

## Klebstoffe in der Praxis

Für alle Kollegen, die es interessiert, hier eine grobe Übersicht von Klebertypen und eine kleine Auflistung von Klebstoffen bei mir im täglichen Einsatz mit Erklärung wofür ich diese einsetze und verwende.

Beginnen möchte ich mit einer kleinen Erläuterung der Klebstoffgruppen. Generell gibt es mehrere Obergruppen von Klebstoffen.

### Obergruppe physikalisch abbindende Klebstoffe

Hierunter versteht man solche Klebstoffe, bei denen bereits der fertige Klebstoff, das heißt, das Polymer an sich in die Klebefuge eingebracht wird. Dazu wird ein physikalisches Verfahren angewendet, das den Klebstoff zunächst in eine verarbeitbare Form bringt, um ihn später im Klebespalt wieder verfestigen zu lassen.

### **Lösemittelhaltige Nassklebstoffe**

Bei lösemittelhaltigen Nassklebstoffen liegt das Polymer in organischen Lösemitteln gelöst vor und wird so appliziert. Das Fügen findet zu einem Zeitpunkt statt, bei dem noch genügend Lösemittel in der Klebschicht vorhanden ist, um eine Benetzung der zweiten Fügeiteiloberfläche zu gewährleisten. Durch Verdunsten der Lösemittel bindet der Klebstoff ab.

### **Dispersionsklebstoffe**

Dispersionsklebstoffe nutzen in der Regel Wasser als mobile Phase (Dispersionsmittel), in der die Klebstoffbestandteile (z. B. Kasein, thermoplastische oder elastomere Polymerpartikel) als Dispersion vorliegen. Der Wasseranteil liegt in der Regel zwischen 40 und 70 Gewichtsprozent. Nach Aufbringen auf die zu verklebende Fläche bricht die Dispersion durch Entweichen des Dispersionsmittels in die Fügeiteile, durch dessen Verdunstung in die Umgebung oder durch Veränderung des pH-Werts. Die Klebstoffbestandteile nähern sich dabei an und bilden einen Film, der die beiden Fügeiteile verbinden kann. Durch Zusatz eines Vernetzers (Isocyanat) kann die Adhäsion und Kohäsion deutlich verbessert werden.

### **Schmelzklebstoffe**

Schmelzklebstoffe – oft auch als Hotmelts bezeichnet – sind bei Raumtemperatur fest und werden durch Aufschmelzen verarbeitbar. Die heiße Klebstoffschmelze wird auf das zu verklebende Teil aufgebracht und sofort mit dem zweiten Teil innerhalb der Offenzeit gefügt. Unmittelbar nach dem Abkühlen und Erstarren des Klebstoffs ist die Verbindung fest und funktionsfähig. Schmelzklebstoffe sind lösemittelfrei, jedoch ist ihr Einsatz wegen der hohen Verarbeitungstemperaturen auf temperaturresistente Werkstoffe beschränkt. Andererseits verhält sich der Klebstoff reversibel, das heißt, bei Temperaturerhöhung wird er wieder weich und besitzt daher nur eine eingeschränkte Wärmebeständigkeit.

### **Kontaktklebstoffe**

Kontaktklebstoffe (auch als Kraftkleber bezeichnet) können sowohl Lösemittelklebstoffe als auch Dispersionsklebstoffe sein, die im Kon-

taktklebeverfahren verarbeitet werden. Als Bindemittel für diesen Klebstofftyp werden Polymere (vor allem Polychloropren und Polyurethane) verwendet, die nach Verdunsten des Lösemittels nach einer gewissen Zeit vom amorphen in den kristallinen Zustand übergehen, wobei sich ihre Festigkeit stark erhöht. Dazu werden zunächst beide Klebeflächen gleichmäßig mit Klebstoff bestrichen. Dann lässt man das Lösemittel so lange ablüften, bis sich der Klebefilm trocken anfühlt, das heißt, bei der Fingerprobe keine Fäden mehr zieht und nur noch eine geringe Soforthaftung aufweist. Im nächsten Schritt müssen die Klebeflächen innerhalb der offenen Verarbeitungszeit exakt zusammengefügt werden. Eine Korrektur ist nicht möglich. Um eine gute Verklebung zu erzielen, ist es nötig, die Klebeflächen kurz unter möglichst hohem Druck zusammenzupressen

### Obergruppe chemisch härtende Klebstoffe

Bei chemisch härtenden Klebstoffen, oft auch Reaktionsklebstoffe genannt, werden die einzelnen chemischen Bausteine für den Klebstoff im richtigen Verhältnis in die Klebefuge eingebracht. Die Verfestigung wird durch chemische Reaktion der Bausteine miteinander erreicht.

### **Cyanacrylat-Klebstoffe**

Cyanacrylat-Klebstoffe sind im Allgemeinen besser bekannt unter dem Begriff Sekunden- oder auch Superkleber. Es handelt sich dabei um dünnflüssige oder bewusst eingedickte Ester der Cyanacrylsäure, die in 1K-Form als Monomere in den Handel kommen und durch Polymerisationsreaktion im Fügespalt zum eigentlichen Klebstoffpolymer reagieren. Voraussetzung für den Start der Polymerisation, die zur Aushärtung führt, ist das Vorhandensein polarer Gruppen der Teilchen, beispielsweise die OH-Ionen in der Feuchtigkeitsschicht an der Fügeiteiloberfläche. Es handelt sich dabei um eine anionische Polymerisation. Verklebungen mit Cyanacrylat-Klebstoffen sind nicht feuchtigkeits- oder temperaturstabil, da unter entsprechenden Bedingungen das Polymer wieder gespalten wird

### **Methylmethacrylat-Klebstoffe**

Methylmethacrylat-Klebstoffe sind zwei-komponentige Reaktionsklebstoffe, bei denen das eingesetzte Monomer (der Methylester der Methacrylsäure) durch radikalische Kettenreaktion polymerisiert wird. Zum Start der Polymerisationsreaktion wird ein reaktives Radikal benötigt, das meist aus einem Peroxid entsteht, wenn man diesem einen Beschleuniger zusetzt. Das heißt, letztendlich benötigt man nur für das Starten der Radikalreaktion das 2K-System, bei dem Peroxid und Beschleuniger zusammenkommen und die Startradikale bilden. Man kann daher sowohl das Peroxid im Methylmethacrylat-Monomer als eine Komponente als auch den Beschleuniger gelöst im Basis-Monomer als zweite Komponente in den Handel bringen. Durch Mischen beider Komponenten wird die Radikalkettenreaktion initiiert und der Klebstoff härtet durch. Eine andere Variante bringt das gesamte Monomer und das Peroxid in eine Komponente und verwendet als zweite Komponente nur noch den Beschleuniger. Hierdurch kann das vorangehende Mischen der beiden Komponenten (und die damit verbundene Topfzeit) entfallen, wenn auf ein Fügeiteil die Hauptkomponente und auf das andere Fügeiteil der Beschleuniger aufgetragen werden. Durch Zusammenfügen der Flächen kommen die beiden Komponenten in Kontakt und die Radikalreaktion startet.



## Anaerob härtende Klebstoffe

Diese Gruppe von Klebstoffen wird als 1K-System angewendet. Die eingesetzten Monomere von (modifizierten) Acrylsäure-Estern härten ebenfalls nach einem Radikalketten-Mechanismus ähnlich den Methylmethacrylaten aus. Das Besondere dabei ist, dass die Härtereaktion nur unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerob) und in Anwesenheit von Metallionen startet, wenn der Klebstoff in einer engen metallischen Klebefuge von der Umgebungsluft abgeschlossen wird. Es können nur metallische Werkstoffe damit geklebt werden; da für die Aushärtung freie Metallionen als Reaktionspartner benötigt werden, muss mindestens ein Fügepartner in der Lage sein, freie Metallionen abzugeben.

## Strahlenhärtende Klebstoffe

Ebenfalls durch radikalische Polymerisation härten diese 1K-Klebstoffe zu festen Polymeren aus, wobei die Bildung der Startradikale durch Bestrahlung mit UV-Licht (oder anderen Strahlenquellen wie Elektronen) hervorgerufen wird. Die wesentlichen Vorteile von UV-Klebstoffen sind: einkomponentig, lösungsmittelfrei, gezieltes Aushärten unter UV-Licht (Curing on Demand), dabei sehr schnelle Aushärtung.

## Phenol-Formaldehydharz-Klebstoffe

Wie schon der Name dieser Klebstoffgruppe sagt, sind die Basisbausteine Phenol (oder Phenol-Derivate) und Formaldehyd, die zu einem Polymer kondensiert werden. Dies war eine der ersten Reaktionen, die zu einem Kunststoff führte. In der Klebetechnik setzt man eine Mischung aus Phenol-Formaldehyd-Harz, das noch nicht hochmolekular polymerisiert ist, und einem Formaldehyd-Lieferanten ein. Dieses Gemisch bringt man als Lösung oder auch als Pulver in die Klebefuge ein und setzt die quasi unterbrochene Kondensationsreaktion durch Temperaturerhöhung auf ca. 160 °C bis 180 °C fort. Da hierbei als Abspaltprodukt Wasser entsteht und dadurch die Klebefuge schrumpft, müssen die Füge Teile gut zusammengepresst werden.

## Silikone

Silikon-Polymere unterscheiden sich grundsätzlich von den anderen hier behandelten Polymertypen, da das Rückgrat der Silikone nicht wie bei den üblichen organischen Polymeren aus Kohlenstoffketten aufgebaut ist. Vielmehr wechseln sich in der Hauptkette Silicium-Atome und Sauerstoff-Atome ab. Nur in den Seitenketten tragen diese Polymere organische Strukturen. Für die Kleb- und Dichtsysteme werden sogenannte Prepolymere (Polymere, die sich noch in einem Vorstadium zu einem richtigen Polymer befinden) eingesetzt, deren Kettenenden durch funktionelle Gruppen so gestaltet sind, dass sie unter Einwirkung von Luftfeuchtigkeit (bei 1-komponentigen Silikon) oder nach Zugabe eines Härter (2K-Systeme) zu einem hochmolekularen Polymer vernetzen.

## Silanvernetzende Polymerklebstoffe

Hierbei handelt es sich um eine relativ neue Klebstoffart. Die Vernetzung entsteht wie bei Silikon durch die Reaktion mit Luftfeuch-

tigkeit. Silanvernetzende Polymerklebstoffe sind meistens zähelastisch mit einer hohen Klebkraft. Mitunter werden sie auch Hybridklebstoffe genannt, weil Polymere und Silane ein Hybrid ergeben. Die Silan-Bausteine können durch chemische Reaktion mit benachbarten Polymermolekülen Brücken ausbilden und sich so dreidimensional vernetzen. Bei der Vernetzung werden niedermolekulare Substanzen wie Methanol oder Ethanol freigesetzt.

## Epoxidharz-Klebstoffe

Epoxidharz-Klebstoffe (kurz Epoxi-Kleber) sind zweikomponentig aus Harz und Härter aufgebaut. Als Epoxidharz werden Polymerbausteine verwendet, die am Ende sogenannte Epoxidgruppen tragen. Meist werden dazu die Reaktionsprodukte aus Bisphenol-A und Epichlorhydrin eingesetzt, die nach dem Vermischen mit dem Härter, der Amino- oder Mercaptogruppen enthält, einen stabilen Duroplasten bilden. Die Aushärtereaktion kann sowohl bei Raumtemperatur als auch bei höherer Temperatur vorgenommen werden. Im letzteren Fall werden üblicherweise höhere Festigkeiten der Klebung erzielt. Da der ausgehärtete Klebstoff eine sehr hohe Festigkeit besitzt, wendet man diese Klebstoff-Klasse häufig für strukturelle Verklebungen. Eine Besonderheit sind einkomponentige Epoxidharzklebstoffe, bei denen schon in der Herstellung Harz- und Härterkomponente im korrekten Verhältnis miteinander vermischt wurden. Bei diesen Klebstoffen werden Härter eingesetzt, die bei Raumtemperatur nur sehr langsam reagieren (wie z. B. Dicyandiamid), so dass diese Klebstoffe heiß gehärtet werden müssen. Um die begrenzte Lagerfähigkeit zu erhöhen, können einige dieser Klebstoffe auch tiefgefroren werden.

## Polyurethan-Klebstoffe (PUR)

Polyurethan-Klebstoffe sind als 1- oder 2-Komponenten-Klebstoffe erhältlich, welche durch Polyaddition aushärten können. Die Einkomponenten-PUR-Klebstoffe härten unter Zugabe von Luftfeuchtigkeit und/oder Wärme aus. Es besteht die Möglichkeit, beide Aushärtemechanismen zu verbinden, so dass eine erste Handlingsfestigkeit durch die Luftfeuchtigkeitshärtung, die Endfestigkeit der Verklebung aber erst unter Wärmeeinwirkung eintritt.

## Klebstoffe ohne Verfestigungsmechanismus

### Haftklebstoffe

Auf eine Sonderform der Applikation abgestimmt sind die Haftklebstoffe, die nach dem Auftragen auf ein Trägermaterial hochviskos und dauerklebrig bleiben und dann durch Druck auf ein Substrat aufgebracht werden können und dort haften bleiben. Anwendung finden sie

- als Sprühklebstoff;
- als Transferklebstoff (trägerfreies doppelseitiges Klebeband auf gewachstem Transferpapier);
- als Beschichtung von Klebebändern, Selbstklebeetiketten;
- als Haftkitt;
- als Klebstoffstreifen an rückstandsfrei abziehbaren Klebezetteln;

Quelle: Wikipedia

## Nun zu den Klebern in der Praxis.

### Immer gilt:

Die Klebeflächen der zu fügenden Teile müssen zwingend öl- und fettfrei sein. Die Klebeflächen der zu fügenden Teile müssen immer trocken sein. Bei Klebern, die aus mehreren Komponenten sind, müssen die Mischungsverhältnisse so gut wie möglich eingehalten werden und auch die Durchmischung muss stimmen.

Als erstes wäre da mein Lieblings- **2K- Klebstoff** „Uhu endfest 300“ zu nennen.



Dieser zeichnet sich durch seine hohe Klebkraft und Langlebigkeit der Klebung aus. Er ist sehr stabil was die Scherkräfte betrifft und ist relativ einfach zu verarbeiten.

### Was zu beachten ist:

Die Klebeflächen müssen fett- und ölfrei sein. Das Mischungsverhältnis der beiden Komponenten sollte so gut wie möglich eingehalten werden. Der Klebstoff sollte zumindest so warm gemacht werden, dass er flüssig und klar wie Wasser wird nachdem man die Teile gefügt hat. Am besten ist, wenn das Teil im Ofen nach Vorgabe (steht auf der Verpackung) endgehärtet wird. Trennen kann man die Füge Teile nur durch Erhitzen über 200°C, durch Zerstörung des Klebers. Ich verwende ihn überall, wo gute Stabilität gefragt ist, bei Temperaturen bis maximal 120°C.

### 2K Klebstoff „Loctite 9492 A&B Hysol Id NR.: 468287“:

Ist gut zu verarbeiten, hält sehr gut und gast fast nichts aus im Vakuum. Wird bei mir im Bereich von Vakuumanlagen Lasern (zum Verkleben von Glasfenstern) und noch vieles mehr eingesetzt.



Als nächstes benutze ich sehr oft „**Thermoplastische Massen**“ ähnlich Siegelack zum Haltern von Glasteilen für die Bearbeitung. Vorteil ist, dass man diese leicht wieder trennen und chemisch reinigen kann.

### Dafür verwende ich überwiegend:

1. „Kerr Impression Compound rot“ (55 -56°C Erweichungstemperatur) löslich durch Aceton



### 2. „Optikkitt (Kolophoniumkitt) B1“ der Firma „Pieplow & Brandt GmbH“

Der Erweichungspunkt liegt etwa bei 62°C. Er ist löslich durch Alkohol / Isopropanol / Spiritus.

3. zum Verkleben von Polierbelägen kommt Heißkleber oder UHU bei mir zum Einsatz (Heißkleber lässt sich wieder durch Erhitzen lösen zum Wechsel des Belags. UHU endfest 300 nicht. Es wären auch noch Glycolphthalat und Picein in der Gruppe zu nennen.

## Silikonkleber

1. Aquarensilikon ( Transparent / Schwarz ) erhältlich. Wird vor allem zur Fertigung von wasserbetriebenen Gefäßen / Wannen / Becken verwendet. Er zeichnet sich durch seine hohe Elastizität (Scherkräfte) und seine Beständigkeit gegenüber Wasser aus. Nachteil ist die lange Aushärtezeit und komplizierte Verarbeitung. Außerdem gast Silikon im Vakuum aus.

2. Hochtemperatursilikon wird bei mir bis 300°C eingesetzt. Aber nicht im Vakuum, da Silikone sehr stark ausgasen. Ich verwende von Weicon HT 300, Ceresit Hochtemperatursilikon und andere. Herr „Google“ findet so einiges.



## UV Klebertypen

Bei mir verwende ich Kleber von der „**Bohle GmbH**“

Sie lassen sich sehr gut verarbeiten, härten schnell aus und sind glasklar in der Optik. Gut für Schaukästen und Vitrinenbau.

Nachteil: nicht über 90°C benutzbar und einige sind nicht feuchtfest und schlagzäh (spröde / hart).

Verarbeitung: Das Aushärten erfolgt mit einer speziellen UV-Lampe. 2 min zur Vorhärtung und 5 min zur Endhärtung. Die Klebeflächen müssen trocken, fett- und ölfrei sein.

### Hier die Liste dazu:

**Bohle Verifix LV 740**; Niedrig Viskos; verwendbar 70-120°C  
Glas / Glas Verbindungen feuchtfest, nicht schlagzäh

**Bohle Verifix B 665-0**  
Niedrig Viskos; verwendbar 50-120°C; Glas / Glas Verbindungen nicht feuchtfest, nicht schlagzäh

**Bohle Verifix B 682-T**  
Mittel Viskos; verwendbar 50-150°C; Glas / Metall Verbindungen schlagzäh, nicht feuchtfest

Bohle Verifix MV 760; Mittel Viskos; verwendbar 70-140°C  
Glas / Metall; Glas / Glas Verbindungen feuchtfest, schlagzäh

Nun seid Ihr dran mit der Weitergabe von Erfahrungen.

**Die Redaktion wartet auf Material.**

Rinaldo August