



Klebstoffe I

Klebstoffe

Arten, technische Merkmale und Verarbeitung

von *Bernd Klabunde*

$$E_{\text{coh}} := \sum_{i=1; i \neq j}^N \frac{1}{N} \Phi_{ij}(r_{ij})$$

Kohäsions-Formel (Kohäsionsenergie)

© **Bernd Klabunde, Eckernförde**

Alle Rechte vorbehalten. – Kein Teil dieses Textes oder irgendeine Abbildung dürfen ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verfassers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder irgendeine andere Art genutzt oder verbreitet werden.



Vorwort

Erstmals habe ich dieses Thema im Rahmen einer von mir verfassten Loseblattsammlung unter dem Motto „Piraten Oldies - Info-Blatt für Holz-Piraten“ im Jahre 1998 bearbeitet. Diese Sammlung zu verschiedenen Themen, die letztlich nicht nur von Piraten-Eignern angefordert worden sind, sondern auch von Besitzern anderer hölzerner Boote, umfasste von 1997 bis 2004 mit ihren insgesamt 27 Ausgaben schliesslich über 450 Seiten. – Für die jetzige Auflage über dieses Thema wurde der Inhalt von mir umfassend überarbeitet.

Die Klebemittel haben sich in den letzten Jahren ungeheuer entwickelt. Für die verschiedensten Anwendungsbereiche hat die chemische Industrie unterschiedlichste Produkte „zusammengeköchelt“. Aus diesem Grund habe ich diesem Thema einen eigenen Fachartikel gewidmet, wobei dieser nicht den Anspruch auf Vollständigkeit besitzt (neuere Informationen werden ich berücksichtigen und in einer späteren Auflage einarbeiten).

Bei der Begrifflichkeit „Klebstoffe“ (und auch „Kleber“) handelt es sich in diesem Fachartikel um Leime, Kleister, Klebebänder u.ä. Unter diesem Wort sind also alle Mittel zusammengefasst, die irgendwie kleben.

(Ganz) Früher wurden im Bootsbau zum Verbinden zweier Teile nur Leder- oder ähnliche Riemen, Nägel aus Holz oder Metall, später auch Schrauben genommen. In manchen Gegenden der Welt wurden Boote sogar ohne derartige „Hilfsmittel“ gebaut (z.B. nur durch Verbindungen aus Naturfasern; Stichwort *KON-TIKI*, das berühmte Floss aus Schilf). Der Grund für den erst sehr späten Einsatz von Klebstoffen lag daran, dass die damaligen Produkte nicht wasserfest waren. Wohl wurden schon vor über 6.000 Jahren (!) Klebstoffe benutzt, z.B. Asphalt, Baumharze, Pech, aber wie gesagt, für den Bootsbau waren diese dauerhaft nicht verwendbar. Dieses gilt ebenso für die klebrige Wirkung von Eibisch-Wurzeln, die vor der Erfindung des „Gummi arabicum“ als Klebstoff Verwendung fanden.

Klebstoffe gehören heute zu den Werkstoffen, die in flüssiger über pastöser bis hin zur festen Form auf dem Markt erhältlich sind. Sie werden nach chemischen (alle 1K- und 2K-Kleber, die durch *Polyaddition*, *Polykondensation* oder *Polymerisation* härten), physikalischen (nach den verwendeten Lösungsmitteln: *Leimlösungen*, *wässrige Dispersionen*, *Lösungen in organischen Lösungsmitteln*, *aufzuschmelzende feste Klebstoffe/Schmelzklebstoffe*) und nach verarbeitungstechnischen Aspekten unterteilt, wodurch eine Einteilung sehr vielfältig, ja, fast unübersichtlich wird. – Was die Entstehung der Festigkeit angeht, so wird wiederum unterschieden in die Oberflächenhaftung (durch *Adhäsion*) und in die eigene innere Festigkeit (durch *Kohäsion*).



Ein ganz kurzer Rückblick in die Geschichte der Klebstoffe = ein paar Fakten dazu:

Klebstoffe haben zumeist eine künstliche oder natürliche Basis und sind sehr eng verwandt mit der Entstehung von Kunststoffen und den Anstrichmitteln.

Aus der Zeit (wenigstens) von 5.000-2.000 v.Chr. ist bekannt, dass u.a. *Birkenharz* benutzt wurde, um z.B. Speerspitzen aus Stein oder Horn an langen Hölzern zu befestigen.

Auch die Ägypter, Sumerer und andere alte Völker verwendeten *Baumharze* oder *Erdpech* zum Verkleben.

Glutinleime, aus ausgekochten Knochen und Tierhäuten, sind Naturklebstoffe, die bereits den Ägyptern bekannt gewesen sind und bis ins 20. Jahrhundert verwendet wurden.

Erstaunlicherweise erfand bereits im 16. Jahrhundert (um 1530/31) der Benediktinermönch *Wolfgang Seidel* (1491/92-1652) einen künstlichen Stoff, der auf *Kasein* basierte. – Siehe dazu nachfolgend: „Der erste Kunststoff der Welt“.

Der erste Klebstoff, der patentiert 1754 wurde, war ein *Tischlerleim* (= *Fischleim*) in England.

Die *Nitrozellulose*, die auch Basis für die weitere Entwicklung von Klebstoffen ist, wurde 1846 durch *Christian Friedrich Schönbein* und unabhängig von ihm von *Rudolf Christian Böttger* entdeckt.

Die *Synthetischen Klebstoffe* entstanden um das Jahr 1870.

Phenol-Formaldehydharze wurde 1905/1907 durch *Leo Handrik Baekeland* zuerst als „Bakelit“ entwickelt.

Das *Polyvinylacetat (PVA/PVAC)* entdeckte *Fritz Klatte* 1912.

Bis zum Jahre 1935 entstanden weitere Kunststoffe: u.a. *Harnstoff-Formaldehydharze*, *Polyacrylate*, *Polychloroprene*, *Polychloroprene*.

Für die heute sehr vielseitig einsetzbaren *Epoxidharze* erfolgte von *Paul Schlack* in der Stadt Wolfen die allererste Patentanmeldung 1934 und die wurde 1939 erteilt (Markreife erst später in den USA).

Dass *Cyanacrylate* (heute „Sekundenkleber“ genannt) sehr gut und schnell etwas kleben, das entdeckte *Harry Coover* bereits 1942 in den USA.

„Der erste Kunststoff der Welt“

Beinahe 500 Jahre alt ist das Rezept zur Herstellung von Kunsthorn und damit die zurzeit älteste bekannte deutsche Rezeptur für Kunststoff.

Um 1530 trafen sich der Schweizer Kaufmann *Bartholomäus Schobinger* und der bayerische Benediktinermönch *Wolfgang Seidel* im Hause der Fugger. *Seidel*, leidenschaftlicher Sammler und Herausgeber wissenschaftlicher Schriften, erfährt hier ein alchemistisches Rezept, das er später in seinen Schriften veröffentlichen wird: Das Geheimnis zur Herstellung einer „*durchsichtigen materi...gleich wie ein schons horn*“.

Hier das Rezept:

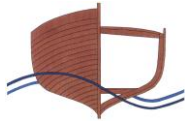
„Nimm einen Ziegen- oder anderen Magerkäse, lass ihn einen ganzen Tag sieden; ... dann muss er abkühlen, bis sich ein dicker Brei absetzt; das Weiße, das wie Milch aussieht und oben schwimmt, wird abgossen; was aber am Boden bleibt, darüber gieße wieder heißes Wasser, das man sieden lässt. Man rührt um, damit sich das Weiße wieder abscheidet. Und wiederholt dies so oft, bis keine weiße Masse mehr abgeschieden wird. Am Boden bleibt ein Stoff übrig, der zäh und durchscheinend ist wie Horn und aussieht wie Quark.“

Wie's weitergeht erfährt man ebenfalls beim Pater *Seidel*:

„Dann lege den gereinigten Stoff in eine gut angewärmte Lauge und drücke ihn anschließend in eine Form. Nach dem Hineinpressen wird die Form mit dem Material in kaltes Wasser getaucht. Dort wird das Material hart wie Knochen und wunderbar durchscheinend.“

Seidel: „Wenn man es richtig gemacht hat, kann man damit Tischplatten, Tischgeschirr und Medaillons gießen, also alles, was man will.“ Aber Vorsicht: Man muss dem Ganzen eine Form geben, solange es noch warm ist. „Selbst wenn es bereits geformt ist, so kann man es dennoch verziehen, ohne dass es Schaden nimmt. Sobald es aber erkaltet ist, darf man es nicht mehr biegen oder drehen, da es sonst wie Glas zerspringt.“

Anmerkung dazu: Erst 1897 wurde durch *Wilhelm Kricheldorf* und *Adolf Spitteler* das „Galalith“ (wieder-)erfunden, welches ebenfalls auf *Kasein* beruhte und vergleichbare Eigenschaften besaß, mit dem ebenfalls Verbindungen hergestellt werden konnten.



Inhaltsverzeichnis (1)

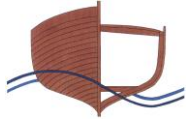
Eine Übersicht der nachfolgend angesprochenen Themenbereiche:

Vorwort	Seite	2
Ein ganz kurzer Rückblick in die Geschichte der Klebstoffe	Seite	3
Inhaltsverzeichnis	Seite	4
Grundsätzliches	Seite	6
Hinweise zur Gesundheit und sonstigen Sicherheit	Seite	6
Allgemeine Tips zum Kleben, bzw. zum Umgang mit Klebemitteln	Seite	6
Begrifflichkeiten	Seite	8
Übersicht zu den Klebemitteln	Seite	10
Natürliche Leime aus tierischen Produktionen	Seite	10
Natürliche Leime aus pflanzlicher Produktionen	Seite	10
Synthetische Leime	Seite	10
Synthetische Kleber	Seite	11
Furnier-Leime	Seite	11
Lack-Leime	Seite	11
Misch-Leime	Seite	11
Montage-Leime	Seite	11
Schmelz-Kleber	Seite	11
Härter	Seite	11
Kleber und Leime	Seite	12
Acryl-Kleber (1K)	Seite	12
Albumin-Leime (1K)	Seite	12
Dispersions-Kleber (1K)	Seite	12
Epoxidharz-Kleber (KEP) (2K)	Seite	12
Fisch-, Haut-, Knochen- und Leder-Leime (KG) (1K)	Seite	13
Glutin-Leime (KG) (1K)	Seite	13
Harnstoff-Formaldehydharz-Leime (KUF) (2K)	Seite	13
Kasein-Leime (KC) (1K)	Seite	14
Kautschuk-Kleber (1K)	Seite	14
Kontakt-Kleber (1K)	Seite	15
Melaminformaldehydharz-Leime (KMF) (1K)	Seite	15
Perbunan-Leime (NBR) (1K)	Seite	15
Phenol-Leime (1K)	Seite	15
Phenolformaldehydharz-Leime (KPF) (2K)	Seite	16
Polyacrylsäureester-Kleber (KPMMA) (1K)	Seite	16
Polybezinimidazol-Kleber (2K)	Seite	16
Polychlorbutadien-Kleber (1K/2K)	Seite	16
Polychloropen-Kleber, ohne Härter (KPCP) (1K)	Seite	16
Polychloropen-Kleber, mit Härter (KPCP) (2K)	Seite	16
Polyester-Kleber (KUP) (2K)	Seite	17
Polyhydroxymethyl-Kleber (1K)	Seite	17
Polyimid-Kleber (2K)	Seite	17
Polysulfid-Kleber (1K/2K)	Seite	17
Polyurethan-Kleber (KPU, KPUR, KIS) (1K)	Seite	17
Polyurethan-Kleber (KIS) (2K)	Seite	17
Polyvinylacetat-Leime (KPVAC) (1K)	Seite	18
Polyvinylharz-Leime (1K)	Seite	18
PVAC-Schmelz-Kleber (KSCH) (1K)	Seite	18
Resorcinharz-Leime (KRF) (2K)	Seite	18
Schmelz-Kleber (1K)	Seite	18
EVA-Schmelz-Kleber (1K)	Seite	18
Polyamid-Schmelz-Kleber (PA) (1K)	Seite	19
Polyelofin-Schmelz-Kleber (1K)	Seite	19
Polyurethan-Schmelz-Kleber (1K)	Seite	19



Inhaltsverzeichnis (2)

Schraubensicherungs-Kleber (1K)	Seite	19
Sekunden-Kleber (1K)	Seite	19
Silicon-Kleber (1K)	Seite	20
Stärke-Leime und -Kleister (1K)	Seite	20
Weiss-Leime (KPVAD) (1K)	Seite	20
Zellulose-Leime (1K)	Seite	20
Bauschäume (1K)	Seite	21
Klebebänder (1K)	Seite	21
Zusammenstellung der Materialien und Klebemittel	Seite	21
Schlusswort	Seite	23
Anhang	Seite	24
1 Verwendete und weiterführende Literatur und Unterlagen	Seite	24
2 Nachweise der enthaltenen Abbildungen und Tabellen	Seite	26



Grundsätzliches

Je nach dem, was geklebt werden soll, so gibt es dafür ganz unterschiedliche Produkte mit ganz bestimmten Eigenschaften! Gerade im Bootsbereich sollte darauf geachtet werden, dass die verschiedenen Kleber wasser- und witterungs-/wetterbeständig, UV-widerstandsfähig und ggf. auch höheren Temperaturen „trotzen“ können. Je nach Revier müssen die Klebemittel auch gegen Salzwasser immun sein.

Auf etwas anderes sollte ebenfalls geachtet werden: dass die Klebemittel (möglichst) keine Lösungsmittel enthalten. Nicht nur wegen der Gesundheit, sondern der Vorteil ist zudem, dass bei Klebern ohne solche Lösungsmittel auch nichts verdunsten kann und dadurch kein Verlust bei dem Volumen der Klebmasse entsteht!

Bei Produkten mit einem Lösungsmittel muss mit Schraubzwinde usw. ein relativ hoher Anpressdruck erzeugt werden, der dann dadurch den Schwund zu kompensieren versuchen soll.

Bei Klebemitteln, die Wasser enthalten, welches dann ebenfalls verdunstet, gilt das Schwinden ebenso.

Hinweise zur Gesundheit und sonstiger Sicherheit

Die verschiedenen Klebemittel enthalten häufig giftige Lösungsmittel (**VORSICHT!**) (nicht alle Mittel, die Wasser dafür nehmen, sind auch für die zu verklebenden verschiedenen Bereiche geeignet). Hier werden in erster Linie folgende organische Lösungsmittel eingesetzt:

Äthanol

Azeton

Butanon (Methylethylketon)

Cyclohexanon

Dichlormethan (Methylenchlorid)

Ethanol

Ethylacetat (Essigester)

Methylacetat

Methylisobuthylketon

Toluol

Trichlorethan

Trichlorethylen

Xylol

VORSICHT: In Extremfällen wird durch die Lösungsmittel das *Zentrale Nervensystem* angegriffen, es können *Allergien* ausgelöst werden oder *chronische Schäden* entstehen! – Manche Klebemittel diffundieren auch durch die Haut, wenn denn z.B. mit den Fingern eine Fuge glattgestrichen wird (z.B. bei Kautschuk-Klebern).

VORSICHT: Da Klebemittel sehr häufig chemische Produkte sind, sind deren Bestandteile - für uns Anwender - nicht immer bekannt. Enthaltene Lösungsmittel können, wenn diese sich in der Luft befinden, entzündlich sein! – Also: auch darum unbedingt für gute Belüftung sorgen!!

VORSICHT: Um - wenigstens - etwas dagegen zu unternehmen, sollten die Gebinde nicht offen stehen-gelassen und bei Arbeiten immer für eine gute Lüftung gesorgt werden!!



Allgemeine Tips zum Kleben, bzw. zum Umgang mit Klebemitteln

TIP: Die Flächen der Teile, die zusammengeführt werden sollen, müssen unbedingt vollkommen trocken, frei von Fett und Staub und sonstigen fremden Bestandteilen sein, will man eine wirklich feste Verbindung herstellen (Ausnahme=Spezial-Kleber).

TIP: Unterliegen die zu verklebenden Materialien einer Veränderung ihrer Abmessungen (z.B. durch Wärme), so dürfen hierbei nur elastische Kleber benutzt werden (z.B. plastomere oder elastomere Kleber), da sonst keine Dichtigkeit zu erreichen ist (eine Festigkeit ist zudem sehr fraglich).

TIP: Den Kleber nicht zu dick auftragen, denn „weniger ist mehr“!

TIP: Beim Verarbeiten sollte es nicht zu kalt sein (möglichst nicht unter plus 10°C.!). Ein Erhöhen der (Umgebungs-)Temperatur durch Heizlüfter usw. ist dann möglich, wenn dabei die zugeführte Wärme (im Material) nicht zu einer „Hitze“ wird. Dadurch verringert sich - normalerweise - die Abbindezeit des Klebers wesentlich - und auch die Aushärtung verkürzt sich.

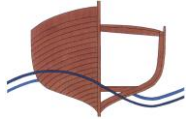
TIP: Glatte Flächen, die durch das Beschleifen entstanden sind, sollten leicht angeraut werden, damit die Haftfähigkeit vergrößert wird. Bei manchen Klebern muss zudem eine spezielle Grundierung aufgetragen werden, bevor zum Klebevorgang übergegangen werden kann.

TIP: Werden für den Andruck zur Verteilung dieselben Hölzer usw. verwendet, so empfiehlt sich eine Lage Papier zwischen dem geleimten und dem Druckholz zu legen. Auch die Zwingen usw. sollte so „isoliert“ werden, sonst werden „zusätzliche Teile“ durch hervorquellenden Leim gleich „mitverleimt“.
Zwingen usw. nie direkt auf das zu verklebende Teil ansetzen (es können Druckstellen entstehen!), vielmehr ein Stück breiteres Holz dazwischen legen!

TIP: Durch den Pressvorgang heraustretender Kleber sollte sofort abgewischt/entfernt werden, bevor dieser hart wird!

TIP: Beim Kleben von Stößen sollten diese Flächen leicht (mit 100er Papier) zu einer sehr flachen Hohlkehle geschliffen werden (Tiefe: etwa 250-500/1.000 mm).

TIP: Bei einem Verbinden von unterschiedlichen Metallen (z.B. Eisen mit Messing) hat der Kleber auch eine Isolierwirkung zu haben, da es sonst zu einem unerwünschten Spannungs-austausch der Metalle kommt.



Begrifflichkeiten

Bei den Beschreibungen auf Verpackungen usw. gibt es einige Begriffe, die ein paar Worte bedürfen, da diese dort zumeist nicht erklärt werden:

Abbindezeit

Dieser Begriff entspricht der Dauer vom Auftrag (und dem anschliessenden Zusammenfügen der Teile) bis zu dem Zeitpunkt, da schon eine leichte Belastung erfolgen kann (z.B. zum Transport).

Aushärtzeit

Gemeint ist die Zeit, bis das Klebemittel vollkommen ausgehärtet ist, also ggf. auch die Lösungsmittel vollkommen „verduftet“ sind.

Dickungsmittel, Füllmittel, Füllstoffe

Geeignete feingemahlene Stoffe ohne eine eigene Klebefähigkeit (z.B. Kreide). Sie vergrössern das Volumen des zu verarbeitenden Leimes und verringern dadurch die Kosten des Leimens. Solche Mittel sind jedoch im Bootsbereich nicht geeignet!

Kreide als Bestandteil kann ganz erheblich Feuchtigkeit aufnehmen, wodurch sich wohl einerseits eine gewünschte Vergrösserung des Volumens ergibt, andererseits aber durch diese Aufnahmefähigkeit von Feuchtigkeit zu einer entscheidenden Beeinträchtigung der Klebeverbindung kommt!

Geschlossene Zeit

Im Gegensatz zur „offenen Zeit“ ist hier die Dauer gemeint, die zwischen dem Vereinen und dem Zusammenpressen der Teile verbleibt.

Kaltverklebung

Von einer *Kaltverklebung* wird gesprochen, wenn die Temperatur plus 5-30°C. beträgt, während sie bei einer *Warmverklebung* (=Heissverklebung) zwischen +30 und +200°C. und darüber liegt.

Leimflotte

Damit ist die Dicke, bzw. die Menge (in Gramm/m²) des Leimauftrages gemeint.

Offene Zeit (auch „Wartezeit“ genannt)

Dabei wird der Zeitraum angesprochen, der zwischen dem Auftragen des Klebemittels und dem Zusammenfügen der Teile zur Verfügung besteht.

Pressdruck

Es handelt sich um die Stärke des Druckes, die notwendig ist, um eine optimale Verklebung zu erreichen. Je nach Klebemittel und Material kann sie sehr unterschiedlich sein!

Presszeit

Gemeint ist die Dauer vom Beginn bis zum Ende des vollen „Pressdruckes“. Bei manchen Klebemitteln ist auch die (Mindest-)Dauer des Druckes für die Qualität der Verbindung entscheidend, was hiermit gemeint ist. Sie kann aber auch von anderen Umständen abhängig sein, wie Feuchtigkeit des Materiales oder der Art des Klebemittels.

Reifezeit

Hierbei handelt es sich um die Zeitspanne zwischen dem Anrühren/Ansetzen eines Klebemittels und der Gebrauchsfähigkeit desselben. Erst nach dieser Zeit darf der Kleber benutzt werden.



Streckmittel

Feingemahlene, quellfähige organische Stoffe mit einer eigenen Klebekraft (z.B. Stärken) haben den Vorteil, dass dadurch die Leimkosten gesenkt werden können. Ausserdem werden zudem Elastizität, Füllkraft und Viskosität erhöht und ein Leimdurchschlag verhindert.

Topfzeit oder Gebrauchsdauer

Es handelt sich um die Dauer, in der das angerührte/angesetzte Klebemittel gebrauchsfertig bleibt. Danach ist der Kleber unbrauchbar!

Tropenfest

Diesen Begriff findet sich nur bei hochwertigen Klebemitteln. Er bedeutet, dass der Kleber „dampfbeständig“ ist (auf Zeit: etwa 15-30 Minuten).

Verarbeitungstemperatur

Die Hersteller geben dazu genaue Celsius-Bereiche an, die unbedingt einzuhalten sind, da sonst keine einwandfreie Verklebung erzielt wird.



Übersicht zu den Klebemitteln

Bei den Klebemitteln sind ein paar grundsätzliche Unterscheidungen festzustellen, denn es gibt zwei Hauptarten, was die Herkunft betrifft (Grossbuchstaben in Klammern=Kurzzeichen nach DIN 4076):

Hinweis:	<i>duomer</i>	=	Duroplaste, auf der Basis von Kunststoffen, deren Molekülketten sehr eng und starr vernetzt sind;
	<i>plastomer</i>	=	Thermoplaste, auf der Basis von Kunststoffen, die nicht vernetzt sind und deren Moleküle eine fadenförmige Struktur ergeben;
	<i>elastomer</i>	=	auf der Basis von Kunststoffen, die normal vernetzt sind, d.h. die Molekülketten sind nur in grösseren Abständen=weitmaschig durch Querverbindungen chemisch vernetzt.

Natürliche Leime aus tierischen Produkten

Albumin-Leime, Serumalbumin-Leime (Blut)

Glutin-Leime (Glutin=Eiweissverbindung) (KG)

Kasein-Leime (KC) (auch Casein geschrieben) („Kase-ihn“ ausgesprochen).

Natürliche Leime aus pflanzlichen Produkten

(nicht weiter erwähnt, da für den Bootsbau uninteressant)

Alkalisch modifizierte Stärke

Dextrine

Kochstärke

Quellstärke

Stärke.

Synthetische Leime

(diese werden zum grossen Teil auch als „Kondensations-Leime“ bezeichnet, aus diesem Grund auch das „K“ vor dem Code)

Harnstoffformaldehydharz-Leime (=duomer) (KUF)

Melaminformaldehydharz-Leime (=duomer) (KMF)

- in der Form als: = Furnier-Leime,
- = Montage-Leime,

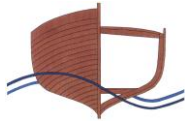
Phenolformaldehydharz-Leime (=duomer) (KPF)

- in der Form als: = Furnier-Leime,
- = Montage-Leime,

Polyvinylacetat-Leime (=plastomer) (KPVAC) = Weiss-Leime

- in der Form als: = Furnier-Leime (mit Füll- und Streckmitteln),
- = Lack-Leime,
- = Misch-Leime (mit Zusatz von Harnstoffformaldehydharzen),
- = Montage-Leime,
- = Schmelz-Kleber;

Resorcinharz-Leime (=duomer) (KRF)



Synthetische Kleber

(„K“ = siehe oben)

Epoxidharz-Kleber (=duromer) (KEP),

Polyacrylsäureester-Kleber (=plastomer) (KPMMA),

Polychloropren-Kleber, ohne Härter (=elastomer) (KPCP),

Polychloropren-Kleber, mit Härter (=duromer) (KPCP),

Polyurethan-Kleber (=duromer) (KPUR),

Polyurethan-Kleber (=plastomer) (KPUR),

Polyurethan-Kleber, linear (=elastomer) (KPUR)

Polyurethan-Kleber (=elastomer) (KIS)

PVAC-Schmelz-Kleber (=plastomer) (KSCH)

Die verschiedenen Formen der Leime haben auch jeweils ihre bestimmten Aufgaben (trifft besonders auf die KPVAC-Leime zu):

Furnier-Leime

Sie werden in erster Linie beim Aufkleben von Furnieren und dünnen Holzschichten verwandt und enthalten zumeist Füll- und Streckmittel.

Lack-Leime

Es handelt sich um abgeänderte KPVAC-Leime, die die Oberfläche von Kunststoffen oder Nitrolackschichten anlösen, so dass es zu einer haltbaren Verbindung kommt.

Misch-Leime

Hier wurden noch etwas Harnstoffformaldehydharz-Leime beigemischt. Dadurch wird die Festigkeit gegenüber Feuchtigkeit erhöht, gleichzeitig aber die Elastizität der Leimfuge verringert.

Montage-Leime

Diese werden zum Verleimen von jeglichen Holzverbindungen, von Holzplattenwerkstoffen und zum Aufleimen von Schichtpressstoffen auf Trägerplatten verwendet.

Schmelzkleber

Durch sie können unter Hitze und relativ schneller Abbindezeit verschiedene Werkstoffe mit einander verklebt werden, jedoch handelt es sich nicht um eine sehr feste Verbindung (=bleibt immer etwas elastisch), sondern in erster Linie nur um das Abdichten/Überbrücken von Fugen.

Nach der DIN 68602 wird bei Klebemitteln eine weitere Unterscheidung vorgenommen und diese nach folgenden Kriterien aufteilt:

- | | | |
|-----------|---|---|
| B1 | = | Diese Kleber müssen in geschlossenen Räumen mit einer allgemeinen niedrigen Luftfeuchte - ohne unmittelbare Einwirkung des Freiluftklimas haltbar sein. |
| B2 | = | In geschlossenen Räumen mit einer hohen und stark wechselnden Luftfeuchte und sogar gelegentlicher Wassereinwirkung dürfen diese Kleber ihre Festigkeit nicht verlieren. |
| B3 | = | Die Kleber müssen halten, wenn sie den üblichen Klimabedingungen einer Region ausgesetzt sind, d.h. sie müssen eine hohe Feuchtigkeitsfestigkeit besitzen (=„wasserbeständig“, was nicht „wasserfest“ bedeutet!). |
| B4 | = | Die Anforderungen von B3 sind zusätzlich besonders hoch anzusetzen (=mit einem Härter wird das Klebemittel dann als 2K-Kleber „wasserfest“). |



Härter

Die Härter zu den verschiedenen Leimen (=„Binder“) bestehen aus Salzen oder Säuren. Entweder sind diese ggf. schon im Leim enthalten (=1K) oder werden ihm als Pulver oder Lösung beigemischt (=2K). Bei einzelnen Verleimungen werden die beiden Flächen unterschiedlich bestrichen (a=Leim / b=Härter).

Die Härter unterscheiden sich z.B. in:

Kalthärter = gelb und rot (=schnell härtend),

Kalthärter = weiss und blau (=langsam wirkend),

Heiss Härter = flüssig,

Heiss Härter = pulverförmig

- Verwendung: = zur Erhöhung der Festigkeit der Verleimung (jeweils nur die Härter verwenden, die der Hersteller empfiehlt!).

- Produkte z.B.: „DESMODUR R“.



Kleber und Leime

Die Kleber oder Leime basieren wiederum auf verschiedenen grundsätzlichen Herstellungs-, bzw. Mischungsverfahren. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass sich manche synthetische Kleber mit bestimmten Kunststoffen nicht vertragen, bzw. keine Klebewirkung zu erzielen ist.

Bei der nachfolgenden Aufstellung gibt es teilweise Überschneidungen, da die Klebemittel sich unter dem einen oder anderen Namen im Handel befinden (nb=nicht bekannt):

Acryl-Kleber

(1 K)

Derartige Kleber, die auf der Basis von *Acrylen* im Handel erhältlich sind, gehören zumeist zu den dauerelastischen Klebern. Sie sind preiswert, aber in ihrer Haltbarkeit den „Silikon-Klebern“ unterlegen. Mit ihnen ist keine feste Verbindung zu erreichen. Ausserdem ist ein Einsatz im Bootsbereich nur sehr beschränkt möglich/sinnvoll.

- Verwendung: = zum Schliessen von Fugen, elastische Verbindungen.
- Produkte z.B.: = nb.

Albumin-Leime

(1 K)

Diese Leime basieren auf Blut und werden in Wasser gelöst. Sie sind feuchtigkeits-beständiger als „Kasein-Leime“. Da Albumin-Leime wasserempfindlich (und nicht sehr hitzebeständig) sind, müssen derartige Verleimungen (sie können dann quellen) durch einen Anstrich geschützt werden.

- Verwendung: = Sperrholzherstellung.
- Produkte z.B.: = nb (kaum mehr im Einsatz).

Dispersions-Kleber

(1 K)

Bei diesem Kleber handelt es sich im Bootsbau in erster Linie um die Version für Holz. Er ist zumeist ohne Lösungsmittel und härtet durch die Verdunstung des enthaltenen Wassers ab. Diese Kleber sind zumeist nicht auf Dauer wasserbeständig. Jedoch gibt es Mischungen (ggf. mit Härtern), die die Verklebung wesentlich wasserunempfindlicher machen. Dennoch sollte ein Schutzanstrich aufgetragen werden. – Siehe dazu auch bei „Weiss-Leimen“.

- Verwendung: = Isolierungen, Teppichböden, Decken- und Wandverkleidungen.
- Produkte z.B.: = „ACRÜ 1600“, „GISA 1805“.

Epoxidharz-Kleber (KEP)

(2 K)

Diese üblicherweise hellgelben bis dunkelbraunen Epoxide, vor über 30 Jahren von drei Brüdern in den USA zur Marktreife entwickelt („West-System“ ist das bekannteste Originalprodukt, während sehr viele anderen nur „Nachbauten“ sind! – Allerdings fand die erste „Erfindung“ bereits 1934/39 in Deutschland statt), sind nicht als „billig“ zu bezeichnen, aber dafür ungeheuer vielfältig einsetzbar - auch als Kleber - und werden aus 2 Komponenten (Harz und Härter) gemischt (auf dem Markt sind auch 1K-Epoxid-Kleber erhältlich).

Grundsätzlich gibt es zwei Typen, die sich nur in ihren Molekülketten unterscheiden, und die besten Epoxide enthalten keine Lösungsmittel und sind vollkommen wasser-, wetterfest und hitzebeständig. Mit beiden können jedoch (fast) alle Materialien verbunden werden. Allerdings sind keine dauerhaften Klebewirkungen zu erzielen, wenn das Material elastisch oder sonstwie dehnbar ist oder sich in seinem Volumen verändern kann; ebenfalls ist eine Haftung auf Stoffen, die auf *Polystyrolen*, bzw. *Polyethylen* (*PVC*) basieren, kaum bis nicht gegeben!

Da Wärme bei den Klebern grundsätzlich die Abbindezeit verkürzt, ist bei den Epoxidharzen zu berücksichtigen, dass diese durch die Reaktion von Binder mit Härter eine eigene Wärme produzieren (=exothermisches Verhalten). Je grösser die angemischte Menge, je grösser ist die entstehende Wärme, je schneller bindet das Gemisch ab - und je grösser die Gefahr, dass der Brennpunkt erreicht wird! Vorsicht also bei Mischungsresten oder damit getränkten sonstigen Materialien (Lappen usw.)!

Wenn dieser Kleber in einem Papp- oder Kunststoffbehälter (=PVC) angemischt wird, wobei sehr genau (!) die Anweisung des jeweiligen Herstellers berücksichtigt werden muss, ist darauf zu achten, dass das Gemisch keine Luftblasen mehr enthält, denn diese können die Leimwirkung stark verringern (durch falsches Volumenverhältnis)!



Der Auftrag erfolgt mittels Spachtel, Pinsel usw. zuerst mit reinem Epoxid, bis dieses in das Holz eingezogen ist. Nach einigen Minuten wird die Mischung auf diese Flächen aufgetragen. Der anschliessende Anpressdruck (1-4 Stunden) muss bei diesem Kleber nicht sehr gross sein, jedoch sollte unter die Zwingen (oder die Druckverteilungsstücke) eine Folie aus z.B. *Polyethylen* (=PVC) gelegt werden, damit diese Teile nicht „mitverklebt“ werden. Die Zeit zum vollständigen Aushärten beträgt bis zu 7 Tagen (üblich=24 Stunden), jedoch lässt sich das Werkstück schon nach etwa 4-6 Stunden weiterverarbeiten.

Die Härte der Verleimung ist danach zumeist stabiler als das Material selbst (wie es bei einer Verschweissung von Metallen eigentlich auch sein soll). Verklebungen mit Epoxid sind sehr fugenstabil.

VORSICHT:

Da Epoxide *Amine* enthalten, die Allergien auslösen können, bitte die Hände und Arme eincremen oder sich mit Handschuhen so vor Spritzern schützen.

Auch beim Beschleifen von Epoxid bitte eine gute Atemschutzmaske tragen!

TIP:

Mit *Azeton*, *Spiritus* oder *Zelluloseverdünnung* können Werkzeuge gereinigt und Spritzer entfernt werden, sofern diese noch frisch sind.

- Verwendung: = Abschottungen, hochbelastete Holz-Holz-Verbindungen, Propeller-/Ruderwellen, Rumpf-Deck-Verbindungen, alle sonstige Verbindungen.
- Produkte z.B.: = „ACRÜ“, „ARALDITE“, „EPIGLASS“, „SP SYSTEMS“, „STABILIT EXPRESS“, „UHU PLUS“, „WEST SYSTEM“.

Fisch-, Haut-, Knochen- und Leder-Leime (KG)

(1 K)

Diese (einfachen) hellgelben bis dunkelbraunen Leime, auch mit dem Begriff „Glutin-Leime“ bezeichnet, wurden bis in die 1950er Jahre hinein verwandt, werden aber heute höchstens noch bei naturgetreuen Restaurierungen benutzt. Sie wurden u.a. aus Fischabfällen, Hausenblasen, Rohhautabfällen, entfetteten Knochen oder aus Rohleder gewonnen.

Die Leime werden zumeist in Wasser (nicht zu viel) zum Quellen gebracht, erwärmt (etwa +60 bis +70°C.) und dann verarbeitet (offene Zeit=20 Minuten), ziehen sich beim Abkühlen zusammen und härten dann nach rund 24 Stunden aus (Presszeit/Montage-Leim=etwa 30-60 Minuten, Furnier-Leim=30 Minuten).

Die Leimfugen bleiben elastisch, sind aber nicht feuchtigkeits- oder wärmebeständig. Ausserdem sind Leimungen mit Glutinen „empfindlich“ für Bakterien und Schimmelpilze. Eine entsprechende elastische Lackierung ist aus diesem Grund unbedingt notwendig.

- Verwendung: = im Rahmen von originalen Restaurierungen für alle Innen-Bereiche.
- Produkte z.B.: = nb (ggf. bei der Firma „TOPLICHT“).

Glutin-Leime (KG)

(1 K)

(siehe unter „Fisch-, Haut-, Knochen- und Leder-Leime“).

Harnstoff-Formaldehydharz-Leime (KUF)

(2 K)

Diese schon lange auf dem Markt befindlichen 2K-Leime (erste Entwicklung stammt von BASF=„KAURIT“) sind nur verwendbar, wenn sie durch einen Anstrich dauerhaft vor Verwitterung geschützt werden, da sie nicht sehr wetterbeständig sind (andere Quellen schreiben jedoch, dass KUF-Leime ziemlich wasser-, wetterfest und hitzebeständig sind!). Im Angebot befinden sich Formen von Holz-Leimen: einerseits die, bei denen Harz und Härter schon gemischt sind und nur das Hinzufügen von Wasser den Leim erst „funktionsfähig“ macht (z.B. „CASCAMITE“); andererseits die, bei denen man das Harz pulverförmig im Handel erhält und sie mittels Wasser zu einer sirupähnlichen Substanz angerührt werden, wobei dann die eine Fläche damit dünn bestreichen (Leimflotte=120-150 g/m²), während auf der anderen Fläche der Härter (nur 1x!) aufgetragen wird.

Bei der zweiten Art ist auf eine exakte Mischung zu achten und es ist möglich, dass die Holzfläche mit dem Härter sich verfärbt.

Montage-Leime werden zumeist kalt, während Furnier-Leime heiss verarbeitet werden.

Eine Kondensation findet bei allen Varianten statt.



In beiden Fällen wird der Leim, bzw. Härter mittels Pinsel oder Spachtel aufgetragen (offene Zeit/Montage-Leim=10 Minuten und bei Furnier-Leimen=15 Minuten) und danach etwas gewartet (15-20 Minuten), bis die Substanzen in das Holz eingezogen sind. Dann werden die Teile innerhalb von etwa 15 Minuten aufeinandergepresst. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Fuge klein bleibt, da eine dicke Leimschicht schneller altert. Die Presszeit beträgt bei Montage-Leimen etwa 60 Minuten, bei Furnier-Leimen rund 8 Minuten. Die Aushärtezeit - und damit volle Belastbarkeit - beträgt rund 4-8 Tage; möglichst erst dann sollten die Zwingen usw. wieder entfernt werden. Die Klebefuge ist hart, spröde und ziemlich glasklar.

VORSICHT: Mit Handschuhen arbeiten oder die Hände vorher gut eincremen, denn diese Leime sind gesundheitsschädigend!

TIP: Da dieser Leim eine glasige Farbe hat, kann er überall verwendet werden.

TIP: Der Leim darf nicht mit Metall in Berührung kommen, da es sonst Flecken in der Verleimung geben kann.

TIP: Frische Leimreste können mit einem feuchten Lappen abgewischt werden.

- Verwendung: = höchstens im Bootsinneren, wobei das Holz trocken sein muss.
- Produkte z.B.: = „CASCAMITE“, „KAURIT“.

Kasein-Leime (KC)

(1 K)

Schon vor dem II. Weltkrieg bekannt, wurden (und werden manchmal noch heute) mit diesem Leim Sperrholzkonstruktionen und Masten und Spieren verleimt. Der Hauptbestandteil ist bei diesem Leim der Eiweißstoff *Albumin*, der sich im *Kasein* (=Käsestoff=gesäuerte Magermilch) befindet.

Beim Verarbeiten quillt das *Kasein* im kalten Wasser auf und es kommt erst mit einem Zusatz von *Alkalien* (z.B. Kalk) zu einer klebenden chemischen Reaktion, wobei die offene Zeit rund 10 Minuten beträgt (die Topfzeit beträgt etwa 6 Stunden). Die Festigkeit (etwa 60 kg/cm²) solcher Verleimungen (nach einer Presszeit von 8-12 Stunden) sind mit denen von Kunstharzen verbleiben.

Kasein-Leimungen erkennt man an den dunkleren Rändern der Leimfugen. Sie sind elastisch, feucht- (nur begrenzt wasserfest!) und schimmelfest (bis auf die *Kaseine*, die auf der Basis von *Proteinen* hergestellt worden sind). Ein wetterfester Anstrich ist trotzdem unbedingt notwendig, da der Leim nur bedingt wetterbeständig ist und sonst die Gefahr eines Pilz- und/oder Wurmbefalles besteht.

VORSICHT: Da der Leim Lösungsmittel enthalten kann, ist Vorsicht geboten!

TIP: Der Leim darf nicht mit Metallen in Berührung kommen, da es sonst zu Verfärbungen kommen kann!

- Verwendung: = Masten und Spieren.
- Produkte z.B.: = nb (ggf. bei der Firma „TOPLICHT“).

Kautschuk-Kleber

(1 K)

Bei diesem dauerelastischen Kleber ist die Basis sehr unterschiedlich. So kann der Kautschuk aufgebaut sein auf:

Acrylester (KACM),

Ethylen-Propylen-Terpolymer (KEPDM),

Polychloropren (KCR),

Polysulfid (KSR),

Silikon (KSi).

Diese Kleber werden zumeist mittels einer Kartusche aufgetragen. Sie sind gegenüber Temperaturen von -50 bis +100°C. beständig und wetterfest.

- Verwendung: = elastische Verklebungen, verwendbar unterhalb von Beschlägen, Scheuerleisten oder ähnlichen abgedeckten Teilen.
- Produkte z.B.: = „UHU GREENIT“, „VIKTORIA“.



Kontakt-Kleber

(1 K)

Besonders für glattere Flächen geeignet, ist dieser Kleber zumeist auch beständig gegen höhere Temperaturen (z.B. bis zu +125°C). Dieser Kontakt-Kleber kann zudem sogar benutzt werden, wenn der Untergrund noch feucht ist! Dann allerdings wird die volle Klebewirkung erst erreicht, wenn durch die Verdunstung des Lösungsmittels alles ausgehärtet ist. Dieser Kleber bleibt aber selbst nach dem Aushärten etwas flexibel, jedoch ist die Verklebung selbst starr. (Siehe auch bei KPCP-Kleber, denn diese Kleber basieren sehr häufig darauf.)

Bei der Verarbeitung ist darauf zu achten, dass die mit Kleber bestrichenen Flächen nicht vorher aus Versehen zusammentreffen (sie „ziehen sich regelrecht an“); sie lassen sich dann nicht mehr voneinander trennen, bzw. korrigieren. Um dieses zu verhindern, wird ein vorübergehendes Abdecken der einzelnen Flächen mit z.B. Wachspapier empfohlen. Danach müssen die Teile sehr präzise zusammengefügt werden.

Überhaupt sollte gewartet werden, bis auf beiden Flächen das Lösungsmittel im Kleber verdunstet ist (was durch ein Berühren mit dem Finger getestet werden kann: Kleber darf nicht am Finger haften!) und dann erst diese Teile verbinden, wobei nur ein kurzer hoher Anpressdruck nötig ist (z.B. Schläge mit einem Gummihammer usw.).

VORSICHT: Dieser Kleber ist in hohem Umfang toxisch - also geeignete Massnahmen treffen!

- Verwendung: = Decksbeläge, Kunststoffplatten auf Holz.
- Produkte z.B.: = „PATTEX KRAFTKLEBER“, „UHU KRAFT“, „UHU POR“ (speziell für Styropor).

Melaminformaldehydharz-Leime (KMF)

(1 K)

Auch dieser Leim ist als kalt-härtender Montage-Leim und als heiss-härtender Furnier-Leim im Handel erhältlich (Handelsname=„KAURAMIN“) und hat Abbindezeiten von wenigen Sekunden (!) bis hin zu etwa 1-2 Stunden - je nach Temperatur (bis +140, bzw. bis +210°C.). Dazu ist eine Presszeit von 8 (=Furnier-Leim) bis 60 Minuten (=Montage-Leim) notwendig. Die Offenzeit liegt bei jeweils 10 Minuten.

Es findet eine Kondensation statt.

Die Verleimungen sind wasserfest und hitzebeständig, allerdings nur begrenzt widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse. Die Fugen sind glasklar und hart (und spröde!).

VORSICHT: Dieser Kleber ist gesundheitsgefährdend!

- Verwendung: = Holz-Holz-Verbindungen im Innenbereich.
- Produkte z.B.: = „KAURAMIN“, „PRESSAL“.

Perbunan-Leime (NBR)

(1 K)

Es handelt sich um einen *Acrylnitril-Butadien-Kautschuk*. („*Nitril-Butadien-Rubber*“) Dieser synthetische Kautschuk verfügt über eine hohe Beständigkeit gegenüber Fetten und Ölen, sowie gegen Laugen und Säuren. Seine guten physikalischen Werte ergeben eine hohe Abrieb- und Standfestigkeit. Die Temperaturbeständigkeit liegt zwischen -25°C. und +100°C.

- Verwendung: = u.a. Abdichtungen.
- Produkte z.B.: = „BUNA N“, „EUOPRENE“, „CHEMIGUM“, „NITRIL“, „PERBUNAN“.

Phenol-Leime

(1 K)

Sie waren während des letzten Krieges der erste Schritt auf dem Wege zu wasserfesten Leimen, werden aber heutzutage kaum noch benutzt.

- Verwendung: = (erste Versuche im Bootsbau).
- Produkte z.B.: = nb (nicht mehr aktuell).



Phenolformaldehydharz-Leime (KPF)

(2 K)

Von dieser Leimverbindung gibt es die kalt zu verarbeitende Variante „Montage-Leim“ (Handelsname=„KAURESIN“) und die „heissen“ Varianten „Furnier-Leim“ und „Leimfilm“ (Handelsname=„TEGOFILM“).

Beim „TEGOFILM“, der in bis zu 0,1 mm starker Folie auf Rollen erhältlich ist, wird der Film trocken zwischen die zu verleimenden Teile gelegt und unter Druck (6-25 kg/cm² !) und einer Temperatur von etwa plus 130°C. gepresst.

Die Auftragsmenge beträgt ansonsten etwa 120-160 g/m². Die Pressdauer liegt zwischen 4 Stunden (=kalt) und 10 Minuten (=heiss), jedoch ist bei kalter Verleimung noch mit einer Nach-Abbindezeit von etwa 12 Stunden zu rechnen. Achtung: Es kann bei diesem Leim zu Verfärbungen kommen.

Eine Kondensation findet statt.

Verleimungen aus diesem Leim sind koch-, tropen-, wasser- und wetterfest und auch gegen hohe Hitze ziemlich immun. Die Fugen nehmen eine braune Farbe an und bleiben etwas elastisch.

Der Vorteil bei diesem Leim ist, dass er auch dann angewendet werden kann, wenn das Holz noch eine Feuchtigkeit von bis zu 25 % (!) besitzt.

VORSICHT: Dieser Kleber ist gesundheitsgefährdend!

- Verwendung: = Schiffsausbauten und alle sonstigen Bereiche des Bootsbaues.
- Produkte z.B.: = „KAURESIN“, „TEGOFILM“.

Polyacrylsäureester-Kleber (KPMMA)

(1 K)

Dieser Kleber wird kalt verarbeitet, wobei die Offenzeit rund 10 Minuten beträgt, und er benötigt eine Presszeit von etwa 1-3 Minuten (bei 30-40°C.) bis 30 Minuten (bei 18°C.).

Die Klebung bleibt elastisch und ist gegen kurze Wassereinwirkungen unempfindlich.

VORSICHT: Dieser Kleber ist durch seinen Lösungsmittelaustritt gesundheitsgefährdend!

- Verwendung: = Folien.
- Produkte z.B.: = nb.

Polybenzimidazol-Kleber

(2 K)

(siehe unter „Polyimid-Kleber“).

Polychlorbutadien-Kleber

(1 K / 2 K)

(siehe unter „Polychloropren-Kleber“).

Polychloropren-Kleber, ohne Härter (KPCP)

(1 K)

Der KPCP-Kleber wird auch als „Neopren-Klebstoff“ oder als „Polychlorbutadien-Klebstoff“ bezeichnet und zählt zu den „Kontakt-Klebern“ (siehe auch dort). Wenn er ohne Härter benutzt wird, ist er kalt zu verarbeiten (offen=20 Minuten) und nach dem Aushärten einigermassen wetterfest.

VORSICHT: Dieser Kleber ist durch seinen Lösungsmittelaustritt gesundheitsgefährdend!

- Verwendung: = nb.
- Produkte z.B.: = nb.

Polychloropren-Kleber, mit Härter (KPCP)

(2 K)

In Verbindung mit einem Härter wird dieser Kleber ebenfalls den „Kontakt-Klebern“ zugeordnet. Die Hinzugabe eines Härters macht aus diesem Kleber ein elastischeres Klebemittel, das dann zudem wetterfest und widerstandsfähig gegenüber Wasser ist und ausserdem zusätzlich eine höhere Wärme-festigkeit aufweist (von etwa 60°C. auf 120°C.). Beim kalten Verarbeiten, wobei die offene Zeit rund 15 Minuten beträgt, kann es zu leichten Verfärbungen kommen.

VORSICHT: Dieser Kleber ist durch seinen Lösungsmittelaustritt gesundheitsgefährdend!



- Verwendung: = nb.
- Produkte z.B.: = nb.

Polyester-Kleber (KUP)

(2 K)

(keine weiteren Informationen gefunden)

- Verwendung: = Abschottungen im Schiff.
- Produkte z.B.: = nb.

Polyhydroxymethyl-Kleber

(1 K)

Diese Klebemittel bedürfen zum Herstellen einer hochwertigen Verklebung hohen Pressdrücken.

- Verwendung: = nb.
- Produkte z.B.: = nb.

Polyimid-Kleber

(2 K)

Diese Klebemittel sind relativ neu auf dem Markt, ziemlich teuer und sind mit einer sehr hohen Temperaturbeständigkeit ausgestattet. Der Kleber wird heiss (plus 230-250°C.!) verarbeitet und erfordert einen sehr hohen Pressdruck, um zu härten.

Es handelt sich um ein „HighTech“-Produkt!

- Verwendung: = Diese Kleber kommen im Bootsbau - bisher - sehr, sehr wenig zum Einsatz (z.Z. eher im Flugzeugbau).
- Produkte z.B.: = nb.

Polysulfid-Kleber

(1 K / 2 K)

Diese Kleber kommen heute seltener in Gebrauch und waren früher häufig bei der Marine der „Standard-Kleber“. Es handelt sich um dauerelastische Kleber, die demzufolge keine feste Verbindung erlauben. Allerdings gibt es diese Kleber auch als 2K-Klebemittel.

- Verwendung: = Zum elastischen Verbinden von verschiedenen Materialien.
- Produkte z.B.: = „3M 122L“, „ELCH“.

Polyurethan-Kleber (KPU, KPUR, KIS)

(1 K)

Bei der Variante „KIS“ handelt es sich um die neuste Entwicklung dieser Kleber, deren Eigenschaften sich noch weiter verbessert haben. Die „älteren“ Varianten haben die Kennung KPU oder KPUR.

Dieser Kleber wird einseitig aufgetragen und besitzt nach dem Zusammenfügen der Teile eine Feuchtigkeits- und bis zu +70°C. hohe Wärmebeständigkeit. Zur Erhöhung der Standfestigkeit gegenüber Wärme kann ein Härter beigemischt werden. Eine Verklebung haftet sehr gut und ist dauerhaft elastisch.

VORSICHT:

Dieser Kleber ist durch seinen Lösungsmittelaustritt gesundheitsgefährdend!

- Verwendung: = Stabdecks; besonders beim Verkleben (dünner) PVC-Produkte geeignet.
- Produkte z.B.: = „BISON“, „CASCOL 1894“, „SIKAFLEX“, „WÜRTH-PRODUKTE“.

Polyurethan-Kleber (KIS)

(2 K)

Üblicherweise werden hier keine Lösungsmittel verwendet. Die Topfzeit kann - je nach Mischung - von wenigen Minuten bis zu 8 Stunden eingestellt werden. Bei diesem Kleber gibt es eine Besonderheit: die 2.Komponente ist die Feuchtigkeit der Luft, die zum Aushärten benötigt wird. Dadurch muss sehr schnell gearbeitet werden, denn diese Luft umgibt uns und der Kleber reagiert sofort!

Nach dem einseitigen Kleber-Auftrag und dem Zusammenfügen sind die Verklebungen gegenüber Wasser, chemischen Einflüssen widerstandsfähig und UV-Strahlungen können - je nach Einstellung des Klebers - keinen Schaden anrichten. Im Gegensatz zu vielen anderen Klebemitteln ist hier ein Zusammenpressen vollkommen unnötig (=nur leichter Druck), ja, sogar schädlich für die Verbindung! Im ausgehärteten Zustand sind PU/PUR-Kleber mit einer sehr guten Haftung und einer hohen Elastizität ausgestattet; sie sind überstreichbar und sogar schleifbar.

Das Produkt der Firma UHU härtet ggf. auch unter Wasser aus (sagt der Hersteller).

(siehe auch 1K-KIS-Kleber)



VORSICHT: Auch wenn - normalerweise - keine Lösungsmittel enthalten sind, ist ein Kontakt mit der Haut zu vermeiden!

- Verwendung: = Befestigen von Solarpaneele, Verkleben von Fenstern, Herstellen von Rumpf-Deck-Verbindungen, Abdichtung von Propeller-/Ruderwellen, Isolierungen.
- Produkte z.B.: = „BISON“, „SIKAFLEX“, „UHU ALLESKLEBER“, „WÜRTH-PRODUKTE“.

Polyvinylacetat-Leime (KPVAC)

(1 K)

(siehe unter „Weiss-Leime“)

Polyvinylharz-Leime

(1 K)

(keine weiteren Informationen gefunden)

- Verwendung: = nb.
- Produkte z.B.: = „UHU EXTRA“ (?).

PVAC-Schmelz-Kleber (KSCH)

(1 K)

Dieser Kleber auf der Basis von *Polyvinylacetat* wird mittels einer „Pistole“ heiss verarbeitet. Nach dem Abkühlen (=Abbinden) ist der Kleber wasser- und wetterfest.

(siehe auch „Schmelz-Kleber“)

- Verwendung: = Verklebung von Fugen.
- Produkte z.B.: = nb.

Resorcinharz-Leime (auch Resorzin) (KRF)

(2 K)

Diese (inzwischen) preiswerten und vielseitigen 2-Komponenten-Leime wurde von der BASF unter dem Namen „KAURIT“ entwickelt, werden heute von vielen Firmen hergestellt und gehören zu den Klebern. Sie sind Harnstoff-Leimen überlegen und lassen sich ziemlich einfach verarbeiten (wie „Weiss-Leime“), sofern beim Mischen von Harz und Härter genau die Anweisungen des Herstellers befolgt werden. Sie sind für wasser- und wetterbeständige Verbindungen sehr gut geeignet und widerstehen auch grösseren Temperaturen. Selbst grossflächige Arbeitsstücke lassen sich mit diesem Leim leicht zusammenfügen.

Nach dem Bestreichen (kalt bei Montage-Leimen und heiss bei Furnier-Leimen / Offenzeit: jeweils 15 Minuten) beider zu verbindenden Flächen wird auch hier etwas gewartet, bis der Leim in das Holz eingezogen ist, und dann erst die Teile zusammengefügt und unter Druck gehalten. Dabei ist bei Montage-Leimen mit einer Presszeit von 2-4 Stunden zu rechnen, während Furnier-Leime nur 6 Minuten benötigen.

Der Leim bindet durch Kondensation ab.

Mit diesen Leimen können auch Zwischenräume bis maximal 1,5 mm überbrückt werden/ ausgefüllt werden, wenn ihm Füller zugesetzt werden, ohne dass sich die Wirkung des Leimes verringert.

TIP: Da diese Leime eine dunkelrote bis lila Farbe haben, sind solche Klebemittel nur an entsprechenden Stellen zu verwenden.

TIP: Frische Leimreste lassen sich besser entfernen, wenn dem feuchten Lappen etwas Seife hinzugefügt wird.

- Verwendung: = Für alle möglichen hochbelasteten Holz-Holz-Verbindungen im Bootsbau.
- Produkte z.B.: = „AERODUX 185 B“, „BINDAN-CIN“, „KAURIT“.

Schmelz-Kleber

(1 K)

Solche Klebemittel werden grundsätzlich heiss (+120 bis +210°C.) verarbeitet. Die Hitze wird - üblicherweise - mittels einer Schmelzpistole erzeugt, wobei auf einen gleichmässigen Vorschub der Klebesubstanz zu achten ist. Die Verbindung wird aber nicht fest, sondern bleibt elastisch (es gibt noch einige andere derartige Kleber, die jedoch für uns weniger interessant sind). Es gibt hierbei vier verschiedene Arten, was die synthetische Basis betrifft:



EVA-Schmelz-Kleber

(1 K)

Die auf *Ethylenen* oder modifizierten *Vinylacetaten* basieren Klebemittel enthalten keinerlei Lösungsmittel und härten nach dem Unterschreiten der Auftrags-Temperatur (+180°C.) sofort aus. Verklebungen sind nur feuchtigkeitsfest; die Wärmebeständigkeit endet bei +70°C., kann aber bei entsprechender Einstellung auf rund +110°C. erhöht werden.

- Verwendung: = Zum Verbinden von unterschiedlichen Materialien, zum Schliessen von Fugen.
- Produkte z.B.: = nb.

Polyamid-Schmelz-Kleber (PA)

(1 K)

Sie sind im Bereich von –20°C. und +130°C. dauerhaft fest und ihre Dehn- und Reissfestigkeit ist wesentlich höher als bei den „EVA-Klebern“. Die Verarbeitung erfolgt bei +190 bis +210°C., wobei die offene Zeit sehr kurz ist.

- Verwendung: = Zum Verbinden von unterschiedlichen Materialien, zum Schliessen von Fugen.
- Produkte z.B.: = nb.

Polyelofin-Schmelz-Kleber

(1 K)

Solche Schmelz-Kleber haben bessere Eigenschaften als „EVA-Schmelz-Kleber“ oder „Polyamid-Schmelz-Kleber“, erfordern aber auch eine noch höhere Verarbeitungstemperatur (über +200°C.), was üblicherweise nicht mehr mit einer normalen Heissklebepistole zu erreichen ist. Die Wärmefestigkeit ist wesentlich höher; ansonsten ist dieser Kleber den anderen vergleichbar.

- Verwendung: = Zum Verbinden von unterschiedlichen Materialien, zum Schliessen von Fugen.
- Produkte z.B.: = nb.

Polyurethan-Schmelz-Kleber

(1 K)

Die vierte Variante basiert auf *Polyurethanen* und erfordert eine Temperatur von +120 bis +150°C. bei der Verarbeitung. Dieser Kleber verfestigt sich im 1.Schritt durch Abkühlung. Im 2.Schritt wird die Luftfeuchtigkeit zur chemischen Vernetzung benutzt, wodurch sehr zügig gearbeitet werden muss, da es zu einer sehr schnellen diesbezüglichen Reaktion kommt. Dadurch sind Verklebungen chemisch und mechanisch sehr widerstandsfähig und temperaturfest bis zu +150°C.

- Verwendung: = Zum Verbinden von unterschiedlichen Materialien, zum Schliessen von Fugen.
- Produkte z.B.: = nb.

Schraubensicherungs-Kleber

(1 K)

Hierbei handelt es sich um eine Sonderform der Kleber, die eigentlich nur dazu dient, um Schrauben (in erster Linie für den Bereich Metallverbindung) sicherer zu fixieren. In wenigen Tropfen auf das Gewinde der Schraube aufgetragen, wird diese dann hineingedreht und sitzt „bombenfest“. – Allerdings kann es dann Probleme geben, wenn diese Schrauben wieder entfernt werden sollen!

- Verwendung: = besseres Sichern von Schrauben in Metall.
- Produkte z.B.: = „LOCTITE“, „UHU SCHRAUBENSICHER“.

Sekunden-Kleber

(1 K)

Dieser 1-Komponenten-Kleber beruht auf einer Basis von *Cyanacrylsäureester* und kann bei kleineren Reparaturen eingesetzt werden. Er muss in seiner flüssigen Form sehr schnell verarbeitet werden (=einseitiger Auftrag), denn er härtet schon in einem Zeitraum zwischen 5 (z.B. bei Gummi) und 120 Sekunden (z.B. bei Porzellan) aus.

Bei der Gel-Form dieses schnellen Klebers ist die Verarbeitungsdauer etwas länger.

Der Kleber benutzt dazu die Feuchtigkeit der Luft. Nach dem Verbinden beider Teile ist eine Korrektur nicht mehr möglich. – Es muss hierbei nicht unbedingt Druck ausgeübt werden.

Diese Kleber sind hochfest, kälte- und bis etwa plus 80°C. hitzebeständig.



VORSICHT:

Nicht mit der Haut an den Kleber kommen, denn dieser reagiert sehr schnell und dann kann nur noch mit einer Rasierklinge eine Trennung hergestellt werden! *Azeton* (ersatzweise auch *Nagellackentferner*) kann bei sofortiger Behandlung die Haut wieder trennen; auf keinen Fall die Haut auseinanderziehen!!

- Verwendung: = Es versteht sich, dass mit diesem Mittel nur kleine/kleinste Stellen geklebt werden können.
- Produkte z.B.: = „UHU SEKUNDENKLEBER“.

Silicon-Kleber

(1 K)

Derartige Kleber, die auf *Siliconen* basieren, können nur für elastische Verbindungen benutzt werden. In ihrer Vielseitigkeit sind diese den PU-Klebern unterlegen, ihnen aber ansonsten ähnlich. Allerdings sind sie nicht überstreich- oder schleifbar, jedoch gegen chemische Produkte und gegen die UV-Strahlen beständig.

Diese Kleber sind gut haltbar und seewasserbeständig, aber gegenüber organischen Lösungsmitteln empfindlich.

- Verwendung: = Dichtungsmittel usw. (ähnlich den „Schmelz-“ und „Kautschuk-Klebern“).
- Produkte z.B.: = „BISON“, „HENKEL SISTA“, „WKT“.

Stärke-Leime und -Kleister

(1 K)

Derartige Leime sind nicht wasserbeständig, werden im Bootsbau kaum benutzt und sind hier nur zu Vollständigkeit aufgeführt.

- Verwendung: = in erster Linie bei Papier- und Pappe-Verklebungen.
- Produkte z.B.: = nb.

Weiss-Leime (KPVAD)

(1 K)

Dieser uns allen bekannte weisse Leim (auf *Polyvinylacetat*-Basis) gehört eigentlich zu den B3-Leimen. Um diesen Wert zu erhöhen, kann ihm ein spezieller Härter zugefügt werden, wodurch sich dieser Leim zu einem B4-Leim wandelt. Im nicht genutzten Gebinde verwandelt sich dieser B4 jedoch nach einiger Zeit wieder in einen B3-Leim um. Eine erfolgte ein- oder zweiseitige (je nach Produkt) Leimung (=kalt; nur Furnier-Leime werden warm verarbeitet) selbst bleibt allerdings von B4-Qualität und bindet als diese ab (schon nach rund 5 Minuten ergibt sich eine relativ hohe Festigkeit der Verbindung; üblicherweise erst nach 15-40 Minuten.) Die Presszeit liegt bei Montage-Leimen bei etwa 20 Minuten, Lack-Leime bei 15 Minuten, Furnier-Leime bei 8-20 Stunden. Die Offenzeit wird wie folgt angegeben: Montage-Leime= 5-20 Minuten, Lack-Leime=10 Minuten, Furnier-Leime=15 Minuten.

Der Leimauftrag beträgt etwa 140-200 g/m² und das Leimen darf grundsätzlich nicht bei einer Temperatur unter (+3°C.) +8°C. stattfinden, da sonst keine Festigkeit erreicht wird.

Die Aushärtung erfolgt durch die Verdunstung des im Leim enthaltenen Wassers (bei zu dicken Leimen kann dieser durch 1-3 % Wasser flüssiger gemacht werden). Aus diesem Grund ist auch ein hoher Pressdruck nötig.

Im Bootsbau werden nur Weiss-Leime benutzt, die über eine wenigstens ausreichende Wasserbeständigkeit verfügen. Aber selbst, wenn auf der Verpackung „wasserfest“ (z.B. „PONAL SUPER 3“ =Hersteller sagt so!) steht, sollte dieser Kleber nicht unbedingt im Aussenbereich verwendet werden, wenn er nicht wirklich durch einen Anstrich extra geschützt werden kann.

Die Leimfuge bleibt etwas elastisch, sie ist aber auf jeden Fall resistent gegen Schimmel.

Derartige Leime ohne Härter werden bei einer Temperatur zwischen +40 und +60° C. wieder weich! Mit Härter sind sie wärmebeständig bis zu +150° C.

Bei den Weiss-Leimen gibt es auch eine Reihe von Spezial-Leimen/-Klebern. Zu diesen Leimen gehören auch Sonderformen von „Schmelz-Klebern“, die mit einer Heissklebepistole heiss verarbeitet werden (siehe auch bei „Dispersions-Klebern“, zu denen diese Weiss-Leime gehören).

TIP:

Mit *Azeton* oder *Ethylacetat* können Leimdurchschläge ausgewaschen werden.

- Verwendung: = Für alle Holz-Holz-Verbindungen zu verwenden.
- Produkte z.B.: = „PONAL EXPRESS“, „PONAL SUPER 3“, „UHU COLL“.



Zellulose-Leime

(1 K)

Derartige Leime sind normalerweise nicht wasserbeständig und entstehen durch eine Behandlung der Zellulose mit Methylalkohol, können aber durch Zusätze wasserfester gemacht werden. Bekannt sind diese Leime z.B. als „Tapetenkleister“.

- Verwendung: = auf Papier, Zellglas (=Cellophan), Textilgeweben, *Polyvinylchloriden*; für den Bootsbereich weniger bis kaum geeignet.
- Produkte z.B.: = „GLUTOLIN-KLEISTER/LEIM“, „HENKEL-ZELL-KLEISTER/LEIM“, „METHYLAN“, „SICHOZELL-LEIM“.

Ausserdem gibt es noch eine Reihe von Klebemitteln, die ich hier nicht besonders aufführen möchte, da im Bootsbau nur selten verwendbar. So wären zu nennen:

Bauschäume

(1 K)

Diese Kleber werden aus einer Flasche unter Druck gesprüht, schäumen dann auf und ergeben ein Mehrfaches des Flascheninhaltes. Die Kraft des aufgeschäumten Klebers ist beachtlich und kann Bauteile auseinanderdrücken! Die Schäume sind aber meistens nicht UV-beständig.

- Verwendung: = zum Ausschäumen von Hohlräumen.
- Produkte z.B.: = verschiedene bei Baumärkten usw.

Klebebänder

(1 K)

Eine Vielzahl dieser Bänder (genau: „Klebstoffbänder“) stehen für alle möglichen Zwecke am Markt zur Verfügung. Zumeist werden als Klebemittel dafür „Kautschuk-Leime“, „Kunstharz-Leime“ u.ä. verwendet.

- Verwendung: = zum Fixieren, zum zeitweiligen Zusammenhalten von Teilen beim Leimen.
- Produkte z.B.: = „COROPLAST“ (PVC), „TESA-FILM“.

Ausserdem waren noch folgende Klebemittel in der Literatur genannt worden, über die aber keine weiteren Angaben zu finden waren:

Berliner Leime kalte Verarbeitung, ohne Härter (1 K)

(Es handelt sich um einen 1K-Weissleim - ähnlich „PONAL“ -, der in der ehemaligen DDR hergestellt und verwendet wurde.)

DIDI-Leime kalte Verarbeitung, mit Härter (2 K)

(Es handelt sich um einen 2K-Leim auf der Basis von Dicyandiamidharz und er wurde in der ehemaligen DDR hergestellt und verwendet.)

Zusammenstellung der Materialien und Klebemittel

Zur Vereinfachung beim Suchen nach den entsprechenden Klebemitteln habe ich in der nachfolgenden Tabelle die in diesem Fachartikel aufgeführten Mittel - bezogen auf die unterschiedlichen Materialien - zusammengestellt (eigentlich wollte ich je nach Leim/Kleber noch eine Tabelle mit Topfzeiten, Pressdauer usw. aufstellen, doch da die Chemie der Hersteller laufend neue Kombinationen auf den Markt bringt, wäre eine solche Aufstellung schnell unrealistisch und so kann ich diesbezüglich nur den Blick auf die Firmenangaben im Anhang und das dortige Einholen von weiteren Informationen empfehlen).

Die unteren Angaben sind nach bestem Wissen gemacht. Es kann aber aus diesem Grund auch keine Gewähr übernommen werden. – Die Verwendung all' dieser Mittel schliesst demzufolge beim Gebrauch nicht aus, unbedingt vorher die Gebrauchsanweisungen der jeweiligen Produzenten durchzulesen!

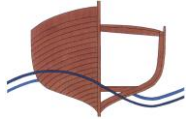
Abkürzungen:

H/H	=	z.B. <u>H</u> olz- <u>H</u> olz-Verbindungen
H	=	Holz
F	=	Filz
G	=	Gummi
K	=	Kunststoff
L	=	Leder
M	=	Metall
T	=	Textilien
s	=	sonstige Materialien



+ = umweltfreundlich
 ! = u.U. gesundheitsschädlich oder/und schädlich für unserer Umwelt
 nb = nicht bekannt

Materialien → Klebstoffe ↓	Hölzer				Kunststoffe			Metalle		sonstige Materialien			
	H/H	H/K	H/M	H/s	K/K	K/M	K/s	M/M	M/s	F	G	L	T
3M 122L	X	X			X	X		X					
ACRÜ 1600	X!	X!			X!			X!			X!		X!
ACRÜ EPOXID	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AERODUX 185 B	X												
ARALDITE	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
BINDAN-CIN	X												
BINDULIN LEIMDUSAN		X											
BISON	X!	X!	X!	X!	X!	X!		X!				X!	X!
CASCAMITE	X												
CASCOL 1894	X												
COROPLAST													
ELCH	X	X			X	X		X					
EPIGLASS	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
GISA 1805	X	X			X			X			X		X
GLUTOLIN-K./L.	(X)												
HENKEL SISTA	X	X	X	X	X	X		X					
HENKEL-ZELL-K./L.													
KAURAMIN	X!												
KAURESIN	X!												
KAURIT	X												
LOCITE								X					
METYLAN SPEZIAL													
PATTEX KRAFTKLEBER	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
PATTEX STABILIT	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
PELIGOM													
PONAL EXPRESS	X+												
PONAL SUPER 3	X+												
PRAKTIKUS GEWEBEKLEBER													X
PRESSAL	X!												
SICHOZELL-LEIM													
SIKAFLEX	X!	X!	X!	X!	X!	X!		X!				X!	X!
SISTA					X								
SP SYSTEMS	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
STABILIT EXPRESS	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
TEGOFILM	X!												
TESAFILM													
UHU ALLESKLEBER	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
UHU COLL	X+												
UHU EXTRA	X	X	X		X	X		X					
UHU GREENIT	X	X	X		X	X		X					
UHU HART	X	X	X		X	X	X						
UHU KONTAKT													
UHU KRAFT	X!	X!	X!	X!	X!								
UHU PLAST					X								
UHU PLUS	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
UHU PLUS SCHNELLFEST				X	X	X	X	X	X				
UHU POR					X								
UHU SCHRAUBENFEST								X					
UHU SEKUNDENKLEBER				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
UHU STIC													
VIKTORIA	X	X	X		X	X		X					
WEST SYSTEM	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!
WKT	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!	X!				
WÜRTH-PRODUKTE													



Schlusswort

So, dieses Thema hatte es - was die vorherige Recherche dazu betrifft - wieder in sich: denn entweder steht in der Literatur dieses oder jenes, mal mit dem einen Namen oder mal mit dem anderen Namen, mit der einen Information und woanders mit einer anderen Angabe! Zudem war nirgends letztlich alles gleichzeitig zu finden.

Ich bin der Meinung, wenn schon in einem Buch, das verkauft werden soll, über die Klebemittel geschrieben wird, dann sollte sich der Autor über alle Aspekte zu dem Thema informieren und diese in seinem Buch veröffentlichen!

Aber noch eine Information zum Schluss: Die Hersteller sind natürlich immer auf der Suche nach noch besseren Klebemitteln. Der Trend geht dahin, dass der Natur „auf die Finger geschaut wird“. So produzieren beispielweisen die bekannten Miesmuscheln ein Protein, welches zu einem hochwirksamen Klebstoff verwendet werden kann. Bis zur Marktreife wird es jedoch wohl noch etwas dauern.

In der WebSite des „Classic Forum“ (www.classic-forum.org) finden Sie unter
„Informationen“ > „Maritime Hersteller“

die von mir zusammengestellten Kontaktdaten zu den existierenden und ehemaligen in- und ausländischen Herstellern zu:

„Klebstoffe & Vergussmassen“.

Allerdings stammen die Angaben zumeist aus dem Jahre 2008 (=letzte Revision), da der zeitliche Aufwand zu einer laufenden Aktualisierung der Daten enorm ist und diese Kontrolle - darum leider - nur ab und zu erfolgen kann.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Anhang 1: Verwendete und weiterführende Literatur und Unterlagen (1)

(aus meiner eigenen Bibliothek)

Bei der hier aufgeführten von mir verwendeten Literatur kann ich zum Thema „Epoxid“ die „Gougeon Brothers“ empfehlen; für weitere Hintergrund-Informationen die Bücher von „Raaf“ und „Vollmer“.

<i>Behrens, Björn-Peter</i>	PFLEGE VON HOLZBOOTEN 1.Auflage, 1997 <i>Delius & Klasing, Bielefeld, 200 Seiten</i>
<i>Börms, Jürgen</i>	WERKKUNDE DES SCHIFFBAUERS 1.Auflage, 1996 <i>Verlag für Bootswirtschaft, Hamburg, 172 Seiten</i> <i>Reprint: __, 1960</i>
<i>Buchanan, George</i>	DAS HANDBUCH FÜR BOOTSREPARATUREN 1.Auflage, 1992 <i>Pietsch, Stuttgart, 312 Seiten</i>
<i>Casey, Don</i>	PFLEGE RUND UMS BOOT 1.Auflage, 1997 <i>Delius & Klasing, Bielefeld, 113 Seiten</i>
<i>Donat, Hans</i>	KLEINE BOOTE SELBST GEBAUT 6.Auflage, 1994 <i>Delius & Klasing, Bielefeld, 158 Seiten</i>
Europa-Lehrmittel	HOLZTECHNIK-FACHKUNDE 16.Auflage, 1997 <i>Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 552 Seiten</i>
<i>Glinski + Hansen + u.a.</i>	GRUNDSTUFE HOLZTECHNIK – TECHNOLOGIE 5.Auflage, 1991 <i>Handwerk und Technik, Hamburg, 228 Seiten</i>
<i>Gougeon Brothers</i>	HOLZBOOTE-REPARIEREN UND RESTAURIEREN 1.Auflage, 1991 <i>M.&H. von der Linden, Wesel, 76 Seiten</i>
<i>Gougeon Brothers</i>	MODERNER HOLZBOOTSBAU _.Auflage, 1998 <i>M.&H. von der Linden, Wesel, 398 Seiten</i>
<i>Graves, Garth</i>	HOLZARBEITEN AUF YACHTEN 1. Auflage, 2000 <i>Delius & Klasing, Bielefeld, 137 Seiten</i>
<i>Grell, Günther</i>	INSTANDSETZUNG VON SEGEL- UND MOTORBOOTEN 1.Auflage, 1951 <i>Verlag Klasing & Co. GmbH, Bielefeld und Berlin, 190 Seiten</i> <i>Herausgegeben von der Schriftleitung der Zeitschrift „Die Yacht“</i>
<i>Klabunde, Bernd</i>	ANSTRICHMITTEL – ARTEN UND TECHNISCHE MERKMALE 5.Auflage, 2022/23 <i>Eigenverlag, Eckernförde, 58 Seiten</i>
<i>Kretschmann, Gunther</i>	FARBENBUCH FÜR BOOTSEIGNER 1.Auflage, 2011 <i>Palstek-Verlag, Hamburg, 809 Seiten</i>
<i>Pilz, Herbert + Härig, Siegfried + Schulz, Wolfgang</i>	TECHNOLOGIE DER BAUSTOFFE – Eigenschaften und Anwendung 1.Auflage, 1971 <i>Strassenbau, Chemie u. Technik – Verlags G.m.b.H., Heidelberg, 445 Seiten</i>
<i>Pütz, Jean</i>	SCHMUTZ- UND FLECKENALMANACH 1.Auflage, 1995 <i>vgs-Verlag, Köln, 140 Seiten</i>



Anhang 1: Verwendete und weiterführende Literatur und Unterlagen (2)

(aus meiner eigenen Bibliothek)

- Raaf, Hermann* CHEMIE DES ALLTAGS
2.Auflage, **1992**
Herder, Freiburg, 310 Seiten
- Reddig + Wolff + u.a.* FACHSTUFE HOLZTECHNIK – TECHNOLOGIE
3.Auflage, **1991**
Handwerk und Technik, Hamburg, 319 Seiten
- Vollmer, Günter + Franz, M.* CHEMIE IN HOBBY UND BERUF
1.Auflage, **1991**
Georg Thieme Verlag, Stuttgart und New York, 225 Seiten

und verschiedene Artikel, Berichte usw. und eigene bisher veröffentlichte Infos

und der Text zu dem Mönch *Wolfgang Seidel* auf Seite 3 ist entnommen der WebSite

www.deutsches-kunststoff-museums.de

des „Kunststoff-Museums-Verein (KMV) e.V.“,
c/o LVR-Industriemuseum, Hansastrasse 18, D-46049 Oberhausen



Anhang 2: Nachweis der enthaltenen Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1

Seite 1

„Kohäsions-Formel (Kohäsionsenergie)“

Die einfachste Art der plastischen Verformung ist die Entfernung eines Teilchens. Die Energie, die notwendig ist, um ein Teilchen aus einem unendlich ausgedehnten idealen Kristall zu entfernen, ist die Kohäsionsenergie:

$$E_{\text{coh}} := \sum_{i=1; i \neq j}^N \frac{1}{N} \Phi_{ij}(r_{ij})$$

Dabei ist N die Zahl der Teilchen im System und $\Phi_{ij}(r_{ij})$ die Wechselwirkungsenergie zwischen zwei Teilchen j und i unter grober Vernachlässigung der Mehrkörperterme.

[aus: Wikipedia]

Tabelle 1

Seite 20

Zusammenstellung der Materialien und Klebmittel
[Zusammenstellung: *Bernd Klabunde*]