

Kleben und Klebstoffe

Grundlagen und Geschichte

Was ist Kleben ?

Was ist ein Klebstoff ?

Die Geschichte der Klebstoffe und des Klebens

Einteilung der Klebstoffe nach ihrer Abbindung

Physikalische Abbindung

Physikalisch/chemische Abbindung

Chemische Abbindung

Einteilung der Klebstoffe nach ihrer chemischen Zusammensetzung:

Thermoplaste

Duroplaste

Einteilung nach DIN 16920

Vorteile von Klebstoffen

Nachteile von Klebstoffen

Systematik der Klebstoffe

Physikalisch abbindende Klebstoffe:

Chemisch abbindende Klebstoffe:

Die Beschreibung der Klebstoffe im Einzelnen:

Schmelzklebstoffe:

Kontaktklebstoffe:

Dispersionsklebstoffe:

Leime:

Lösungsmittelklebstoffe:

Naßklebstoffe:

Haftklebstoffe:

Plastisolklebstoffe:

Reaktionsklebstoffe:

Übersicht über Physikalisch abbindende Klebstoffe

Systematik der Klebstoffe in Anlehnung an DIN 16 920

Übersicht über Chemisch abbindende Klebstoffe

Systematik der Klebstoffe in Anlehnung an DIN 16 920

Klebeverbindungen

Physikalische Grundlagen der Klebetechnik.

Die Adhäsion (lat. Anhaftung)

Die Kohäsion (Zusammenhangskräfte)

Die Vorgänge in der Klebefuge

Wasserhaltige Klebstoffe :

Lösemittelhaltige Klebstoffe:

Lösemittelfreie Klebstoffe:

Aushärten

Klebbarkeit der Kunststoffe

Oberflächenenergie

Die Relevanz der Auftragsstärke

Verarbeitungskriterien verschiedener Klebstoffsysteme

Entkleben

chemisches Entkleben

thermisches Entkleben

mechanisches Entkleben

Gefahren von Klebstoffen für den Menschen

Gefahrensymbole

Grundlagen und Geschichte

Was ist Kleben

Unter Kleben (nach DIN 16920) versteht man das meist unlösbar Verbinden/ Fügen zwischen gleicher oder verschiedener Werkstoffe/ Materialien. Dies geschieht mit der Hilfe eines Klebstoffes, der zwischen beide Materialien eingebracht bzw. auf sie aufgetragen wird.

Eine Verklebung ist also eine feste und dauerhafte Oberflächenverbindung durch eine Klebstoffschicht. Kleber ist ein veralteter, umgangssprachlicher Ausdruck für Klebstoff. Im technischen Gebrauch ist immer von Klebstoffen zu sprechen.

Was ist ein Klebstoff

Klebstoffe sind (nach DIN 16921) nichtmetallische, plastische, flüssige oder feste Werkstoffe, die feste Fügebauteile durch Oberflächenhaftung (Adhäsion) und innere Festigkeit (Kohäsion) verbinden können, ohne dass sich von den zu verbindenden Materialien die Eigenschaften und Gefüge wesentlich verändern.

Das Wort "Klebstoff" ist ein Oberbegriff und schließt andere für Klebstoffarten gebräuchliche Bezeichnungen ein, die nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgeteilt werden:

So z.B. Leime, Kleister, Lösemittelklebstoffe, Dispersionsklebstoffe, Kontaktklebstoffe und Reaktionsklebstoffe. Im wesentlichen setzen sie sich aus Grundstoffen, Hilfsstoffen und teilweise auch aus Löse- bzw. Dispergiermitteln zusammen.

Die Geschichte der Klebstoffe und des Klebens

Das Kleben bzw. das Herstellen einer Klebung ist eine der ältesten Methoden der Menschheit zwei Materialien miteinander zu verbinden.

Schon vor etwa 6000 Jahren klebten die Sumerer und Ägypter, ihre Tempel mit Asphalt. Weitere Rohstoffe aus denen sie Klebstoff gewinnen konnten waren Erdpech und Baumharz.

Bereits etwa 3500 v.Chr. konnten sie Klebstoff auf Eiweißbasis herstellen, den sie durch Auskochen von Tierhäuten fertigten. Erstaunlicherweise sind ägyptische Schreinerarbeiten aus der Zeit um 1500 v.Chr. auch heute noch mit stabilen Verklebungen erhalten.

Aber auch die Griechen und Römer kannten schon verschiedene Klebstoffarten: z.B. Leime auf der Grundlage von Casein ("Käse-Kalk-Leim"), Albuminen, Mehlkleister, Hämoglobinen, Fischleim und tierischen Heißleim (der zur Holzverbindungen genutzt wurde). Der Fischleim und die Leime die aus tierischer Haut gewonnen wurden, waren die am häufigsten in Gebrauch befindlichen Klebstoffe in der Zeit vom Mittelalter bis heute

Die erste handwerkliche Leimfabrik entstand 1690 in Holland.

Zum ersten Mal patentiert wurde ein Klebstoff (ein Tischlerleim) im Jahre 1754 [England].

Erst im 20. Jahrhundert mit dem Erfinden synthetischer Klebstoffe (z.B. auf der Basis von Wasserglas, Kunstharzen usw.), begann die eigentliche Entwicklung der Klebstoffindustrie.

Einteilung der Klebstoffe nach ihrer Abbindung

1. Physikalische Abbindung

- durch Wärmeabgabe und Erstarrung bei Schmelzklebstoffen (EVA, Polyamid, Polyolefin)
- durch Wasserabgabe an die Umgebung oder an die zu klebenden Substrate bei Dispersionsklebstoffen (Kaschierklebstoffe und PVAc- Leime). Die dispergierten Klebstoffteilchen bilden dabei einen Film zwischen den zu klebenden Substraten.
- durch Verdunstung der Lösemittel bei Kontaktklebstoffen

2. Physikalisch/chemische Abbindung

- durch Polykondensation bei Harnstoffharz und Melaminformaldehydharzleim. Die Polykondensation wird durch Härter ausgelöst und durch Wärmezufuhr beschleunigt. Die Verarbeitung von Polykondensationsharzen erfolgt dabei üblicherweise in beheizten Pressen. Gleichzeitig wird das Wasser an die zu klebenden Substrate abgegeben.

3. Chemische Abbindung

- durch Polymerisation wie z. B. bei Cyanacrylatklebstoffen.
- durch Polyaddition bei Epoxydharzen und Polyurethan

Einteilung der Klebstoffe nach ihrer chemischen Zusammensetzung:

1. Thermoplaste

- Polyvinylacetat: PVAc-Leime für Holz- und Holzwerkstoffe
- Ethylvinylacetat: Als Dispersion für Kaschierklebstoffe, z. B. zum beschichten von Holzwerkstoffen mit PVC-Folien. Als Festharz für Schmelzklebstoffe zur Schmalflächenbeschichtung und Montage sowie Verpackung
- Polyamide: Schmelzklebstoffe mit besonders hoher Wärmestandfestigkeit
- Polyolefine: Neues Schmelzklebstoffsystem mit hoher Wärmestandfestigkeit, sehr guter Hitzelebrigkeit sowie hoher Kohäsion und Adhäsion

2. Duroplaste

- Harnstoff-Formaldehydharz: Verwendung als Furnierleim
- Melamin-Formaldehydharz: Für Verleimungen mit erhöhter Feuchtbeständigkeit, z.B. für Außentüren.
- Polyurethan: Ein- und zweikomponentige Klebstoffe für die Herstellung von Verbundelementen und zum Einsatz im Innenausbau.
- Epoxydharz: Beim Einsatz von Konstruktionsklebstoffen
- Cyanacrylate: Klebstoffe für Kleinflächen, z. B. zum kleben von Dekorleisten aus Kunststoff und Holz auf Dekor- und Lackflächen (Paßgenauigkeit > 0,1 mm).

Einteilung nach DIN 16920

Die Klebstoffe werden nach dem Zustand, aus dem die Verarbeitung erfolgt nach DIN 16920 und DIN 16921 folgendermaßen eingeteilt:

Klebstofftyp	Beispiele	Abbindevorgang
<p>Leimlösungen: alle in Wasser gelösten Klebstoffe Harnstoffharz</p>	<p>Zelluloseäther (Kleister) Trocken und Kondensation Kalt oder Heiß</p>	Trocken
<p>Klebedispersionen = Dispersionskleber Latexkleber: in Wasser dispergierte oder emulgierte Klebstoffe a) harte Kunststoffe b) Haftkleber</p>	<p>Kautschuke, Thermoplaste z.B. PVAc- Disp., PVAc Copolymer, Acrylate</p>	Trocken
<p>Kleblacke: in organischen Lösungsmittel gelöste Kunststoffe a) harte Kunststoffe</p>	<p>Thermoplaste PF(im A- Zustand)</p>	Verdunsten des Lösungsmittels, ggf. Kondensat
<p>b) <i>Haftkleber</i> PIB, Polyvinyläther</p>	<p>Trocken Synthesekautschuke</p>	
<p>c) <i>Reaktionsklebelacke:</i> sie enthalten als Lösungsmittel flüssige Kunstharzvorprodukte Hauptsächlich Zweikomponentenkleber</p>	<p>PMMA in MMA, UP, PU, EP, Polyäthylenimin</p>	chemische Aushärtung ohne Druck
<p><i>Einkomponentenkleber</i></p>	<p>Alpha Cyanacrylate Spezielles PU</p>	Härtung mit Luftfeuchtigkeit
<p>Klebekitte: pastenförmige Klebstoffe (mit hohem Füllstoffgehalt)</p>	<p>Synthesekautschuke</p>	
<p>Schmelzklebstoffe(Hotmelt): feste Klebstoffe auch Folien, die für die Verarbeitung vorübergehend geschmolzen werden. a) harte Kunststoffe b) <i>Haftkleber</i></p>	<p>Thermoplastische PVB – Folien Kondensationsharze: PF, UF, MF- Vorkondensate, Reaktionsharze: EP</p>	Erstarren beim Abkühlen
<p>Klebeplastisole: adhäsierend eingestellte lösungsmittelfreie PVC-Pasten</p>	<p>gelieren in der Sonne</p>	

Vorteile von Klebstoffen

Einige der typischen Vor- und Nachteile [bzw. Einschränkungen] des Klebens gegenüber anderen Füge-/ Verbindungsverfahren wie dem Schweißen, Löten, Schrauben, Nieten und den formschlüssigen Verbindungen (z.B. Schnappverbindungen) sind folgende:

- Fast alle Werkstoffe können miteinander verklebt werden. Weil die Fügeart Kleben oft geringere Ansprüche an die physikalischen Eigenschaften der zu verbindenden Teile hat, lassen sich auch Teile miteinander verkleben, die mechanisch nur schwer zu bearbeiten sind oder durch thermische Verfahren nicht zu fügen wären (z.B. gehärtete Metalle, Sintermetalle, Glas, Keramik usw.)
- Kleben ist leicht zu erlernen. Außerdem sind für geringe Stückzahlen keine besonderen Geräte oder Maschinen erforderlich.
- Die Isolierende Wirkung. Sie verhindert z.B. galvanische Kontaktkorrosion bei Fügeteilen aus verschiedenen Metallen und Wirbelströme (durch Magnetfelder induzierte elektrische Kreisströme, die zu Energieverlusten führen) bzw. statische Aufladungen. Sie lassen sich aber auch weitestgehend modifizieren, um sie z.B. leitfähig zu machen.
- Undurchlässig für Flüssigkeiten, zum Teil sind die Klebstoffe auch gasdicht.
- Vor- und Nachbearbeitung entfallen in fast allen Fällen. Der Gesamtaufwand bzw. die mechanische Vorbehandlung der Teile ist gegenüber den anderen Fügeverfahren wesentlich geringer. Meist kann auch die Passung der zu verklebenden Teile gröber sein. Aufgrund der geringen Menge an Klebstoff, die meistens ausreicht um die gleiche Stabilität wie bei den anderen (voluminöseren Fügeverfahren) zu erhalten, sind Volumen- und Gewichtseinsparungen möglich.
- Die materialschonenden Verarbeitungstemperaturen. Sie sind relativ niedrig, für viele Klebstoffe reichen Raumtemperaturen völlig aus. Bei den übrigen werden höchstens bis zu 200°C benötigt.
- Kleben ist eine schnelle und preiswerte, deshalb wirtschaftliche Verbindungsmöglichkeit
- Schwingungen werden durch die gleichmäßige Kräfteverteilung und der gleichmäßigen Spannungsverhältnisse über die gesamte Klebefläche verteilt, also gedämpft. Gefahren des Einreißen durch örtliche Spannungsanhäufungen treten nicht auf. Das führt zu einer hohen Dauerfestigkeit.
- Die Verbindungen sind aerodynamisch, weil keine Nieten oder Schrauben überstehen
- Die geringe Beanspruchung der Teile. Auch bei sehr dünnwandigen Teilen, treten keine Oberflächenänderungen, kristalline Umlagerungen usw. auf. Außerdem muß nur wenig mit Schrumpfung und Verzug gerechnet werden.
- Neue Möglichkeiten für Konstruktionselemente (z.B. Sandwichbauweise)

Nachteile von Klebstoffen

- Zum Aushärten, benötigen die meisten Klebstoffe eine nicht zu vernachlässigende Zeit. Da die Aushärtung bis zu einigen Tagen dauern kann, eignet sich kleben nur bedingt zur Serienfertigung.
- Die nur begrenzte thermische Belastbarkeit ist ein Problem von fast allen Klebstoffen. Da ihre obere Temperaturgrenze bei 80 bis 125°C liegt. Einzelne Klebstoffe können allerdings für Klebungen eine Wärmefestigkeit von ca. 250°C erreichen, diese sind jedoch schwieriger zu verarbeiten. Diese Klebstoffe sind aus Polyimiden (das sind hochtemperaturbeständige Makromoleküle aus den stickstoffhaltigen cyclischen Säureamid-Bausteinen). Organische Kleber allerdings, erreichen konstante und genügend hohe Festigkeiten nur in einem eng bemessenen Temperaturbereich. Bei -60°C ist die allgemeine untere Temperaturgrenze erreicht. Die obere Temperaturgrenze liegt etwa bei 300°C, ab dort wird die Verbindung bzw. der Klebstoff zerstört.
- Die Festigkeit der Verklebung wird zu einem größeren Teil von der Oberflächengüte der zu verbindenden Werkstoffe bestimmt, als von der Qualität des Klebstoffes. Bei einigen Klebstoffen wie etwa PE, PP, PTFE sind aufwendige Vorbehandlungen nötig.
- Klebeflächen haben eine verhältnismäßig geringe mechanische Festigkeit. Die für eine Klebeverbindung zulässige Beanspruchung hängt aber auch stark von der Art der Krafteinwirkung ab. Klebeflächen können Schäl- oder Stoßbeanspruchungen z.B. nur schlecht verkraften und können dann sogar brechen. Der Unterschied zwischen dem Klebstoff und dem Werkstoff ist bei der Festigkeit sehr groß. (bei Klebstoffen 10-40 N/mm² und z.B. bei metallischen Werkstoffen 200-1000 N/mm²).
- Eine Mindest-Umgebungs- und Teiletemperatur benötigen viele aushärtende Kleber. Deshalb können sie auch wenig in kalten Räumen oder im Freien verwendet werden.
- Die begrenzte Lagerfähigkeit der Ausgangsstoffe zum Ansetzen von Klebemischungen. Da, dass altern dieser Stoffe nur schwer festzustellen ist, bleibt ein Unsicherheitsfaktor bei der Bestimmung der Haltbarkeit bzw. der Gebrauchsfähigkeit.
- Innerhalb kürzester Zeit muß die angesetzte Klebstoffmischung verarbeitet werden.
- Es ist sehr schwierig eine Prüfung der Klebekraft, zerstörungsfrei durchzuführen. Auch eine Vorausberechnung der Festigkeit, einer Klebefuge, kann nur grob überschlagen werden. Eine technisch vollständig begründete Garantie für die Festigkeit der Verklebung kann, weil man das Ergebnis der Verbindung nur indirekt anhand der Klebpartner und den Verarbeitungsbedingungen erkennen kann, nicht übernommen werden.
- Eine genau Dosierung der Komponenten ist von großer Bedeutung und bei kleinen Mengen, ohne maschinelle Hilfe, kaum reproduzierbar.
- Gegenüber chemischen Einflüssen wie z.B. der Industriatmosphäre, den Witterungseinflüssen, Lösemitteln oder UV-Licht, ist die Klebstoffverbindung oftmals stark empfindlich.
- Über einen längeren Zeitraum nimmt die Festigkeit der Verklebungen, je nach Art der Belastung, der chemischen Einflüsse und der Temperatur merklich ab. Bei einer hohen statischen Dauerbelastung (Druckbeanspruchung) zeigen die meisten Klebstoffe plastische Verformungen, welche als "Kriechen" bezeichnet werden.

Von Vor- und Nachteilen der Klebetechnik im Vergleich zu den anderen (schon erwähnten) Fügeverfahren, kann nur gesprochen werden, wenn alle Besonderheiten, die die Maßstäbe mitbestimmen, vorgegeben sind. Oftmals findet man den Vorteil eines Fügeverfahrens nur durch eine vergleichende Prüfung heraus und nicht anhand von Beschreibungen auf den jeweiligen Produktverpackungen.

Ein behelfsmäßiges oder minderes Verfahren, dass wegen schlechter Ergebnisse der herkömmlichen Fügeverfahren, bei besonderen Materialien eingesetzt wurde und wie es in der überholten Erfahrung mancher Praktiker mit älteren Klebstoffen, dargestellt wird, ist das Kleben aber auf gar keinen Fall.

Das Kleben ersetzt nicht die anderen Fügeverfahren, vielmehr ergänzt es sie, besonders in schwierigen Fällen.

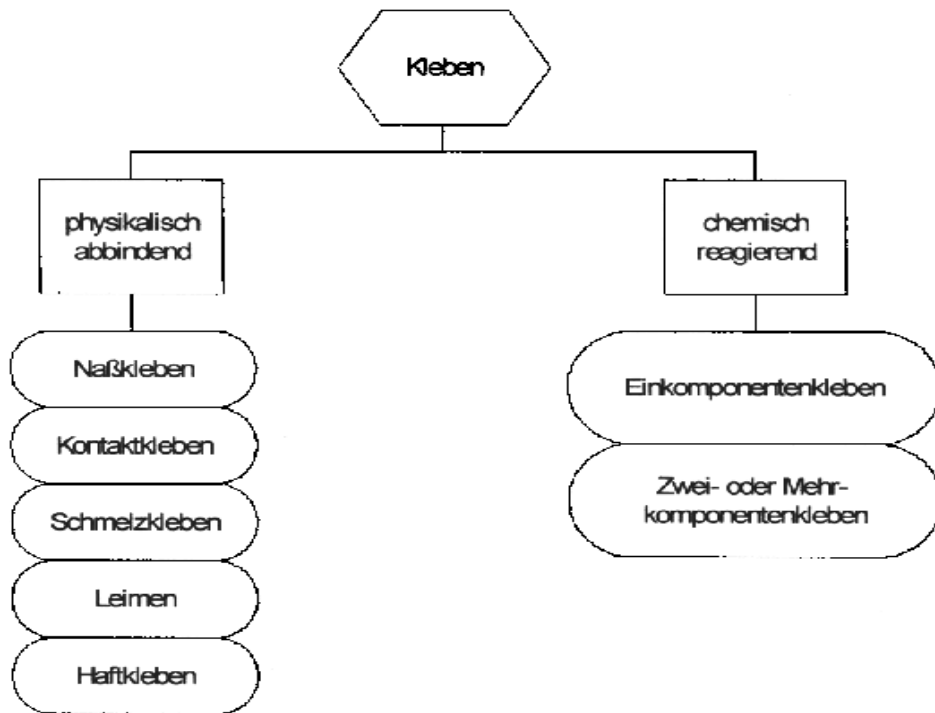
Beispielsweise, für eine gasdichte Verbindung zwischen Metallen und Keramik oder Glas ebenso zwischen Duroplasten und Metallen, sowie für stoffschlüssige Verbindungen von, Stahl mit Buntmetallen oder Aluminium, gibt es gar keine Alternativen zu den Klebstoffen.

Oftmals kann auch nur eine Kombination aus einem alternativen Fügeverfahren und der Klebetechnik, eine starke Verbindung gewährleisten.

Zum Beispiel, verstärkt man ein dünnes Blech, das für eine Schraubverbindung nicht fest genug ist, durch Schrauben die mit Flüssigkunststoff gesichert sind oder durch mehrere aufgeklebte Verstärkungsschichten. Zu einer Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Klebstoffen sind große Mengen an Daten nötig. Es sind neben anderen Angaben, vor allem die Zeitabläufe zu beachten. Unter anderem:

- damit die Kosten für Lagerflächen die einmaligen Maschinen-, Werkzeug-, und Gerätekosten
- und der Aufwand infolge des höheren Risikos z.B. für Rückstellungen oder Versicherungsprämien möglichst gering bleibt.
- Aber auch bei einer Umstellung des Fügeverfahrens, in einem Betrieb, ist der schon vorhandene Maschinenpark und sind die schon vorliegenden Erfahrungen, von großer finanzieller Bedeutung.

Systematik der Klebstoffe



1. Physikalisch abbindende Klebstoffe:

Die auf beiden Trägern befindliche Klebstoffschicht hält nach dem Zusammenfügen aneinander, da durch Verdunsten von Wasser oder Lösungsmitteln sich die Klebstoffmoleküle eng aneinanderreihen und so die erforderlichen Kohäsionskräfte entstehen. Physikalisch abbindende Klebstoffe lassen sich einteilen in:

- Plastisolklebstoffe
- Haftklebstoffe
- Kontaktklebstoffe
- Lösungsmittelklebstoffe
- Dispersionsklebstoffe
- Naßklebstoffe
- Leime
- Schmelzklebstoffe

Die Schmelzklebstoffe gehören zu den physikalischen Klebstoffen, da sie durch Erwärmung zähflüssig werden, sich der zu verklebenden Oberfläche dicht anpassen und somit Adhäsionskräfte entwickeln. Durch Unterschreiten des Schmelzpunktes binden sie sofort ab, obwohl sie keine Lösungsmittel beinhalten.

2. Chemisch abbindende Klebstoffe:

Eine andere Bezeichnung für chemisch abbindende Klebstoffe ist *Reaktionsklebstoffe*. Bei diesen Zwei- oder Mehrkomponenten - Klebstoffen bilden sich die Kohäsionskräfte durch eine chemische Reaktion zwischen den Komponenten. Die Adhäsionskräfte können sich entwickeln, weil der Klebstoff vor der chemischen Reaktion flüssig ist und daher Unebenheiten auszugleichen vermag.

Die Beschreibung der Klebstoffe im Einzelnen:

1.1 Schmelzklebstoffe:

Schmelzklebstoffe haben einen besonderen Vorteil gegenüber anderen Klebstoffen - ihr thermoplastisches Verhalten. Beim Erhitzen schmilzt der Klebstoff und kann verarbeitet werden (einseitiger Auftrag des etwa 200°C heißen flüssigen Klebstoffes durch spezielle heizbare Geräte) und direkt nach dem Abkühlen ist praktisch die Endfestigkeit der Klebung erreicht. Es ist also keine Trocknung oder Ablüftung, bzw. das Vermischen mehrerer Komponenten nötig. Durch Einsatz von Schmelzklebstoffen wurden erst die hohen Produktionsgeschwindigkeiten, wie z.B. in der Verpackungsindustrie, erreicht.

Schmelzklebstoffe sind aus verschiedenen Rohstoffen aufgebaut, um den Anforderungen gerecht zu werden. Der Grundstein (chemisch: das Basispolymer) ist hauptsächlich Ethylenvinylacetat (EVA), ein Copolymer (Grundbaustein, an dessen Aufbau mehrere Arten von Monomeren beteiligt sind) aus Ethylen und Vinylacetat. Der Anteil an Vinylacetat schwankt zwischen 18 und 40 % und gibt dem Copolymer verschiedene Eigenschaften.

Andere Schmelzklebstoffe sind statt auf EVA auf Polyamiden (Thermoplaste, die aus Phenol oder Cyclohexan hergestellt werden) oder auf thermoplastischem Kautschuk aufgebaut. Diese Polymere geben dem Schmelzklebstoff die filmbildenden Eigenschaften.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist das Harz. Es gibt weiße, gelbe, Natur-, synthetische, harte spröde oder weiche flüssige Harze, die je nach Einsatz ausgewählt werden müssen. Die Harze geben die Klebrigkeit, die Adhäsion und dienen zum Verdünnen (Viskositätsniedrigung).

Die dritte wichtige Gruppe sind die Wachse, sie geben dem Schmelzklebstoff die schnelle Kristallisation. Im Bereich der Holzschmelzklebstoffe kommen zu den Rohstoffen Wachs, Harz und Polymere noch die Füllstoffe und Farbstoffe.

Anwendungsbeispiele	Verklebung von Kantenstreifen aus Furnier, Melaminharz, PVC und ABS im Plan und Softformingverfahren.
Erweichungsbereich	70 – 120°C
Verarbeitungstemperatur	180 – 220°C
Endaussehen	von weiß über transparent bis gelb
Eigenschaften	Elastisch, gute Adhäsion, gute Oxidations- und Farbstabilität
Kennzeichnungen	Nach Gefahrenverordnung normalerweise keine Kennzeichnung erforderlich

1.2 Kontaktklebstoffe:

Kontaktklebstoff ist eine Bezeichnung für eine Gruppe von Lösungsmittelklebstoffen, deren Rohstoffbasis aus Harzen (Gruppe von festen und halbfesten organischen Substanzen) und synthetischen Kautschuken (Polymere, die durch Vulkanisation in den Zustand der Hochelelastizität übergehen und dabei ihre Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln verlieren) besteht.

Kontaktklebstoffe eignen sich zur Verklebung von Holz, Metall, Leder, Kunststoffen, Gummi und Schaumstoffen. Der Vorteil von Kontaktklebstoffen liegt darin, daß Verklebungen von nicht durchlässigen Materialien möglich sind.

Kontaktklebstoffe werden auf beide zu verklebenden Teile aufgetragen. Nachdem die Ablüftzeit von 5 bis 15 Minuten vorüber ist, werden beide Seiten möglichst unter hohem Druck zusammengefügt. Lange Preßzeit ist für die Festigkeit der Verklebung nicht erforderlich, ausschlaggebend ist die Höhe des Preßdrucks. Die Verklebungen mit Kontaktklebstoffen sind sofort haft- und belastbar und bleiben elastisch (z.B. zum Verkleben von Schuhsohlen).

Anwendungsbeispiele	Verkleben von Span- und Hartfaserplatten, Gummi, Filz, viele Kunststoffe untereinander und auf Metall
Basis	für gewöhnlich Polychloropren
Eigenschaften	ausgezeichnete Anfangshaftung, gute Wärme- und Kältebeständigkeit, streichbar und teilweise spritzbar Nach VbF : A I (leicht entzündlich)
Gefahrklasse	Offenes Feuer und Funkenbildung vermeiden. Elektrische Geräte abschalten. Arbeitsraum lüften. Nicht rauchen. Nicht in Abwasser schütten.
Kennzeichnung	Nach Gefahrstoffverordnung F (leicht entzündlich) Xn (gesundheitsschädlich)

1.3 Dispersionsklebstoffe:

Mit dem Begriff Dispersion bezeichnet der Chemiker die feinste Verteilung eines Stoffes in einem anderen, so daß die Teilchen des einen Stoffes in dem anderen schweben. Bei Dispersionsklebstoffen sind die Feststoffe Kunstharze, die in Wasser verteilt, aber nicht gelöst sind.

Heute zählen vor allem Weißleime zu den Dispersionsklebstoffen. Sein Basismittel Wasser sorgt dafür, daß der eigentliche Klebstoff, nämlich das Kunstharz, an die Stellen transportiert wird, wo es zur verklebenden Wirkung kommen soll. Voraussetzung ist deshalb, daß die zu verklebenden Teile, in diesem Falle Holz, Wasser aufnehmen und verdunsten lassen können. Denn wenn das Wasser seine Lösungs- und Transportfunktion erfüllt hat, muß es wieder entweichen können. Nur dann kann das Kunstharz abbinden und damit kleben.

Zu Beginn der Abbindezeit ist die Klebekraft des Leims gering. Die Holzteile müssen mit Klemmen oder Schraubzwingen unter hohem Druck zusammengepreßt werden, bis das im Leim enthaltene Wasser vom Holz aufgenommen worden ist und der eigentliche Klebstoff zu trocknen beginnt.

Außerdem wird beim Pressen das Kunstharz in die Poren der Holzoberfläche gedrückt und dabei gleichsam mit dem Werkstoff verzahnt. Die Haftfläche für den Leim beträgt nach diesem Vorgang ein Vielfaches der sichtbaren Oberfläche und steigert damit die Belastbarkeit der Klebeverbindung. Sorgfältig verleimtes Holz reißt deshalb nie an der Klebefläche, sondern stets daneben. Denn die Klebung mit Kunstharz ist härter als das Holz. Holzleime sind in der Regel milchig weiß und trocknen transparent aus.

1.4 Leime:

Leime sind in Wasser gelöste Klebstoffe, die aus tierischen, pflanzlichen oder synthetischen Grundstoffen bestehen. Die häufig zu den Kleistern gerechneten pflanzlichen Leime haben Stärke oder Dextrin (Abbauprodukt der Stärke; hauptsächlich aus Kartoffelstärke gewonnen) zur Basis, die tierischen Casein (Eiweißbestandteil der Milch), hauptsächlich aber Glutin. Je nach dem Ausgangsmaterial unterscheidet man zwischen Haut-, oder Lederleim, Knochenleim und Fischleim. Derartige Leime sind Umwandlungsprodukte der in tierischen Bindegeweben enthaltenden Kollagene (langfaserige Proteine, die vor allem in der Lederhaut, in Knorpeln, Bindegewebe, Sehnen, Bändern und der eiweißhaltigen Grundsubstanz Ossein des Knochens vorkommen). Werden diese mit heißem Wasser unter erhöhtem Dampfdruck hydrolysiert (Hydrolyse: chemische Reaktion, bei der Verbindungen durch Einweichen von Wasser gespalten werden), so verlieren sie ihre Struktur, quellen auf und lösen sich in heißem Wasser. Dieses Produkt heißt Glutin; es ist der wesentlichste Bestandteil

der Glutinleime und der Gelantine.

Beim Erkalten erstarrt diese Lösung zu einer elastischen Masse, die durchsichtig und hornartig eintrocknet. Dieser eigentliche Leim quillt im kalten Wasser langsam auf, ohne sich zu lösen. Beim Erwärmen löst er sich leicht zu einer Flüssigkeit von hoher Klebekraft auf. Da alle Glutinleime der ideale Nährboden für Mikroorganismen sind, müssen sie durch Konservierungsmittel geschützt werden.

Nach ihrer Verarbeitungstemperatur unterscheidet man warm abbindende Leime und Kaltleime. Leime kamen früher häufig in Form von Platten in den Handel (Tafelleim), heute durch die weit-gehende Mechanisierung der Trocknungsverfahren meist als Perl-, Würfel- oder Krümelleime.

Die Bedeutung der natürlichen Leime ist der, der synthetischen auf Basis Polyvinylacetat, Phenolformaldehyd, Harnstoff-Formaldehyd und Melamin-Formaldehyd stark zurückgegangen.

Polyvinylacetat - Leime sind in Wasser dispergiert und entstehen durch Polymerisation des Thermoplastes Vinylacetat. Er ist in flüssiger, milchweißer Form im Handel und wird deshalb auch als Weißleim bezeichnet.

Phenol-, Harnstoff- und Melaminharzleime sind Duroplaste und werden bei der Herstellung vorkondensiert und heißen deshalb Kondensationsleime. „Beim Verarbeiten der Leimflotte wird die unterbrochene Kondensation durch Wärme oder durch Zugabe von Härtern wieder in Gang gebracht und bis zum vollständigen Aushärten fortgesetzt. Auch bei Raumtemperatur findet eine langsame Kondensation bzw. Abbindung statt. Diese Leime können daher nur begrenzt gelagert werden.“

Anwendungsbeispiele einsetzbar für alle Holz und Holzwerkstoff Verleimungen

Basis normalerweise Polyvinylacetat daher als PVAc - Klebstoff bekannt

Abbindezeit je nach Beschaffenheit und ggf. Härterzugabe 5 – 30 min

Eigenschaften fast flüssig, gut verstreichbar

Gefahrklasse nach VbF normalerweise keine

Kennzeichnung nach Gefahrstoffverordnung keine

1.5 Lösungsmittelklebstoffe:

Die DIN 16 920 differenziert zwischen Lösungsmittelklebstoffen und Dispersionsklebstoffen. In einem Dispersionsklebstoff ist das Bindemittel, wie beim Lösungsmittelklebstoff, nicht in der flüssigen Phase gelöst, sondern im Dispergiermittel, meist Wasser, fein verteilt (dispergiert).

Unter lösungsmittelhaltigen Klebstoffen versteht man alle Klebstoffe, die Lösungsmittel enthalten.

Hierzu gehören alle physikalischen Klebstoffe außer Dispersionsklebstoffe, Schmelzklebstoffe und Plastisolklebstoffe.

1.6 Naßklebstoffe:

Naßklebstoffe sind Klebstoffe, bei denen die Klebstoff-Filme beim Zusammenfügen noch wesentliche Anteile an Löse- oder Dispersionsmitteln enthalten. Auf eines der zu verbindenden Teile wird der Klebstoff aufgetragen. Das andere Teil wird in das nasse Klebstoffbett gelegt. Nach einiger Zeit ist das Lösungsmittel verdunstet.

Nachteil der Naßklebstoffe ist, daß sich entweder nur kleine Teile miteinander verbinden lassen oder daß einer der beiden Werkstoffe für das Lösungsmittel durchlässig sein muß, da sonst der Abbindevorgang Wochen oder Monate dauern würde.

Vorteil der Naßklebstoffe ist, daß sie Kunststoffoberflächen anlösen, und diesen die Möglichkeit der gegenseitigen Diffusion (die von selbst erfolgende Vermischung verschiedener, aneinander grenzender

Stoffe; bewirkt durch die Eigenbewegung der Moleküle) geben. Man erreicht durch diese Methode eine Verklebung, die einer Verschweißung sehr nahe kommt.

Naßklebstoffe werden sehr häufig im Eisenbahn-, Schiffs- und Flugzeugmodellbau verwendet.

1.7 Haftklebstoffe:

Haftklebstoffe sind elastische und dauernd klebfähige Selbstklebemassen mit großen Adhäsionskräften und kleinen Kohäsionskräften, die schon unter geringem Druck bei Raumtemperatur auf den verschiedensten Oberflächen haften und deren Verbindungen meist mehrmals gelöst werden können. Haftklebstoffe finden Verwendung bei Heftpflastern, Klebeetiketten, Klebebändern und Fliegenfängern. Die modernen Haftklebstoffe, viskose Lösungen oder Dispersionen von Kau-tschuk, Polyacrylaten und Polyvinylethern, werden in der Regel auf ein Trägermaterial aufgetragen.

1.8 Plastisolklebstoffe:

Als Plastisole bezeichnet man Dispersionen von Kunststoffpulver; insbesondere PVC in Weichmachungsmittel unter Zusatz von Stabilisatoren. Plastisole gelieren bei einer Temperatur von 140- 200°C zu kautschukähnlichen Massen. Unter Zugabe von Haftvermittlern (Stoffe, die der Verbesserung der Haftfestigkeit miteinander zu kombinierender Werkstoffe dienen; häufig aus Titanate, Chlorsilane, Carbonsäuren und speziell für Klebstoffe aus Ethylen/Acrylamid-Comonomeren oder polymeren Isocyanaten bestehend) können Plastisole als Klebstoffe eingesetzt werden. Plastisole werden außerdem für Schaumstoffe und zur Beschichtung von Metallen zum Korrosionsschutz eingesetzt.

2.1 Reaktionsklebstoffe:

Reaktionsklebstoffe ist die Bezeichnung für Klebstoffe, die durch zugesetzten Härter oder weiteren Komponenten chemische Reaktionen auslösen (Polymerisation, Vernetzung), und somit sehr feste und dauerhafte Verbindungen eingehen.

Reaktionsklebstoffe werden aus verschiedenen, meistens zwei Stoffen zusammengemischt, um einen neuen Kunststoff zu bilden. Dieser neue Kunststoff (Klebstoff) wird auf einem der zu verklebenden Teile aufgetragen, und nachdem beide zu verklebenden Teile zusammengefügt werden, verbindet er sie im Verlauf seiner Aushärtung miteinander.

Zu den Reaktionsklebstoffen zählen die Zwei-Komponentenklebstoffe aus Epoxidharzen, Acrylatharzen und weiteren Harzen sowie die „Ein-Komponentenklebstoffe“ aus Cyanacrylat. Diese Ein-Komponentenklebstoffe brauchen eine „unsichtbare“ zweite Komponente, nämlich Feuchtigkeit, die sie aus der Umgebungsluft beziehen. Es empfiehlt sich immer bei diesem Ein-Komponentenklebstoff die Klebefläche leicht anzufeuchten, um eine gute Verklebung zu garantieren. Reaktionsklebstoffe enthalten keine Lösungsmittel und sind deshalb besonders geeignet für glatte, nicht poröse und feste Materialien wie z.B. Glas, Metalle, Keramik, Kunststoffe und Gummi. Die Klebestellen sollten aber vor der Verklebung durch Schleifen von anhaftenden Oxidschichten befreit werden. Dies gilt insbesondere für Gummi, da es durch Einwirkung von UV-Strahlen und Ozon geschädigt wird und keine klebefähige Schicht mehr haben kann.

Reaktionsklebstoffe aus Epoxidharzen sind vielfältig einsetzbar. Sie können unter Zugabe von Holzfasern, Sand, Metallpulver, Farbpulver, Kreide und Zement als Spachtelmasse eingesetzt werden. So ein Gemisch läßt sich nach Auftrag noch verformen und nach dem Aushärten bearbeiten. Im Gegensatz zu den Epoxidharzen, die meist etwas elastisch bleiben, werden die Acrylatharze sehr hart. Es gibt unterschiedliche Typen: Während die einen ein exaktes Mischungsverhältnis verlangen,

können andere durch unterschiedliche Mischungsanteile von fließend (langsam härtend) bis pastös (schnell härtend) eingestellt werden.

Im Außenbereich werden bevorzugt Acrylatharze eingesetzt, weil sie frostsicherer sind als Epoxidharze. Andererseits wird man bei Zugabe von Füllstoffen oder Farben eher zu Epoxidharzen greifen, weil durch ihre längere Abbindezeit sichergestellt ist, daß für die Verarbeitung genügend Zeit zur Verfügung steht

Übersicht über Physikalisch abbindende Klebstoffe

Klebstofftyp	Beispiel	Bedingungen	Anzahl der Komponenten	Abbinde-Temperatur	Lösungsmittel Dispersionsmittel	Anwendung
Schmelzklebstoff	Polyester, EVA, PA, SB		1	warm	ohne	Papier, Textilien, Leder, Kunststoffe
Plastisolklebstoff	PVC	+Weichmacher und Haftvermittler	1	warm	ohne	Metalle, Keramik
Haftklebstoff	Kautschuke, Polyacrylate		1	kalt	verdunsten vor dem Kleben	Folien, Bänder, Etiketten
Kontaktklebstoff	PUR, SB, Polychloropen		1	kalt	verdunsten vor dem Kleben	Holz, Gummi, Kunststoffe, Metalle
Lösungsmittel-/ Dispersionsklebstoff	PUR, VA,- VC,- VDC-Copolymere		1	warm	verdunsten vor dem Kleben	Papier, Metalle, Kunststoffe
Lösungsmittel-/ Dispersionsklebstoff	NR, PVAC, EVA, Polyacrylate		1	kalt	verdunsten beim Kleben	Papier, Keramik, Kunststoffe, Holz
Leime	Glutin		1	warm	verdunsten beim Kleben	Holz, Papier, Pappe
Leime	Stärke, Dextrin, Casein, PVAL, PVP Celluloseether		1	kalt	verdunsten beim Kleben	Papier, Pappe

Systematik der Klebstoffe in Anlehnung an DIN 16 920

Kurzzeichenerklärung:

EVA Ethylen-Vinylacetat

SB Polystyrol mit Elastomer auf Basis Butadien modifiziert

PVP Polyvinylpyrrolidon

PVAL Polyvinylalkohol Vinyl andere Bezeichnung für Ethenyl

VA Vinylacetat

PVAC Polyvinylacetat

PA Polyamid

VC Vinylchlorid

PUR Polyurethan

VDC Vinylidenchlorid

Übersicht über Chemisch abbindende Klebstoffe

(Reaktionsklebstoffe)

Kunststofftyp	Reaktions-Bedingungen	Anzahl der Komponenten	Abbinde-Temperatur	Reaktions-Produkte	Anwendung
EP	+Säureanhydride	2	warm		Metalle, Keramik, Kunststoffe
EP	+Polyamine	2	kalt		Metalle, Keramik, Kunststoffe
Polysocyanate	+Polyole	2	Kalt		Metalle, Keramik, Kunststoffe
Cyanacrylate		1	Kalt		Metalle, Keramik, Kunststoffe, Gummi
Methacrylate		1	Kalt		Metalle
UP	+Styrol oder Methacrylate	2	Kalt	bleiben in der Klebeschicht	Metalle, Keramik, Kunststoffe
Silicon-Harze	+ Feuchtigkeit	1	Kalt	verdunsten beim Kleben	Keramik
PF	+PVFM oder NBR	1	Warm	Verdunsten beim Kleben	Metalle
PJ, Polybenzimidazole		2	Warm	verdunsten beim Kleben	Metalle
UF-, MF-, PF-, RF-Harze		2	warm, kalt	verdunsten beim Kleben	Holz

Systematik der Klebstoffe in Anlehnung an DIN 16 920

Kurzzeichenerklärung

EP Epoxid

MF Melamin – Formaldehyd

PF Phenol – Formaldehyd

PJ Polyimid

PVFM Polyvinylacetate

RF Resorcin - Formaldehyd - Harze

UF Harnstoff - Formaldehyd

UP Ungesättigter Polyester

Klebeverbindungen

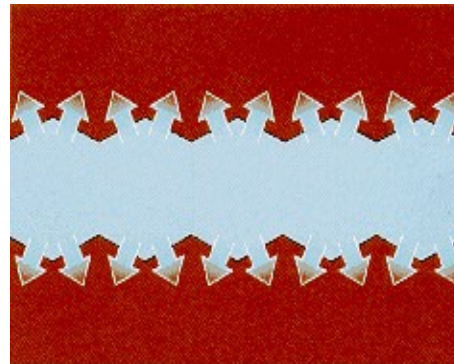
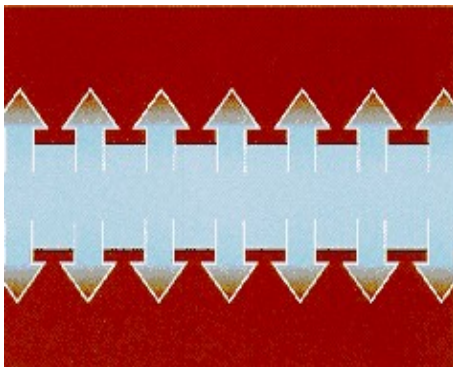
Physikalische Grundlagen der Klebetechnik.

Um eine dauerhafte Verbindung zwischen zwei Werkstücken (-stoffen) herzustellen verwendet man Klebstoffe. Der aufgetragene Klebstoff härtet dabei, wie schon mehrfach erwähnt, je nach Art des Klebers, physikalisch (entweichen des Lösungsmittels) oder durch eine Chemische Reaktion (zwei chemische Stoffe reagieren miteinander), aus. Dadurch wird erreicht, daß die Materialien zusammenhalten. Zwei physikalische Faktoren beeinflussen die Haltbarkeit dieser Klebeverbindung:

Die Adhäsion (lat. Anhaftung)

Unter Adhäsion (auch Grenzflächenhaftung) versteht man den engen molekularen Kontakt zwischen den Oberflächen verschiedener Teile. Die Adhäsion beruht im wesentlichen auf elektromagnetischen Wechselwirkungen zwischen Klebstoff und Fügeeteil. Adhäsionskräfte wirken zum Beispiel, wenn ein nasses Blatt Papier an einer Glasscheibe hängt, oder wenn mit einem Stück Kreide auf eine Tafel geschrieben wird.

Die schematische Darstellung der Adhäsionskräfte:



Die Bilder zeigen die Adhäsion des Klebstoffes an der zerklüfteten Oberfläche des Werkstoffes

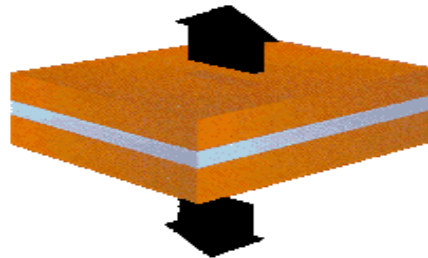
Eine hohe Adhäsion bzw. Haftung eines Klebstoffes am zu klebenden Material wird stets erreicht, wenn zwischen der Oberfläche des Werkteils und dem Klebstoff ein möglichst inniger Kontakt entsteht. Die Klebflächen müssen deshalb sauber, staub- und fettfrei sein. Durch Anrauen mit Schleifpapier wird die Adhäsion noch verbessert, weil sich dabei die Oberfläche des Materials vergrößert. Beim Verkleben von Werkstücken verbessert man also die Adhäsion durch Aufrauen der Oberfläche. Die Verbindung der Teile wird dadurch noch fester.

Kleber ist in frischem Zustand relativ flüssig. Daher benetzt er die, mikroskopisch gesehen, stark zerklüftete Oberfläche des Werkstoffes vollständig und stellt ein ideales Brückenmedium zwischen den zu verbindenden Teilen her. Nur ist diese Verbindung nicht belastbar. Erst nachdem der Klebstoff im engen Kontakt zu den Klebeflächen durch Trocknung oder chemische Reaktion erstarrt ist, kann die Verbindung mechanisch belastet werden.

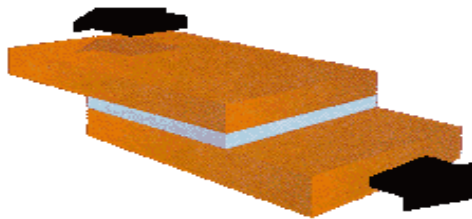
Die Kohäsion (Zusammenhangskräfte)

Wichtig für die Stabilität einer Klebeverbindung ist auch die sogenannte Kohäsion. Darunter versteht man die Endfestigkeit des erstarrten Klebstoffes. Die Kohäsion (innere Festigkeit des Klebstoffes) ist der Zusammenhalt der Kunststoffmoleküle untereinander. Je höher die Kohäsion, desto höher die Festigkeit des Klebstoffes. Beim Kleben kann die Kohäsion optimal genutzt werden, wenn nicht unnötig dick aufgetragen wird.

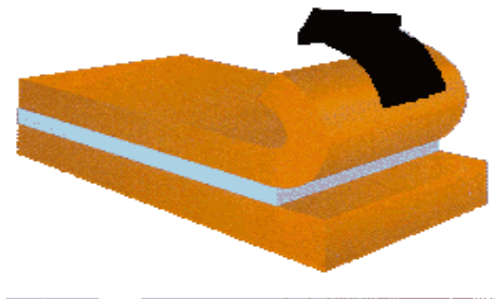
Gegenüber einer Zugbelastung sind verklebte Materialien relativ stabil. Hier wird die angreifende Kraft auf die gesamte Klebefläche verteilt so daß die Adhäsion der ganzen Klebeverbindung voll genutzt werden kann.



Auch bei Scherbeanspruchung verteilen sich die Kräfte gleichmäßig. Eine solche Verklebung wird bei fachgerechter Ausführung nicht nachgeben, da die Klebefuge gegenüber dieser Belastung eine hohe Quersugfestigkeit aufweist.



Und auch einer dritten Beanspruchung kann die Klebefuge ausgesetzt werden. Die Schälbeanspruchung ist relativ gefährdet. Hier müssen wenige Adhäsionsbrücken der Kraft standhalten und die ohnehin nicht sehr hohe Kohäsion ist schnell zerstört.



Eine weitere Möglichkeit der Beanspruchung sind Spaltkräfte. Sie wirken ähnlich wie Schälkräfte an einer Kante der Werkstücke und nicht auf die gesamte Klebefläche verteilt. Spalt- und Schälbeanspruchungen sollten immer konstruktiv vermieden werden, da die angreifende Kraft nur einen kleinen Teil der Klebefläche beansprucht und so folglich die Klebefuge schnell zerstört.

Hier nun ein paar Beispiele um die Verklebung vor zuvor genannten Beanspruchungen zu schützen bzw. die Beanspruchungen zu verringern.

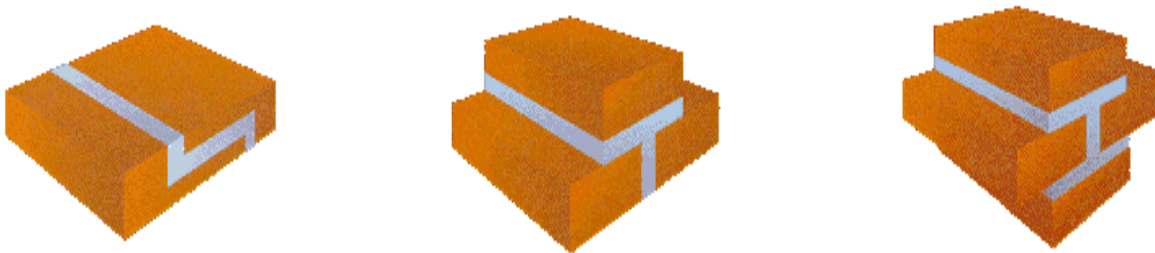
Aufgeklebte Folien lassen sich an der Kante schützen, indem man die Folie um die Kante herumzieht (linkes Bild). Eine weitere Maßnahme ist, die Kante abzurunden, um die Angriffsfläche der Schälbeanspruchung zu verkleinern (rechtes Bild).



Besonders gefährdet sind relativ schmale Klebeverbindungen, wenn die Schmalseiten von Werkstücken zusammengeführt werden (auf dem linken Bild ist ein stumpfer Stoß abgebildet). Hier kann die Belastbarkeit erhöht werden, indem die Klebefläche vergrößert wird. Auf dem rechten Bild wird die Klebefläche, durch eine schräge Schäftung, um etwa ein Drittel vergrößert.



Weitere Möglichkeiten sind: die abgestufte Schäftung, die einseitige Lasche oder das sichern der Klebung durch eine zweiseitige Lasche (von links nach rechts).



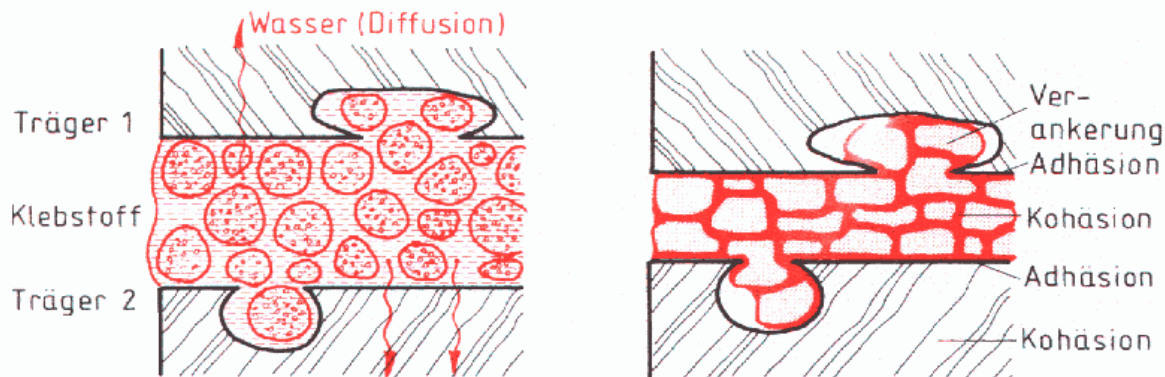
Wenn eine Verklebung sorgfältig ausgeführt wurde, dann bilden Millionen von Adhäsionsbrücken zwischen der Oberfläche der Werkstoffe und dem Klebstoff, eine hochfeste Verbindung. Bei Zug- und Scherbeanspruchungen (siehe Grafiken), wird die Belastung gleichmäßig auf diese Brückenverbindungen verteilt. Bei sogenannten Schäl- und Spaltbeanspruchungen greifen die Kräfte konzentriert an der Außenkante der Werkstücke an. Wenige Adhäsionsbrücken müssen dieser Belastung standhalten. Es kann unter Umständen zum Brechen der Klebefuge führen. Abhilfe schafft hier zum Beispiel die abgerundete Kante, die die Angriffsfläche verringert.

Die Vorgänge in der Klebefuge

Die Festigkeit in der Fuge hängt neben den beiden oben genannten Faktoren Adhäsion und Kohäsion zusätzlich von der mechanischen Verankerung ab. Beim Abbindevorgang muß, wie schon gesagt, unterschieden werden zwischen wasser- und lösemittelhaltigen, sowie zwischen wasser- und lösemittelfreien Klebstoffen. Der Klebstoff dient zum Ausfüllen der Zwischenräume zwischen den Trägern.

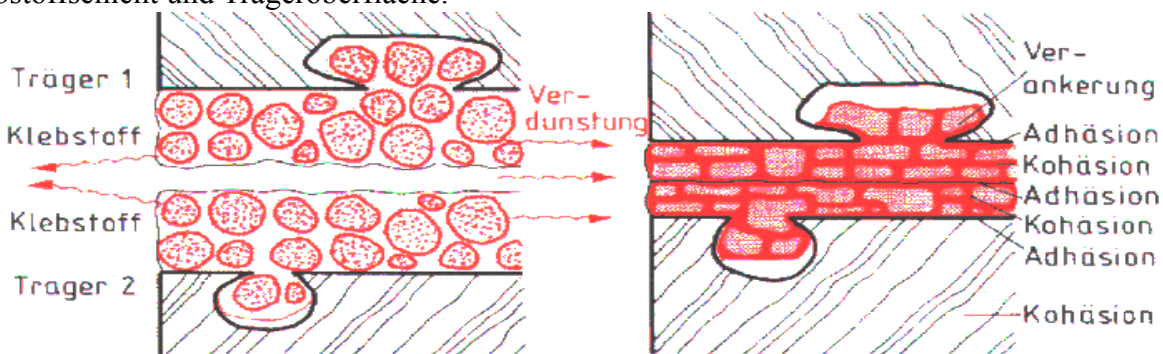
Wasserhaltige Klebstoffe :

Wenn das Dispersionswasser in das Trägermaterial abwandert oder aus der Fuge verdunstet, werden die Kunststoffmoleküle nicht mehr durch die Wasserschicht voneinander getrennt, sondern sie berühren sich. Es kommt in der Klebstoffschicht zur Bildung der Kohäsionskräfte. Die Adhäsionskräfte zwischen Klebstoff- und Trägeroberfläche sind um so größer, je paßgenauer deren Oberflächen sind. Eine mechanische Verankerung kommt zustande, wenn bei porigen Trägermaterialien Klebstoff in die Poren gelangt und dort abbindet. Dieser muß aber noch mit dem in der Fuge befindlichen Klebstoffschicht verbunden sein.



Lösemittelhaltige Klebstoffe:

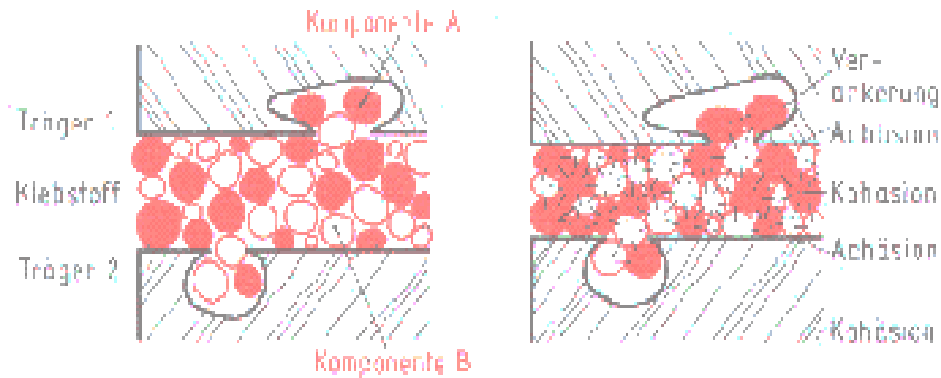
Die Kohäsionskräfte in der Klebstoffschicht entstehen durch das verdunsten der Lösemittel unter einem relativ hohen Preßdruck. Die Klebstoffmoleküle der auf den beiden zu verklebenden Trägern befindlichen Klebstoffschicht lagern sich eng aneinander, wenn die Lösemittel verdunsten. Beim zusammenlegen und pressen der beiden abgelüfteten Teile verbinden sich die verformbaren Oberflächenmoleküle der beiden Klebstoffschichten durch starke Adhäsions- und schwache Kohäsionskräfte. Der Preßdruck bewirkt daneben eine Erhöhung der Adhäsionskräfte zwischen Klebstoffschicht und Trägeroberfläche.



Lösemittelfreie Klebstoffe:

Bei diesen Zwei- oder Mehrkomponentenklebstoffen bilden sich die Kohäsionskräfte durch eine chemische Reaktion zwischen den beiden Komponenten. Die Adhäsionskräfte können sich entwickeln, weil der Klebstoff vor der chemischen Reaktion flüssig ist und daher Unebenheiten auszugleichen vermag, indem er sich vor dem Aushärten in Löchern und Rissen verteilt.

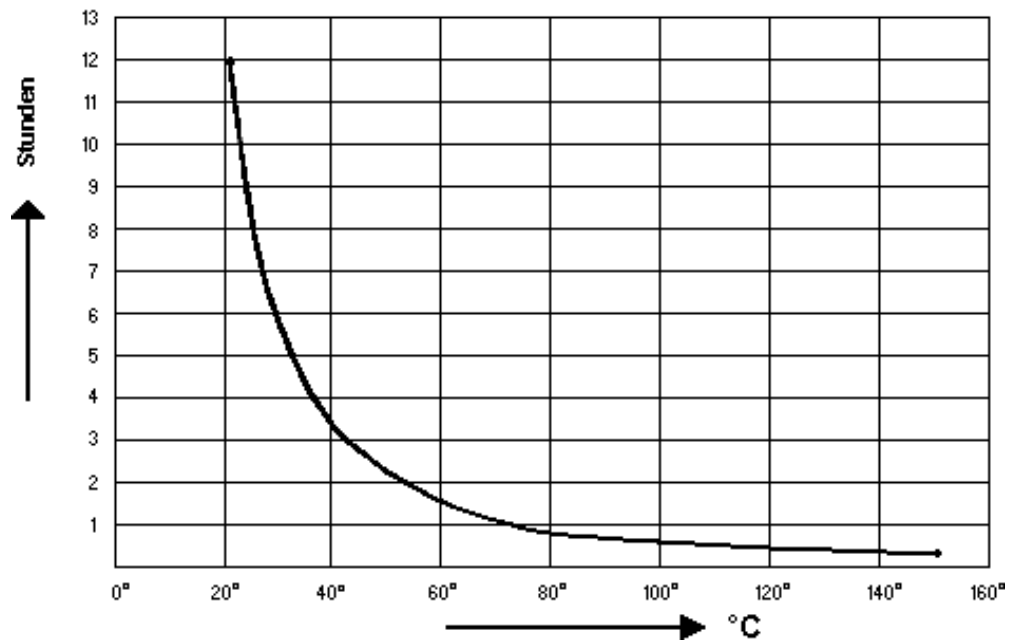
Durch eine Härterzugabe bei Leimen und Klebern werden chemische Reaktionen in der Klebstoffschicht ausgelöst, so daß schnell Kohäsionskräfte entstehen. Die Adhäsion und die mechanische Verankerung werden durch die Härterzugabe nicht beeinflusst.



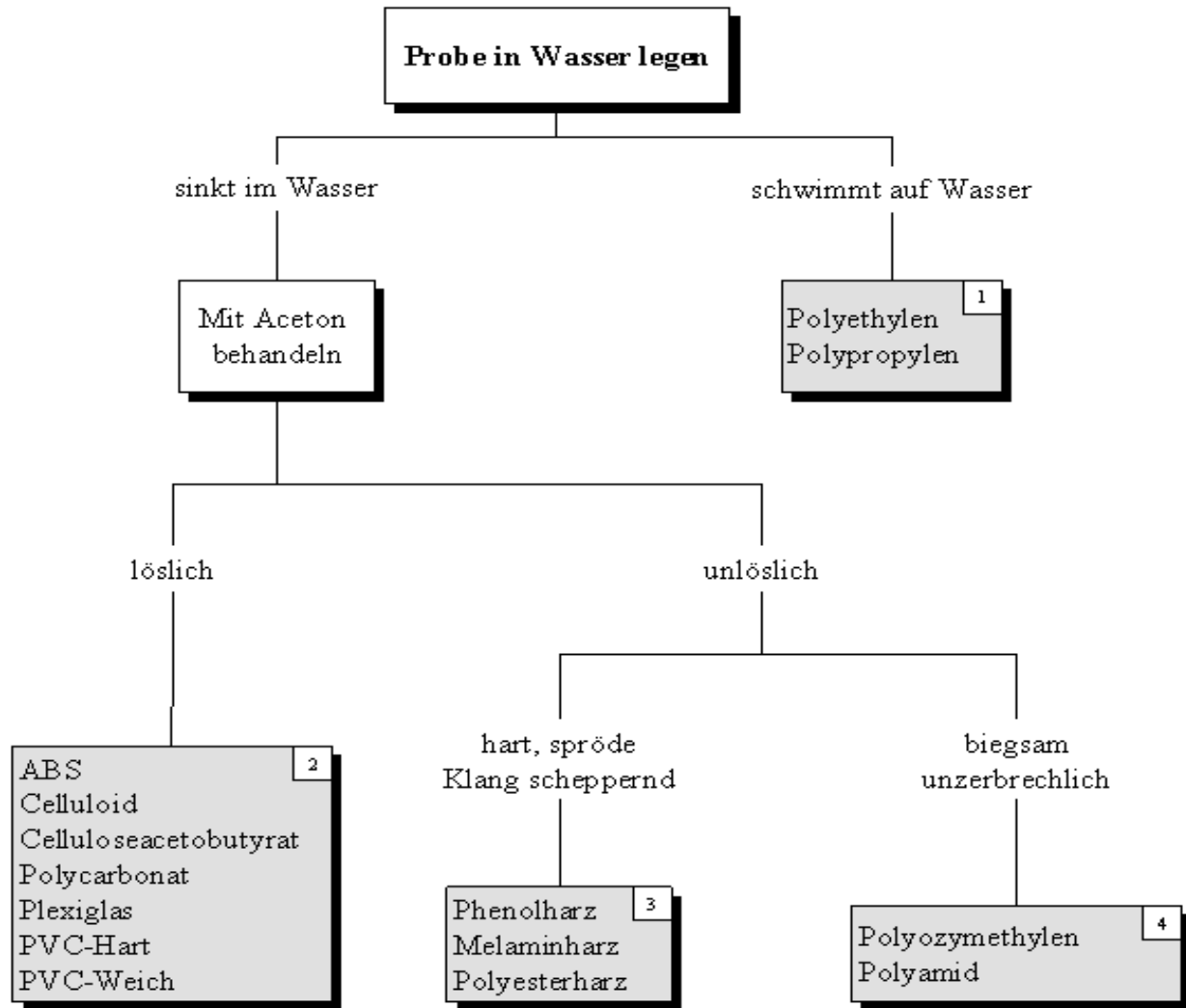
Aushärten

Abhängigkeit der Aushärtezeit von der Aushärtetemperatur

Die Zeitspanne die ein Klebstoff benötigt, um zu einer vollständig ausgehärteten Kunststoffschicht zu polymerisieren, bezeichnet man als Aushärte- oder Polymerisationszeit. Der Abbindeprozeß beginnt, bei Einkomponenten Klebstoffen mit dem Auftragen des Klebstoffes auf das Trägermaterial und bei Zwei- oder Mehrkomponentenklebstoffen mit dem Ansetzen der Mischung, und endet mit dem Aushärten des Klebers. Die Aushärtezeit kann durch Temperaturerhöhungen in der Klebefuge beeinflusst werden. Eine Erwärmung verkürzt die Aushärtezeit.



Kurzprüfung wichtiger Kunststoffe im Trennungsgang



1. nicht gut klebbar, eventuell mit Heißschmelzklebstoffen
2. sehr gut klebbar mit lösungsmittelhaltigen Klebstoffen
3. sehr gut klebbar mit Schmelzklebern oder Zwei- bzw. Mehrkomponentenklebstoffen
4. mäßig bis schlecht klebbar

Beim Verkleben von Kunststoffen hat das Lösungsmittel neben der Aufgabe das Bindemittel flüssig zu halten noch eine weitere Funktion: Es soll die Kunststofffläche anlösen, um sie mit dem im Kleber enthaltenen Kunststoff zu verschweißen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer „Kaltverschweißung“. Die Klebefuge weist bei dieser Diffusionsklebung häufig eine größere Festigkeit auf, als das Ursprungsmaterial.

Klebarkeit der Kunststoffe

Für das Verkleben von Kunststoffen gibt es sehr viele Klebstoffe und Klebetechniken. Hierzu sei auf die Fachliteratur und das Informationsmaterial der Industrie verwiesen (siehe z.B. Klebertabelle für Thermoplast der Flachglas AG). Nicht alle Kunststoffe lassen sich kleben. Dies hängt von der Molekularstruktur des Kunststoffes ab. Zum Beispiel lassen sich viele Polyolefine nicht oder nur schlecht kleben. Diese Tabelle gibt einen Überblick wofür verschiedene Kunststoffe verwendet werden und welche Möglichkeit bestehen sie zu verkleben.

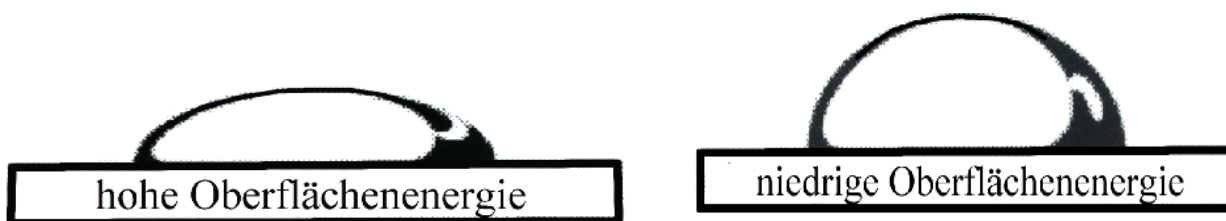
Material	Anwendungsgebiete	Verklebarkeit
ABS	Telefone, Kofferschalen, Karosserieteile	Sehr gut mit lösungsmittelhaltigen Klebstoffen
Melaminharz	Dekorative Oberflächenwerkstoffe für Tische und Fronten	Gut mit Zwei- oder Mehrkomponenten Klebstoffen
Polyamid	Zahnräder, Benzinleitungen, Propeller, Schrauben	mäßig bis schlecht, evtl. Zwei- oder Mehrkomponenten Klebstoffe
Polycarbonat	Kameragehäuse, Blinker, Rückleuchten, Schutzhelme	Gut mit lösungsmittelhaltigen Klebstoffen
Polyethylen	Eimer, Schüsseln, Folien	Nicht möglich
Polypropylen	Meßbecher, Wäscheklammern, Tragetaschen	Nicht möglich
Polysterol	Gehäuse für Radio und Fernsehgeräte, Spielwaren, Kleinmöbel	Sehr gut, mit lösungsmittelhaltigen Klebstoffen
Polyurethan	Rollschuhrollen, Sportplatzbeläge	Nicht möglich
PVC (hart)	Fenster, Rolläden, Rohre	Sehr gut mit lösungsmittelhaltigen Kleblacken
PVC (weich)	Schuhe, Schuhsohlen, Bälle, Planen, Kunstleder, Spieltiere	Sehr gut mit lösungsmittelhaltigen Kleblacken

Oberflächenenergie

Weiter ist die Klebkraft abhängig von der Oberflächenenergie des Werkstoffes. Auf einem Werkstoff mit hoher Oberflächenenergie wird in der Regel eine gute Klebkraft erzielt. Auf Oberflächen mit wenig Energie sind dann Spezialklebstoffe zu verwenden.

Die Oberflächenenergie an der Grenzschicht zwischen einer Flüssigkeit und einem Festkörper beruht auf der Haftspannung, diese wiederum besteht aus der Kohäsions- und der Adhäsionsspannung. Die Kohäsionsspannung wirkt als Kraft in der Flüssigkeit und die Adhäsionsspannung wirkt als eine andere Kraft, in Richtung des Festkörpers. Sie wird durch die fremden Moleküle hervorgerufen. Auf dem Zusammenwirken dieser beiden Kräfte beruht z.B. die Kapillarwirkung in dünnen Röhren.

Die Oberflächenenergie einmal in der schematischen Darstellung. Hier ein Wassertropfen auf einem Festkörper. Je nach Größe der Oberflächenenergie wird der Wassertropfen an das Werkstück angezogen.



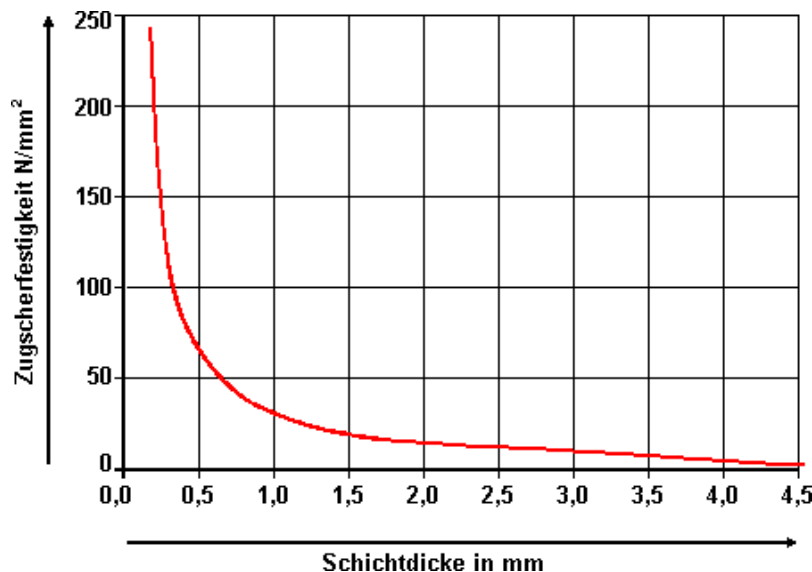
Werkstoffe mit **niedriger Oberflächenenergie** sind: Gummi, Polyolefine(z.B. Polyethylen, Polypropylen), silikonhaltige Lacke, Teflon,...

Werkstoffe mit **hoher Oberflächenenergie** sind: ABS, Acrylglas, Aluminium, PVC, Polycarbonat,...

Die Relevanz der Auftragstärke

Viele Klebstoffanwender glauben, daß eine gute Verklebung nur bei dickem Klebstoffauftrag zu erreichen ist. Jedoch ist das Gegenteil der Fall.

Die Kurve zeigt, in welcher Abhängigkeit die Zugscherfestigkeit zur Klebschichtdicke steht. Je dicker die Klebschicht ist, desto weniger hält sie Belastungen stand, da wie schon erwähnt die Kohäsionskräfte nicht besonders stark sind.



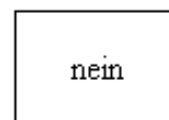
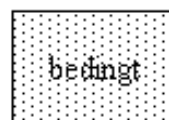
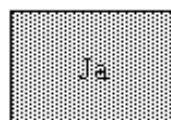
Verarbeitungskriterien verschiedener Klebstoffsysteme

Bei der Wahl des richtigen Klebstoffes müssen viele Faktoren berücksichtigt werden. Unter anderem:

- Was soll geklebt werden?
- Ist eine großflächige Anwendung erforderlich?
- Wieviel Zeit vergeht vom Auftragen bis zum zusammenfügen?
- Kann ein hoher Preßdruck erzielt werden?
- Wie lange kann die Verbindung trocknen, bis zur ersten Belastung?
- Soll der Klebstoff großflächig angewendet werden?

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick darüber, welche Kriterien bei der Anwendung der verschiedenen Klebstoffe beachtet werden müssen, um ein optimales Klebergebnis zu erzielen.

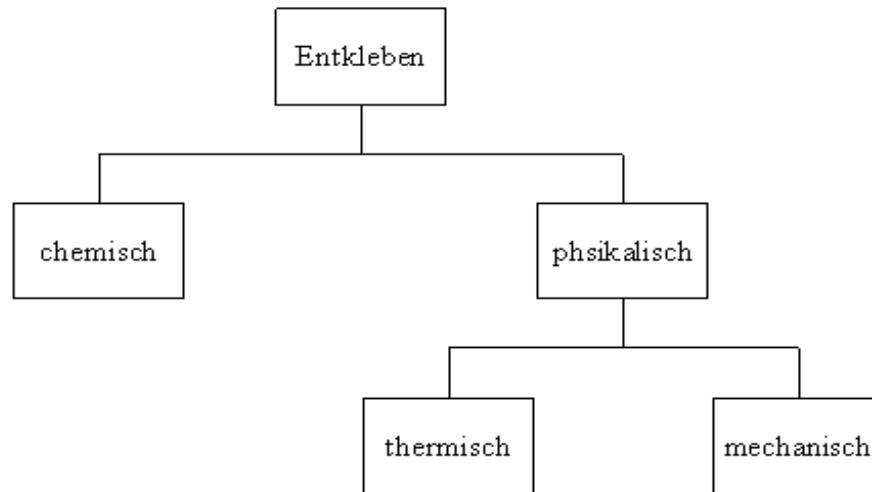
	Naßkleb- stoff	Kontakt- klebstoff	Schmelz- klebstoff	Haft- klebstoff	1-K-Sek. Klebstoff	2 - K - Klebstoff
Abluftzeit erforderlich						
Offene Zeit beachten						
Hoher Pressdruck erforderlich						
Lange Presszeit erforderlich (fixierung)						
Belastbar nach 3 Minuten						
Spaltüberbrückung mehr als 2mm						
Großflächig verwendbar						
Anwendbar, wenn beide Klebflächen nicht sauefähig sind						
Abbindebeschleunigung	Temperatur bis 40° C		rasche Abkühlung		hohe Luftfeuchte	Temperatur bis 180°C



Entkleben

Entkleben ist das zerlegen von durch kleben zusammengefügteten Teilen durch Überwindung der Haftkraft, sofern dies ohne Schädigung der gefügten Teile möglich ist.

Eine Demontage ohne Schädigung des Fügeelements, dem Klebstoff, ist nicht möglich. Das Entkleben läßt sich unterteilen in chemisches und physikalisches Entkleben. Das physikalische Entkleben wiederum kann in thermisches und mechanisches Entkleben unterteilt werden.



Die Art des Entklebens wird nicht von vornherein vom Klebverfahren festgelegt. Entscheidend für die Wahl des Verfahrens ist die Art der gefügten Bauteile sowie ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften. Es ist üblich, verschiedene Verfahren zu kombinieren, um den erforderlichen Aufwand möglichst gering zu halten. Bei allen Verfahren ist anzumerken, daß die erforderlichen Energien zum Entkleben höher sind für chemisch vernetzte Klebstoffe, als bei Klebstoffen, die physikalisch abbinden.

1. chemisches Entkleben

Zum chemischen Entkleben werden Stoffe gewählt, die die Bindungskraft des verwendeten Klebstoffes herabsetzen sollen. Neben aggressiven Chemikalien, bei deren Verwendung auf entsprechende Sicherheitsvorschriften wie z.B. persönliche Schutzausrüstung, Abzug etc. zu achten ist, kann auch die Anwesenheit von Wasser zur Schädigung des Klebstoffes führen. Der Klebstoff wird dabei durch Hydrolyse* zersetzt und seine Klebfestigkeit dadurch herabgesetzt.

*Hydrolyse (grch. Hydror = Wasser ; lyein = lösen):Spaltung chemischer Verbindungen durch Reaktion mit Wasser

2. thermisches Entkleben

Beim thermischen Entkleben wird die Tatsache ausgenutzt, daß bei Temperaturen zwischen 60°...250°C thermoplastische Klebstoffe schmelzen und duroplastische beginnen, sich zu zersetzen. Eine Ausnahme bilden hochwärmefeste Klebstoffe. Sie sind nur bedingt geeignet zum thermischen Entkleben, da die benötigten Energien sehr hoch sind.

3. mechanisches Entkleben

Das mechanische Entkleben erfolgt, indem Bauteile durch eine Überbeanspruchung der Klebefuge getrennt werden. Die eingebrachte Belastung kann sowohl statisch als auch dynamisch in das Bauteil eingebracht werden. Der Unterschied zum Zerreißen besteht darin, daß die gefügten Bauteile nicht beschädigt werden. Die Trennung der Bauteile erfolgt entweder durch die Trennung in der Klebeschicht ohne Ablösung von einem Fügeteil (Kohäsionsbruch) oder durch Ablösen der Klebeschicht von einem Fügeteil (Adhäsionsbruch). Bei einer korrekt ausgeführten Klebeverbindung kann davon ausgegangen werden, daß sie nicht an der Adhäsionsgrenzfläche, d.h. an der Grenzfläche des Klebstoff – Bauteils, versagt, sondern zwischen den durch Kohäsion verbundenen Klebstoffmolekülen. Dies wird in einem Anwendungsbeispiel deutlich: Die Windschutzscheibe bei Autos wird eingeklebt und zur Demontage entklebt. Das Entkleben in diesem Fall erfolgt durch das Zerreißen der Klebeschicht.

Gefahren von Klebstoffen für den Menschen

Die meisten Verbraucher wollen einen Klebstoff, den sie am besten nur einseitig auftragen müssen und der die Materialien dann schnell und dauerhaft zusammenfügt.

Viele Klebstoffe erledigen diese Aufgabe im Handumdrehen, denn sie enthalten zwischen 30 und 80 Prozent der leicht flüchtigen Lösemittel (Ketone, Kohlenwasserstoff- und Chlorkohlenwasserstoffverbindungen). Kaum sind sie aufgetragen, verdunsten sie auch schon und lassen den eigentlichen Klebstoff zurück, der nun die beiden Materialien miteinander verklebt.

Das Hauptproblem des Klebens, stellen die zwar praktischen, aber auch gefährlichen *“Lösemittel“*, die *“organischen Lösemittel“* oder *“Lösungsmittel“* dar. Probleme bereiten aber auch andere Bestandteile wie Fungizide, Konservierungsmittel oder Weichmacher.

Die größte Gefahr stellen also hauptsächlich die leichtflüchtigen Bestandteile des Klebstoffs dar, die je nach individueller Empfindlichkeit und Vorschädigung bei häufigerem Kontakt äußerst schwerwiegende Krankheiten und Zerstörungen anrichten können.

Das reicht von anfangs vorhandener Euphorie über Schleimhautreizungen zu bohrenden Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, zu krebserzeugender Wirkung und dem Angriff auf die Entgiftungsorgane Leber und Nieren.

Aufgrund dieser Gesundheitsgefahren müssen bei der Anwendung von Klebstoffen eine ganze Reihe von Richtlinien und Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Zunächst richten sich die Sicherheitsmaßnahmen nach der zu verarbeitenden Menge an Klebstoff. So sind im Haushalt [mit kl. Verarbeitungsmengen] geringere Maßnahmen zu treffen, als im industriellen (Dauer-) Einsatz [mit großen Verarbeitungsmengen]. Aber auch bei geringen Mengen und bei gelegentlichem Gebrauch sollte man die Sicherheitsrisiken auf keinen Fall unterschätzen. Da viele Grundstoffe unter anderem brennbare Lösungsmittel enthalten, müssen sie bei einer entsprechend großen Menge extra aufbewahrt werden. Gegebenenfalls müssen die Arbeits- und Lagerräume als explosionsgefährdet, angesehen und dem entsprechend ausgeführt werden. Der beste Arbeitsplatz zum Arbeiten mit Klebstoff ist also draußen im Freien.

Gefahrensymbole

E



Explosionsgefährlich

O



Brandfördernd

F+



Hochentzündlich

F



Leichtentzündlich

T+



Sehr giftig

T



Giftig

Xn



Mindergiftig

C



Ätzend

Xi



Reizend