



Fehlervermeidung bei der Massivholzklebung mit Dispersionsklebstoffen

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

Vorwort

Die in der Massivholzklebung am häufigsten gestellte Frage ist die nach dem geeigneten Klebstoff für die jeweilige Aufgabenstellung. Durch das schier endlose Angebot an unterschiedlichen Klebstoffen ist die Auswahl eines geeigneten Systems für den Anwender sehr komplex.

Ziel dieses Merkblattes ist es daher, dem Anwender aufzuzeigen, dass der Einsatz von Dispersionsklebstoffen auf soliden fertigungstechnischen Grundlagen beruht. Da sich die Fertigungsprozesse für Massivholzklebung in Industrie und Handwerk teilweise deutlich unterscheiden, sollen in diesem Merkblatt zu beiden Anwendungsbereichen geeignete Informationen geboten werden.

Für beide Anwendungsbereiche steht das Ziel „erfolgreich und fehlerfrei fügen“ im Vordergrund. Dabei erhebt dieses Merkblatt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ergänzend zu diesem Merkblatt halten die Klebstoffhersteller umfangreiche Informationen zur Klebstoffauswahl und Klebstoffverarbeitung bereit.

Im Allgemeinen sind neben den späteren Anforderungen an die Klebung auch die Werkstoffeigenschaften und die vorhandenen Möglichkeiten in der eigenen Fertigung zu berücksichtigen. Anhand dieser Einflussgrößen erfolgt die Auswahl eines Klebstoffes. Es gilt, dass jede Klebung nur so gut ist wie die Verarbeitung der zu klebenden Fügeile.

Inhaltsverzeichnis

1.	Verwendungszweck.....	2
2.	Massivholz.....	2
3.	Klebstoffe.....	3
4.	Vorbereitung.....	4
5.	Herstellprozess.....	5
6.	Finale Endprodukte.....	5
7.	Schadensbilder.....	6

1. Verwendungszweck

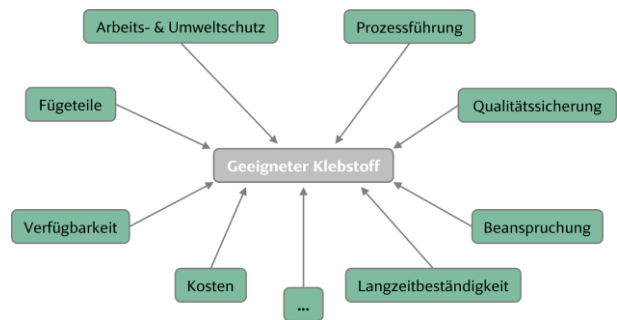


Abb. 1: Einflussfaktoren auf die Klebstoffauswahl
Quelle: © Fraunhofer IFAM

2. Massivholz

Die Qualität von Massivholzklebung wird von den jeweiligen Eigenschaften der Hölzer sowie der Vorbereitung der Hölzer für den Klebprozess bestimmt. Bezüglich der Eigenschaften ist die Holzart ein wesentliches Kriterium. Unterschiedliche Holzarten weisen unterschiedliche Dichten, Porositäten und Festigkeiten auf. Der Klebprozess muss darauf abgestimmt werden.

Mit steigender Dichte des Holzes erhöhen sich die Anforderungen an die Genauigkeit der Holzvorbereitung, vor allem an das Aushobeln. Bei schwereren Hölzern wie Buche können bereits minimale Unebenheiten zu Fehlklebung führen. Ursache hierfür können Hobelschläge sein. Beim Hobeln ist auf eine saubere Oberfläche zu achten und dass die Werkstücke gerade, rechtwinklig und plan sind. Beim Klebstoffauftrag wirkt sich die Dichte des Holzes auf die Verarbeitung aus.

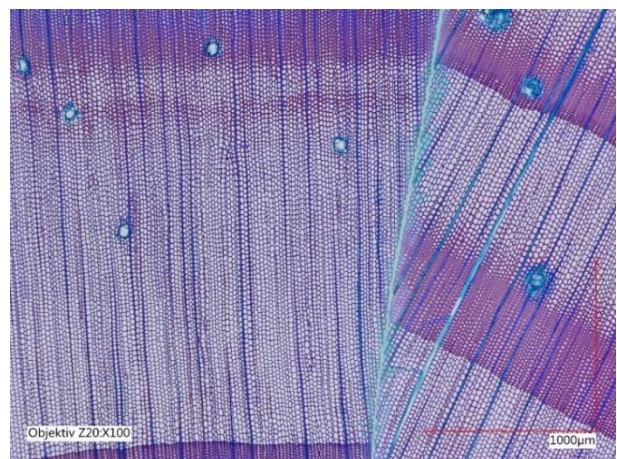


Abb. 2: Penetration eines Klebstoffes in die umliegenden Holzzellen

Die unterschiedlichen Holzinhaltsstoffe der jeweiligen Holzarten können sich zum Teil erheblich auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Dispersionsklebstoffes auswirken. Bei einigen Tropenhölzern wie z. B. Teak bilden Inhaltsstoffe einen wachsartigen Film auf der Holzoberfläche, wodurch eine ausreichende Benetzung und Penetration nicht möglich

ist. In diesem Fall müssen die Füge­teile zügig nach dem Hobeln geklebt werden, um eine erneute Anreicherung von Holz­inhaltsstoffen auf der Oberfläche zu verhindern. Dispersionsklebstoffe können in Verbindung mit bestimmten Holzarten zu Holz­verfärbungen führen. Diese sind häufig abhängig von den jeweiligen pH-Werten und können je nach Holzart unterschiedlich ausgeprägt sein. Kiefer, Ahorn oder Kirschbaum können zu Rotverfärbungen neigen.



Abb. 3: Verfärbung auf Kiefer

Eine angemessene Sortierung der Hölzer ist je nach Anwendung ausschlaggebend für die spätere Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Klebung. Je nach Größe, Ausbildung und Anzahl können Harzgallen und Äste die Festigkeit einer Klebung deutlich mindern. Dispersionsklebstoffe penetrieren zum Teil in das Zellgefüge beider Werkstücke, wodurch die notwendige mechanische Verankerung erreicht wird. In Bereichen mit Harzgallen und Ästen ist ein Eindringen in das Füge­teil kaum oder gar nicht möglich. Ein Dispersionsklebstoff kann an diesen Stellen somit keine dauerhafte Füge­festigkeit herstellen.

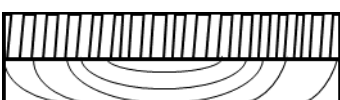
Die Orientierung der Jahrringlagen ist ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Klebung. Die einzelnen Teile müssen nach Jahrringlagen sortiert werden. Bei unsachgemäßer Anordnung der Jahresringe verursachen unterschiedliche Schwindvorgänge sehr hohe Spannungen im verleimten Werkstück, die der Dispersionsklebstoff unter Umständen nicht kompensieren kann. In der Praxis haben sich die im Holzhandwerk üblichen Verleimregeln bewährt, wonach Kernholz mit Kernholz und Splintholz mit Splintholz geklebt wird. Im Querschnitt entsteht eine sogenannte „gestürzte Fuge“, mit deren Hilfe Spannungen deutlich reduziert werden können.



Liegende Jahresringe



Stehende Jahresringe



Stehende/liegende Jahresringe

Bei Massivholzplatten sollte darauf geachtet werden, dass liegende Jahresringe nicht an stehende Jahresringe geleimt werden.



Abb. 4: Beispiele für eine sachgemäße Klebung von Hölzern

Bei in Längsrichtung gefügten Werkstücken, z. B. Keil- oder Fingerzinkungen, muss darauf geachtet werden, dass aufeinanderfolgende Lamellen die gleiche Orientierung der Jahrringlage aufweisen.

3. Klebstoffe

Dispersionsklebstoffe

PVAc-Dispersionsklebstoffe, häufig auch Weißleime genannt, werden durch Polymerisation von Vinylacetat bzw. Copolymerisation mit anderen Monomeren hergestellt und zählen zu den thermoplastischen Klebstoffen. Moderne Dispersionsklebstoffe sind heute überwiegend frei von Lösemitteln. Sie enthalten zur Einstellung der Mindestfilmbildetemperatur (MFT) ggf. Filmbildemittel. Gebräuchlich sind z. B. Butyldiglycolacetat, Triacetin oder Propylencarbonat.

Technische Daten

Dispersionsklebstoffe bieten ein breites Spektrum an Viskositäten, Feststoffgehalten und pH-Werten.

Tabelle 1: Physikalische Kenn­daten von Holzleimen

Kenndaten	Messgröße/ Messverfahren	Einheit
Feststoffgehalt	DIN EN 827	%
pH-Wert	DIN ISO 976 DIN EN 1245	
Viskosität	DIN EN ISO 2555 DIN EN 12092	mPa*s
Mindestfilmbildetemperatur (MFT)	DIN ISO 2115	°C

Quelle: IVK, TKH-Merkblatt Nr. 3

Daneben sind bei Dispersionsklebstoffen eine Reihe von anwendungstechnischen Eigenschaften von Bedeutung, die zum Teil auch in den technischen Datenblättern der Produkte angegeben werden. Vor der Verwendung des Dispersionsklebstoffes sollte das Mindesthaltbarkeitsdatum überprüft und der Klebstoff gut aufgerührt werden. Es ist darauf zu achten, ob der Klebstoff Hautbildung, Schimmel oder einen untypischen Geruch aufweist. Dieses kann auf einen Befall mit

Mikroorganismen hinweisen. In diesem Fall darf der Klebstoff nicht mehr verwendet werden.

Wichtig für das Kleben der zu fügenden Werkstücke ist die offene Zeit. Unter offener Zeit versteht man die Zeitspanne nach dem Klebstoffauftrag, innerhalb derer ein Nasskleben möglich ist. Gemeint ist die Zeit vom Auftrag des Klebstoffs bis zum Einsetzen des Pressdrucks. Sie umfasst damit sowohl die "offene Wartezeit" als auch die "geschlossene Wartezeit" und ist u. a. abhängig von der Auftragsstärke, Saugfähigkeit der Füge-teile, Raum- und Füge-teiltemperatur sowie der Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung. Die Richtzeiten werden in den Datenblättern zu den einzelnen Produkten angegeben. Ein Überschreiten der offenen Wartezeit kann zu fehlerhaften Klebungen oder Schwächung der Klebstoffuge führen. Als **offene Wartezeit** wird die Zeit vom Klebstoffauftrag bis zum Zusammenlegen der Füge-teile bezeichnet. Von manchen Herstellern wird die offene Wartezeit auch als offene Zeit angegeben. Unter **geschlossener Wartezeit** versteht man die Zeitspanne zwischen dem Fügen der Werkstücke und dem Beginn des Pressdrucks. Die geschlossene Wartezeit ist somit Bestandteil der offenen Zeit. Da hier die Definition nicht eindeutig ist, sollte im Zweifelsfall Rücksprache mit dem Klebstoffhersteller gehalten werden, ob die im Datenblatt angegebene offene Zeit gleichzusetzen ist mit der offenen Wartezeit oder ob sie als Summe von offener und geschlossener Wartezeit definiert wurde.

Mischungsverhältnisse

Dispersionsklebstoffe, die zum Fügen von Holz eingesetzt werden, können aus ein oder zwei Komponenten bestehen. Bei zwei Komponenten ist darauf zu achten, dass nach Einbringen des Härterers eine homogene Mischung vorliegt. Als Härter können z. B. saure Aluminiumsalze oder Polyisocyanate eingesetzt werden. Klebstoff und Härter werden gemäß den Herstellervorgaben miteinander gemischt und anschließend verarbeitet. Bei zweikomponentigen Klebstoffsystemen ist die Verarbeitungszeit begrenzt. Diese Zeitspanne wird als Topfzeit bezeichnet. Sie ist abhängig vom Klebstoff und der eingesetzten Härter-Komponente und wird in den Merkblättern der Hersteller angegeben.

Klebstoffklassifizierung

Die Einteilung der PVAc-Dispersionsklebstoffe erfolgt in Deutschland üblicherweise nach ihrer Wasserfestigkeit. Nach der DIN EN 204 werden vier Beanspruchungsgruppen unterschieden.

Die DIN EN 204 ist eine Klebstoff- und keine Bauteilprüfung. Die Norm beschreibt Vergleichswerte und sollte nicht als Berechnungsgrundlage, z. B. für Konstruktionen, dienen.

Merkblatt:

[Zur Interpretation der DIN EN 204/205 bei Objektprüfungen](#)

D1	Für den Innenbereich geeignet, in dem die Holzfeuchte 15 % nicht übersteigt.
D2	Für den Innenbereich mit gelegentlicher kurzzeitiger Einwirkung von abfließendem Wasser oder Kondenswasser und/oder gelegentlicher hoher Luftfeuchte mit einem Anstieg der Holzfeuchte bis 18 % geeignet. Diese Bedingungen finden sich z. B. in der Küche oder im Badezimmer.
D3	Für den Innenbereich mit häufiger kurzzeitiger Einwirkung von abfließendem Wasser oder Kondenswasser und/oder Einwirkung hoher Luftfeuchte geeignet. Für den Außenbereich, adäquat vor der Witterung geschützt, geeignet.
D4	Für den Innenbereich mit häufiger langanhaltender Einwirkung von abfließendem Wasser oder Kondenswasser geeignet. Außenbereich, der Witterung ausgesetzt, jedoch mit angemessenem Oberflächenschutz.

Die Wasserfestigkeit des Klebstoffes ist in den einzelnen Klassen der Norm definiert. Demnach ist Wasserfestigkeit nicht mit Wetterfestigkeit gleichzusetzen.

Ausführlichere Informationen hierzu finden Sie im Merkblatt Nr. 3 "Dispersions-Holzleime" der Technischen Kommission Holzklebstoffe:

https://www.klebstoffe.com/wp-content/uploads/2020/04/TKH_3.pdf

4. Vorbereitung

Je nach Anwendungszweck müssen die erforderlichen Holzfeuchten eingehalten werden. Richtwerte hierzu können den einschlägigen Regelwerken entnommen werden. Der Holzfeuchteunterschied der einzelnen Füge-teile sollte so gering wie möglich gehalten werden, da zu große Differenzen zu unterschiedlichen Schwind- und Quellungsbewegungen führen können. Passgenauigkeiten bezüglich Länge, Breite und Dicke der einzelnen Füge-teile müssen eingehalten werden, um Fehlstellen zu vermeiden. Dies führt zwangsläufig zu Festigkeitsverlusten, weil keine vollflächige Klebung zustande kommt. Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit können Hölzer durch unterschiedlichste Verfahren geschützt werden. In der Praxis werden unterschiedliche Ansätze verfolgt. Weit verbreitet ist die Oberflächenbehandlung des fertigen Bauteils mittels aufeinander abgestimmter Beschichtungssysteme. Holzmodifikation mittels chemischer oder physikalischer Verfahren ist ebenfalls eine gängige Methode, die jedoch das klebtechnische Eigenschaftsprofil des Holzes verändern kann. Beim Einsatz modifizierter Hölzer ist zu berücksichtigen, dass

eine reduzierte Wasseraufnahme die Abbindegeschwindigkeit des wässrigen Dispersionsklebstoffes verzögert und sich dadurch die Presszeiten verlängern.

5. Herstellprozess

Vorbereitung

Damit die zu fertigenden Teile die erwarteten Festigkeiten aufweisen, ist eine sorgfältige Vorbereitung vor dem eigentlichen Klebvorgang erforderlich. Hierzu zählt zunächst eine geeignete Sortierung in Bezug auf Holzfeuchte, Astigkeit und Verwurf, z. B. Schlüsselungen und Drehwuchs. Bei Massivholzklebung sollte der Klebvorgang zeitnah nach dem Hobeln erfolgen. Beim Hobeln ist darauf zu achten, dass scharfe Werkzeuge verwendet werden, um saubere Oberflächen ohne Hobelschläge zu erzielen.

Die Werkstücke sollten in Längsrichtung gerade, auf den Flächen plan und bezüglich des Querschnittes rechtwinklig sein, damit eine spannungsfreie und vollflächige Klebung durchgeführt werden kann.

- Teile, die in Längsrichtung nicht gerade sind, führen bereits während des Klebprozesses zu Spannungen in der Klebefuge.
- Flächen, die nicht plan sind, können verhindern, dass eine vollflächige Klebung zustande kommt.
- Werkstücke, die nicht rechtwinklig sind, können zu ungleichmäßigen Klebstoffauftragsmengen führen. Daneben kann der Pressdruck nicht rechtwinklig zur Klebfläche eingeleitet werden. Beides kann Fugenöffnungen bzw. geringere Festigkeiten zur Folge haben.

Besonders bei der Herstellung mehrschichtiger Bauteile ist auf Dickentoleranzen zu achten. Zu hohe Dickentoleranzen der einzelnen Fügebauteile können zu einem ungleichmäßigen Klebstoffauftrag sowie zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Pressdrucks führen. Darüber hinaus bewirken zu hohe Toleranzen, dass beide Klebflächen keinen vollflächigen Kontakt beim Fügen und Pressen haben.

Klebstoffauftrag

Umgebungsbedingungen wie Raum- und Materialtemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung haben einen erheblichen Einfluss auf die Verarbeitung von Klebstoffen. Bei Dispersionsklebstoffen muss die Mindestfilmbildetemperatur eingehalten werden, auch Weißpunkt oder Kreidepunkt genannt. Unterhalb dieser Temperatur bildet der Klebstoff keinen zusammenhängenden Film, was zu geringen Festigkeiten führt. Dies betrifft nicht nur die Raumtemperatur, sondern auch die Materialtemperatur. Physikalische Vorgänge, wie zum Beispiel das Entweichen des im Dispersionsklebstoff enthaltenen Wassers während der Abbin-

dung, sind temperaturabhängig. Niedrigere Temperaturen führen zu einer Verzögerung, während höhere Temperaturen zu einer Beschleunigung des Abbindeprozesses beitragen.

Die relative Luftfeuchtigkeit beeinflusst in erster Linie die offene Zeit des Klebstoffs.

Ist die Trocknung des aufgetragenen Klebstoffs zu weit vorangeschritten, kann keine ausreichende Festigkeit erzielt werden. Bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit erfolgt dieser Prozess langsamer, da die Umgebungsluft weniger Feuchtigkeit aufnimmt. Die offene Zeit wird dadurch verlängert. Bei niedrigerer relativer Luftfeuchtigkeit entzieht die Umgebungsluft dem aufgetragenen Klebstoff das Wasser schneller, was zu einer Verkürzung der offenen Zeit führt. Erhöhte Luftbewegungen, beispielsweise Durchzug bei weit geöffneten Fenstern und Toren in der Produktionsstätte, begünstigen ebenfalls den Wasserentzug und reduzieren die offene Zeit. Kritisch wird diese Situation vor allem bei geringen Auftragsmengen bzw. bei hohen Feststoffgehalten.

Dispersionsklebstoffe für die Massivholzklebung können mit unterschiedlichen Verfahren, z. B. Walzen- oder Düsenauftrag, appliziert werden. Die Auftragsmenge muss auf den Verarbeitungsprozess sowie die zu klebenden Materialien abgestimmt werden.

Beim Walzenauftrag hat der Zustand der Walze (Rillenstruktur, Abnutzung, gleichmäßiger Rundlauf und Sauberkeit) einen signifikanten Einfluss auf die Homogenität und Menge des Klebstoffauftrags. Unebene Werkstücke führen zu ungleichmäßiger Klebstoffabnahme von der Auftragswalze und damit zu unterschiedlichen Auftragsmengen auf den Klebflächen. Da die offene Zeit abhängig von der Auftragsmenge ist, können gegebenenfalls auf ein und derselben Klebfläche unterschiedliche offene Zeiten vorliegen.

Nach dem Klebstoffauftrag erfolgt das Fügen der Werkstücke innerhalb der offenen Zeit. Der Fügeprozess hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Güte der Klebung, wobei den Pressparametern eine wichtige Bedeutung zu kommt.

6. Finale Endprodukte

Endprodukte

Dispersionsklebstoffe eignen sich zur Herstellung einer Vielzahl von Produkten aus Massivholz. Im klassischen Holz- und Möbelbau sowie zur Herstellung von Holzbau-elementen werden Dispersionsklebstoffe verwendet, jedoch auch zur Herstellung von Spielzeugen, Küchenbrettern und anderen dekorativen Gegenständen aus Holz. Bei der Auswahl des (geeigneten) Klebstoffs muss die erwartete Beanspruchung des Werkstücks berücksichtigt werden. Eine weitere Einschränkung gibt es für den tragenden Holzleimbau, bei dem thermoplastische Dispersionsklebstoffe die Anforder-

rungen nicht erfüllen. Welche qualitativen Bewertungen bei Massivholzprodukten Anwendung finden und wie die Lebensdauer von Bauteilen verbessert werden kann, wird nachfolgend erläutert.

Qualitätskontrolle

Sowohl in der industriellen Fertigung als auch im handwerklichen Bereich muss die Qualitätskontrolle bereits während des Herstellprozesses erfolgen. Hierzu ist eine angemessene Dokumentation erforderlich, in der die Werkstoff- und Fertigungsparameter sowie die vereinbarten Qualitätsanforderungen protokolliert werden. Im Holzleimbau wird hierzu in der Regel ein sogenanntes Leimbuch geführt. Weitere Informationen hierzu finden sich ebenfalls in der DIN 2304-1.

Um eine abschließende Beurteilung der Qualität vorzunehmen, sind Prüfungen am Bauteil erforderlich, die in zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen unterschieden werden.

Zerstörende Prüfungen

Um die Güte einer Klebung beurteilen zu können, muss eine repräsentative Probe des Bauteils belastend geprüft werden. In der Industrie wird hierzu stichprobenartig ein Teil aus einer Produktionscharge einer mechanischen Prüfung unterzogen. Dazu gehören:

1. Zug-/Druckscherfestigkeit
2. Spaltprüfung
3. Abhebe-/Schälfestigkeit
4. Belastung durch Klimawechseltests (Wärme, Kälte, Feuchtigkeit)
5. ...

Eine weitere gängige Methode ist die Überprüfung des Klebstoffauftrags mittels Jodprobe (Lugolsche Lösung), wodurch eine fehlerhafte Klebung z. B. durch einen zu geringen Klebstoffauftrag oder Pressdruck sichtbar wird. Auch mangelhafte Passungstoleranzen können hierdurch sichtbar werden, da nur ein vollflächiger Klebstoffauftrag auf beide Fügeflächen die maximale Festigkeit ergibt.

- Die Lugolsche Lösung ist eine Iod-Kaliumiodid-Lösung aus 1 g Iod und 2 g Kaliumiodid in 50 ml Wasser, die auch im Handel angeboten wird. Sie ist nach dem französischen Arzt Jean Guillaume Lugol (1786-1851) benannt, der sie 1835 entdeckte.
- Da die Lugolsche Lösung üblicherweise mit einem Iod-Gehalt von 1 %, 2 % und 5 % hergestellt wird, ist diese nach GHS als gesundheitsgefährdend eingestuft.
- Eine Iod-Lösung mit 0,025 mol/L kann ebenfalls als Nachweis verwendet werden, ist aber nicht nach GHS eingestuft, so dass diese eine gute Alternative ist.

Im Handwerk wird in der Regel keine zerstörende Prüfung vorgenommen. Die Qualität der Klebung wird visuell begutachtet, z. B. durch Bewertung des Klebstoffaustritts an den Klebefugen, von offenen Fugen oder des Leimdurchschlags. Die Fehlervermeidung setzt daher eine fundierte fachliche Qualifikation voraus, die durch die Ausbildung z. B. zum Tischler, Parkettleger oder Holzmechaniker gegeben ist.

Oberflächenschutz

Für die Dauerhaftigkeit von holzbasierten Produkten ist eine konstruktive Bauweise zum Schutz der Klebefugen sowie ein zusätzlicher Oberflächenschutz des Holzes unabdingbar. Durch entsprechenden Oberflächenschutz wird eine Klebung vor äußeren mechanischen und chemischen Belastungen geschützt, wodurch die Haltbarkeit der Bauteile deutlich erhöht wird.

Ein konstruktiver Oberflächenschutz wird erreicht durch Bauteilgeometrien, die sichtbare Klebefugen vermeiden bzw. vor äußeren Einflüssen schützen (z. B. Rundungen statt scharfer Kanten oder abgeschrägte Oberflächen, damit Wasser besser ablaufen kann).

Grundsätzlich muss stehendes Wasser vermieden werden, was durch Abdeckung von offenen Oberflächen durch Bauteile wie Bleche oder Kunststoffe möglich ist. Weitere Informationen hierzu finden sich in der DIN 68800.

Zum chemischen Oberflächenschutz zählen Schutzanstriche wie Lacke, Lasuren, Wachse oder Öle. Die Wahl des geeigneten Oberflächenschutzes hängt vom Einsatzgebiet des Bauteils ab und von der erforderlichen Dimensionsstabilität, z. B. bei Holzfenstern oder -türen. Durch den Einsatz von fungizid- und biozidwirkenden Anstrichsystemen wird die Dauerhaftigkeit des Holzes gegen biologischen Befall erhöht. Hierdurch wird ein wirksamer Schutz gegen Pilze, Holzbläue und Insekten erreicht. Des Weiteren wird die Farbgebung des Holzes durch Lacke und Lasuren positiv beeinflusst, was die Gebrauchsdauer des Bauteils steigert. Nur wenn der Oberflächenschutz entsprechend der Belastung des Bauteils und gemäß den Angaben der Hersteller regelmäßig wiederholt wird, ist eine nahezu unbegrenzte Nutzung des Massivholzelements, hergestellt unter Verwendung eines Dispersionsklebstoffs, sichergestellt.

7. Schadensbilder

Häufige Schadensbilder bei Massivholzklebung sind geringe Festigkeiten und offene Klebefugen. Oft liegen die Ursachen in einer unsachgemäßen Verarbeitung.

Bezüglich des Materials muss die Holzfeuchte auf den späteren Verwendungszweck eingestellt werden. Die Holzfeuchtedifferenzen zwischen den einzelnen Füge-

teilen sollten dabei so gering wie möglich sein. Füge- teile mit unterschiedlichen Holzfeuchten können durch Trocknungsvorgänge ungleichmäßige Spannungen in der Klebefuge hervorrufen, was zu Fugenöffnungen führen kann. Ein typisches Beispiel hierfür sind Massiv- holzplatten, die zum Teil mehrere Zentimeter lange Fugenöffnungen an den Hirnholzseiten aufweisen. Diese Effekte treten nicht unmittelbar nach der Ver- arbeitung, sondern meistens erst während der späteren Verwendung auf.

Die Verarbeitungstemperatur sowie die Materialtem- peratur wirken sich unmittelbar auf das Ergebnis aus. Dispersionsklebstoffe benötigen eine Mindesttempe- ratur, um während des Abbindens zu verfilmen und die erforderlichen Festigkeiten zu erzielen. Bei zu geringen Temperaturen sowie niedriger Luftfeuchtigkeit, wenn beispielsweise das Holz vor der Verarbeitung in einer nicht beheizten Halle lagert, erfolgt während der Kle- bung keine Filmbildung im Klebstoff. Dieser härtet dann kreideartig und brüchig aus, da die Mindestfilm- bildetemperatur (MFT oder Weißpunkt) unterschritten wurde, wodurch Festigkeit und Beständigkeit verringert werden.



Abb. 5: Unterschreitung der MFT

Des Weiteren sind die erforderlichen Passgenauig- keiten bzw. Toleranzen zu beachten. Die Verwendung von geschüsselten Hölzern oder stark welligen Furnie- ren kann zu Fugenöffnungen nach dem Pressvorgang führen. Der Klebstoff hat noch keine ausreichende Festigkeit, um die Spannungen in der Klebefuge zu kompensieren. Dieser Effekt tritt zeitnah bei der Ver- arbeitung auf, z. B. beim Öffnen der Presse. Daher ist es erforderlich, solche Füge- teile auszusortieren.

Die Auftragsmenge des Klebstoffs muss auf die Mate- rialien und die Verwendung abgestimmt werden. Zu geringe Auftragsmengen führen zu einer unvollständigen Benetzung des Gegenstücks. Das bedeutet, die Menge des Klebstoffs ist zu gering, um auch bei aus- reichendem Druck eine vollflächige Klebung zu er- zielen. Darüber hinaus verkürzen niedrige Auftrags- mengen die offene Zeit des Klebstoffs. Eine Überschrei- tung der offenen Zeit führt ebenfalls zu einer unvoll- ständigen Benetzung des Gegenstückes.

Zu hohe Auftragsmengen führen wiederum zu ver- längerten Press- und Abbindezeiten, da hierdurch mehr Feuchtigkeit in das Werkstück eingetragen wird. Hier- bei neigen Füge- teile zum „schwimmen“, was sich

negativ auf die Bauteilgeometrie auswirken kann. In diesem Fall müssen die Füge- teile in ihrer gewünschten Position gegen Verschieben fixiert werden.

Beim Pressvorgang muss auf eine ausreichende Press- dauer geachtet werden.

In der Praxis lassen sich viele der oben genannten Fehlerursachen mit einer Jodprobe in Verbindung mit einer Bruchbildanalyse nachweisen. Nach dem Auf- spalten werden beide Klebflächen mit Iod behandelt. Bei Kontakt mit PVAc-Klebstoff erfolgt ein Farbum- schlag nach rot-braun. Die Ausprägung der Ver- färbungen sowie das Bruchbild erlauben Rückschlüsse auf die Fehlerursache.

- Verfärbungen auf beiden Seiten deuten auf einen Kohäsionsbruch im Klebstoff hin. Der Material- bruchanteil ist meist gering. In diesem Fall kann da- von ausgegangen werden, dass die Presszeit zu kurz war. Der Klebstoff hatte noch keine ausreichende Festigkeit, um eine feste und dauerhafte Verbin- dung beider Füge- teile herzustellen.
- Zeigt nur eine Seite Verfärbungen, kann geschlos- sen werden, dass eine Überschreitung der offenen Zeit vorliegt. Der Klebstoff war bereits zu trocken, um die Gegenseite zu benetzen. Solche Verbindun- gen lassen sich meist leicht trennen und weisen kaum Materialbruch auf.
- Zeigt keine der beiden Seiten Verfärbungen, liegt vollständiger Materialbruch vor.

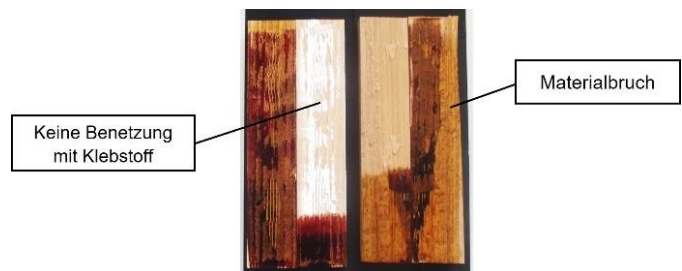


Abb. 6: Jodprobe

Einfluss von Wärme und Feuchtigkeit auf die Klebegüte

Dispersionsklebstoffe zählen zu den thermoplastischen Klebstoffen. Dies bedeutet, dass sie bei steigender Temperatur erweichen und dadurch an Festigkeit (Ko- häsion) verlieren. Ein geeignetes Prüfverfahren be- schreibt die Norm DIN EN 14257. Dadurch können offene Fugen sichtbar werden, oder die Dimensio- nsstabilität des gefertigten Bauteils wird beeinträchtigt, da unter Temperaturschwankungen die Hölzer arbei- ten (schwinden, verwerfen). Unter Feuchteinfluss quellen Hölzer auf, sodass es zu Spannungsbrüchen in den Fugen kommen kann. Diese können durch Aus- wahl des geeigneten Klebstoffs reduziert werden, je nach Wasserbeständigkeit. Wie hoch die Wärmestand- festigkeit sowie die Wasserbeständigkeit eines Kleb-

stoffs ist, kann den technischen Informationen der Hersteller entnommen werden.

Verfärbungen

Verfärbungen können aufgrund von Holzinhaltsstoffen immer wieder auftreten. Optisch sind diese zumeist ein Mangel und führen zu einer Wertminderung des geklebten Bauteiles.

Da natürliche und lagerungsbedingte Verfärbungen sich über die HolzAuswahl und Sortierung minimieren lassen, sind vielmehr die prozessbedingten Verfärbungen für die Klebung von Relevanz.

Häufig können chemische Reaktionen Verfärbungen hervorrufen. Ein typisches Erscheinungsbild ist das sogenannte "Ausbluten", hervorgerufen durch das im Dispersionsklebstoff enthaltene Wasser. Dadurch werden die Inhaltsstoffe des Holzes mobilisiert, es entstehen lokale Konzentrationsunterschiede und dadurch letztlich die verschiedenen Farbabstufungen. Verantwortlich sind dafür Holzzucker, Phenole oder Mineralien. Die Faktoren, die zu einer Verfärbung der Klebefuge führen, sind sowohl aufseiten des Holzes als auch bei den verwendeten Klebstoffen zu suchen. Eingesetzte Härter wie Aluminiumchlorid oder Aluminiumnitrat sind chemisch gesehen Katalysatoren und initiieren nicht nur die Vernetzungsreaktionen von D3- oder D4-Dispersionsklebstoffen, sondern auch andere chemische Reaktionen. Typische Reaktionen sind z. B. die Eisengallustinten-Reaktion bei Eiche und Bangkirai. Bei den Holzinhaltsstoffen handelt es sich maßgeblich um wasserlösliche Bestandteile. Abhängig von der Holzart und Orientierung des Materials sowie des Kern- und Splintanteils können mehr oder weniger starke Verfärbungen im Bereich der Klebefuge auftreten, z. B. Rotverfärbung bei Kiefernkernholz. Diese können direkt bei der Herstellung oder aber später am bereits gefügten Bauteil auftreten. Hierbei zeigt sich ein negativer Einfluss wechselnder Klimabedingungen mit hoher Luftfeuchtigkeit und den damit verbundenen Schwankungen der Holzfeuchte. Ein Klebstoff mit einem hohem pH-Wert kann zu einer starken Verfärbung gerbstoffreicher Hölzer führen, ebenso die Verwendung von alkalischen Reinigungsmitteln.



Abb. 7: Verfärbung auf Eiche

Bei spezifischen Rückfragen oder Unklarheiten stehen Ihnen die Technischen Datenblätter der Hersteller als erste Informationsquelle zur Verfügung. Darüber hinaus bieten viele Hersteller von Klebstoffen einen technischen Support an.

Alle verfügbaren Merkblätter der
Technischen Kommission Holzklebstoffe (TKH)
im Industrieverband Klebstoffe
finden Sie in der jeweils aktuell gültigen Fassung unter

**www.
klebstoffe
.com**

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