

Schmelzklebstoffe

Stand Januar 2006

erstellt von der Technischen Kommission Holzklebstoffe (TKH)
im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
1. Definition und Begriffe	3
2. Klebstoffeigenschaften	4
2.1. Physikalische Klebstoffeigenschaften	4
2.2. Chemische Klebstoffeigenschaften	5
3. Eigenschaften der Substrate	5
3.1. Physikalische Materialeigenschaften	5
3.2. Chemische Materialeigenschaften	6
4. Verarbeitungsparameter	6
5. Verarbeitungsverfahren	8
6. Testmethoden	8
7. Anforderungsparameter	9

Einleitung

Schmelzklebstoffe sind aus der modernen Holz- und Möbelfertigung nicht mehr wegzudenken. Als einziges Klebstoffsystem erlauben sie, die Verarbeitungsparameter während des Verarbeitungsprozesses zu verändern. So lässt sich z.B. die Viskosität eines Schmelzklebstoffes in weiten Grenzen durch die Temperatursteuerung an die gewünschten Verhältnisse anpassen. Das macht die Schmelzklebstoffe zum perfekten Klebstoff, wenn es darum geht Arbeitsabläufe zu steuern und zu automatisieren.

Ziel dieses Merkblattes ist es, die Vielzahl an Begriffen zu erklären, mit denen die Verarbeiter von Schmelzklebstoffen konfrontiert werden.

1. Definition und Begriffe

Nach DIN EN 923¹⁾ ist ein Schmelzklebstoff (englisch: Hotmelt, französisch: Colle thermofusible) definiert als ein thermisch aufschmelzbares Klebesystem, das nach Abkühlung Kohäsion (innere Festigkeit) entwickelt.

Grundsätzlich besteht ein Schmelzklebstoff, wie alle Klebstoffe, aus einem oder mehreren Polymeren, ergänzt durch Zusatzstoffe, wie Pigmente, Stabilisatoren, etc. Etwas mehr darüber findet man im Kapitel [2.2 Chemische Klebstoffeigenschaften](#).

Schmelzklebstoffe werden meist nach den Basispolymeren benannt:

Viele Systeme sind **reaktiv** und **thermoplastisch** realisierbar. **Thermoplastische Schmelzklebstoffe** lassen sich reversibel aufschmelzen. Bei genügend hoher Temperaturbelastung werden sie wieder flüssig, verlieren folglich ihre Kohäsion.

Dieser Tatsache (manchmal erwünscht, man denke an Recycling) kann man dadurch entgegenwirken, dass man die Polymermoleküle nach dem Abbindevorgang untereinander vernetzt (chemisch verknüpft). Der Kohäsionsverlust bei erhöhter Temperatur wird damit reduziert und die Bindekraft des Schmelzklebstoffes bleibt erhalten. Derartige Systeme, die während oder nach der Abkühlung chemischen Vernetzungsreaktionen unterworfen sind nennen wir **reaktive Schmelzklebstoffe**.

Im geschmolzenen Zustand ist der Schmelzklebstoff eine **Flüssigkeit**, die Schmelze. Nur als solche benetzt er die zu klebenden Teile, die Substrate, und er entwickelt **Adhäsion** an diese. Eine Flüssigkeit kann aber keine Kräfte übertragen, sie besitzt wenig **Kohäsion**. Als Folge der Abkühlung erstarrt der Schmelzklebstoff, er wird zum Festkörper (meist „glasartig“, selten „kristallin“), der sehr hohe Kohäsion besitzt.

Nachdem die Klebung stattgefunden hat sorgen die visko-elastischen Polymere dafür, dass die Adhäsion auch nach dem Abkühlvorgang mit ihren Volumenänderungen und dem damit verbundenen Aufbau mechanischer Spannungen erhalten bleibt. Die aufgebaute Kohäsion vermittelt die Bindekräfte zwischen den Substraten.

Tabelle 1: Basispolymere für die Herstellung von Schmelzklebstoffen

Basispolymer	Bemerkungen
Ethylen-Vinylacetat (EVA)	häufig verwendetes Basispolymer
Polyolefin (APAO)	erlaubt höheren Wärmestand
Polyamid (PA)	hoher Wärmestand und leichte Verarbeitbarkeit
Polyurethan (PUR)	meist reaktives System mit hoher Wärmestandfestigkeit und Feuchtfestigkeit
Polyester (PES)	verbessertes Haftspektrum und lange Offene Zeit

2. Klebstoffeigenschaften

2.1. Physikalische Klebstoffeigenschaften

Aus der obigen Erklärung des Klebevorganges ergibt sich, dass wir bei der Beschreibung eines Schmelzklebstoffes genau unterscheiden müssen, ob wir uns auf die Schmelze, den Phasenübergang oder den erstarrten Festkörper beziehen. Die meisten **Anwendungsparameter** beschreiben die Schmelze, die meisten **Auswahlkriterien** den Festkörper.

Die Schmelze wird mittels Größen beschrieben, die eine Flüssigkeit beschreiben, wie z.B. die Viskosität, der Festkörper mittels mechanischer Größen, wie dem G-Modul. Dazwischen stehen die Parameter, die den Phasenübergang zwischen beiden beschreiben, wie z.B. der Erweichungspunkt.

Tabelle 2: Größen zur Charakterisierung der Schmelze

Größe	Abkürzung	Einheit	Messmethode	Beschreibung
Viskosität	η	Pa·s	Rheometer	beschreibt das Fließverhalten
Melting Flow Index	MFI	g/10min	MFI-Messgerät	Weiteres Viskositätsmerkmal
Melting Vol. Index	MVI	ml/10min	MFI-Messgerät	Weiteres Viskositätsmerkmal

Tabelle 3: Größen zur Charakterisierung des Phasenübergangs

Größe	Abkürzung	Einheit	Messmethode	Beschreibung
Fließpunkt	FP	°C	Kofler-Heizbank ²⁾	visuelles Verhalten der Schmelze beim Abkühlen
Erweichungspunkt	EP	°C	Kofler-Heizbank; Ring&Kugel ³⁾	visuelles Verhalten des Festkörpers beim Erwärmen

Tabelle 4: Größen zur Charakterisierung des Festkörpers

Größe	Abkürzung	Einheit	Messmethode	Beschreibung
Dichte	ρ	g/ml	volumetrisch	Spezifisches Gewicht
elast. G- Modul	G'	Pa	Rheometer	Speichermodul beschreibt die Elastizität
plast. G-Modul	G''	Pa	Rheometer	Verlustmodul beschreibt die Plastizität
Relaxationzeit	τ	sec	Rheometer	beschreibt das Verhältnis von plastischen zu elastischen Eigenschaften

2.2. Chemische Klebstoffeigenschaften

Schmelzklebstoffe sind Mehrkomponentensysteme, bei denen durch geschicktes Kombinieren verschiedener Polymere und Zusatzstoffe gezielt Eigenschaften eingestellt werden. Damit können Schmelzklebstoffe z. B. ein thermisches und mechanisches Verhalten zeigen, das von dem der Basispolymeren stark verschieden ist. Wie auch bei der Legierung Stahl, die ihr Rohmaterial Eisen bei weitem übertrifft, können so durch eine optimale Kombination von Rohstoffen Eigenschaften erhalten werden, welche die Einzelstoffe nicht haben.

So lassen sich Schmelzklebstoffe als Polymerlegierungen nach Maß herstellen. Die nachstehende Tabelle listet wesentliche Rohmaterialien der Schmelzklebstoffe auf:

Erklärungsbedürftig ist vielleicht der etwas vage Begriff **Harz**: Dem Sprachgebrauch folgend nennen wir Harze diejenigen Polymere, welche hauptsächlich in der Schmelze für den Aufbau der Adhäsion zuständig sind. Es handelt sich dabei meist um (im Vergleich zu den Basispolymeren) niedermolekulare Verbindungen.

Das Wort **Füllstoff** ist in diesem Zusammenhang nicht als Synonym für „Billigmacher“ zu verstehen. Füllstoffe beeinflussen maßgeblich die Rheologie und die Struktur der Klebstoffe und tragen somit wesentlich zum Profil derselben bei. Der Kiesanteil im Asphalt beim Straßenbau dient ja auch nicht zum Strecken des Bitumens, sondern zur Gewährleistung der Stabilität der Straßendecke.

Tabelle 5: wesentliche Rohstoffe zur Herstellung von Schmelzklebstoffen

Name	Abkürzung	Funktion, Beispiele
Ethylen-Vinyl-Acetat	EVA	Basispolymer
Polyolefin	APAO	Basispolymer
Polyamid	PA	Basispolymer
Polyurethan	PUR	Basispolymer
Polyester	PES	Basispolymer
Füllstoffe		z.B. Kreide, Schwerspat
Pre-Polymer		Vernetzungskomponente, z.B. Isocyanate
Harz		Klebrigmacher (engl. Tackifier), z.B. Naturharze oder petrochemische Harze

3. Eigenschaften der Substrate

Die Eigenschaften der Klebung werden nicht nur durch den Klebstoff, sondern auch durch die Substrate beeinflusst. Damit erweitern wir die Betrachtung auf die Eigenschaften der Klebung als Verbund. Es ist der Verbund, der uns interessiert, nicht seine einzelnen Komponenten, die Klebstoffe und die Substrate.

3.1. Physikalische Materialeigenschaften

In der nachstehenden Tabelle 6 sind als Beispiel Eigenschaften von Möbelkanten aufgeführt, die besonders hohe Belastungen für geklebte Verbunde darstellen.

Die letzte Spalte „Überprüfung“ soll andeuten, dass, zumindest als Vergleichstest, das Verhalten der Kanten bei länger andauernder hoher Temperatureinwirkung eine Abschätzung der zu erwartenden Spannungen erlaubt:

Tabelle 6: Eigenschaften von Möbelkanten, die besonders hohe Belastungen für Verbunde mit sich bringen können

Problem	Herkunft	Auswirkung	Überprüfung
Eigenspannungen	Extrusion, Kalandrierung	Dauerlast auf Klebstoff. Freisetzung bei erhöhter Temperatur	Verhalten der Kante im Wärmeschrank
Eingefrorene Eigenspannung	Produktionsprozess	Wirkt sich oft erst nach langer Zeit aus	Verhalten der Kante im Wärmeschrank
Kondensationsgrad	Produktion	Eigenspannung. Wasserfestigkeit, Verhalten unter Feuchtigkeitseinfluss	Verhalten der Kante im Wärmeschrank

Betrachten wir die Klebung einer thermoplastischen Kante auf Spanplatte. Mit wachsenden Temperaturen oberhalb der Zimmertemperatur werden in den meisten Fällen sowohl die Schmelzklebstoffe, als auch die Kanten weicher. Der Verbund hält, wenn der Klebstoff die auftretenden mechanischen Spannungen bei dieser Temperatur noch übertragen kann.

Die Belastung des Klebstoffes wird durch die in den Substraten Kante und Platte auftretenden Spannungen bestimmt. So wird Kantenmaterial, das bei hohen Temperaturen zum Schrumpfen neigt (Scherspannung), bzw. Kantenmaterial, das sich aufrollt (Normalspannung), viele Klebstoffe mechanisch überlasten, was im täglichen Sprachgebrauch „niedrige Wärme-standfestigkeit“ genannt wird.

Als weiteres Beispiel werde ein wasserunlöslicher Schmelzklebstoff betrachtet – er wird keine Kante auf einer im Wasser quellenden Spanplatte festhalten können, wenn sich deren Deckschicht unter Wassereinwirkung ablöst. Die beiden Beispiele zeigen, dass „Wärme-standfestigkeit“ und „Wasserfestigkeit“ typische Eigenschaften eines Verbundes darstellen und keine Klebstoffeigenschaften sind. Dies ist bei der Betrachtung der [Anforderungsparameter](#) zu beachten.

3.2. Chemische Materialeigenschaften

Der Basiswerkstoff dient auch bei den Beschichtungsstoffen und Kanten der Namensgebung. In Tabelle 7 sind einige heute gebräuchliche Werkstoffe aufgezählt, ohne dass die Liste den Anspruch der Vollständigkeit erhebt. Aussagen zum Recyclingverhalten und mechanische Biege- steifigkeiten lassen sich den technischen Infor- mation der Hersteller entnehmen. Für unseren Kontext relevante Anwendungsgebiete der Materialien stehen in der zweiten Spalte.

Tabelle 7: Basiswerkstoffe für Beschichtungsstoffe und Möbelkanten

Name	Verwendung
ABS (Acrylnitril –Butadien – Styrol)	Kante
PVC (Polyvinylchlorid)	Kante, Fläche
PP -PE (Polypropylen – Polyethylen)	Kante, Fläche
Schichtstofflaminate	Kante, Fläche
PET / Polyester	Kante
Furniere + Massivholz	Kante, Fläche
Aluminium	Kante
Spanplatte	Träger
MDF / HDF	Träger
Materialmix	Verbundkante, Träger

Zu beachten ist, dass sich viele der oben genann- ten Materialien unbehandelt nicht verkleben lassen. Hier werden zum Teil schon vom Hersteller Haft- vermittler (engl.: Primer) aufgebracht, welche die eigentliche Kontaktfläche zum Klebstoff darstellen.

4. Verarbeitungsparameter

Tabelle 8 auf Seite 7 ist eine Auflistung von „prak- tischen“ Parametern, die oft missverständlich hin- terfragt werden. Bei ihnen handelt es sich um Größen, die dem Phasenübergang des Schmelz- klebstoffs von flüssig zu fest zuzuordnen sind.

Diese Parameter, von denen die meisten explizit oder implizit die Zeit enthalten, haben direkten Einfluss auf die Einstellungen an einer Produk- tionsmaschine. Damit handelt es sich streng ge- nommen nicht um Klebstoffkenngrößen, sondern um Einstellungen, d. h. um Produktionskenn- größen, die durch die Produktionsumgebung vor- gegeben werden. Dementsprechend können diese Kenngrößen bei ein und demselben Schmelzkleb- stoff im Spektrum der unterschiedlichen Anwen- dungen stark unterschiedliche Werte aufweisen. Aus diesem Zusammenhang heraus wird klar, dass ein Versuch, diese Zahlen zu normieren scheitern muss.

Andererseits sind diese Größen aus der Praxis heraus entstanden und streng genommen das Einzige, was einen Anwender wirklich interessiert. Mit Hilfe eines einfachen Modells präsentieren wir Überlegungen, die es gestatten die fraglichen, nicht messbaren Größen aus messbaren Klebstoffkenngrößen und messbaren Umgebungsparametern abschätzen zu können.

Betrachtet wird folgendes Modell:

Ein Schmelzklebstoff benetzt die Substrate, solange er flüssig genug ist. Die Benetzung hängt von Viskosität und Oberflächenspannung im flüssigen Zustand ab. Beide sind eine messbare Funktion der Temperatur.

Durch Abgabe von Wärme an Substrate und Umgebung kühlt der Klebstoff ab. Seine Viskosität und Oberflächenspannung nehmen dabei zu, die Benetzungsfähigkeit nimmt ab, die Kohäsion (Festigkeit) nimmt zu. Wie schnell diese Vorgänge ablaufen wird durch die Wärmeströme messbar charakterisiert. (Langsam, wenn die Umgebung die Wärme schlecht ableitet und der Klebstoff eine hohe Wärmekapazität besitzt, schnell z.B. wenn die Umgebung sehr kalt ist, weil dann die Wärmeströme groß sind.)

Tabelle 8: „Praktische“ Verarbeitungsparameter für Schmelzklebstoffe

Begriff	Definition	Beeinflussbare Größen	Bedeutung
Offene Zeit	Zeit nach dem Klebstoffauftrag, innerhalb welcher die Benetzung der Substrate gewährleistet ist.	Wärmeströme Umgebungstemperatur, Substrattemperatur <i>Beeinflussbar durch Anwender</i>	Maximale Zeit nach dem Klebstoffauftrag bis zum Fügen der Substrate
Abbindezeit	vollständiger Kohäsionsaufbau. Viskosität unmessbar hoch. Vernetzung – physikalisch und chemisch – hat spürbar eingesetzt.	Substrateigenschaften, Umgebungs-klima <i>Beeinflussbar durch Anwender</i>	Minimale Zeit nach dem Klebstoffauftrag bis zur mechanischen Belastbarkeit der Klebefuge
Oberflächenspannung	Temperaturabhängiges Maß für das Benetzungsverhalten von Flüssigkeiten	Klebstofftemperatur <i>Beeinflussbar durch Anwender</i>	Wichtig für die Klebstoffabnahme an den Walzen
Hitzelebrigkeit Anfangsfestigkeit	Kohäsion und Adhäsion bei erhöhter Temperatur	Viskositätsprofil <i>Beeinflussbar durch Klebstoffhersteller</i>	Auswirkung auf die mechanische Belastbarkeit während des Fügevorganges
Kohäsionsaufbauzeit	% der Endfestigkeit	Viskositätsprofil <i>Beeinflussbar durch Klebstoffhersteller</i>	Auswirkung auf die mechanische Belastbarkeit kurz nach dem Fügevorgang
Reaktivierbarkeit	Wiederaufschmelzverhalten	Reaktiviertemperatur <i>Beeinflussbar durch Anwender</i>	Fügeverhalten
Fräsverhalten, "Schmierer"		Viskositätsprofil <i>Beeinflussbar durch Klebstoffhersteller</i>	Bearbeitung der Fertigteile, Werkzeug
Fadenziehen, „Engelshaar“		Klebstofftemperatur <i>Beeinflussbar durch Anwender</i>	Verunreinigung von Fertigteilen und Werkzeugen

5. Verarbeitungsverfahren

Die Tabelle 9 zeigt typische Anwendungen von Schmelzklebstoffen in der Möbelindustrie und die dazugehörigen Verarbeitungsverfahren. Die oben genannten Verarbeitungsparameter fallen für die verschiedenen Anwendungen unterschiedlich stark ins Gewicht. Die jeweils bedeutsamsten sind in der letzten Spalte erwähnt.

Entsprechend der Auftragstechnik und der Klebstoffart kann die **Lieferform der Klebstoffe** variieren. Wichtig ist, dass beides aufeinander abgestimmt ist. Einige übliche Lieferformen sind z.B. Granulate, Patronen oder Blöcke. Bei reaktiven Schmelzklebstoffen müssen die Verpackungen die Klebstoffe vor der Umgebungsfeuchte schützen, um eine vorzeitige Reaktion zu verhindern. In den Aufschmelzgeräten muss der Klebstoff ebenfalls von der Umgebungsfeuchte abgeschirmt sein.

6. Testmethoden

Wir listen in Tabelle 10 die wichtigsten Methoden zur Prüfung einer Klebung mit Schmelzklebstoffen auf. Die meisten werden bei den Kunden zur schnellen Qualitätskontrolle eingesetzt. Allen gemeinsam ist, dass sie Objektprüfungen darstellen. Sie sind damit sinnvolle Prüfungen an Klebungen, die jedoch nicht den Anspruch erheben, Aussagen über einen Klebstoff ohne Substrat zu ermöglichen. Dieses ist im Sinne unserer obigen Ausführungen auch nicht denkbar.

Die beiden letzten Spalten stellen die Bewertung durch die TKH dar. Auflösung ist ein Begriff aus der Messtechnik und wir verstehen hier darunter die Möglichkeit, mit dem in Frage kommenden Verfahren feine Qualitätsunterschiede zu erfassen.

Tabelle 9: Typische Anwendungen von Schmelzklebstoffen in der Möbelindustrie

Anwendung	Charakteristik	Auftragstechnik	Wichtige Parameter
Gerade Kante	Klebstoffauftrag auf die Trägerplatte oder das Kantenmaterial	Auftragswalze Düse, HolzHer Klebstoffauftragssysteme	
Softforming	Klebstoffauftrag auf das Kantenmaterial	Auftragswalze Düse	Offene Zeit Anfangsfestigkeit
Stationäre Bearbeitung	Werkstück wird in einer Aufspannung spanend bearbeitet und mit einer Kante versehen	Auftragswalze	Anfangsfestigkeit
Vorbeschichtete Kanten	Klebstoffauftrag auf das Kantenmaterial, spätere Reaktivierung des Klebstoffes	Auftragswalze	Reaktivierbarkeit
Postforming	Verformen der Flächenbeschichtung um die Kante	Auftragswalze Düsenauftrag	Anfangsfestigkeit
Ummantelung	Klebstoffauftrag auf die Beschichtung	Auftragswalze Düse	Offene Zeit
Montageklebung	Montagehilfe, „warmer Nagel“	Düse, Handpistole	Offene Zeit

Tabelle 10: Wichtigste Methoden zur Prüfung einer Klebung mit Schmelzklebstoffen

Begriff	Methode / Charakteristikum	Auflösung	Aussagekraft
WPS 68 ⁴⁾	Kriechverhalten	schlecht	sehr gering
Schälfestigkeit	90 Grad Schälung Biegesteifigkeit der Kante	Abhängig vom Kantenmaterial	gut
Manueller Adhäsionstest	Hausmethoden	schwankend	gut
Aufsteigender Wärmetest	Prüfspannung durch das Kantenmaterial vorgegeben	mäßig	mäßig
Kältetest	Hausmethoden	schlecht	gering
Klimawechseltest	Prüfspannung durch das Kantenmaterial vorgegeben	ausreichend	mäßig
Langzeittest	Prüfspannung durch das Kan- tenmaterial vorgegeben	ausreichend	gut
Wasserfestigkeit	Hausmethoden	schlecht	sehr gering

7. Anforderungsparameter

Entsprechend der [Verarbeitungsverfahren](#) (Kapitel 5) und den relevanten [Verarbeitungsparametern](#) (Kapitel 4) kann nun eine Klebstoffauswahl erfolgen. Zusätzlich dazu können Anforderungsparameter aufgrund der verschiedenen Einsatzgebiete formuliert werden. Unterstützend hierzu bieten sich verschiedene [Testmethoden](#) (Kapitel 6) zu vergleichenden Prüfungen an.

Die Eignung eines Klebstoffes für ein bestimmtes Einsatzgebiet ergibt sich nicht nur aus der Rohstoffbasis oder anderen Einzelparametern. Es ist in jedem Fall das Zusammenspiel aller dieser Punkte zu beachten. Vielfach können bestimmte Klebstoffe als marktüblich für einzelne Einsatzgebiete bezeichnet werden. Das heißt, dass sie sich über Jahre bewährt haben und der in der unten stehenden Tabelle genannten Hauptbeanspruchung genügen.

Der Einfluss des Klebstoffes auf die Prüfergebnisse ist deutlich geringer als gemeinhin angenommen. Vielmehr ist die Verarbeitung bei der Verklebung von entscheidender Bedeutung, ebenso die Beständigkeiten der Beschichtungsmaterialien und Trägerwerkstoffe.

Als Resultat solcher Prüfungen kann man also lediglich das Verhalten des Bauteils unter bestimmten Klimata beobachten. Diese Prüfungen sind geeignet die eigene Qualität zu definieren. Die Ergebnisse können später als Referenzen für qualitätsüberwachende Prüfungen verwendet werden.

Tabelle 11: Wichtigste Methoden zur Prüfung einer Klebung mit Schmelzklebstoffen

Einsatzgebiet	Hauptbeanspruchung	Anforderungsparameter
Normaler Wohnmöbelbereich	Vielfalt der Substrate, Anforderungen an die Adhäsion	Verarbeitungsparameter
Badmöbel, Küchenmöbel	Wärmebeständigkeit, Wasserdampfbeständigkeit	Verschiedene Testmethoden (Kapitel 6)
Extreme klimatische Bedingungen	Wärmebeständigkeit, Wasserdampfbeständigkeit, Kälteflexibilität	Verschiedene Testmethoden (Kapitel 6)

**Weitere TKH-Merkblätter des Industrieverband
Klebstoffe e.V. finden Sie auch im Internet:**

- **TKH-1** Fehlerverleimungen durch falsche Zeiteinschätzung
- **TKH-2** WATT 91 ein Prüfverfahren für die Wärmebeständigkeit
- **TKH-3** Dispersions-Holzleime

**www.
klebstoffe.com**

Die Info-Plattform im Internet.
Alles Wissenswerte aus der Welt, in der wir (k)leben.