet.

Auswahl des Klebstoffs:

Es ist ganz wichtig, den richtigen Klebstoff auszuwählen und ihn auch sorgfältig zu verarbeiten. Einen „Alleskleber“ gibt es nicht, auch wenn das mitunter noch auf den Tuben draufsteht. Diese Universalklebstoffe können zwar vieles, aber wenig richtig gut.

Besser ist es, Sie nehmen für anspruchsvolle Verklebungen einen Spezialisten (s. dazu unsere Klebetabelle und Klebstoff-Liste ab S. 29). Im Internet gibt es sogar interaktive Klebetabellen (www.henkel.de, www.uhu.de). Sie sind allerdings – schon weil auf das Sortiment eines Herstellers beschränkt – nur von begrenzter Aussagekraft.

Vorbereitung der Klebestellen:

Klebestellen müssen immer sauber, trocken, staub- und fettfrei sein. Wenn etwas zerbrochen ist, kleben Sie deshalb möglichst sofort. Dann hat der Schmutz keine Chance, sich auf den Oberflächen festzusetzen.

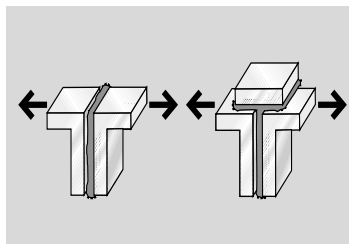
Meistens ist es vorteilhaft, die Klebestellen mit Sandpapier vorsichtig aufzuraun. Lackierte Flächen müssen abgeschliffen werden. In jedem Fall sollten Sie die Klebestellen reinigen. Oft reicht ein Brillenputztuch, Spiritus oder Isopropanol, sehr gut geeignet sind Waschbenzin und Aceton.



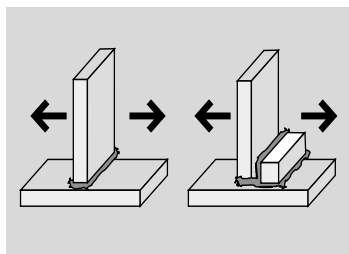
Die Klebfuge:

Die meisten Klebstoffe haben bessere Adhäsions- als Kohäsionseigenschaften. Deshalb sollte die Klebfuge möglichst dünn sein. Damit sie überall gleich belastet wird, sollte ihre Dicke nicht schwanken. Arbeiten Sie also in der Regel mit gleichmäßigen, dünnen Klebstoffschichten! Ausnahmen sind möglich bei Zweikomponenten-Klebstoffen, Montageklebern und Heißklebern: Hier darf die Klebstoffschicht ruhig einige Millimeter dick sein. Langsam härtende Zweikomponentenkleber haben eine innere Festigkeit, die der vieler Materialien nahe kommt.

Klebeverbindungen halten umso besser, je größer die Klebefläche ist. Deshalb sollte man Klebefugen wie in der linken Spalte (s. Bild auf der nächsten Seite) möglichst vermeiden. Es kann auch bei einer Reparatur nie schaden, die Klebestelle durch eine zusätzliche Hülse oder ein kleines Blech zu verstärken. Klebeverbindungen werden auch gar



Schälbeanspruchungen zehren an der Klebung. Sinnvoll ist auch hier ein zusätzliches Werkstück, mit dem die Konstruktion viel stabiler wird.



Bei kleinen Klebeflächen und ungünstiger Beanspruchung versagen Klebstoffe schnell, wenn die Klebung nicht verstärkt wird.

nicht gern auf „Schälung“ beansprucht. Auch hier wirken kleine Änderungen oder Verstärkungsbleche oft Wunder (s. Bild).

Kontaktkleben:

Die Domäne der Kontaktkleber ist großflächiges Kleben von Leder, Kunstleder oder Bodenbelägen. Diese Materialien sind oft kaum durchlässig für das Lösungsmittel. Deshalb muss das Lösungsmittel schon vor dem Zusammenfügen der Teile abdampfen oder ablüften können. Also: Klebstoff gleichmäßig auf beide Seiten auftragen und ablüften lassen. Jetzt ist Fingerspitzengefühl gefragt: Die richtige Wartezeit (Faust

regel 15 Minuten) ist ganz wichtig für den Halt.

Meistens darf sich die Oberfläche gerade **nicht** mehr klebrig anfühlen, dann ist die Zeit des Zusammenpressens gekommen. Die Kraft, mit der Sie pressen, ist entscheidend und viel wichtiger als die Dauer. Empfohlen werden 50 Newton (also etwa 5 kg) pro Quadratzentimeter. Spezialisten, z. B. die Schuster, benutzen spezielle Hämmer mit besonderen Federeigenschaften.

Weich-PVC:

Viele Folienartikel (Regenkleidung, Schlauchboote, Schwimmringe, Teichfolien, Duschvorhänge) sind aus PVC, einem Problemkunststoff im doppelten Sinne. Er ist problematisch zu entsorgen und nicht ganz einfach zu kleben. Mit dem richtigen Kleber können Sie jedoch dafür sorgen, dass PVC-Artikel nicht gar so schnell zu Abfall werden. Spezielle Klebstoffe für Weich-PVC verschweißen eher als dass sie kleben. Lösungsmittel im Klebstoff lösen Folie und Flicker oberflächlich an. Wenn beides – nach kurzer Abluftzeit – zusammengepresst wird, werden die beiden PVC-Folien richtiggehend verschweißt.



Für einige Kunststoffe werden ganz besondere Klebstoffe benötigt.

Klebstoff-Reste:

Ein wirkliches Problem beim Kleben sind Klebstoff-Flecken. Erster Tipp: Warten Sie nicht, bis der Klebstoff abgebunden hat. Viele Klebstoffe („Lösungsmittel-frei“, Holzleim, Tapetenkleister) sind in Wasser gelöst oder feinst verteilt („dispergiert“). Solange das Wasser nicht weggetrocknet ist, lassen sie sich leicht auswaschen. Lösungsmittelhaltige Klebstoffe lassen sich mit Lösungsmitteln wieder auflösen. Bei Kontaktklebern nehmen Sie Reinigungsbenzin zum Einweichen und rubbeln dann die Reste einfach ab. Sekundenkleber ist empfindlich gegen Aceton. Kleine Packungen – als „Klebstoff-Entferner“ bezeichnet – gibt es im Handel.

6. Die Wunder-Kleber

Hochbelastbare Klebstoffe

Wir haben uns für die Sendung auf die Suche nach den „stärksten Klebern der Welt“ gemacht. Gefragt waren Produkte, die man auch als Hobbyhandwerker kaufen kann; zumindest im Fachhandel. Und diese stärksten Kleber sollten einen spektakulären Test bestehen: Über verklebte Aluminiumzylinder ein 1,2 Tonnen schweres Auto in die Luft heben!



UHU glaubte, 1200 kg nur mit 50 cm² heben zu können, Loctite ging mit ehrgeizigen 9,6 cm² an den Start und JB WELD sollten 9,0 cm² reichen.

Der Clou: Die Hersteller, die sich an dem Experiment beteiligten, sollten selbst sagen, wie viel Klebefläche sie für diese Last brauchen. Natürlich wussten die Hersteller weder, welche Wettbewerber mitspielen, noch mit welchen Klebeflächen diese antreten. Sie können sich das Prozedere ungefähr so vorstellen wie die öffentliche Ausschreibung eines großen Auftrags: Jeder gibt ein (ver-

decktes) Gebot ab. Den Zuschlag erhält, wer alle Kriterien erfüllt (hier: das Auto hebt) und den niedrigsten Preis (hier: die kleinste Klebefläche) nennt.



Die verklebten Aluminiumzylinder nach dem Test

Wir fertigten die zu verklebenden Aluminiumzylinder in der genau gewünschten Größe und ließen die Hersteller in ihren Labors selbst kleben, damit es fachmännisch wird. Gespannt waren wir, als wir den ersten Zylinder zwischen dem Haken des Abschleppkrans und dem Hebegeschirr befestigten und unser Kranführer den Wagen ganz langsam nach oben zog.



Unser Klebstoff-Test mit einem Käfer am Haken eines Kranfahrzeugs

Unser Test ging bewusst an die Grenzen: So wie hier – nur auf Zug – sollte man eine Klebestelle tunlichst nicht belasten. Viel besser ist, wenn so ge-

nannte Zugscher-Belastungen auf den Klebstoff wirken. Die Hersteller weisen zu Recht darauf hin. Und natürlich ist unser Test in keiner Weise repräsentativ. Niemand weiß, warum die Loctite-Verklebung gerissen ist. Da kann auch Zufall im Spiel sein. Außerdem muss man den Loctite-Technikern besonderen Mut bescheinigen. Laut Datenblatt hat der Klebstoff eine Zugfestigkeit von 12 bis 22 N/mm², das entspricht bei 9,6 cm² Klebefläche einer Last von etwa 1150 bis 2100 kg. Für 1200 kg war die Klebefläche also sehr knapp kalkuliert.



Ein zusammengeklebter Zylinder vom Durchmesser eines Fünfmärkstücks reicht, um ein 1,2 Tonnen schweres Auto zu heben.

7. Hightech Kleben

Geklebte Autos sind sicherer

In der Automobilindustrie dringt Kleben in die Domäne des Schweißens ein. An einem Mercedes der S-Klasse z. B. finden sich neben 5500 Schweißpunkten auch 73 m Klebenähte. Dabei werden spezielle Ein-Komponenten-Epoxidharzklebstoffe eingesetzt, die auch auf leicht öligen Blechen haften. Zwei Typen kommen zum Einsatz: Gelber Kleber wird zum Versteifen von Schweißnähten benutzt. Die Crashsicherheit verbessert er nicht. Dazu kommt – zum Beispiel in den Türen – ein moderner blauer Klebstoff zum Einsatz. Er hält auch den dynamischen Belastungen während eines Unfalls so gut stand, dass beispielsweise die Türen nur noch geklebt sind. Es ist aber nicht nur die Sicherheit, die die Hersteller immer mehr kleben lässt: Wenn die Türbleche verschweißt würden, müssten die Außenseiten aus optischen Gründen aufwändig nachgearbeitet werden. Das entfällt bei verklebten Türen. Kleben spart also auch Geld. Um noch sparsamere und leichtere Autos zu bauen werden die Hersteller künftig neben Stahlblechen viele andere Werkstoffe einsetzen. So ein Materialmix wird sich sinnvoll oft nur noch mit Klebstoffen verbinden lassen.

Elektronik: ohne Kleben keine Miniaturisierung

In der Elektronik sind Klebstoffe inzwischen unentbehrlich. Es fängt bei der Leiterplatte an: Kupferfolien sind hier mit Trägermaterial und Isolier-



In der Automobilbranche wird immer mehr geklebt.

schichten verklebt. Die Bauelemente werden dabei auf die Platine geklebt und dann verlötet. Künftig sollen leistungsfähige Klebstoffe die Lötpasten ersetzen. Bei der Chipfertigung kommt wieder ablösbare Haftklebstoffe eine entscheidende Rolle zu: Die bierdeckelgroßen Silizium-Wafer müssen rückseitig geschliffen und dann zersägt werden. Mit UV-empfindlichen Spezialklebstoffen werden die Wafer dazu in den Bearbeitungsmaschinen festgehalten. Nur weil sie sich völlig rückstandsfrei wieder ablösen lassen, wird die Funktion der Chips durch dieses vorübergehende Kleben nicht beeinträchtigt.

Die Naht aus der Tube

Neben dem Pflaster kommen in der Medizin bislang zwei Klebstoff-Typen zum Einsatz:

- Ähnlich einem Sekundenkleber funktioniert ein Klebstoff, mit dem äußerlich geklebt wird. Gefragt ist nur die mechanische Festigkeit. Wenn der Körper eine Narbe ausbildet, wird der Klebstoff abgestoßen.
- Fibrinkleber werden bei Brandwunden und inneren Verletzungen angewendet. Diese Gewebeklebung entspricht dem natürlichen Vorgang bei der Blutgerinnung. Dabei

Haltbarkeit

Beim Kleben sind wir besonders skeptisch, was die Dauerhaltbarkeit angeht. Fast jeder hat schon unschöne Erfahrungen gemacht mit spröde gewordenen Klebenähten. Bis heute werden manche Klebebänder aus Baumharz und in Benzin gelöstem Kautschuk gemacht. Diese Mischung ist aber nicht alterungsbeständig. Wer vor Jahren damit Papiere zusammengeklebt oder Landkarten repariert hat, findet heute mitunter nur noch hässliche braune Spuren vom Klebstoff und spröde, abgelöste Reste vom Trägermaterial.



Doch wo professionell geklebt wird, da hält's auch auf Dauer. Bestes Beispiel: Die Fokker F-27 war vor 40 Jahren ein Meilenstein beim Einsatz von Klebstoffen im Flugzeugbau. Und einige der Maschinen fliegen heute immer noch.

Recycling

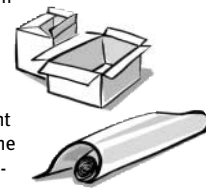
Je massiver Klebstoffe eingesetzt werden, um so mehr Gedanken muss man sich um gezieltes „Entkleben“ machen. Gerade beim Recyceln will man ja die Einzelkomponenten wieder verwerten. Die Vision der Forscher: Ein geklebtes Auto fährt durch ein Wundertor und fällt in 1000 Teile auseinander. Noch ist man nicht so weit. Bei Haushaltsgeräten (zum Beispiel Geschirrspülern) rücken einzelne Hersteller deshalb vom Kleben wieder ab – bis das Demontageproblem auch hier gelöst ist.

verknüpfen sich die beiden Komponenten nach dem Mischen zu einem Netzwerk aus Fibrin. Weil die Kleberkomponenten aus menschlichem Blutplasma gewonnen werden müssen, sind sie sehr teuer. Am häufigsten wird Fibrinkleber eingesetzt, um Organblutungen zu stillen oder locker strukturiertes Gewebe zu kittieren. Eine bei einem Unfall verletzte Milz kann heute oft gerettet werden.

Auch in der Natur suchen Mediziner nach neuen Klebstoffen, zum Beispiel für gebrochene Knochen. Britische Forscher können jetzt im Labor einen Kleber produzieren, mit dem sich Meeresschnecken an Felsen festkleben. Der Klebstoff, von gentechnisch veränderten Bakterien produziert, soll sich besonders gut mit dem menschlichen Organismus vertragen.

Heimliche Spitzenverbraucher: Papier und Verpackung

Klebstoff hat etwas sehr Unscheinbares. Oder hätten Sie gedacht, dass der meiste Klebstoff in der Papier- und Verpackungsindustrie verbraucht wird? Schon die Oberfläche des gewöhnlichen Schreibpapiers wird geleimt. So wird das Papier schön glatt und dafür gesorgt, dass die Tröpfchen aus Tintenstrahldruckern nicht zu unschönen Klecksen zerfließen. In der Buchproduktion wird geklebt, was das Zeug hält: Ob bei der Klebebindung oder beim Kaschieren eines Hardcover-Bandes. Auch Wellpappe wäre ohne Klebstoff nicht denkbar. Ihre Stabilität erhält sie durch den Klebstoff zwischen gewellten und glatten Papierbahnen. So entsteht

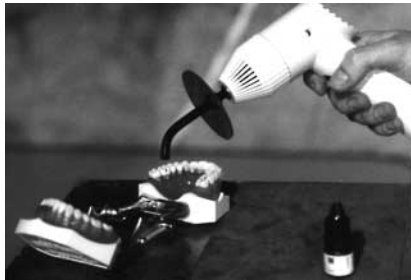


ein leichtes, aber trotzdem sehr festes Packmaterial. Die Hersteller von Verpackungsklebstoffen freuen sich über die steigende Zahl von Single- und Kleinhaushalten. Denn an vielen kleinen Verpackungen muss mehr geklebt werden als an wenigen großen. Oft werden in der Lebensmittelbranche Verbundfolien eingesetzt. Erst durch das Verkleben zweier Folientypen werden die gewünschten Eigenschaften erreicht, z.B. licht- und luftdicht für die Kaffee-Vakuum-Verpackung. Aufgetragen wird etwa ein Gramm Klebstoff pro Quadratmeter. Tief- und hochtemperaturbeständige Klebstoffe ermöglichen die Herstellung von Tiefkühl- und Mikrowellenverpackungen.



Geklebte Zähne

Die Haftcreme für die dritten Zähne muss meistens erst in fortgeschrittenem Alter her. Doch beim Zahnarzt wurde vermutlich auch bei Ihnen schon ein-



Beim Zahnarzt wird Klebstoff auch mit Licht gehärtet.

mal geklebt. Brücken, Kronen, Verblendschalen und Inlays müssen dauerhaft angeklebt werden: Superfest, denn beim Kauen wirken sehr große Kräfte, und superbeständig, denn die Klebestellen sind täglich Tempera-

turschwankungen von 5 bis 55 Grad und dem Angriff von Bakterien aus dem Speichel ausgesetzt. Oft werden beim Zahnarzt UV-härtende Klebstoffe eingesetzt. Erst durch das ultraviolette Licht wird die Vernetzung der Einzelmoleküle des Klebstoffs zu einer festen Masse ausgelöst.

Kleben oder Schrauben?



Schrauben oder Schweißen erscheinen uns haltbarer und vertrauenswürdiger als Klebeverbindungen. Tatsache ist, dass jedes dieser Fügeverfahren seine Berechtigung hat. Mit Schweißen hat man sehr viel Erfahrung und geschraubte Verbindungen lassen sich wieder lösen. Doch Kleben hat viele Vorteile. Zum Einen lassen sich ganz unterschiedliche Materialien verbinden, die sich nie schweißen ließen. Zum Anderen beeinträchtigt Klebstoff die Struktur der Materialien nicht, weil die Adhäsionskräfte ja nur auf der Materialoberfläche wirken. Löcher und Schweißnähte verletzen jedoch die zu verbindenden Objekte. Hinzu kommt, dass Klebstoff zu verklebende Metalle voneinander isolieren kann und damit die so genannte Kontaktkorrosion unterbindet. Es gibt eindrucksvolle Tests die zeigen, dass zum Beispiel überlappend verklebte Bleche besser zusammenhalten als verschraubte.

Das Quarks-Klebe-ABC

Typ	Eigenschaften	Beispiele
A „Acrylat“-Zweikomponentenkleber	glasklare, spülbeständige Zweikomponentenklebstoffe mit hoher Festigkeit, spaltfüllend	Pattex Kraft mix, UHU plus acrylat, Praktikus Glas- und Porzellankleber
C Cyanacrylat-Sekundenkleber	kleben sehr schnell viele Materialien; nur für kleine Teile; spaltfüllend nur mit zusätzlichem Füller; dünnflüssiger Sekundenkleber hält am besten, wenn er in die Fuge zwischen den bereits zusammengefügteten Teilen läuft	Loctite Sekundenkleber, UHU Sekundenkleber, Pattex Sekundenkleber, Conrad Rapid, Sekundenkleber R&G, Greven Sekundenkleber dickflüssig (beliebt bei Modellbauern)
D Klebepads	doppelseitig haftende Schaumklebebänder, z.T. mit besonderen Lösemechanismen	Pritt Klebepads, Tesa PowerStrips, 3M Command, UHU fix & fest, Teppichklebeband (preiswert), Pritt Roller non-permanent (wieder ablösbar)
F Kontaktkleber lösungsmittel-frei	oft auch Kraftkleber genannte Dispersionsklebstoffe; gegenüber den klassischen Kontaktklebern oft längere Verarbeitungszeit dafür meist geruchsneutral; besonders geeignet für flächige Klebungen; zum Kontaktkleben nach Vorbehandlung beide Seiten mit Klebstoff bestreichen, dann gut ablüften lassen und anschließend kurz aber kräftig aneinanderpressen!	Pattex lösungsmittelfrei, UHU Alleskleber Kraft ohne Lösungsmittel
G Glaskleber	Spezialkleber für anspruchsvolle Glas-Klebungen, z. B. zum Ankleben des Rückspiegels an der Windschutzscheibe oder von Scharnieren an gläsernen Schranktüren	Pattex Blitz Glas, Praktikus Glaskleber, Conrad Glas/Metall-Kleber
H Hartkleber	spaltfüllende hart aushärtende Klebstoffe, z. B. für Polystyrol (Plastikmodelle) oder Balsaholz (Modellbau)	UHU hart, Conrad Plasti-Kleber, Conrad Hart-Kleber

K	Kontaktkleber	besonders geeignet für flächige Verklebungen flexibler Materialien wie Leder, Gummi, Kunstleder (z. B. Schuhsohlen). Bei richtiger Handhabung hohe Klebkraft: Dazu nach Vorbehandlung beide Seiten mit Klebstoff bestreichen, dann gut ablüften lassen und anschließend kurz aber kräftig aneinanderpressen!	Kövuifix (Spezialkleber für Leder und Schuhe), Pattex Kraftkleber, UHU Alleskleber Kraft	U	Universalkleber	Universelle Nasskleber, heute meist ohne Lösungsmittel	UHU Alleskleber, UHU flinke Flasche, Pritt Alleskleber, Pattex transparent LF, Rheita Universalkleber, ENRO Klebefix, Tapetenkleister im Glas (für Papier, ungiftig, sehr preiswert, begrenzt haltbar)
L	Holz-Leim	Dispersionklebstoffe, die sich für viele saugende Materialien (Holz, Pappe, Papier, Stoff) einsetzen lassen; wasserverdünnbar; wichtig für die Festigkeit ist das Pressen der verklebten Teile mit Schraub- oder Leimzwingen; hält kaum auf lackierten Flächen	Wilbra Berliner Holzkaltleim, Bindulin Express Holzleim, UHU coll, Ponal, Parkett- und Laminatkleber (preiswert)	W	Heißkleber, wärmeempfindlich	Wärmeempfindlich lösungsmittelfreie Klebstoffe, die heiß aufgetragen werden und sich durch Abkühlen schnell verfestigen; schnell und sauber; Klebesticks mit verschiedenen Offenzeiten erhältlich; für kleine Notklebungen kann der Heißkleber auch mit einem Feuerzeug angeschmolzen werden	Pattex Patronen u. v. a.
M	Montagekleber	sehr gut spaltfüllende, elastische Einkomponentenklebstoffe, die mit Sanitär-Fugendichtmassen verwandt sind; ähnlich einsetzbar wie Heißkleber, aber langsamer härtend und besser haftend	Pattex Super Montage, Silikon- und Acryl-Dichtmasse in Kartusche, Fixogum (spezieller Papiermontagekleber, wieder ablösbar)	Z	Zweikomponenten-Epoxidharzkleber	Reaktions-Klebstoffe, die vor dem Auftragen gemischt werden und chemisch aushärten; spaltfüllend; sehr hohe Festigkeit; spülmaschinenfest; besonders geeignet für Porzellan, Metalle, Holz-Aluminium-Verbindungen, einzelne Kunststoffe; Abbindezeit lässt sich durch Wärme stark verkürzen	UHU plus endfest 300 (sehr hohe Festigkeit, universell, Klebenaht gelblich, geeignet für Lebensmittel), Pattex Stabilit express (hohe Festigkeit, auch für Hart-PVC, vergilbt kaum), JB WELD (härtet dunkelgrau aus, sehr hohe Festigkeit, besonders für technische Klebungen z. B. an Auto und Boot), JB WELD KWIK (dunkelgrau, hohe Festigkeit, schnell härtend), Loctite 2 Kompo (no-Mix-Produkt, vergilbt stark), Praktikus 2-Komponenten-Schnellkleber (preiswert), Conrad Super Schnellfest 2000, Conrad Super Endfest 3000, Conrad 5-Minuten Epoxyd (preiswert), Bindulin 5-Minuten-Epoxidkleber, Förster & Co Haftstahl (sehr hohe Festigkeit, grau)
P	Plastikkleber	spezielle, meist lösungs mittelhaltige Klebstoffe für verschiedene Kunststoffe; Kunststoffe lassen sich oft nur schlecht verkleben, Polyethylen und Polypropylen nur mit Haftklebern (siehe D = Klebepads)	Köraplast SF (gut auch für Weich-PVC), Pattex transparent, UHU allplast, Praktikus Weichplastik Kleber				
S	Styroporkleber	lösungsmittelfreie Klebstoffe für Hartschaum	UHU por				
T	Klebestift	Der eigentliche Klebstoff (Polyvinylpyrrolidon oder teilabgebaute Stärke) wird mit Wasser und Seife abreibbar gemacht.	ENRO Klebestift, UHU Stic, Prittstift, tesa Klebstift, ROSSMANN Fotoklebestift (wieder ablösbar), Scotch Haftklebestift (wieder ablösbar)				

Die Quarks-Klebetabelle

	Stein	Porzellan	Papier, Pappe	Metalle	Leder	Kunstleder, Weich-PVC	Kork	Keramik	Holz	Hart-Kunststoffe	Hartschaum, Styropor	Gummi	Glas	Fotos	Balsaholz	Acrylglas, Plexiglas
Acrylglas, Plexiglas	A, Z			A, Z, K					K, Z, C	C, K, Z					A	A, C, H
Balsaholz	Z, M	K	Z, M, C	K	P	K			L, H	Z, P, C, M	S	K		U	L, H	A
Fotos	D	U, T, F, K	D			K			K, T	D		K	U	T	U	
Glas	A, M	A, Z		A, G, M, Z		K			A, Z	A, Z	S		A, G			
Gummi	C, K	K	C, K	K					K, C	C, K		C, K		K	K	
Hartschaum, Styropor	M, F	S	F			K	S	M, S, F, L	M, S, F		S		S			
Hart-Kunststoffe	C, Z, M	A, P, C	P, F, U	C, K, Z, A	P, C, F	P		A, Z, C	M, W, A, Z	P, C, A, Z	F, M	C, K	A, Z	D	Z, P, C, M	C, K
Holz	Z, F, M	Z, C	F, T, L, U	K, M, Z, C	K, F, U	P, F	K, M, C	M, Z, C	L, K, W, C	M, W, A, Z	M, S, F, L	K, C	A, Z	K, T	L, H	K, Z, C
Keramik	Z, A, M	A, Z		A, Z, C			F, M, L	A, Z, C	M, Z, C	A, Z, C	S					
Kork	F, K, M		K, F, M				K, L, F	F, M, L	K, M, C		K		K	K		
Kunstleder, Weich-PVC	P	P, F, U	P	P, C, F, U	P			P, F	P						P	
Leder	K, C, P, U		K, C, P, U	K, C, F	P, C, F, U			K, F, U	P, C, F		K				K	
Metalle	Z, C, M	Z	F, K, P, U	Z, A, C, M	K, C, P, U	P	K, F, M	A, Z, C	K, M, Z, C	C, K, Z, A	F	C, K	A, G, M, Z	D	Z, M, C	A, Z, K
Papier, Pappe				F, K, P, U		P, F, U			F, T, L, U		P, F, U		K	U, T, F, K	K	T, F, C, U
Porzellan	A, Z		Z			A, Z			Z, C	A, P, C	S		A, Z			
Stein	Z, A	F, U	Z, C, U	K, P, C, U	P	F, K, M	Z, A, M	Z, F, M	C, Z, M	M, F	C, K	A, M	D		Z, M	A, Z

Lesebeispiel: Verkleben von Gummi (linke Spalte) und Metall (obere Spalte): vorzugsweise mit Kleber **C** (C=Cyanacrylat-Sekundenkleber, siehe Klebstoff-Liste ab S. 29), ggf. auch Kleber **K** (K=Kontaktkleber).

8. Lesetipps



Die Literatur zum Thema „Klebstoffe“ ist insgesamt eher fachlich orientiert. Wenn Sie sich für einen alltagsbezogenen Zugang interessieren, sind Sie mit diesem Skript am besten bedient.

Klebstoffe – Theorien und Experimente

(Themenheft Praxis der Naturwissenschaften – Chemie, 7/38) Aulis Verlag 1989, Restexemplare für 6 Mark plus Porto (zu bestellen: Tel.: 0221/95 14 54-22) Das Themenheft behandelt die wichtigsten Fassetten der Klebstoffe: Kleben im Alltag, Wie funktioniert Kleben, Kleben in der Natur und in der Technik. Meist verständliche Artikel; mit Schulbezug.

Gerd Habenicht Kleben. Grundlagen, Technologie, Anwendungen

3. Auflage 1997, 893 S., Springer Verlag Heidelberg, DM 498,-, ISBN 3-540-62445-7
Der „Habenicht“ ist das wohl ausführlichste Buch zum Thema. Es lässt zwar kaum eine wissenschaftliche Frage unbeantwortet, ist aber ein reines Lehrbuch, das insbesondere Alltagsfragen nicht befriedigend beantwortet. Wer sich jedoch mit den vielen Geheimnissen des Klebens intensiver beschäftigen möchte, sollte in Bibliotheken nach dem Buch Ausschau halten.

Gerd Habenicht Kleben. Leitfaden für die praktische Anwendung und Ausbildung

Vieweg Verlag Wiesbaden, 1995, 148 S., ISBN 3-528-04969-3
Der Titel ist tatsächlich Programm: Mit diesem Taschenbuch kann auch der interessierte Laie etwas anfangen. Es ist lehrgangsmäßig aufgebaut: Zuerst die Theorie, dann die Praxis. Zum Schluss gibt es einen „Fragenkatalog zur Prüfung des erarbeiteten Wissens“ ...

Industrieverband Klebstoffe e.V.
Handbuch Klebstoffe 1998/2000
ISBN 3-528-26004-1, DM 38,-
Das Handbuch ist vornehmlich Adressverzeichnis aller deutschen Klebstoff-Hersteller.

Wilhelm Endlich Kleb- und Dichtstoffe in der modernen Technik – ein Praxishandbuch der Kleb- und Dichtstoffanwendung

Vulkan-Verlag, Essen 1998
(ISBN 3-8027-2183-7) 279 Seiten
Ein sehr praxisorientiertes Buch mit vielen Zeichnungen und Übersichten. Aber auch dieses Buch ist eher für den Ingenieur und Konstrukteur denn für den Heimbastler gedacht. Lesenswert ist das 21-seitige Kapitel über die Geschichte der Klebstoffe.

G. Gierenz und F. Röhmer:
Arbeitsbuch Kleben und Klebstoffe
Cornelsen/Henkel 1989,
ISBN 3-590-12939-5 (vergriffen)

Links und Adressen:

Industrieverband Klebstoffe e.V.

Informationen über die deutsche Klebstoff-industrie und das Kleben
Ivo-Beucker-Straße 43
40237 Düsseldorf
Ivo-Beucker-Straße 43, 40237 Düsseldorf
Tel.: 0211/67931-10, Fax: 0211/67931-88
E-Mail: info@klebstoffe.com
http://www.klebstoffe.com



Fraunhofer-Institut für Angewandte Materialforschung (IFAM)

Bereich Klebtechnik und Polymere
Das führende Forschungsinstitut zum Thema Kleben
Wiener Straße 12
28359 Bremen
Tel.: 0421/2246-400
http://www.ifam.fhg.de



NRW-Technologie-Centrum Kleben GmbH

Klebertechnische Aus- und Weiterbildung
Carlstraße 50
52531 Übach-Palenberg
Tel.: 02451/971-200
<http://www.tc-kleben.de>

Die wichtigsten Hersteller von Klebstoffen für Büro, Haus und Werkstatt sind natürlich auch im Internet zu finden:

Loctite-Konsumerprodukte:

<http://www.loctite.de>
Literaturhinweise (<http://www.loctite-europe.com/eu/literature.htm>)

Henkel:

<http://www.klebstoff.com>
die Henkel-Sparte Industrieklebstoffe:
<http://www.industrieklebstoffe.de/ab/index.html>

JB WELD:

<http://www.jbweld.co.uk>

UHU:

<http://www.uhu.de>

3M:

<http://www.3m.com/de>

Die Hersteller veröffentlichen zu ihren Klebstoffsortimenten Klebetabellen (UHU, Henkel), Datenblätter und Literaturhinweise. Henkel hat sogar eine Klebeberatung per Telefon (0211/797-8272) oder E-Mail (klebeberater@henkel.de). Sich hier zu informieren kann nicht schaden, selbst wenn Sie dann später Produkte anderer Hersteller verwenden.

Die letzten Klebstoff-Tests der Stiftung Warentest sind 1994 veröffentlicht worden (5/1994: Sekundenkleber, Zweikomponenten-Kleber, Vielzweckkleber und Kontaktkleber; 9/1994: Glas- und Porzellankleber, Kunststoffsckleber, Holzleim). Die meisten der getesteten Produkte sind nach wie vor erhältlich.

9. Index

Acrylat-Zweikomponenten klebstoffe	29
Adhäsion	5, 6
Alleskleber	12, 31
Automobilbranche	26
Bastelanleitung	17ff
Breipfelbaum	15
Chicle	15f
Cyanacrylat-Sekundenkleber	11, 29
DIN-Norm	5
Dispersionsklebstoff	10
Epoxidharz-Klebstoffe	24ff
Festigkeit	5
Fischleim	9
Fleckenentfernung	24
Geschichte	9f
Glaskleber	29
Haftkleben	8
Haftnotizen	12
Haltbarkeit	27
Hartklebstoffe	29
Heißklebstoffe	31
Historisches	9f
Holzleim	10, 30
Internet-Links	33f
Kaugummi	15
Klebefilme	14
Klebefuge	22f
Klebe pads	29
Klebestifte	12, 30
Klebetabelle	32
Klebetipps	22ff
Klebstoffauswahl	22
Klebstoff-Fleckenentfernung	24
Klebstofftypen	7f
Klebstoff-Übersicht	29ff
Kohäsion	5, 7

Kontaktklebstoffe
Kunststoffklebstoffe

Leim
Lesetipps

Mastix
medizinische Klebstoffe
Montageklebstoffe

Oberfläche

Papier
Paraffinwachs
Plastikklebstoffe
Polyvinylacetat
PVC

Recycling

Sapotillbaum
Sekundenkleber
Styroporkleber

Tesa film
Tipps zum richtigen Kleben

Universalkleber

Verpackungen

Zahnarzt
Zwei-Komponenten-
Epoxidharz-Klebstoffe

23, 29f
30 In der Reihe „Quarks-Script“ sind bisher Broschüren zu folgenden Themen erschienen:

10, 30	Elektrosmog
33	Kopfschmerz
16	Allergien
26f	Jet-Lag
30	Die Wissenschaft vom Wein
	Wenn das Gedächtnis streikt
5, 6, 7	Die Datenautobahn
	Vorsicht, Fett!
27	Aus der Apotheke der Natur
16	Vorsicht Parasiten!
30	Das Wetter
10, 12	Die Wissenschaft vom Bier
23	Eine Reise durch Magen und Darm
	Die Geheimnisse des Kochens
27	Unsere Haut
	Gesünder Essen
15	Unser Schweiß
11	Krebs – Ein Frage-Antwort-Katalog
30	Faszination Kaffee
	Gute Zähne – schlechte Zähne
14	Die Börse – einfach erklärt
22ff	Das Wunder Haar
	Abenteuer Fahrrad
31	Das Herz
	Kernenergie
27	Schokolade – die süße Last
	Kampf dem Schmutz
28	Mindestens haltbar bis ...
	Der Traum vom langen Leben
24ff, 31	Die Kunst des Klebens

(Stand Februar 2000)

Und so bestellen Sie das „Quarks-Script“: Beschriften Sie einen C-5-Umschlag mit Ihrer Adresse und mit dem Vermerk „Büchersendung“ und frankieren Sie ihn mit 1,50 DM. Schicken Sie den Umschlag in einem normalen Briefkuvert an:

WDR
Quarks & Co.
Stichwort „Thema des Scripts“
50612 Köln