



Kleben im Metallhandwerk





Kleben im Metallhandwerk

Verfasser:

Leo Wolters

Heinz Dersch

Adam Vreydal

Hubert Hauser, TechnologieCentrum Kleben

Herausgeber:

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen

Abteilung Aus- und Weiterbildung

Pontstraße 49

52062 Aachen

Ganz besonderer Dank für die Unterstützung und die konstruktive Zusammenarbeit gilt dem TechnologieCentrum Kleben, Übach-Palenberg.

INHALT

I	Einleitung	Seite 04
----------	-------------------	----------

Teil 1 Grundlagen

1	Grundlagen	Seite 06
1.1	Grundlagen der Kunststoffe	Seite 06
1.2	Grundlagen des Klebens	Seite 09

Teil 2 Verarbeitung

2	Verarbeitung	Seite 14
2.1	Oberflächenbehandlung	Seite 14
2.1.1	Oberflächenbehandlung von Metall	Seite 17
2.1.2	Oberflächenbehandlung von Kunststoffen	Seite 19
2.1.3	Oberflächenbehandlung von Glas	Seite 20
2.2	Konstruktive Gestaltung von Klebverbindungen	Seite 21
2.3	Klebstoffverarbeitung	Seite 24
2.3.1	Warmhärtende Klebstoffe	Seite 25
2.3.2	Zweikomponentige Klebstoffe	Seite 26
2.3.3	Einkomponentige, feuchtigkeitshärtende Klebstoffe	Seite 29
2.4	Klebtechnischer Arbeitsplatz/Arbeitssicherheit	Seite 31

Teil 3 Klebstoffe

3	Klebstoffe	Seite 34
3.1	Reaktionsklebstoffe	Seite 34
3.1.1	Polyurethan, einkomponentig, feuchtigkeitshärtend	Seite 34
3.1.2	MS-Polymer, silanmodifiziertes Polymer, einkomponentig	Seite 37
3.1.3	Silikon, einkomponentig	Seite 40
3.1.4	Epoxidharz, warmhärtend, einkomponentig	Seite 43
3.1.5	Epoxidharz, zweikomponentig	Seite 46
3.1.6	Methylmethacrylat, zweikomponentig	Seite 49
3.1.7	Anaerober Klebstoff	Seite 52
3.1.8	Cyanacrylat Klebstoff	Seite 55
3.2	Abbindende Klebstoffe	Seite 58
3.2.1	Haftklebstoffe (Klebebänder)	Seite 58
3.2.2	Schmelzklebstoffe	Seite 61
II	Wichtige Normen und Richtlinien	Seite 63
III	Dank	Seite 64
IV	Literaturverzeichnis	Seite 64

I Einleitung

Im Metallhandwerk werden ständig steigende Anforderungen an Konstruktion und Design gestellt. Um diese Anforderungen zu erfüllen, bietet sich das Kleben als ergänzende Füge-technik an. Gegenüber den etablierten Fügeverfahren wie Schrauben, Nieten und Schweißen bietet es einige Vorteile. Es ist beispielsweise möglich, viele verschiedene Werkstoffe miteinander zu kombinieren. Klebstoffe dienen nicht nur dem Fügen zweier Bauteile, sondern erfüllen auch zusätzliche Funktionen. So können Klebungen z. B. als Dichtungen, Korrosionsschutz und als Isolierungen gegen Elektrizität und Wärme oder auch Schwingungen dienen.

Zu den bekanntesten Anwendungen im Metallbereich gehören die Schraubensicherung, Welle-Nabe-Verbindungen sowie das Gewinde- und Flächendichten. Das Kleben bietet jedoch eine Vielfalt weiterer Möglichkeiten: Elastische Klebstoffe werden z. B. für Metallverkleidungen, Fassaden und Dachelemente eingesetzt. Der Klebstoff sorgt hier für Beständigkeit gegen Schlag- und Biegebeanspruchungen sowie Widerstandsfähigkeit gegen Wärmeausdehnung, Vibration und Schrumpfung. Metallgefüllter Epoxid-Klebstoff eignet sich zur Reparatur und Nachbildung verschlissener Metallteile. Dies sind nur einige Beispiele für die vielfältigen Anwendungen der Klebstoffe. Eine solche Vielfalt verlangt jedoch nach einer gezielten Klebstoffauswahl. Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über die Grundlagen des Klebens und die im Metallhandwerk wichtigsten Kleb- und Dichtstoffe sowie deren fachgerechte Verarbeitung.





Teil 1

Grundlagen

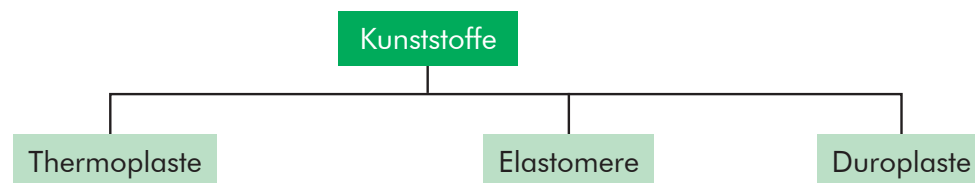
Teil 1 Grundlagen

1.1 Grundlagen der Kunststoffe

Kunststoffe sind eine der großen Erfindungen des vergangenen Jahrhunderts. In allen Lebensbereichen sind wir bemerkt oder unbemerkt von ihnen umgeben. Sie sind Voraussetzung für viele technische Entwicklungen, die unseren modernen Lebensstandard begründen. Die meisten Klebstoffe sind ebenfalls Kunststoffe, wenn man von den natürlichen Klebstoffen wie Harz, Knochenleim und den anorganischen Klebstoffen absieht.

Die Bezeichnung „Kunststoffe“ steht nicht für ein einziges Material, sondern ist der Oberbegriff für viele individuelle Kunststoffe, die sich in Aufbau, Eigenschaften und Zusammensetzung unterscheiden. Das farbliche Aussehen lässt keine Schlüsse auf den Kunststofftyp zu, da fast alle Kunststoffe beliebig eingefärbt werden können. Kunststoffe sind vorwiegend organische Stoffe, die entweder synthetisch oder durch Umwandlung von Naturstoffen, hauptsächlich Erdöl, gewonnen werden. Sie sind makromolekular, d. h. sie bestehen aus Riesenmolekülen, die aus einer Vielzahl kleiner, gleichartiger oder ähnlicher Grundbausteine (Monomere) gebildet werden. Kunststoffe sind leicht, beständig gegen viele Chemikalien, wiederverwertbar und zeichnen sich je nach Kunststofftyp durch viele weitere positive Eigenschaften, wie z. B. leichte Verarbeitungsfähigkeit oder Schlagzähigkeit, aus. Hier liegt der große Vorteil des Werkstoffs: Kunststoffe lassen sich gezielt in ihren Eigenschaften optimieren und sich auf den gewünschten Einsatzbereich einstellen.

Kunststoffe werden nach Art und Eigenschaft in drei Gruppen unterteilt:



Eigenschaften von Thermoplasten

Kunststoffe, die durch Wärmeeinwirkung verformbar sind, nennt man Thermoplaste. Durch diese Eigenschaft der Thermoplaste ist eine nahezu grenzenlose Formgebung möglich. Charakteristisch für Thermoplaste ist, dass die zwischenmolekularen Kräfte, die den Werkstoff zusammenhalten und bei Erwärmung schwächer werden, bei Wärmeentzug wieder wirksam werden. Dies bedeutet, dass die Thermoplaste durch Abkühlen wieder fest werden.

Anwendungsbeispiele für Thermoplaste:
Verpackungen, Zahnräder



Anwendungsbeispiel: Zahnrad aus thermoplastischem Kunststoff

Eigenschaften von Elastomeren

Elastomere sind bei Raumtemperatur elastisch verformbar und nicht schmelzbar. Im Gegensatz zu thermoplastischen oder duroplastischen Kunststoffen verfügen sie über die Fähigkeit, auch nach großen Verformungen von außen wieder vollständig in ihre alte Form zurückzukehren. Ermöglicht wird dies über Quervernetzungen zwischen den einzelnen Molekülketten. Diese lassen eine Verschiebung der Ketten gegeneinander zu und sorgen anschließend dafür, dass die Ketten wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren.

Einen Sonderfall bilden die thermoplastischen Elastomere (TPE). Sie verbinden die positiven Eigenschaften von Thermoplasten und Elastomeren. TPE sind bei Raumtemperatur elastisch. Die Elastizität von TPE wird durch sog. physikalische Vernetzungspunkte erreicht. Anders als bei den Elastomeren sind die Polymerketten nicht chemisch miteinander vernetzt. Daher sind TPE, im Gegensatz zu Elastomeren, schmelzbar, wiederverwertbar und rezyklierbar.

Anwendungsbeispiele für Elastomere: Reifen, Dichtungen, Kabelisolierungen

Anwendungsbeispiele für thermoplastische Elastomere: Schraubendrehergriffe, Schuhsohlen



Anwendungsbeispiel: Dichtungsring aus Elastomer

Eigenschaften von Duroplasten

Duroplastische Kunststoffe sind bei Raumtemperatur sehr hart und fest. Sie sind weder quellbar noch aufschmelzbar. Die endgültige Formgebung erfolgt vor der Vernetzung. Im Metallbau bieten im Pultrusionsverfahren hergestellte Profile eine interessante Alternative zu Metallprofilen.

Weitere Anwendungsbeispiele für faserverstärkte Duroplaste: Segelboote, Rotorblätter bei Windkraftanlagen



Anwendungsbeispiel: Profile aus faserverstärkten Duroplasten

Erkennen von Kunststoffen

Kunststoffe können anhand ihrer verschiedenen Eigenschaften unterschieden werden.

Erste Hinweise auf die Kunststoffart geben folgende Tests: Visuelle Einteilung, Griff-, Bruch-, Klang-, Ritz- und Biegeprobe. Durch eine Schwimmprobe können Kunststoffe grundsätzlich in zwei Gruppen eingeteilt werden. Polyolefine wie PE (Polyethylen) und PP (Polypropylen) sind leichter als Wasser und nur bedingt klebbar. Schwerer als Wasser sind beispielsweise ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol), PVC (Polyvinylchlorid) und PMMA (Polymethylmethacrylat). Diese Kunststoffe lassen sich wiederum gut verkleben. Die Schwimmprobe gilt nicht für Schaumstoffe.

Auch mittels einer Brennprobe kann die Kunststoffart identifiziert werden; hierbei beurteilt man das Aussehen und den Geruch der Flamme. Außerdem haben einige Kunststoffe eine selbstlöschende Wirkung. Bei der Durchführung einer Brennprobe ist darauf zu achten, dass eine geeignete Absaugung vorhanden ist.

	PE	PP	ABS	PVC	PC	PMMA	PA	GF-UP
Thermoplast	■	■	■	■	■	■	■	
Duroplast								■
schwimmt	■	■						
wachsartige Haptik	■	■						
Oberfläche ritzbar	■							
dumpfer Klang	■	■	■				■	
scheppernder Klang					■			■
harter Klang				■		■		
selbstlöschend				■	■			
klebbar	*	*	■	■	■	■	■	■
schweißbar	■	■	■	■	■	■	■	
laminierbar								■

*bedingt klebbar

Legende:

PE	=	Polyethylen
PP	=	Polypropylen
ABS	=	Acrylnitril-Butadien-Styrol
PVC	=	Polyvinylchlorid
PC	=	Polycarbonat
PMMA	=	Polymethylmethacrylat
PA	=	Polyamid
GF-UP	=	glasfaserverstärkte, ungesättigte Polyesterharze

1.2 Grundlagen des Klebens

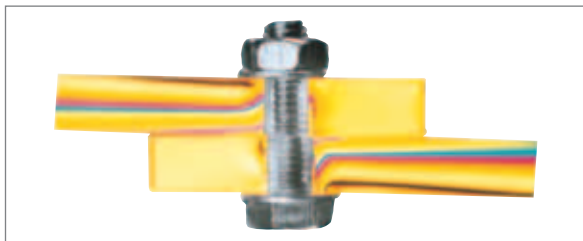
„Kleben“ bezeichnet im engeren Sinne das Verbinden zweier Fügeteile mittels eines Klebstoffs. Es handelt sich hierbei um ein stoffschlüssiges Fügeverfahren, bei dem die Fügeteile oft unlösbar miteinander verbunden werden. Im Bereich des Metallhandwerks weist das Kleben gegenüber anderen Fügeverfahren einige Vorteile auf:

Gleichmäßiger Spannungsverlauf

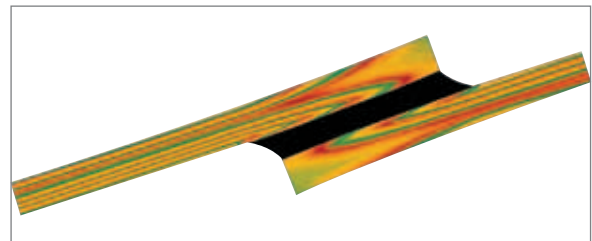
Beim Schweißen ergeben sich durch hohe Temperaturen Gefügeveränderungen im Werkstoff, die zu unregelmäßigen Spannungsverteilungen führen. Im Gegensatz dazu kommt es beim Kleben nicht zu thermisch bedingtem Bauteilverzug.

Bei einer punktförmigen Verbindung durch Schrauben und Nieten (oder auch Punktschweißen) treten durch Bohrlöcher/Schweißpunkte Schwachstellen im Werkstoff auf, da sich an deren Rändern unter Belastung Spannungsspitzen bilden. Diese Spannungsspitzen können den Ausgangspunkt für einen Bruch der Verbindung bilden. Klebverbindungen weisen eine solche Schwächung nicht auf. Diese ganzflächige Verbindungsart führt zu einer gleichmäßigen Spannungsverteilung.

Die Kraftlinien in Klebschichten verlaufen sehr homogen. Dadurch kommt es beim Kleben zu einer gleichmäßigen Krafteinleitung.



Spannungsspitzen beim Einsatz von Schrauben. Bild: Sika



Gleichmäßige Spannungsverteilung einer elastischen Dickschichtklebung. Bild: Sika

Kombination mit anderen Fügeverfahren

Das Kleben ist sehr gut mit anderen Fügeverfahren kombinierbar. Durch zusätzliches Nieten oder Schrauben erhält man eine redundante Sicherheit. Zudem kann man die Dichtwirkung von Klebstoffen nutzen.

Vielfalt unterschiedlicher Fügeteilmaterialien

Das Kleben ist ein Fügeverfahren, mit dem unterschiedlichste Werkstoffe miteinander kombiniert werden können. Es entstehen immer neue innovative Anwendungsgebiete, für die die Klebstoffe angepasst werden können.

Einige Besonderheiten müssen jedoch beim Kleben beachtet werden

- Die Oberfläche muss sorgfältig vorbereitet werden
- Bis zur Belastung der Klebschicht muss eine angemessene Reaktionszeit zur Aushärtung bzw. Vernetzung eingehalten werden
- Umgebungseinflüsse wie z. B. hohe Temperaturen müssen beachtet werden
- Gefahren, die die Arbeitssicherheit und Gesundheit betreffen, müssen beseitigt werden

Klebstoffgruppen

Klebstoffe werden durch die Art des Aushärtemechanismus' in zwei Gruppen unterteilt:

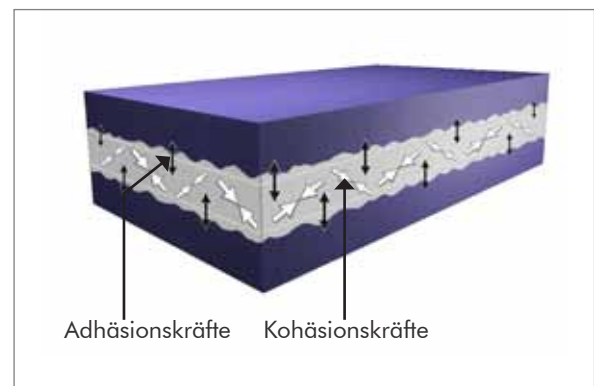
- Reaktionsklebstoffe, deren Aushärtung auf einer chemischen Reaktion einer oder mehrerer Komponenten basiert
- Physikalisch abbindende Klebstoffe, deren Aushärtung durch Abdampfen von Lösemitteln oder Verfestigen durch Erkalten (bei Schmelzklebstoffen) geschieht oder die dauerhaft klebrig sind

Adhäsion und Kohäsion

- Adhäsion bezeichnet das Haften zweier Stoffe (z. B. Klebstoff und Füge teil) aneinander
- Kohäsion bezeichnet die innere Festigkeit des Werkstoffs

Der Querschnitt einer Klebung lässt sich in zwei Schichten unterteilen:

- Adhäsionszone
- Kohäsionszone



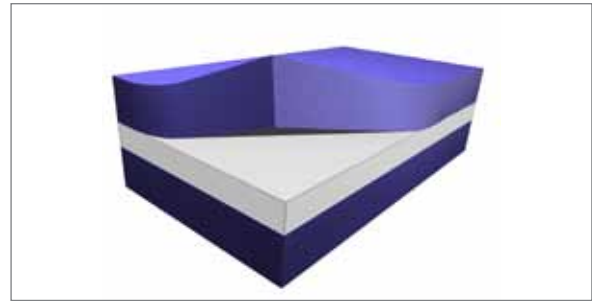
- In der Adhäsionszone verändert der Klebstoff durch die Haftung an der Oberfläche des Füge teils seine chemische Struktur und Zusammensetzung. Dadurch verändern sich auch die makroskopischen Eigenschaften des Klebstoffs
- Im Gegensatz dazu liegt der Klebstoff in der Kohäsionszone in seinem üblichen Zustand vor

Versagen einer Klebverbindung

Anhand des Bruchbilds kann die Versagensart einer Klebverbindung festgestellt werden:

■ Adhäsionsbruch

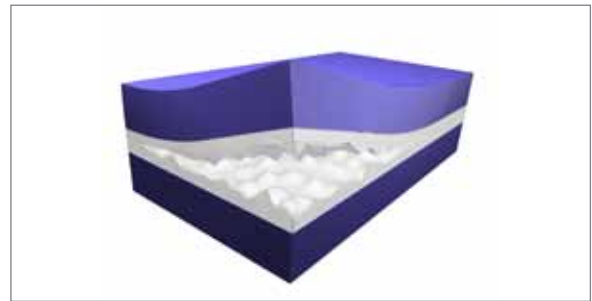
Die Klebung versagt an der Grenzschicht, d. h. der Klebstoff ist von mindestens einem Füge­teil komplett gelöst. Gründe hierfür können eine ungenügende Vor­behandlung (z. B. Schmutz oder Öl auf dem Füge­teil) oder eine generell schlechte Klebbarkeit des Füge­teils sein



Adhäsionsbruch

■ Kohäsionsbruch

Hier liegt die Schwachstelle in der Füge­schicht, d. h. nach dem Versagen befindet sich auf beiden Füge­flächen Klebstoff. Ursache hierfür ist die Überlastung des Klebstoffs durch äußere Faktoren wie Spannungsspitzen, Temperatur oder Alterung



Kohäsionsbruch

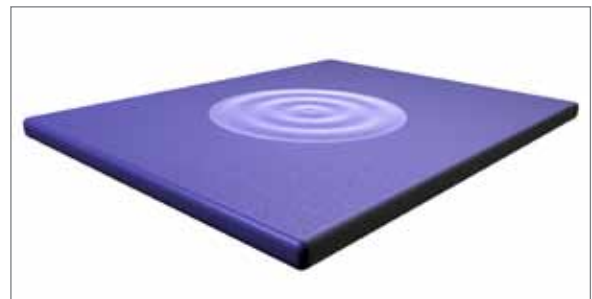
Benetzbarkeit

Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Klebverbindung ist, neben dem richtigen Klebstoff und der geeigneten Vorarbeit, vor allem die Benetzbarkeit eines Werkstoffs. Diese kann mit Hilfe eines Wassertropfens leicht geprüft werden. Bildet sich der Wassertropfen zu einer Kugel, so ist der Werkstoff schlecht benetzbar. Hier müssen geeignete Vorbehandlungsmethoden getroffen werden wie z. B. Reinigen oder Aktivieren der Oberfläche mittels geeignetem Aktivator oder alternativen physikalischen Oberflächenvorbehandlungen.

Verläuft der Wassertropfen aber auf dem zu fügenden Bauteil, kann man davon ausgehen, dass es sich um eine gut benetzbare Oberfläche handelt. Nur eine gute Benetzbarkeit garantiert eine gute Adhäsion. Für diesen Test gibt es im Fachhandel auch entsprechende Testtinten zu kaufen.



Schlechte Benetzbarkeit



Gute Benetzbarkeit



Teil 2

Verarbeitung

Teil 2 Verarbeitung

2.1 Oberflächenbehandlung

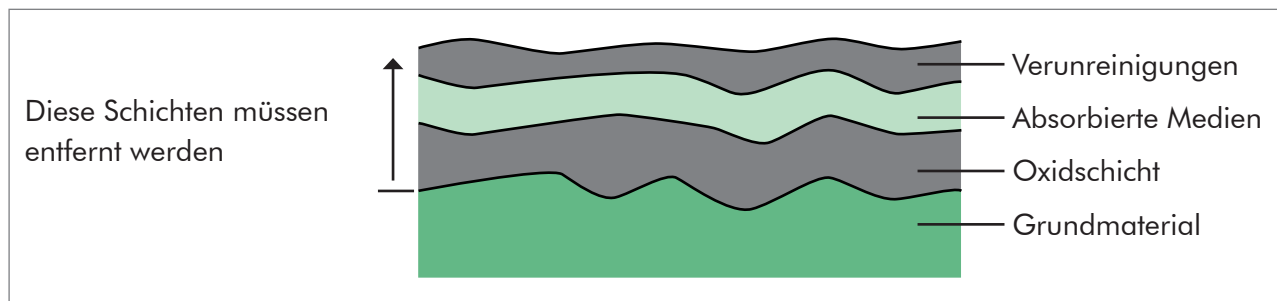
Für eine optimale Klebverbindung ist es wichtig, eine fachgerechte Oberflächenbehandlung durchzuführen. Wird diese nicht korrekt ausgeführt, kommt es unweigerlich zum Versagen der Klebverbindung.

Ziele der Oberflächenbehandlung

- Herstellen einer zu verklebenden Oberfläche von definierter Größe und Beschaffenheit
- Verbesserung der Adhäsion
- Verbesserung der Langzeitstabilität
- Sicherstellen von reproduzierbaren Klebverbindungen

Diese Ziele erreicht man durch

- Abtragen aller adhäsionsmindernden Schichten
- Modifikation der Oberflächen (Aktivieren) zur Erhöhung von Benetzung und Adhäsion
- Konservierung eines Oberflächenzustandes über längere Zeit



Oberflächenbehandlungsverfahren

Vorbereiten	Reinigen, Anpassen, Entfetten
Mechanisch	Schmirkeln, Strahlen, Schleifen, Fräsen, Drehen
Nasschemisch	Primern, Beizen
Thermisch	Beflammen
Plasma	Corona-, Atmosphären-, Niederdruckplasma-Verfahren

Vorbereitende Oberflächenbehandlung

- Oberfläche säubern (bei grober Verschmutzung)
- Herstellen einer definierten Klebfläche (z. B. Entgraten)
- Oberfläche mittels geeignetem Reinigungsmittel entfetten

Mechanische Oberflächenbehandlung

Zu den Verfahren der mechanischen Oberflächenbehandlung zählen das Schmirgeln, Strahlen, Schleifen, Fräsen und Drehen. Die erzielten Effekte sind:

- Reinigung
- Vergrößerung der Oberfläche
- Aktivierung der Oberfläche (beim Strahlen)



Bild: Henkel

Wichtig: Vor und nach dem Schmirgeln, Strahlen, Schleifen und Abblasen mit Druckluft müssen die Oberflächen entfettet werden (Verschmutzungen durch Druckluft, Schleifpapier oder Strahlgut)

Nasschemische Oberflächenbehandlung

Primer/Haftvermittler

Der Primer wird vor dem Klebstoff auf die zu verklebende Fläche aufgetragen. Er schafft eine Brücke zwischen Klebstoff und Werkstoff und verbessert dadurch die Adhäsionskraft. Dies steigert auch die Haltbarkeit der Klebverbindung. Viele Werkstoffe lassen sich ohne Primer nicht bzw. nur sehr eingeschränkt miteinander verkleben.

Ziele des Primerns

- Verbesserung der Klebfestigkeit
- Erhöhung der Alterungsbeständigkeit
- Konservierung des Oberflächenzustandes
- Optimale „Verbindung“ von Klebstoff und Oberfläche
(evtl. sogar Aufbau von chemischer Bindung mit sehr hoher Adhäsionskraft)
- Festigkeitssteigerung (bis zu 50 %)



Bestandteile des Primers:

- Lösemittel
- Haftvermittler
- Klebstoffmonomeren
(mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und Einzelbestandteilen)

Weitere Bezeichnungen für Primer:

- Aktivator
- Haftvermittler
- Haftreiniger
- Cleaner
- Haftprimer

Diese Bezeichnungen werden nicht einheitlich verwendet. Man findet je nach Hersteller sehr unterschiedliche Bezeichnungen. Dies führt immer wieder zu Verwirrung. So besteht Verwechslungsgefahr mit:

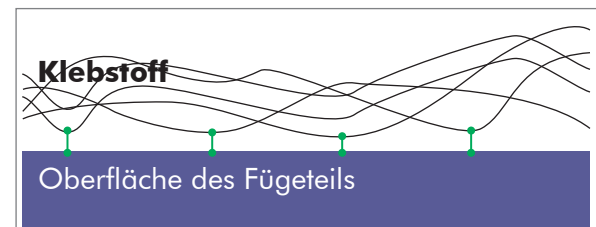
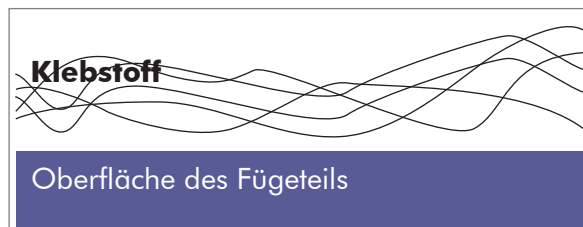
- Aktivator als Härter bei Methylmethacrylat- (MMA-) Klebstoffen
- Aktivator bei Cyanacrylaten (Sekundenklebstoffen) und anaeroben Klebstoffen (Schraubensicherung)
- Cleaner mit „richtigen“ Reinigungsmitteln

16

Grundlagen

Verarbeitung

Klebstoffe



Bindung über den Primer/Haftvermittler

Primerauswahl

Der Primer muss zur Oberfläche des Fügeteils passen.

- Für die jeweiligen Oberflächen die geeigneten Primer einsetzen
- Definierte Primerauswahl mit dem Klebstoffhersteller vornehmen

Zudem muss der Primer zum Klebstoff passen.

- Primer und Klebstoff sind ein aufeinander abgestimmtes System
- Immer innerhalb des definierten Systems bleiben

Primerverarbeitung

Primer sind chemische Hochleistungsprodukte und müssen sorgfältig behandelt werden. Falsche Anwendung kann die Funktion des Primers beeinträchtigen. Wichtige Hinweise sind auch den technischen Datenblättern des Herstellers zu entnehmen.

- Keinen abgelaufenen Primer verwenden
- Primer vor Nutzung immer schütteln
- Richtige Dosierung des Primers: So wenig wie möglich, so viel wie nötig!
- Abluftzeit beachten
- Maximale Verarbeitungszeit beachten
- Gebinde nach Benutzung sofort wieder verschließen



Nach dem Öffnen des Primergebundes ist der Verwendungszeitraum begrenzt. Je nach Hersteller können hier einige Tage bis zu einigen Wochen möglich sein. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn beim ersten Öffnen das Öffnungsdatum oder das maximale Gebrauchsdatum auf dem Gebinde vermerkt wird.

2.1.1 Oberflächenbehandlung von Metall

Überblick

- Oxidschicht ist meist vorhanden
- Benetzbarkeit des blanken Metalls ist meist unproblematisch
- Korrosionsschutz-, Walz- oder Tiefzieh-Öle auf der Oberfläche

Bei lackierten Oberflächen wird nicht das Metall selbst, sondern die Lackschicht verklebt. Der Lack muss jedoch eine hinreichende Haftung zum Metall aufweisen.

Klebtechnische Oberfläche der Metalle

Nachfolgend sind einige häufig anzutreffende Oberflächen von Metallen und deren klebtechnische Behandlung aufgelistet:

Korrosionsschicht (Rost) bei Eisen:

- Geringe Haftung zum Grundmaterial
- Muss vollständig entfernt werden

Natürliche Oxidschichten:

- Aufbau der Oxidschicht ist meistens unbekannt
- Müssen entfernt werden um eine „saubere“ bekannte Oxidschicht zu erhalten (z. B. bei Aluminium)

Definierte oxidische Schutzschichten (Eloxialschichten):

- Können normalerweise auf dem Werkstoff verbleiben
- Vorbehandlung muss nach Klebstoffherstellerangabe erfolgen

Passivierungsschichten:

- Sehr unterschiedliche klebtechnische Eigenschaften (vor dem Verkleben sind Versuche erforderlich)
- Je nach Aufbau schwierig zu verkleben, z. B. die spontane Passivierung von Chrom

Verzinkte Oberflächen:

- Unterschiedliche Struktur der Schicht (je nachdem ob feuerverzinkt oder elektrolytisch)
- Innerhalb der Zinkfläche befinden sich unterschiedliche Haftungszonen
- Oft Vorbehandlung notwendig (z. B. Primern)
- Leichtes Anschleifen möglich (ohne zu starke Beschädigung)

Bei der Verklebung von blanken Metallen – vorwiegend eisenhaltigen – kann die Klebschicht in Teilen oder vollständig von Korrosion unterwandert werden. Dadurch kann sich die Klebverbindung lösen. Diese Korrosion muss verhindert werden, z. B. durch geeignete Konstruktionen oder Schutzüberzüge wie Lacke etc.

Oberflächenbehandlungsverfahren: Metalle

Mechanisch	Strahlen, Schleifen
Nasschemisch	Primern, Beizen
Thermisch	–
Plasma	Atmosphärenplasma

2.1.2 Oberflächenbehandlung von Kunststoffen

Überblick

- Unterschiedliche Kunststoffe können miteinander verklebt werden
- Bei Kunststoffen ist die Benetzung teilweise schwierig
- Weichmacher im Kunststoff können den Haftungs Aufbau behindern
- Trennmittel auf der Oberfläche wirken adhäsionsmindernd
- Die Oberfläche der Kunststoffe kann durch aggressive Lösemittel geschädigt werden (Gefahr von Spannungsrissen)

Wichtig: Keine aggressiven Lösemittel zur Reinigung verwenden!

Klebtechnische Eigenschaften der Kunststoffe

Kunststoffe besitzen ein großes Spektrum an klebtechnischen Eigenschaften, z. B. können einige thermoplastische Werkstoffe (wie etwa Polyethylen oder Polypropylen) nur bedingt geklebt werden. Im Gegensatz dazu haben faserverstärkte Duroplaste gute Klebeigenschaften.

Aus diesem Grund muss vor dem Verkleben ein besonderes Augenmerk auf die Kunststofferkennung gelegt werden (siehe Seite 8). Die richtige Auswahl des Klebstoffs ist, ebenso wie die richtige Vorbehandlung, von der Kunststoffart abhängig.

Grundsätzlich müssen jedoch zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Der Kunststoff muss gut benetzbar sein
- Die Oberfläche des Kunststoffs muss adhäsionsfreundlich sein, also eine gute Haftung zum Klebstoff aufbauen können

Zum Verkleben von Kunststoff müssen diese beiden Bedingungen erfüllt sein. Häufig muss die Kunststoffoberfläche vorbehandelt werden. Auf jeden Fall ist der Kunststoff vor dem Verkleben mit einem geeigneten Reinigungsmittel (z. B. Isopropanol) zu entfetten.

Oberflächenbehandlungsverfahren: Kunststoffe

Mechanisch	Schleifen*
Nasschemisch	Primern
Thermisch	Beflammen*
Plasma	Corona-, Atmosphären-, Niederdruckplasma-Verfahren

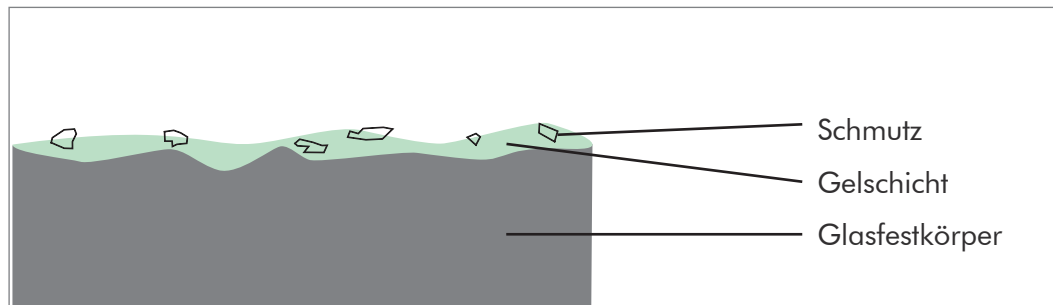
*Es sind Verfahren auf dem Markt erhältlich, die im Vorbehandlungsschritt eine Modifikation der Oberfläche ermöglichen, um die klebtechnischen Eigenschaften zu verbessern.

2.1.3 Oberflächenbehandlung von Glas

Die zu verklebende Glasoberfläche wird durch verschiedene Glasarten und Oberflächenmodifikationen beeinflusst:

- Floatgläser
- Gussgläser
- Verbundgläser
- Vorgespannte Gläser
- Glasbeschichtungen
- Emaille
- Metall-Metalloxide (Wärme-/Sonnenschutz)
- Lackierungen
- Schmutzabweisende Schichten
- Optische Beschichtungen (z. B. Entspiegelung)

Grundsätzlich ist Glas gut zu verkleben, jedoch befindet sich an der Oberfläche Feuchtigkeit. Dort bildet sich eine sogenannte Gelschicht mit adhäsionshemmender Wirkung. Diese Schicht muss vor dem Verkleben entsprechend behandelt werden, z. B. durch Reinigung mit Isopropanol und geeigneten Primersystemen (häufig auf Silanbasis). Nach dem Reinigen muss die weitere Behandlung kurzfristig erfolgen, da sich die störende Gelschicht wieder aufbaut.



- Schmutz muss entfernt werden
- Gelschicht muss weitgehend reduziert werden
- Glasoberfläche ggf. primern

Vorbereiten von Glasoberflächen

- Entfernen der adhäsionshemmenden Schichten
- Entfetten
- Evtl. zur Vermeidung von Kondenswasserschichten warm trocknen
- Stabilisierung der Gelschicht durch Einsatz von Silanprimern

Hinweis: Auch eine mechanische Vorbehandlung ist möglich, diese beeinflusst aber die optischen Eigenschaften und erhöht die Gefahr von Mikrorissen.

Hinweise zum Kleben auf Glasbeschichtungen

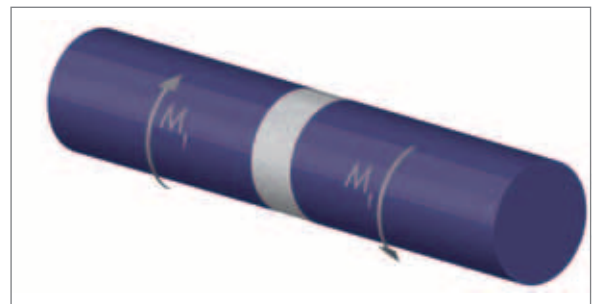
- Emaille: Diese muss verschiedene Anforderungen erfüllen z. B. Festigkeit, Wärmeausdehnung, Rauhtiefe
- Lackierungen: Meist keine ausreichende Haftung zur Glasoberfläche
- Schmutzabweisende Beschichtung: Meist keine ausreichende Festigkeit und Stabilität. Kleben ist hier nur nach vorheriger Untersuchung möglich. Meistens muss die Beschichtung entfernt werden

2.2 Konstruktive Gestaltung von Klebverbindungen

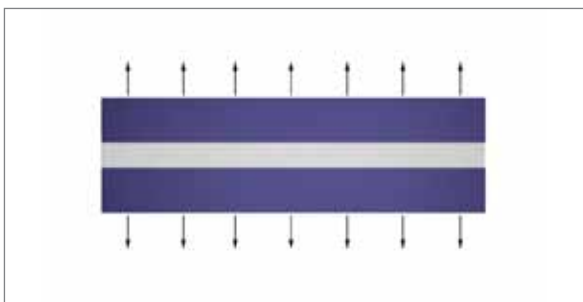
Bei der konstruktiven Gestaltung von Klebverbindungen gilt grundsätzlich, dass alle abstandsvergrößernden Beanspruchungen, z. B. auf Zug, ungünstig sind. Daher ist eine Schub- oder Druckbeanspruchung zu empfehlen.



Schubbeanspruchung, günstig



Torsionsbeanspruchung, günstig

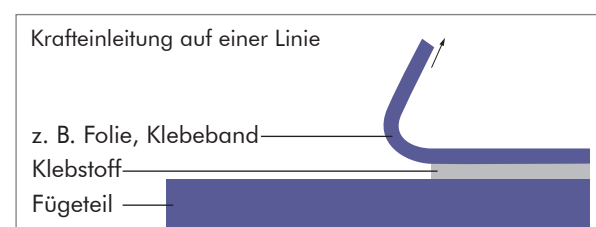


Abstandsvergrößernde Beanspruchung, ungünstig

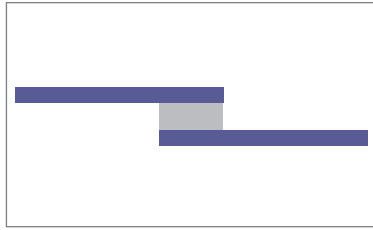


Schälbeanspruchung, ungünstig

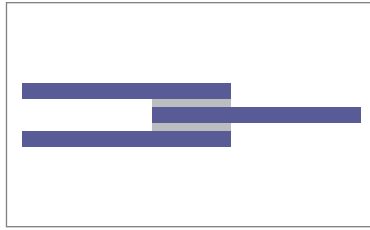
Eine Beanspruchung der Klebfuge auf Schälung und Spaltung ist besonders kritisch. Die gesamte Kraft wirkt hierbei auf eine sehr kleine Fläche bzw. auf eine Linie. Beim Abziehen von Klebebändern oder Folien macht man sich diese Eigenschaft zu Nutze.



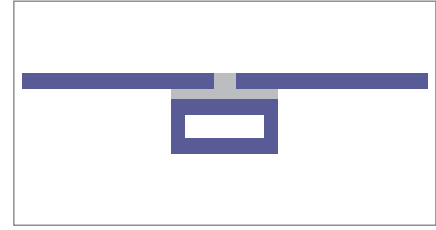
Bei der Konstruktion sollte in jedem Fall eine Überlappverklebung gegenüber einer Stumpfverklebung vorgezogen werden. Die Vergrößerung der Klebfläche ermöglicht eine größere Kraftübertragung.



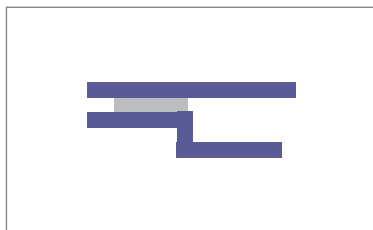
Einfache Überlappung



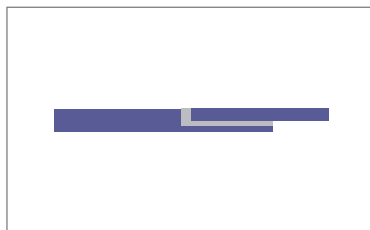
Doppelte Überlappung



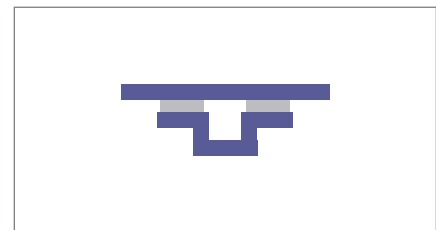
Einfache Lasche



Profil



Flansch



Hut-Profil

Die für den Klebstoff kritische Schälbeanspruchung kann durch mechanische Verstärkung verringert werden. Hier übernimmt die mechanische Verstärkung die Schälbeanspruchung und der Klebstoff wird entsprechend entlastet. Mechanische Verstärkung ist möglich durch:

- Nieten oder Schrauben
- Umfalzen
- Material verstärken
- Klebfläche vergrößern

Werkstoffkombinationen

Bei der Verklebung unterschiedlicher Materialien und Oberflächen müssen weitere Punkte beachtet werden:

- Unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten beachten; bei Erwärmung können unzulässig hohe Spannungen im Klebstoff entstehen
- Beachten der unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften und der damit einhergehenden Oberflächenbenetzung
- Entsprechend der Oberfläche und der Verschmutzung vorbehandeln
- Für jede Oberfläche den richtigen Haftvermittler verwenden
- Der Klebstoff muss für beide Oberflächen geeignet sein

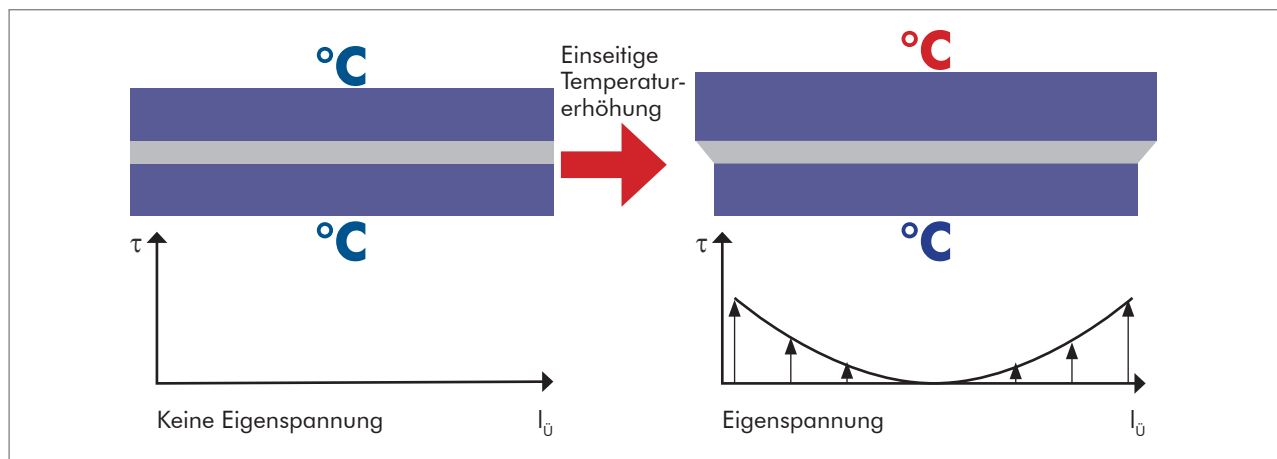
Wärmeausdehnung

Bei der konstruktiven Auslegung einer Klebverbindung müssen die Wärmeausdehnungskoeffizienten der eingesetzten Werkstoffe berücksichtigt werden. Eigenspannungen im Bauteil entstehen beispielsweise durch:

- Unterschiedliche Materialien
- Unterschiedliche Temperaturen

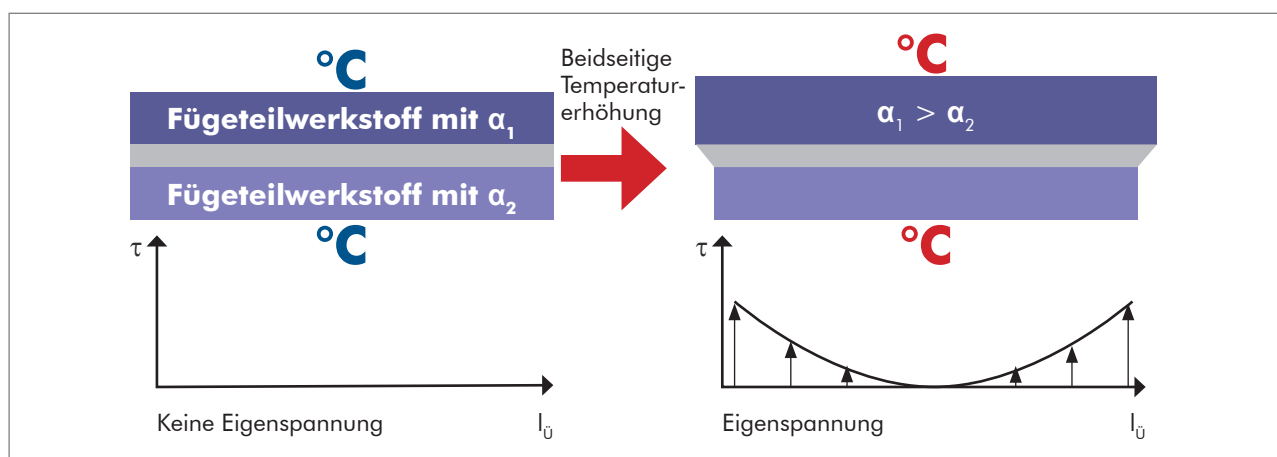
Durch die richtige Material- und Klebstoffauswahl sowie eine geschickte Klebkonstruktion können diese Eigenspannungen minimiert werden.

Unterschiedliche Temperaturen der Fügeteile



23

Verschiedene Werkstoffe mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten



τ = Eigenspannung, α_x = Wärmeausdehnungskoeffizient, l_0 = Länge der Klebverbindung

Klebtechnische Eigenschaften von Metallen

- Temperaturstabil und gute Wärmeleitfähigkeit. Gut geeignet für warmhärtende 1K-Epoxidharze
- Wärmeausdehnung
Meist höher als die des Klebstoffs
Erhöhte Belastung der Klebschicht durch Eigenspannung
- Diffusionsdichtes Material
Da Lösemittel oder Luftfeuchtigkeit nicht durch das Material hindurchdringen können, sind Metalle begrenzt geeignet für den Einsatz von Lösemittel- und Dispersionsklebstoffen sowie für großflächige Verklebung mit feuchtigkeitsreaktiven Klebstoffen

2.3 Klebstoffverarbeitung

24

Bei der Klebstoffverarbeitung sind immer die Herstellerangaben zu beachten.
Für die Bau- bzw. Fügeteile gilt generell:

- Vor dem Verkleben Passgenauigkeit der Bauteile prüfen
- Der Klebspalt sollte eine gleichmäßige Dicke über die gesamte Klebfläche aufweisen; diese kann mithilfe von Abstandhaltern eingestellt werden
- Abstandhalter können außerhalb oder innerhalb der Klebfuge positioniert werden
- Alternativen sind gefüllte Klebstoffe (z. B. Aluminium, Glas), wobei der Füllstoff in diesem Fall als Abstandhalter fungiert

2.3.1 Warmhärtende Klebstoffe

Gültig für einkomponentige Epoxidharze

Überblick

Warmhärtende Klebstoffe werden angesichts der hohen Festigkeit häufig für kraftübertragende Verklebungen eingesetzt. Dafür ist eine exakt eingestellte, gleichmäßige Klebstoffstärke unabdingbar und muss durch entsprechende Abstandhalter gewährleistet werden.

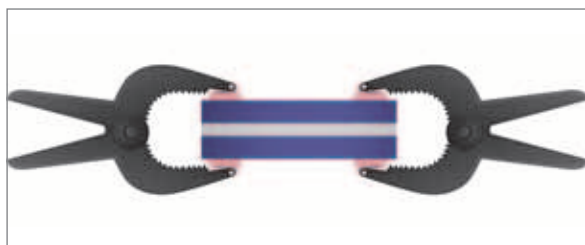
Die Reaktion des Klebstoffs ist zunächst blockiert und wird bei höheren Temperaturen gestartet. Die Aushärtung beginnt bei Temperaturen zwischen ca. +80 °C und +190 °C über einen gewissen Zeitraum. Die exakten Werte sind den Herstellerangaben zu entnehmen. Die Fügeiteile müssen daher entsprechend temperaturbeständig sein. Der Klebstoffauftrag geschieht meist bei Raumtemperatur.

Klebstoffauftrag

- Mindesthaltbarkeitsdatum beachten
- Klebstoff bei Raumtemperatur auftragen
- Erwärmungen des Klebstoffs über Raumtemperatur vermeiden (Herstellerangaben beachten)
- Der Auftrag erfolgt meist auf einer Bauteilseite
- Wenn erforderlich wird der Klebstoff nach dem Auftragen mit einem Spachtel/Zahnschachtel verstrichen

Fügen/Fixieren

- Die Fügeiteile zusammenlegen und bis zu den internen bzw. externen Abstandhaltern andrücken
- Dabei auf eine vollflächige, blasenfreie Klebstofffuge achten
- Die Fügeiteile können jetzt noch ausgerichtet werden
- Vor dem Aushärten sind die Fügeiteile gegen Verrutschen, Verschieben zu sichern. Hierfür können Spangen, Klammern, Gewichte oder sonstige geeignete Fixierhilfen verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass der Klebstoff im Ofen flüssiger wird und die Fügeiteile leicht verrutschen können
- Ungleichmäßige Klebschichtdicken vermeiden
- Verrutschen der Bauteile verhindern



Fixieren der Fügeiteile

Aushärtung

- Bei erhöhten Temperaturen zwischen $+100\text{ °C}$ und $+190\text{ °C}$ über einen Zeitraum von Minuten bis Stunden
- Die exakten Werte sind hersteller- und typabhängig und sind entsprechend der Herstellerangaben einzustellen
- Die Erwärmung kann mit Umluftöfen, Infrarotstrahlern oder sonstigen geeigneten Wärmequellen erzeugt werden
- Bei der Aushärtung ist darauf zu achten, dass der Klebstoff die erforderliche Temperatur über die Zeit erreicht. Besonders bei massiven Bauteilen wird die Wärme erst verzögert an den Klebstoff weitergegeben. Die Wärmeaufnahme der Bauteile ist bei der Aufheizphase zu beachten. Eventuell sind an Prototypen Temperaturmessungen in der Klebfuge notwendig
- Über die Aushärtetemperatur und die Aushärtezeit können die Festigkeit und die Elastizität der Verklebung eingestellt werden (siehe Herstellerangaben)
- Spannungsaufbau durch unterschiedliche Erwärmung der Fügeteile ist zu vermeiden
- Bei größeren Klebstoffmengen und insbesondere beim Einsatz als Vergussmasse entsteht noch zusätzlich Reaktionswärme im Klebstoff, die die Verklebung schädigen kann. Hierbei sind die Temperaturen entsprechend anzupassen. Gegebenenfalls sind auch hier Temperaturmessungen in der Klebfuge an Prototypen erforderlich

2.3.2 Zweikomponentige Klebstoffe

26

Gültig für:

- 2K-Epoxidharze (Epoxy)
- 2K-Polyurethane (PU, PUR)
- 2K-Methylmethacrylate (MMA)

Überblick

Bei 2-komponentigen Klebstoffen wird die Aushärtereaktion durch Mischen der beiden Komponenten gestartet. Die Komponenten müssen richtig dosiert und vollständig durchmischt werden, um eine qualitativ hochwertige Verklebung zu gewährleisten. Mit dem Mischen beginnt die Verarbeitungszeit (Topfzeit), die auf keinen Fall überschritten werden darf. Eine Besonderheit bei der 2-komponentigen Verarbeitung stellt das No-Mix System dar. Dieses kann zusätzlich, jedoch ausschließlich mit 2K-Methylmethacrylaten (MMA) angewendet werden.



Lieferformen zweikomponentiger Klebstoffe

Verarbeitungsschritte

- Dosieren und Mischen
- Auftragen des Klebstoffs auf die Fügeteile
- Bauteile fügen
- Bauteile fixieren
- Klebstoff aushärten

Hinweise zur Topfzeit

- Topfzeit: Innerhalb der Topfzeit muss der Klebstoff vollständig verarbeitet sein
Die Topfzeit ist abhängig von der Umgebungstemperatur und der Ansatzgröße
Daumenregel: + 10 °C höhere Temperatur bedeutet: Halbierung der Topfzeit
- Handfestigkeit: Bei Erreichen der Handfestigkeit hat der Klebstoff eine geringe Festigkeit erlangt, so dass das Bauteil bewegt werden kann, aber noch nicht oder nur sehr gering belastet werden darf
- Endfestigkeit: Hier hat der Klebstoff seine Festigkeit erreicht und die Verklebung kann belastet werden
- Härtung: Die Zeit, die der Klebstoff braucht, bis zumindest Handfestigkeit oder spätestens Endfestigkeit vorhanden ist

Dosieren und Mischen

Bei 2-komponentigen Klebstoffen wird das Dosieren und Mischen der beiden Komponenten durch die Art der Verpackung bzw. die Lieferform bestimmt. Das Mischungsverhältnis ist entscheidend für die erfolgreiche Verklebung. Es ist je nach Hersteller und Typ des Klebstoffs verschieden. Hier sind die Herstellerangaben zu beachten. Informationen findet man in den technischen Datenblättern. Bei Haushaltsgebinden sind sie auf der Verpackung abgedruckt.

- Unterscheidung zwischen Volumenverhältnis und Gewichtsverhältnis
- Gewichtsverhältnisse werden mit Hilfe von Waagen dosiert
- Volumenverhältnisse werden durch entsprechende Gefäße oder durch Dosiertechniken wie Doppelkartuschen dosiert
- Sobald sich die beiden Komponenten berühren, beginnt die Topfzeit



Bild: Sika



Bild: Sika

Methoden zum Dosieren und Mischen

- Manuelles Dosieren und Mischen bei Dosengebinden, Tubengebinden
- Teilmanuelle Handhabung mit manuellen Dosierern und automatischem Mischen bei Doppelkartuschen oder 2-Komponenten-Kartuschen mit Mischrohr
- No-Mix System
- Dynamische und statisch-dynamische Mischer mit Roboterantrieb sind ebenfalls möglich, werden hier jedoch nicht betrachtet

Fügen/Fixieren

- Die Füge Teile zusammenlegen und bis zu den internen oder externen Abstandhaltern andrücken
- Dabei auf eine vollflächige, blasenfreie Klebstofffuge achten
- Innerhalb der Topfzeit können die Füge Teile noch ausgerichtet werden
- Vor Ablauf der Topfzeit sind die Füge Teile gegen Verrutschen oder Verschieben zu sichern. Hierfür können Spangen, Klammern, Gewichte oder sonstige geeignete Fixierhilfen verwendet werden

Aushärtung

- Die Aushärtereaktion findet bei Raumtemperatur statt. Durch Temperatureintrag kann die Aushärtung beschleunigt werden
- Die Füge Teile dürfen während der Aushärtung bis zur Handfestigkeit nicht bewegt bzw. verschoben werden
- Je nach Typ und Hersteller liegt diese Zeitspanne im Bereich von Minuten bis zu einigen Stunden (hier sind die Herstellerangaben zu beachten)

2.3.3 Einkomponentige, feuchtigkeitshärtende Klebstoffe

Gültig für:

- 1K-Polyurethan (PU, PUR)
- 1K-MS-Polymere (MS, Hybrid)
- 1K-Silikone

Überblick

1K-feuchtigkeitshärtende Klebstoffe werden im Bereich der Dickschichtklebung eingesetzt. Die Klebstoffstärken betragen in der Regel einige Millimeter bis zu einigen wenigen Zentimetern. Auch finden diese Klebstoffe ihren Einsatz als Dichtstoffe im Bereich der Fugenabdichtung. Die Klebstoffreaktion setzt bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit ein. Die Aushärtung erfolgt von außen nach innen. Umgebungsbedingungen wie Luftfeuchtigkeitsgehalt und Temperaturen beeinflussen die Aushärtung.

Aushärtung	Luftfeuchtigkeit, von außen nach innen
Zu beachten	Hautbildezeit, Umgebungsfeuchte, Temperatur
Alternativ	Beschleuniger (Booster®), gleichmäßige Aushärtung

Umgebungsbedingungen für die Verarbeitung (Abweichungen möglich, Herstellerangabe beachten)

- Luftfeuchtigkeit von 30 % r. F. bis 75 % r. F.
- Temperaturbereich von +15 °C bis +35 °C

Klebstoffauftrag

- Mindesthaltbarkeitsdatum beachten
- Klebstoff innerhalb der zulässigen Umgebungsbedingungen verarbeiten
- Auftrag mithilfe von Klebstoffpistolen aus Kartuschen oder Schlauchbeuteln
- Der Auftrag erfolgt meist auf einer Bauteilseite

Manuelle 1K-Auftragsgeräte

- Handpistole (Kartusche oder Beutel)
- Elektropistole (Kartusche oder Beutel)
- Pneumatikpistole (Kartusche oder Beutel)

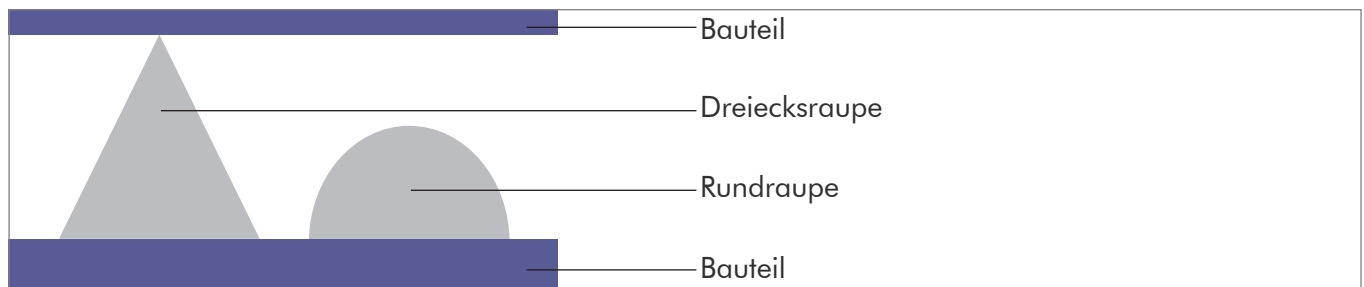
Manueller Auftrag der Klebstoffraupe

- Auftrag durch leichten Kontakt der Düse mit dem Bauteil
- Bei Dreiecksraupen die Düse senkrecht zum Untergrund halten
- Wenn möglich eine Raupe ohne Absetzen ziehen
- Raupenenden exakt verstreichen
- Achtung: Ersten Klebstoff immer ausdrücken und verwerfen



Vorteile des Auftrags als Dreiecksraupe

- Höherer Toleranzausgleich
- Geringere Gefahr von Lufteinschlüssen
- Geringere Gefahr von Undichtigkeiten
- Gleichmäßigerer Raupenauftrag



Hautbildezeit

Die Zeit, innerhalb der ein feuchtigkeitsvernetzendes Einkomponenten-Material zu verarbeiten ist, so dass die Qualität der Klebung noch gewährleistet ist, nennt man Hautbildezeit. Die Hautbildezeiten sind den entsprechenden technischen Datenblättern zu entnehmen.

- Bei feuchtigkeitshärtenden Klebstoffen erfolgt die Aushärtung durch die Luftfeuchtigkeit
- Die Hautbildezeit beginnt, sobald der Klebstoff mit der Luftfeuchtigkeit in Kontakt kommt
- Nach der Hautbildezeit hat sich eine so dicke Haut aus ausgehärtetem Klebstoff gebildet, dass die benötigte Benetzung der Fügeteile nicht mehr gewährleistet ist. Unter anderem besteht die Gefahr von Undichtigkeiten
- Die Hautbildezeit ist abhängig von der Luftfeuchtigkeit und der Umgebungstemperatur

2.4 Klebtechnischer Arbeitsplatz/Arbeitssicherheit

Unabhängig der folgenden, grundsätzlichen Hinweise sind die technischen Datenblätter der Hersteller und die allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften immer zu beachten. Sicherheitstechnische Informationen erhält man auch von den Berufsgenossenschaften.

Hinweise zum klebtechnischen Arbeitsplatz

Als klebtechnischer Arbeitsplatz ist der Ort zu verstehen, an dem die Verklebung durchgeführt wird. Dieser kann ortsfest, aber auch örtlich veränderlich sein.

Für jeden klebtechnischen Arbeitsplatz gelten grundsätzlich nachfolgende Punkte:

- Rauchverbot
- Trink- und Essverbot
- Vermeidung von Silikonöl

Damit eine hochwertige, gleichbleibende Qualität der Verklebung erreicht werden kann, dürfen die Klebflächen, die Werkzeuge und der Arbeitsplatz nicht mit Fremdstoffen verschmutzt sein.

Verschmutzungen können auch durch Arbeiten in unmittelbarer Umgebung hervorgerufen werden wie z. B. durch:

- Schleif- und Trennarbeiten
- Lackierarbeiten



Arbeiten dieser Art müssen vom klebtechnischen Arbeitsplatz getrennt sein. Dies ist durch eine räumliche oder zeitliche Trennung möglich. Je nach Arbeitsumfeld kann eine deutliche Abgrenzung und Markierung des klebtechnischen Arbeitsplatzes hilfreich sein.

Auch eine hohe Staubbelastung ist zu vermeiden. Daher sind das Kehren von Fußböden sowie das Abblasen von Bauteilen, Tischen oder sonstigen Gegenständen vor und während der Klebarbeiten zu unterlassen. Besser ist es, zeitgleich notwendige Reinigungen mit einem Staubsauger durchzuführen.

Ablagerungen von Silikon- oder Teflonspray sowie anderen Trennmitteln auf den zu verklebenden Bauteilen wirken stark adhäsionsmindernd. Es ist schwierig, die Ablagerungen zu erkennen und zu entfernen. Diese Stoffe sollten daher nicht am oder in der Nähe des klebtechnischen Arbeitsplatzes verwendet werden.

Weitere Anforderungen an den Arbeitsplatz

- Grundsätzlich ist für eine ausreichende Be- und Entlüftung Sorge zu tragen
- Der klebtechnische Arbeitsplatz muss ausreichend beleuchtet sein
- Der Temperaturbereich für Klebearbeiten liegt i.d.R. zwischen +15 °C und +35 °C. Die zu verklebenden Bauteile müssen ebenfalls die notwendige Temperatur besitzen. Ggf. sind die Teile vor dem Verkleben zu temperieren (siehe Herstellerangaben)
- Bei der Verwendung von luftfeuchtigkeitshärtenden Klebstoffen muss die Luftfeuchtigkeit im Bereich von 30 % r. F. und 70 % r. F. liegen
- Werden die Klebflächen vor dem Verkleben mit Druckluft abgeblasen, müssen die Klebflächen anschließend mit einem geeigneten Reinigungsmittel gereinigt werden (Gefahr von Ölauftrag durch die Druckluft)

Vor Arbeitsbeginn sollten folgende Punkte geprüft werden:

- Sind alle Arbeitsanweisungen, technischen Datenblätter vorhanden?
- Ist der Arbeitsplatz abgegrenzt bzw. markiert?
- Sind die Umgebungsbedingungen in Ordnung?
- Sind Klebstoffe und Primer vorhanden und innerhalb ihrer Mindesthaltbarkeit?
- Sind die Werkzeuge vorhanden, sauber und funktionstüchtig?
- Sind die Arbeitssicherheitsmaßnahmen gewährleistet?
- Stehen alle Fertigungsdokumentations-Vorlagen zur Verfügung?

Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen zur Arbeitssicherheit

- Klebstoff nicht Verschlucken oder Einatmen
- Hautkontakt und Augenkontakt vermeiden
- Angemessene Schutzkleidung, Schutzbrillen, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmasken tragen
- Notrufnummern, Sicherheitsdatenblätter, Unfallverhütungsvorschriften aushängen
- Hautschutzplan aushängen, Schutz- und Pflegecreme bereitstellen
- Augen- und Körperduschen bereitstellen
- Chemikalien nur in geeignete und entsprechend gekennzeichnete Behälter einfüllen



Teil 3

Klebstoffe

Teil 3 Klebstoffe

3.1 Reaktionsklebstoffe

3.1.1 Polyurethan, einkomponentig, feuchtigkeitshärtend



Weitere Bezeichnungen: 1K-PU; 1K-PUR; 1K-Polyurethan

34

Grundlagen

Verarbeitung

Klebstoffe

Porträt/Kurzbeschreibung

- 1-komponentiger Klebstoff
- Härtet mit Luftfeuchtigkeit aus (2-3 mm/Tag)
- Ausgangsmaterial ist eine pastöse Masse in schwarz, weiß oder grau
- Endprodukt ist meist ein Elastomer
- Durch zusätzlichen Einsatz von Beschleunigern sehr schnelle Aushärtung möglich (siehe Beschleuniger, S. 36)

Anwendungsbereiche

- Vielseitige Anwendung als elastischer Kleb- und Dichtstoff
- Kombinationen aus Glas, Stahl, Aluminium, lackierten Oberflächen oder Kunststoff
- Gut geeignet für Materialkombinationen mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten
- Scheibekleben

Typische Werte Ausgangsmaterial

Anzahl der Komponenten	1
Viskosität	Breites Spektrum, oft pastös und standfest
Farbe	Weiß, grau, schwarz
Handelsübliche Ware	310 ml u. 600 ml Kartuschen oder Schlauchbeuteln, Fasswaren, Tuben

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Elastomer
Festigkeit	Mittel, Zugscherfestigkeit bis ca. 6 N/mm ² , auch höher möglich
Bruchdehnung	150 % bis 500 % je nach Produkt
Klebstoffstärke	Typische Fugendimension ca. 2 mm bis 20 mm, nicht für flächige Klebungen geeignet
Einsatzbereich	-30 °C bis +100 °C (Herstellerangabe beachten)
Alterungsbeständigkeit	Mittel, oft nicht UV-stabil
Medienbeständigkeit	Mittel, spezielle Produkte erhältlich
Bearbeitung	Schneiden, überlackierbar (vorher prüfen)

Aushärtung

Aushärtereaktion
Reagiert mit Luftfeuchtigkeit

Verarbeitung

Verarbeitung	1K-Verarbeitung, luftfeuchtigkeitsvernetzend
Verarbeitungs- und Bauteiltemperatur	+15 °C bis +35 °C, herstellerabhängig sind Abweichungen möglich
Luftfeuchtigkeit	30 % r. F. bis 75 % r. F., wesentlicher Einfluss auf die Aushärtung, die Herstellerangaben müssen unbedingt eingehalten werden
Klebstoffauftrag	In der Regel einseitig als Klebstoffraupe z. B. durch Kartuschenspitzen mit entsprechender Form als Dreiecks- oder Rundraupe
Hautbildezeit	Einige Minuten bis Stunden (je nach Hersteller)
Aushärtegeschwindigkeit	2-3 mm/Tag
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung
Hinweise	Häufig Einsatz von Haftvermittlern notwendig Bei zu hoher Feuchtigkeit, auch Bauteilfeuchte, besteht Gefahr des Schäumens durch CO ₂ (Blasenbildung)

Besonderheiten

- 1K-Verarbeitung, einfache Verarbeitung
- Elastisch (Elastomer)
- Bruchdehnung bis ca. 500 %
- Überlackierbar (vorher prüfen)
- Preiswertes System
- Aushärtung abhängig von Luftfeuchtigkeit und Temperatur
- Hautbildezeit muss beachtet werden
- Langsame Aushärtereaktion von 2-3 mm/Tag
- Häufig Einsatz von Haftvermittlern (Primern) notwendig
- Oft nicht UV-stabil
- Begrenztes Farbangebot (schwarz, grau, weiß)
- Ausgangsprodukt oft Gefahrenstoff (Isocyanate)

Grenzen

- Großflächige Verarbeitung schwierig oder nicht möglich, weil die Feuchtigkeitszufuhr über Luftfeuchtigkeit nicht sichergestellt werden kann

Fehlerquellen

- Feuchtigkeit zu niedrig oder zu hoch
- Temperatur zu gering oder zu hoch
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Kondenswasser auf dem Bauteil

Beschleuniger

- Durch den zusätzlichen Einsatz eines Beschleunigers kann die Aushärtung wesentlich beschleunigt werden
- Die Beschleunigerkomponente ist auf den jeweiligen Klebstoff abgestimmt. Hier sind die Herstellerangaben zu beachten
- Eine vollständige Durchhärtung wird innerhalb kurzer Zeit erreicht
- Der Beschleuniger kommt als zweite Komponente zum Einsatz
- Die Verarbeitung muss dann nach den Verarbeitungsregeln für 2K-Klebstoffe erfolgen
- Beschleuniger sind erhältlich als Aufsatz für Kartuschen oder als separate Kartusche und Mischer
- Die Aushärtegeschwindigkeit ist unabhängig von der Luftfeuchtigkeit
- Der Umgebungstemperaturbereich muss besonders beachtet werden

3.1.2 MS-Polymer, silanmodifiziertes Polymer, einkomponentig



Weitere Bezeichnungen: POP, MSP, Hybrid-Polymer

Porträt/Kurzbeschreibung

- 1-komponentiger Klebstoff
- Moderner Klebstoff mit Teileigenschaften von Polyurethan und Silikon
- Härtet mit Luftfeuchtigkeit aus (2-3 mm/Tag)
- Ausgangsmaterial ist eine pastöse Masse in schwarz, weiß oder grau
- Endprodukt ist ein Elastomer
- Oft UV-stabiler als Polyurethan

Anwendungsbereiche

- Vielseitige Anwendung als elastischer Kleb- und Dichtstoff
- Kombinationen aus Glas, Stahl, Aluminium, lackierten Oberflächen oder Kunststoff
- Gut geeignet für Materialkombinationen mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten

Typische Werte Ausgangsmaterial

Anzahl der Komponenten	1
Viskosität	Breites Spektrum, oft pastös und standfest
Farbe	Weiß, grau, schwarz
Handelsübliche Ware	310 ml u. 600 ml Kartuschen oder Schlauchbeutel, Fasswaren, seltener kleine Tuben

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Elastomer
Festigkeit	Mittel, Zugscherfestigkeit bis ca. 5 N/mm ²
Klebstoffstärke	Bis ca. 20 mm, nicht für flächige Klebungen geeignet
Einsatzbereich	-40 °C bis +100 °C (Herstellerangabe beachten)
Alterungsbeständigkeit	Mittel, häufig UV-stabil
Medienbeständigkeit	Mittel, spezielle Produkte erhältlich
Bearbeitung	Schneiden, überlackierbar (vorher prüfen)

Aushärtung

Aushärtereaktion	Reagiert mit Luftfeuchtigkeit
-------------------------	-------------------------------

Verarbeitung

Verarbeitung	1K-Verarbeitung, luftfeuchtigkeitsvernetzend
Verarbeitungs- und Bauteiltemperatur	+15 °C bis +35 °C, herstellerabhängig sind Abweichungen möglich
Luftfeuchtigkeit	30 % r. F. bis 75 % r. F., wesentlicher Einfluss auf die Aushärtung. Die Herstellerangaben müssen unbedingt eingehalten werden
Klebstoffauftrag	In der Regel als Klebstoffraupe, z. B. durch Kartuschenspitzen mit entsprechender Form als Dreiecks- oder Rundraupe, Einsatz von Haftvermittlern möglich
Hautbildezeit	Einige Minuten (je nach Hersteller)
Aushärtegeschwindigkeit	2-3 mm/Tag
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung, keine Gefahrstoffkennzeichnung

Besonderheiten

- 1K-Verarbeitung, einfache Verarbeitung
- Elastomer
- Überlackierbar (vorher prüfen)
- Ausgangsprodukt kein Gefahrstoff
- Gute Haftung auf Lacken
- Aushärtung abhängig von Luftfeuchtigkeit und Temperatur
- Hautbildezeit muss beachtet werden
- Langsame Aushärtereaktion von 2-3 mm/Tag
- Häufig Einsatz von Haftvermittlern (Primern) notwendig
- Begrenztes Farbangebot (schwarz, grau, weiß)

Grenzen

- Großflächige Verarbeitung schwierig oder nicht möglich, weil die Feuchtigkeitzufuhr nicht sichergestellt ist

Fehlerquellen

- Feuchtigkeit zu gering oder zu hoch
- Temperatur zu gering oder zu hoch
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Kondensat auf dem Bauteil

3.1.3 Silikon, einkomponentig



Weitere Bezeichnung: 1K-RTV Silikon (RTV=Raumtemperaturvernetzend, feuchtigkeitshärtend)

Porträt/Kurzbeschreibung

- 1-komponentiger Klebstoff
- Härtet mit Luftfeuchtigkeit aus (1-2 mm/Tag)
- Während der Aushärtung tritt Spaltprodukt aus (Vorsicht, siehe Verarbeitung)
- Vielfältige Farbauswahl
- Sehr elastisches, gut witterungsbeständiges Endprodukt

Anwendungsbereiche

- Vielseitige Anwendung als elastischer Kleb- und Dichtstoff mit guter Bauteilhaftung
- Solarzellen, Luft- und Raumfahrt, Keramik, Sanitärbereiche mit zugesetzten Fungiziden (schimmelhemmende Bestandteile)
- Kombinationen aus Glas, Stahl, Aluminium, lackierten Oberflächen oder Kunststoff
- Gut geeignet für unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten

Typische Werte Ausgangsmaterial

Anzahl der Komponenten	1
Viskosität	Pastös, oft standfest
Farbe	Große Farbauswahl
Handelsübliche Ware	310 ml u. 600 ml Kartuschen oder Schlauchbeutel, Fasswaren, Tuben

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Elastomer (sehr hohe Elastizität bis 600 %)
Festigkeit	Niedrig
Bruchdehnung	ab 200 % bis >500 %
Klebstoffstärke	Bis ca. 15 mm, nicht für flächige Klebungen geeignet
Einsatzbereich	-75 °C bis +300 °C (Herstellerangaben beachten), es sind auch höhere Werte möglich
Alterungsbeständigkeit	Sehr gut, hohe UV-Stabilität
Medienbeständigkeit	Sehr gut, spezielle Produkte für Mineralöl- und Benzinbeständigkeit erhältlich
Bearbeitung	Schneiden, nicht überlackierbar, sehr schlecht überklebbar (evtl. mit Silikon, vorher prüfen)

Aushärtung

Aushärtereaktion	Reagiert mit Luftfeuchtigkeit
Spaltprodukte	Verschiedene Silikonarten geben unterschiedliche Spaltprodukte ab. Spaltprodukte sind problematisch (z. B. Essigsäure in Verbindung mit Kupfer) ■ Sauer vernetzend: Spaltprodukt Essigsäure (riecht nach Essig) ■ Neutral vernetzend: Spaltprodukt Alkohol, Oxim ■ Basisch vernetzend: Spaltprodukt Amin (Geruch fischartig)

Verarbeitung

Verarbeitung	1K-Verarbeitung, luftfeuchtigkeitsvernetzend
Verarbeitungs- und Bauteiltemperatur	+15 °C bis +35 °C, herstellerabhängig sind Abweichungen möglich
Luftfeuchtigkeit	30 % r. F. bis 75 % r. F., wesentlicher Einfluss auf die Aushärtung, die Herstellerangaben müssen unbedingt eingehalten werden
Klebstoffauftrag	In der Regel als Klebstoffraupe z. B. durch Kartuschenspitzen mit entsprechender Form als Dreiecks- oder Rundraupen
Hautbildezeit	Einige Minuten (je nach Hersteller)
Aushärtegeschwindigkeit	1-2 mm/Tag
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung

Besonderheiten

- 1K-Verarbeitung, einfache Verarbeitung
- Sehr elastisch (Elastomer)
- Bruchdehnung bis ca. 600 %
- Hervorragende Witterungsbeständigkeit (UV-stabil, feuchtestabil)
- Gute Medienbeständigkeit (Varianten für Lösemittelstabilität erhältlich)
- Gute Dichtwirkung
- Großes Farbangebot
- Aushärtung abhängig von Luftfeuchtigkeit und Temperatur
- Hautbildezeit muss beachtet werden
- Langsame Aushärtereaktion von 1-2 mm/Tag
- Nicht überlackierbar
- Nicht überklebbar (evtl. mit dem gleichen Silikon, vorher prüfen)
- Neigt zur Schimmelbildung (kann durch Fungizide verzögert werden)
- Einmal angerissener Klebstoff reißt im Klebstoff
- Kombinationen mit anderen Klebverfahren schwierig (Silikonöl)
- Gefahr der Bildung von Silikonöl: Austretende oder verschleppte Silikone können sich auf Oberflächen niederschlagen und andersartige Verklebungen deutlich stören. Das Silikonöl ist meist nur noch mechanisch (schleifen, strahlen) zu entfernen

Grenzen

- Bei Kombination mit anderen Klebstoffverarbeitungen muss eine räumliche oder zeitliche Abgrenzung erfolgen (Silikonverklebung als letzte Verklebung durchführen wg. Silikonöl)

Fehlerquellen

- Feuchtigkeit zu niedrig oder zu hoch
- Temperatur zu gering oder zu hoch
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Kondenswasser auf dem Bauteil
- Verschleppungsgefahr der Silikonöle

3.1.4 Epoxidharz, warmhärtend, einkomponentig



Porträt/Kurzbeschreibung

- 1-komponentiger Klebstoff, warmhärtend
- Hohe bis sehr hohe Festigkeit
- Gute Haftung auf Metallen
- Medienbeständig

Anwendungsbereiche

- Metallverklebung, Metall-Kunststoff (temperaturbeständig), Keramik, Reparaturverklebung
- Strukturelle Verklebungen
- Vergussmassen

Typische Werte Ausgangsmaterial

Anzahl der Komponenten	1
Viskosität	Von flüssig bis pastös, hersteller- und typenabhängig
Handelsübliche Ware	Tubengebinde, Dosengebinde, Kartuschen, Hobbocks, vorbeschichtete Folie

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Duroplast, hart, zäh
Festigkeit	Sehr hoch, Zugscherfestigkeit bis 45 N/mm ²
Klebstoffstärke	Dünn, i.d.R. von 0,05 mm bis 0,2 mm
Einsatzbereich	Von -60 °C bis ca. +200 °C
Alterungsbeständigkeit	Gut
Medienbeständigkeit	Sehr gut
Bearbeitung	Schleifen, Sägen, Fräsen usw., überlackierbar

Aushärtung

Aushärtereaktion

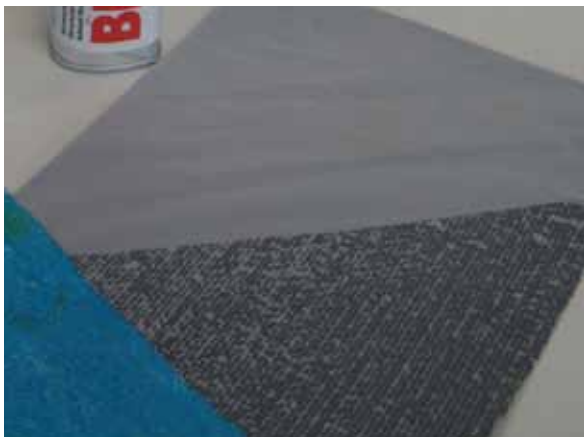
Die Aushärtung findet bei Temperaturen von ca. +80 °C bis +190 °C über eine bestimmte Zeit statt. Je nach Hersteller und Typ variieren diese Werte, Herstellerangaben müssen exakt eingehalten werden

Verarbeitung

Verarbeitung	Warmhärtend (siehe Abschnitt Klebstoffverarbeitung)
Verarbeitungs- und Füge-teiltemperatur	Der Klebstoff, insbesondere kühl gelagerte Klebstoffe, sowie die Füge-teile sind vor dem Verkleben auf Verarbeitungstemperatur zu bringen. Diese liegt meist im Bereich der Raumtemperatur (herstellerspezifisch). Höhere Temperaturen bei der Verarbeitung sollten vermieden werden um anfängliche Teilreaktionen und damit schadhafte Klebungen zu verhindern
Luftfeuchtigkeit	Ohne wesentlichen Einfluss, es darf sich jedoch kein Kondensat auf den Bauteilen bilden
Klebstoffauftrag	Über Eurokartusche oder aus Dosengebinde mit Spachtel auftragen. Wenn erforderlich nach dem Auftragen mit einem Spachtel o. ä. verstreichen. Zur Einstellung der Klebstoffstärke Abstandhalter verwenden
Offene Zeit	Von einigen Tagen bis Wochen je nach Typ und Hersteller
Endfestigkeit	Nach Aushärten durch Temperatur
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung

Besonderheiten

- 1-komponentige Verarbeitung
- Sehr hohe Festigkeit
- Geringe Elastizität (Duroplast)
- Mechanische Nachbearbeitung möglich
- Sehr gute Medienbeständigkeit
- Temperaturhärtung (Klebstoff kühl lagern)
- Begrenzte Farbgebung (teilweise eingefärbt)
- Für großformatige Bauteile müssen entsprechende Aufheizanlagen zur Verfügung stehen
- Einfluss der Fügeteildimension und des Materials auf die Aufheizphase



Beispiel für eine weitere Lieferform:
Vorbeschichtete Folie

Grenzen

- Die Fügeteile sollen die hohen Temperaturen während der Aushärtung schadfrei überstehen, Kunststoffe müssen wärmebeständig sein
- Aufgrund der geringen Elastizität kann der Klebstoff unterschiedliche Bauteilspannungen, z. B. durch Temperatureinfluss, nur in geringem Umfang ausgleichen. Es können hohe Spannungen im Klebstoff und auch in den Bauteilen entstehen. Bei Verklebungen von Materialien mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten ist dies zu berücksichtigen

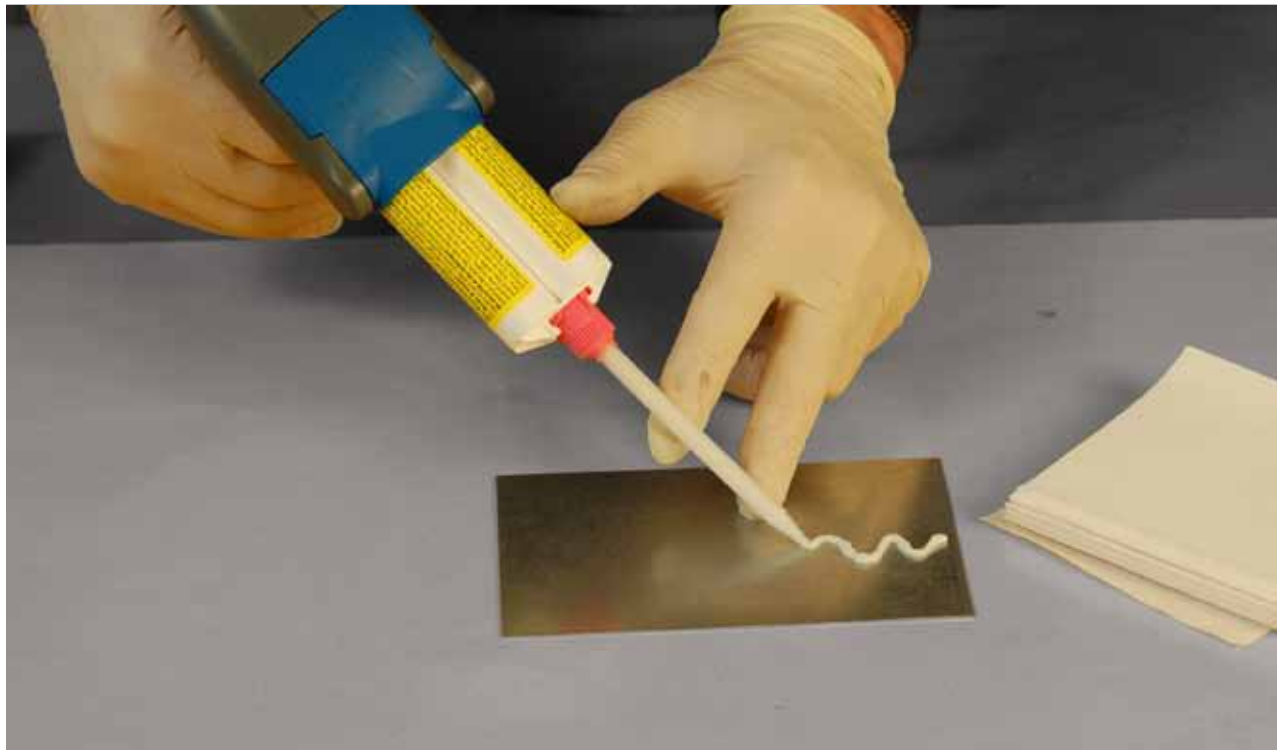
Fehlerquellen

- Klebstoff ist durch falsche – zu warme – Lagerung nicht mehr gebrauchstauglich
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Bauteile wurden nach dem Fügen nicht fixiert und verrutschen während der Aushärtung
- Klebstoff wird während der Aushärtung nicht richtig erwärmt (Temperaturspitzen oder zu geringe Temperatur über die Zeit)
- Bei hohem Klebstoffeinsatz erwärmt sich die Klebfuge zusätzlich durch die Klebstoff-Aushärtereaktion, dabei können die maximal zulässigen Temperaturen überschritten werden

Lagerung

- In geschlossenen Gebinden
- Lagerzeit von Wochen bis zu einigen Monaten
- Häufig gekühlte Lagerung bis max. +8 °C in entsprechenden Kühlschränken
- Herstellerangaben unbedingt beachten

3.1.5 Epoxidharz, zweikomponentig



Weitere Bezeichnung: 2K-Epoxidharz

46

Porträt/Kurzbeschreibung

- 2-komponentiger Klebstoff
- Hohe Festigkeit
- Gute Haftung auf Metallen

Anwendungsbereiche

- Metall-Metall, Metall-Kunststoff, GFK-GFK, GFK-Metall, Reparaturverklebungen
- Strukturelle Verklebungen

Typische Werte Ausgangsmaterial

Anzahl der Komponenten	2
Viskosität	Von flüssig bis pastös, hersteller- und typenabhängig
Farbe	Oft gelblich/hell, zur einfachen Mischkontrolle sind die beiden Komponenten oft unterschiedlich eingefärbt
Handelsübliche Ware	Tubengebinde, Dosengebinde, Doppel-Kartuschen, Knetmassen (Reparaturen). Bei Knetmassen werden die vorliegenden Komponenten durch Kneten vermischt

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Duroplast, hart, zäh
Festigkeit	Hoch, Zugscherfestigkeit bis 35 N/mm ²
Bruchdehnung	5 % - 15 %
Klebstoffstärke	Dünn, i.d.R. von 0,05 mm bis 0,2 mm
Einsatzbereich	Bis ca. +100 °C
Alterungsbeständigkeit	Gut
Medienbeständigkeit	Gut
Bearbeitung	Schleifen, Sägen, Fräsen usw., überlackierbar

Aushärtung

Aushärtereaktion
2K-Reaktion

Besonderheiten

- 2K-Verarbeitung
- Hohe Festigkeit
- Geringe Elastizität (Duroplast)
- Mechanische Nachbearbeitung möglich
- Hohe Beständigkeit
- Gute Medienbeständigkeit
- Genaues Abwiegen und Mischen erforderlich
- Temperatureinfluss auf die Topfzeit
- Begrenzte Farbgebung (oft gelblich, teilweise eingefärbt)

Grenzen

- Aufgrund der geringen Elastizität kann der Klebstoff unterschiedliche Bauteilspannungen, z. B. durch Temperatureinfluss, nicht ausgleichen. Es entstehen dabei hohe Spannungen im Klebstoff und auch in den Bauteilen
- Verklebungen von Materialien mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten können problematisch sein

Verarbeitung

Verarbeitung	2K-Verarbeitung
Verarbeitungs- und Bauteiltemperatur	Raumtemperatur ca. +23 °C. Die Temperatur hat großen Einfluss auf die Topfzeit* → siehe auch 2K-Verarbeitung, Seite 26
Luftfeuchtigkeit	Ohne Einfluss, jedoch darf sich durch zu hohe Luftfeuchtigkeit kein Kondensat auf den Bauteilen bilden
Mischungsverhältnis	Laut Herstellerangabe, oft 1:1, aber auch andere Mischungsverhältnisse üblich ■ Über Gewichtsverhältnis durch Wiegen ■ Über Volumen durch Volumenmessung ■ Über Mischrohr bei 2K-Kartuschen Das Mischungsverhältnis muss genau eingehalten werden
Klebstoffauftrag	Mit Spachtel, Zahnpachtel, über Mischrohr bei 2K-Kartuschen. Zur Einstellung der Klebstoffstärke ggf. Abstandhalter verwenden
Topfzeit	Von wenigen Minuten bis Stunden (je nach Typ und Hersteller). Bei 2K-Kartuschen Topfzeit* im Mischrohr beachten (Temperatureinfluss)
Endfestigkeit	Je nach Typ und Hersteller von Minuten bis Tagen. Durch Nachtempern von einer Stunde bei +80 °C kann die Endfestigkeit weiter erhöht werden
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung

*Temperatureinfluss beachten. Erhöhte Temperatur reduziert die Topfzeit (Daumenwert 10 °C höhere Temperatur → halbe Topfzeit)

Fehlerquellen

- Topfzeit wurde nicht beachtet
- Bauteile wurden nach dem Fügen nicht fixiert und vor dem Erreichen der Handfestigkeit bewegt
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Mischungsverhältnis wurde nicht exakt eingehalten
- Bei 2K-Kartuschenanwendungen wurde das falsche Mischrohr verwendet, der erste Klebstoffaustrag nicht verworfen

3.1.6 Methylmethacrylat, zweikomponentig



Weitere Bezeichnung: 2K-MMA

Porträt/Kurzbeschreibung

- 2-komponentiger Klebstoff, die zweite Komponente kann als Paste, Pulver oder Lack vorliegen. Daraus ergeben sich verschiedene Verarbeitungsvarianten
- Verschiedene Mischungsverhältnisse möglich (Herstellerangabe beachten)
- Raumtemperaturverarbeitung
- Gute Haftung auf Kunststoffen
- Hohe Festigkeit
- Endprodukt ist ein Thermoplast

Anwendungsbereiche

- Kunststoffverklebungen, Metallverklebungen, Kleben von Verbundwerkstoffen z. B. GFK Verklebung und Reparatur, Kombinationen aus verschiedenen Materialien wie Metallen, Kunststoffen, Keramiken, Glas
- Strukturelle Verklebungen
- Reparaturverklebungen
- Gute Haftung auf vielen Kunststoffen wie z. B. ABS, PC, PMMA, PVC, PA u. a.

Typische Werte Ausgangsmaterial

Anzahl der Komponenten	2 (3)
Basiskomponente	Pastös, oft standfest
Härterkomponente	Paste, Pulver oder Lack
Handelsübliche Ware	Doppelkartuschen ab 50 ml mit verschiedenen Mischungsverhältnissen; Tuben, Topfware

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Thermoplast
Festigkeit	Hoch, Zugscherfestigkeit bis ca. 25 N/mm ²
Klebstoffstärke	Bis ca. 15 mm, nicht für flächige Klebungen geeignet
Einsatzbereich	Bis +100 °C (Herstellerangaben beachten)

Aushärtung

Aushärtereaktion
2K-Reaktion

Verarbeitung

Verarbeitung	2-komponentige Verarbeitung Besondere Verarbeitung als Härterlack-Verfahren (siehe Abschnitt Klebstoffverarbeitung)
Luftfeuchtigkeit	Ohne Einfluss, jedoch darf sich durch zu hohe Luftfeuchtigkeit kein Kondensat auf den Bauteilen bilden
Mischungsverhältnis	Klebstoffe mit unterschiedlichsten Mischungsverhältnissen erhältlich (Herstellerangabe beachten) Geringe Abweichungen vom Mischungsverhältnis zulässig
Klebstoffauftrag	Mit Spachtel, Zahnspachtel, über Mischrohr bei 2K-Kartuschen. Zur Einstellung der Klebstoffstärke ggf. Abstandhalter verwenden
Topfzeit	Relativ kurze Topfzeiten, oft im Minutenbereich Temperatureinfluss*
Endfestigkeit	Je nach Typ und Hersteller von Minuten bis Tagen
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung

*Temperatureinfluss beachten. Erhöhte Temperatur reduziert die Topfzeit (Daumenwert 10 °C höhere Temperatur → halbe Topfzeit)

Besonderheiten

- Variantenreiches System (Härterkomponente als Lack, Pulver oder Paste erhältlich)
- Schnelles System
- Gute Spaltüberbrückung
- Hohe Festigkeit bis ca. 25 N/mm²
- Kleine Abweichungen im Mischungsverhältnis zulässig
- Gute Haftung auf vielen Kunststoffen wie z. B. ABS, PC, PMMA, PVC, PA
- Strenger Geruch
- Temperatureinfluss auf die Topfzeit
- Teilweise unübliches Mischungsverhältnis von 1:10 oder prozentuelle Angabe der Härtermenge (z. B. 2-3 %)
- Kühl lagern (ca. +8 °C, z. B. im Kühlschrank, Herstellerangaben beachten)

Grenzen

- Bei dem 2K-Mischsystem ist aufgrund des relativ schnellen Systems ein großflächiger Auftrag innerhalb der Topfzeit kaum möglich
- Nicht geeignet für die Verklebung von sehr elastischen Materialien (Gummi)

Fehlerquellen

- 2K-Mischsystem: Topfzeit wurde nicht beachtet
- Bauteile wurden nach dem Fügen nicht fixiert und vor der Handfestigkeit bewegt
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Bei 2K-Kartuschenanwendungen wurde das falsche Mischrohr verwendet, der erste Klebstoffaustrag wurde nicht verworfen

3.1.7 Anaerober Klebstoff



Porträt/Kurzbeschreibung

- 1-komponentiger reaktiver Klebstoff, die zweite Komponente ist schon eingemischt, aber durch fehlende Reaktionsbedingungen findet keine Aushärtung in der Verpackung statt
- Reaktion wird durch Sauerstoffabschluss und Kontakt mit Metallionen gestartet. Es müssen immer diese beiden Bedingungen vorliegen, um die Aushärtereaktion zu starten. Als Metallionen müssen Eisen- oder Kupferionen vorliegen
- Ausgehärtetes Produkt ist ein Duroplast
- Hohe Festigkeit
- Sehr gute Medienbeständigkeit (z. B. gegen Öle, Fette)
- Hohe Einsatztemperaturen

Anwendungsbereiche

- Schraubensicherung mit verschiedenen Festigkeitsangaben: fest, mittelfest, hochfest
- Welle-Nabe-Verbindungen, Zentrierstifte
- Dichtungen
- Schrauben mit mikroverkapseltem Klebstoff. Die Kapseln werden beim Eindrehen der Schrauben aufgebrochen und die Reaktion beginnt
- Lagersitze
- Gewindedichtung

Handelsübliche Ware

- Kunststoffflaschen und Kunststofftuben. Die Behälter sind aus luftdurchlässigem Kunststoff und mit einem großen Luftkopfraum versehen, um eine vorzeitige Aushärtung zu verhindern
- Der Klebstoff sollte kühl gelagert werden (Kühlschrank)

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Duroplast, spröde, die Endfestigkeit wird erst nach einigen Stunden erreicht
Festigkeit	Druckfestigkeit bei Welle-Nabe bis ca. 40 N/mm ² möglich
Einsatzbereich	Temperatureinsatz bis ca. +150 °C



Bild: Henkel

Verarbeitung

- 1K-Verarbeitung
- Der Klebstoff wird einseitig aufgetragen und die Bauteile nachfolgend gefügt
- Bei der Verarbeitung sind der Metallkontakt (Kupfer oder Eisen) und der Luftabschluss sicherzustellen
- Außerhalb der Fügezone bleibt der Klebstoff flüssig
- Bei fehlenden Eisen- oder Kupferionen können durch Auftragen eines Metallsprays (oft Aktivator genannt) die fehlenden Ionen auf die Bauteile aufgetragen werden. Erforderlich ist dies bei reinem Aluminium, evtl. Edelmetallen und Kunststoffen. Die fehlenden Ionen können auch mit Hilfe einer Drahtbürste aus Kupfer oder Messing aufgetragen werden. Hierbei wird die Schraube intensiv abgebürstet und die Kupferionen der Bürste übertragen sich auf das Bauteil
- Als Flächendichtung wird der anaerobe Dichtstoff auf ein Füge teil (Kupfer- oder Eisenionen vorhanden) aufgetragen. Erst durch Fügen der beiden Bauteile wird die zweite Reaktionsbedingung (Luftabschluss) erfüllt und der Klebstoff beginnt zu reagieren

Grenzen

- System ist i.d.R. ein Klebstoff für Metalle. Bei der Verklebung mit Kunststoffen werden geringere Festigkeiten erreicht und die Reaktion des Klebstoffs durch Metallionen muss durch zusätzliche Aktivatoren sichergestellt werden
- Bauteile mit höherer Bauteiltoleranz (geringe Spaltüberbrückung)

Fehlerquellen

- Reaktionsbedingungen wurden nicht sichergestellt (Metallionen und Luftabschluss)
- Bauteile nicht ausreichend gereinigt
- Klebspalt zu groß
- Haltbarkeitsdatum des Klebstoffs überschritten

Besonderheiten

- Einfache Handhabung
- Reagiert erst bei Erreichen der Reaktionsbedingungen (Metallionen und Luftabschluss)
- Hohe Festigkeit
- Gute Medienbeständigkeit (gegen Öl, Fette, Lösemittel)
- Hoher Temperatureinsatzbereich bis +150 °C
- Geringe Spaltüberbrückung
- Bauteilmaterialabhängig, da die Reaktionsbedingung erfüllt sein muss (Metallionen)
- Bauteilgeometrieabhängig, da die zweite Reaktionsbedingung (Luftabschluss) ebenfalls vorliegen muss
- Geringe Spaltüberbrückung

3.1.8 Cyanacrylat Klebstoff



Weitere Bezeichnungen: Sekundenklebstoff (raumtemperaturvernetzt)

Porträt/Kurzbeschreibung

- 1-komponentiger Klebstoff
- Härtet mit Luftfeuchtigkeit extrem schnell aus
- Sehr harter, spröder Klebstofffilm
- Erfolgreiche Neuentwicklung teilflexibler Systeme für relativ gute Witterungsbeständigkeit

Anwendungsbereiche

- Vielseitige Anwendungen als konstruktiver Klebstoff, aber auch als schneller Hilfsklebstoff
- KFZ-Zuliefererindustrie, Lautsprecher, Siebe, Filterindustrie, medizinische Geräte, Elektro- und optische Industrie, kosmetische Verpackungsindustrie
- Hervorragend geeignet für Kombinationsklebungen Metalle/Kunststoffe/Elastomere

Typische Werte des Ausgangsmaterials

Anzahl der Komponenten	1
Viskosität	Sehr dünn bis hin zu gelförmig
Farbe	I.d.R. farblos, schwarze, blaue, rote Einfärbung möglich, fluoreszierende Einstellung zur optischen Kontrolle
Handelsübliche Ware	10 g, 20 g, 50 g, 500 g PE-Flaschen

Typische Eigenschaften des ausgehärteten Klebstoffs

Ausgehärtetes Produkt	Thermoplast
Festigkeit	Sehr hoch
Bruchdehnung	Kaum, spröder Film
Klebstoffstärke	Bis max. 0,2 mm
Einsatzbereich	-55 °C bis +95 °C, Sondereinstellungen bis +140 °C (Herstellerangaben beachten)
Alterungsbeständigkeit	Sehr gut
Medienbeständigkeit	Gut

Aushärtung

Aushärtereaktion
Reagiert mit Luftfeuchtigkeit und/oder auf alkalischen Oberflächen

Verarbeitung

Verarbeitung	1K-Verarbeitung, luftfeuchtigkeitsvernetzend
Verarbeitungs- und Bauteiltemperatur	Sekunden bei Elastomeren, ca. 1 Minute bei Metallen
Luftfeuchtigkeit	Optimal bei 40 % r. F. bis 60 % r. F., wesentlicher Einfluss auf die Aushärtung
Klebstoffauftrag	Aus der Flasche einen Klebstoffpunkt oder eine -raupe einseitig auftragen; Teile sofort zusammenfügen
Hautbildezeit	Einige Minuten bis Stunden (je nach Hersteller)
Aushärtegeschwindigkeit	Endgültige Festigkeit ist nach 24 h erreicht
Arbeitssicherheit	Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Kittel, gute Belüftung

Besonderheiten

- 1K-Verarbeitung, einfache Verarbeitung
- Extrem schnelle Aushärtung ermöglicht nahezu sofortige Weiterverarbeitung der Teile
- Sehr ergiebig (1 g Klebstoff entspricht je nach Viskosität bis zu 80 Tropfen)
- Zur Aushärtung benötigt man keine zusätzliche Wärme oder andere Energie
- Lösemittelfrei, besteht zu 100 % aus Klebstoff
- Fügen unterschiedlicher Materialien ist leicht möglich
- Möglichkeit der optischen Detektierbarkeit
- Gut geeignet als Fixierhilfe
- Spröder Klebstofffilm
- Keine große Spaltüberbrückung möglich
- Verkleben von Teilen größer als 5 x 5 cm nur bedingt möglich (zu schnelle Aushärtung)

Grenzen

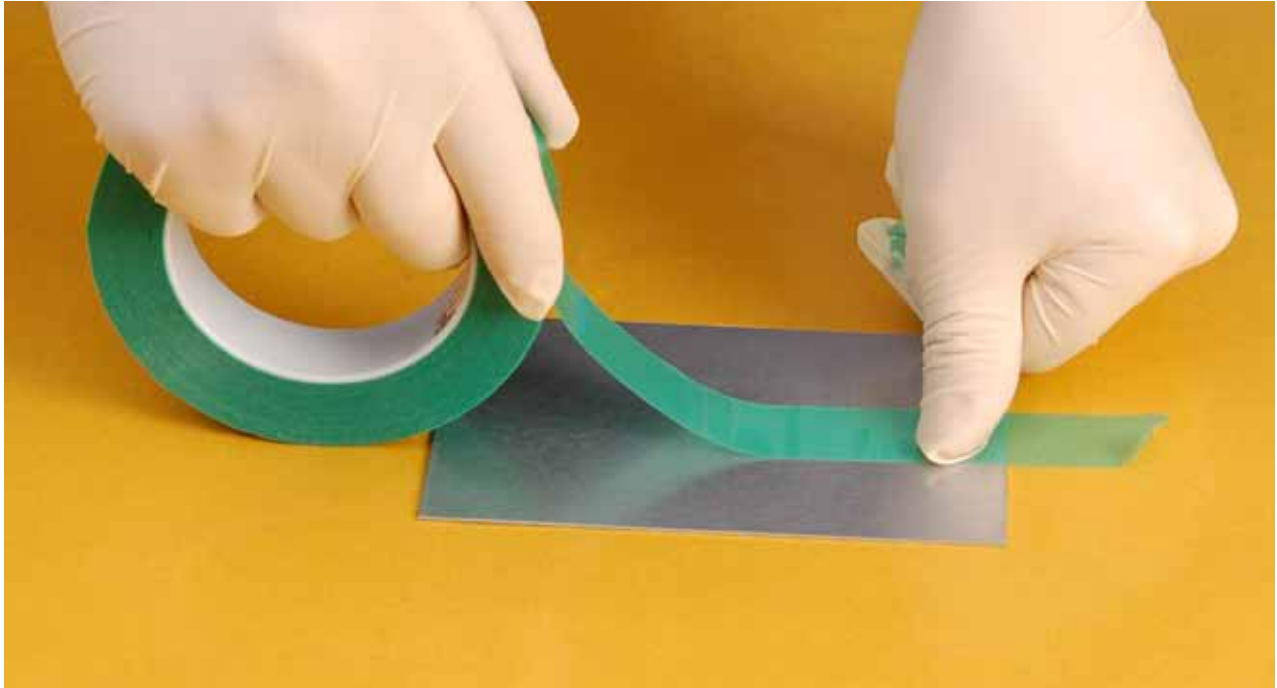
- Zur konstruktiven Verklebung größerer Metallteile ist ein Cyanacrylat nicht geeignet!

Fehlerquellen

- Luftfeuchtigkeit zu niedrig oder zu hoch
- Temperatur zu gering oder zu hoch
- Klebstoff überlagert (Verfallsdatum beachten)
- Kondenswasser auf dem Bauteil
- Verunreinigte Fügeteile

3.2 Abbindende Klebstoffe

3.2.1 Haftklebstoffe (Klebebänder)



Weitere Bezeichnungen: Haftklebeband, Selbstklebeband

58

Porträt/Kurzbeschreibung

Klebebänder bestehen in der Regel aus einem Trägermaterial, welches mit einem Haftklebstoff beschichtet ist. Der Haftklebstoff kann ein- oder beidseitig auf das Trägermaterial aufgetragen sein (Ausnahme: Haftklebstoff ohne Trägermaterial). Zum Einsatz kommen verschiedene Haftklebstoffe und unterschiedliche Trägermaterialien.

Durch geeignete Auswahl von Trägermaterial und Haftklebstoff sind Klebebänder mit verschiedenen Eigenschaften für unterschiedliche Anwendungen erhältlich.

Die nachfolgende Beschreibung behandelt grundsätzliche und verbreitete Formen der Klebebänder. Es sind noch weitergehende Produkte, z. B. nachvernetzende Systeme mit speziellen Aufbauten und Eigenschaften, erhältlich.

Anwendungsbereiche

- Vielseitige Anwendung (z. B. Containerbau, Solarmodule, Automobilbau, Flugzeugbau, Medizintechnik)
- Als Fixierhilfe bei der Verarbeitung reaktiver Klebstoffe

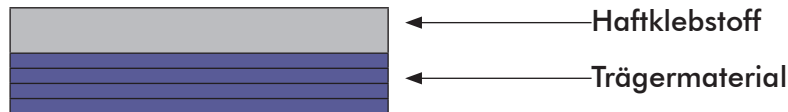
Eigenschaften

- Trockenes Produkt
- Hohe Anfangsfestigkeit von 50 % - 95 % der Endfestigkeit (je nach Typ und Hersteller)
- Wieder ablösbar (je nach Typ)

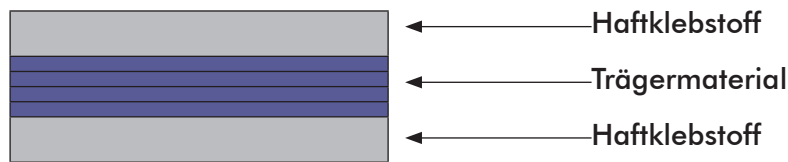
Aufbau

Die Klebebänder werden aus Haftklebstoff und Trägermaterial in unterschiedlichen Aufbauten und Abmessungen, als Rollenware oder als Stanzteile hergestellt.

■ einseitig klebend mit Trägermaterial

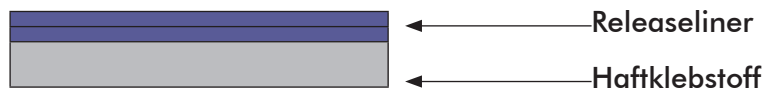


■ doppelseitig klebend mit Trägermaterial



Das Trägermaterial ist beidseitig mit Haftklebstoff beschichtet. Das Klebeband ist damit beidseitig klebfähig. Typische Anwendungen sind hier Teppichklebebänder, Schaumklebebänder, doppel-seitige Haftklebebänder.

■ Transferklebeband (Klebeband ohne Trägermaterial)



Das Klebeband besteht aus Klebstoff und einem Releaseliner. Der Releaseliner wird nach dem Auftragen entfernt. Damit steht für die Verklebung eine Klebschicht aus reinem Klebstoff zur Verfügung.



Haftklebstoffe für Klebebänder

Als Basisklebstoff werden eingesetzt:

- verschiedene Kautschuke
- Acrylate
- Silikone
- u.v.m.

Diese werden mit Hilfe von Tackifiern (Klebrigmachern) dauerhaft klebrig eingestellt.

Trägermaterialien

Das Trägermaterial bestimmt wesentlich die Eigenschaften des Klebebands, wie Reißfestigkeit, Dehnung und Elastizität. Als Trägermaterial kommt eine Vielzahl von Materialien zum Einsatz wie z. B.:

- Glasgewebe (Gelege, Fliese)
- Folien aus PP, PVC, PET, PA
- Papier als Flies, Pergament oder Krepp
- Schaumstoff aus PE, PP, PUR

Verarbeitung

Für die erfolgreiche Verklebung ist auch bei Klebebändern eine richtige Vorbehandlung der Oberfläche und ein fachgerechtes Auftragen des Klebebandes erforderlich.

Auftragen	Von einer Seite beginnend auftragen (im Gegensatz zum stempelnden Auftrag wird hiermit der Lufteinschluss reduziert)
Verarbeitungs- und Bauteiltemperatur	+15 °C bis +35 °C
Anpressen	Durch das Anpressen wird das Bauteil mit dem Klebstoff benetzt und kann Adhäsion aufbauen
Nach dem Fügen	Die Klebfestigkeit steigt nach dem Fügen noch weiter an. Die Klebeverbindung sollte anfänglich noch nicht belastet werden. Häufig erreichen Haftklebebänder nach 72 Stunden ihre Endfestigkeit (Herstellerangaben beachten)

Wichtig: Verarbeitungstemperatur, Anpressdruck

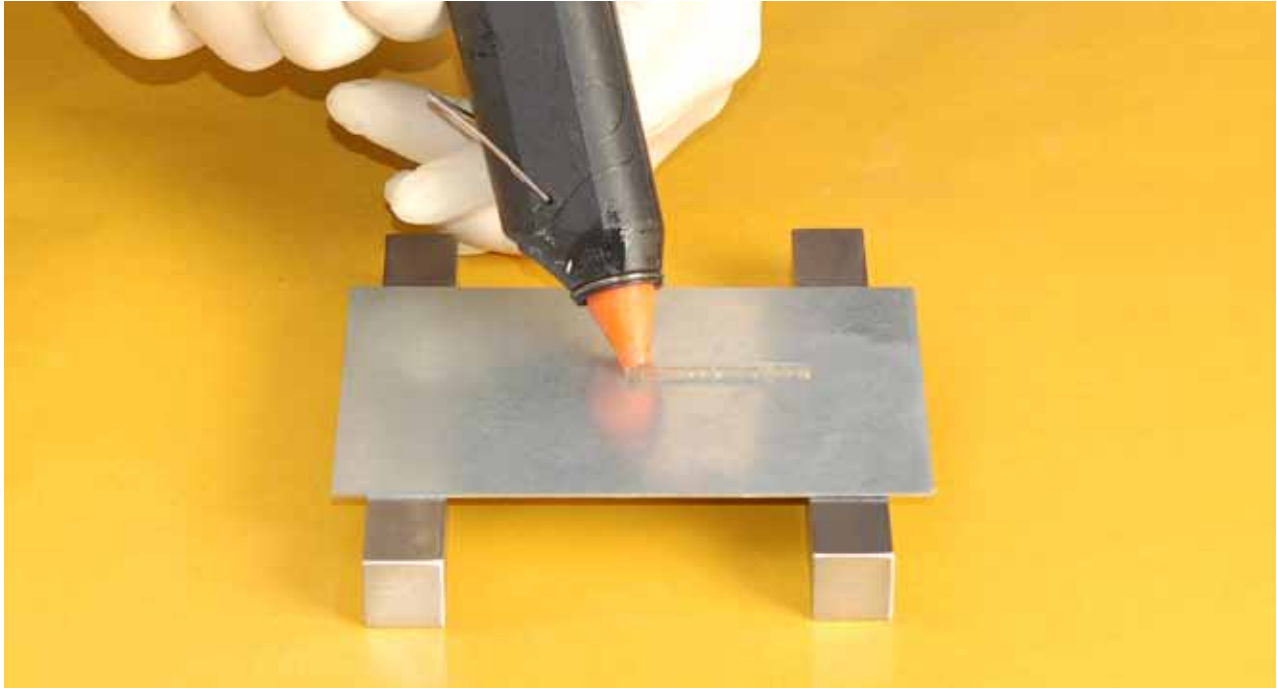
Besonderheiten

- Hohe Anfangsfestigkeit
- Trockenes Produkt
- Klebfestigkeit steigt nach dem Fügen noch weiter an
- Neigt zum Kriechen bei statischer Belastung (z. B. verschobene Haken im Badezimmer)

Fehlerquellen

- Oberfläche nicht richtig behandelt
- Raum- oder Bauteiltemperatur zu niedrig
- Anpressdruck zu gering
- Klebeband verschmutzt

3.2.2 Schmelzklebstoffe



Weitere Bezeichnungen: Heißklebstoff, Hotmelts

Porträt/Kurzbeschreibung

Schmelzklebstoffe gehören zur Gruppe der physikalisch abbindenden Klebstoffe und liegen bei Raumtemperatur in fester Form vor. Bei der Verarbeitung findet keine chemische Reaktion statt. Der Schmelzklebstoff wird durch Erwärmung verflüssigt und beim Abkühlen wieder verfestigt. Durch wiederholte Erwärmung können die Klebverbindungen gelöst und erneut verklebt werden. Im flüssigen Zustand kann der Schmelzklebstoff die Bauteiloberfläche benetzen.

Anwendungsbereiche

- Schmelzklebstoffe gehören zu den weit verbreiteten Klebstoffen in allen erdenklichen Anwendungsbereichen
- Durch schnelles Abkühlen und somit zügig erreichte Festigkeit können schnelle Produktionsabläufe realisiert werden
- Bei der Anwendung müssen die thermoplastischen Eigenschaften des Schmelzklebstoffs, wie Kriechneigung bei erhöhter Temperatur oder unter statischer Last, beachtet werden

Material

- Schmelzklebstoffe gehören zur Gruppe der Thermoplaste
- Lösemittelfreies Produkt
- Bei Raumtemperatur liegt der Schmelzklebstoff in fester Form vor, als Granulat, Pulver, Block, Strang, Folie etc.
- Es sind Produkte erhältlich, die mit Schmelzklebstoffen beschichtet sind, wie z. B. Kantenumleimer

Verarbeitung

Für den Fügevorgang wird der Schmelzklebstoff erwärmt und verflüssigt, so dass die Oberfläche des Fügeteils benetzt werden kann. Der Klebstoff wird einseitig auf ein Fügeteil aufgetragen. Unmittelbar danach müssen die beiden Fügeteile gefügt werden. Beim Abkühlen verfestigt sich der Schmelzklebstoff wieder.

Zum Aufschmelzen des Klebstoffs sind verschiedene Geräte erhältlich. Häufig verwendet werden Schmelzklebstoffpistolen für Klebstoffsticks oder Klebstoffpistolen für Granulate oder Eurokartuschen.

Oberflächenvorbereitung	Je nach Material und Verschmutzung
Erwärmen des Klebstoffs	+120 °C bis +240 °C (Herstellerangaben beachten)
Auftragen	Auf eine Fügeteilseite. Hierbei ist zu beachten, dass der Klebstoff vor dem Fügen nicht abkühlt und fester wird. Bei Metallen können die Bauteile vorgewärmt werden
Fügen	Nach dem Klebstoffauftrag muss das Fügen sehr schnell erfolgen. Ein abgekühlter Klebstoff ist nicht mehr ausreichend flüssig und kann den Fügepartner nicht mehr richtig benetzen
Arbeitssicherheit	Schutzmaßnahmen gegen Verbrennungen bei Klebstoffapplikation

Besonderheiten

- Festes trockenes Produkt
- Kein Gefahrstoff
- Lösemittelfrei
- Lange Lagerzeiten
- Erweichung bei höherer Temperatur
- Kriechneigung bei erhöhter Temperatur oder statischen Lasten (Thermoplast)
- Schnelle Verarbeitung möglich
- Energieaufwendiges Aufheizen des Klebstoffs
- Nachvernetzende Systeme erhältlich, z. B. durch Feuchtigkeit vernetzende Systeme. Die Verarbeitung erfolgt wie oben beschrieben, die chemische Reaktion durch Feuchtigkeit findet nachfolgend statt. Das Endprodukt ist dann ein vernetztes Polymer und kann nicht mehr aufgeschmolzen werden. Die Eigenschaften des fertigen Produkts werden hierdurch verändert (eingeschränkte Kriechneigung, temperaturstabiler etc.)



Bild: Sika

Fehlerquellen

- Oberfläche nicht richtig behandelt
- Klebstoff ist bereits vor dem Fügen abgekühlt (Fügeteil konnte nicht richtig benetzt werden)
- Fügeteile zu kalt
- Schmelztemperatur nicht richtig

Grenzen

- Die Fügeteile müssen für die Applikationstemperatur geeignet sein

II Wichtige Normen und Richtlinien

DIN 6701

Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen

DIN EN 828

Klebstoffe - Benetzbarkeit; Bestimmung durch Messung des Kontaktwinkels und der freien Oberflächenenergie fester Oberflächen; Deutsche Fassung EN 828:2010

DIN EN 923

Klebstoffe - Benennungen und Definitionen;
Deutsche Fassung EN 923:2006+A1:2008

DIN EN 12701

Strukturklebstoffe - Lagerung; Bestimmung von Begriffen zur Zeitspanne der Verarbeitbarkeit von Strukturklebstoffen und verwandten Materialien; Deutsche Fassung EN 12701:2001

DIN EN 13887

Strukturklebstoffe - Leitlinien für die Oberflächenvorbehandlung von Metallen und Kunststoffen vor dem Kleben; Deutsche Fassung EN 13887:2003

DIN EN 14022

Strukturklebstoffe - Bestimmung der Topfzeit (Verarbeitungszeit) von Mehrkomponentenklebstoffen; Deutsche Fassung EN 14022:2010

DVS 2204-1

Kleben von thermoplastischen Kunststoffen

Regelwerke zum Umgang mit Klebstoffen

- Gefahrenstoffrecht
- Immissionsschutzrecht
- Abfallrecht (AbfG)
- Wasserrecht (Wasserhaushaltsgesetz WHG)
- Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF)
- Gefahrgut-Transportrecht
- Unfallverhütungsvorschrift
- Sicherheitsdatenblatt

III Dank

Wir danken folgenden Unternehmen für die freundliche Unterstützung in Form von Fachinformationen und Bildmaterial:



IV Literaturverzeichnis

Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg.): Kleben/Klebstoffe (Informationsserie) Textheft. Frankfurt 2001.

Habenicht, Gerd: Kleben – erfolgreich und fehlerfrei. Handwerk, Haushalt, Ausbildung, Industrie. 3., ergänzte und korrigierte Auflage, Wiesbaden: Vieweg 2003.

Habenicht, Gerd: Kleben. Grundlagen, Technologien, Anwendungen. 5., erweiterte und aktualisierte Auflage, Berlin: Springer 2006.

Henkel u. Dr. Peter Born (Hrsg.): Kleben im Fahrzeugleichtbau. Karlsruhe 2010.

Loctite European Group (Hrsg.): Worldwide design handbook, 2. überarbeitete Auflage. 1998.

Michaeli, W.; Greif, H.; Wolters, L.; Vossebürger, F.-J.: Technologie der Kunststoffe. 3. Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2008.

Wolters, L.; Bittner, M.; v. Laack, H.; Kaufmann, H.: Das Metallkleben. Hrsg. vom Institut für Kunststoffverarbeitung, Aachen 1991.

Sowie Produktinformationen, Broschüren und Druckschriften der nachfolgend aufgeführten Unternehmen:

Bostik GmbH
Cyberbond Europe GmbH
Dow Chemical Company
Dow Corning GmbH
Henkel AG & Co. KGaA
Huntsman Advanced Materials

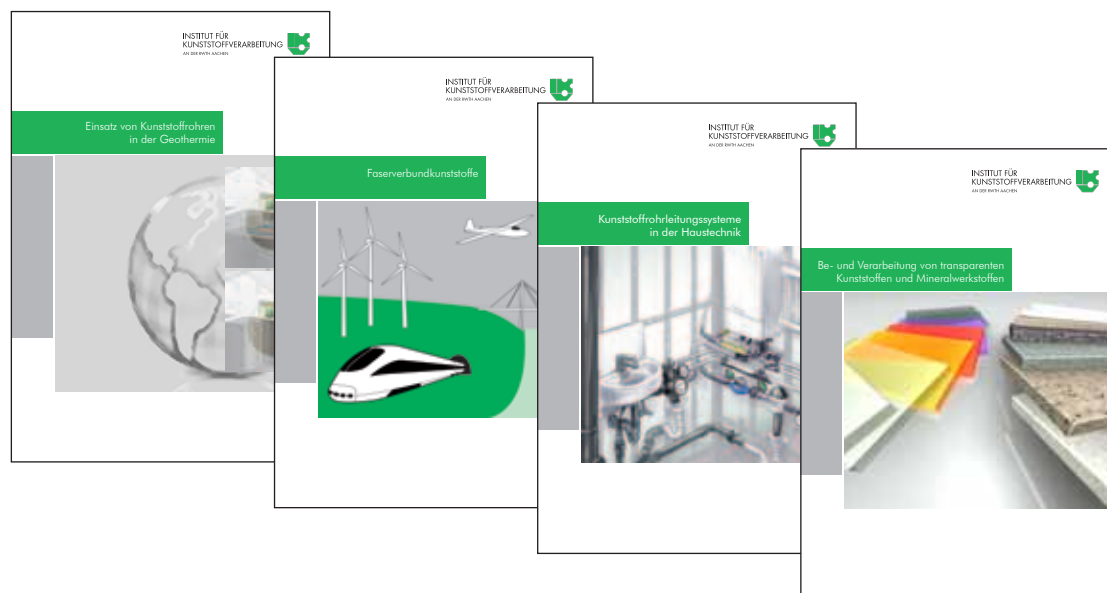
Jowat AG
Kömmerling Chemische Fabrik GmbH
Lohmann GmbH & Co. KG
Otto Chemie - Hermann Otto GmbH
Sika Deutschland GmbH
UHU GmbH & Co KG

PLENET NRW steht für „Plastics Education Network NRW“. Dies ist ein Netzwerk, in dem das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen, qualifizierte Bildungseinrichtungen, Organisationen, Fachverbände sowie maßgebliche Unternehmen aus der Kunststoffindustrie zusammengeschlossen sind. Ziel des Netzwerks ist es, Handwerksbetrieben und kleinen und mittelständischen Unternehmen Zugang zu aktuellen Informationen zur Be- und Verarbeitung von Kunststoffen zu eröffnen und ihnen somit die Erschließung neuer Betätigungsfelder zu ermöglichen. Das Projekt wird durch das Land Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Ziel 2-Programms und durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union (EFRE) gefördert.

Das Projekt behandelt die Teilbereiche

- Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk
- Holz- und kunststoffverarbeitendes Handwerk
- Geothermie
- Metallhandwerk
- Zweiradmechaniker-Handwerk
- Faserverbundkunststoff-Verarbeitung
- Kanalsanierung
- Bau- und Ausbau-Handwerk

Die Projektergebnisse stehen unter www.plenet-nrw.de kostenlos zum Download zur Verfügung.



Download: www.plenet-nrw.de



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ziel2.NRW
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung

Im Metallhandwerk werden ständig steigende Anforderungen an Konstruktion und Design gestellt. Um diese Anforderungen zu erfüllen, bietet sich das Kleben als ergänzende Füge-technik an. Es gibt vielfältige Anwendungsbereiche für Klebstoffe, jedoch verlangt eine solche Vielfalt nach einer gezielten Klebstoffauswahl sowie einer werkstoffgerechten Verarbeitung. Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über die Grundlagen des Klebens und die im Metallhandwerk wichtigsten Kleb- und Dichtstoffe sowie deren fachgerechte Verarbeitung.

PLENET NRW steht für „Plastics Education Network NRW“. Dies ist ein Netzwerk, in dem das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen, qualifizierte Bildungseinrichtungen, Organisationen, Fachverbände sowie maßgebliche Unternehmen aus der Kunststoffindustrie zusammengeschlossen sind. Ziel des Netzwerks ist es, Handwerksbetrieben und kleinen und mittelständischen Unternehmen Zugang zu aktuellen Informationen zur Be- und Verarbeitung von Kunststoffen zu eröffnen und ihnen somit die Erschließung neuer Betätigungsfelder zu ermöglichen. Das Projekt wird durch das Land Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Ziel 2-Programms und durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union (EFRE) gefördert.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

