

Information zur Anwendung von verklebten Laubholzprodukten

1 Einleitung

Holz ist ein Naturprodukt. Abweichungen in Struktur und Farbe unterstreichen dessen Echtheit und Individualität. Je nach Holzklassierung sind Äste, Faserabweichungen, Verfärbungen, Schwindrisse etc. sichtbar. Der Werkstoff Holz hat die Eigenschaft, Feuchtigkeit aufzunehmen und auch wieder abzugeben. So trägt es zu einem angenehmen Raumklima bei. Die Holzfeuchte passt sich dem Klima der Umgebung an. Bei ausreichender Anpassungszeit mit konstanten Bedingungen stellt sich die sogenannte Ausgleichsfeuchte als mittlere Holzfeuchte entsprechend der relativen Luftfeuchte und Temperatur ein. Die Tabelle 1 zeigt Richtwerte für diesen Zusammenhang, welcher vereinfacht für die gängigen Holzarten identisch ist. Ebenfalls wird vernachlässigt, dass die Ausgleichsfeuchte bei Aufnahme und Abtrocknen unterschiedlich ist (Hysterese).

Ändert sich die Holzfeuchte, führt dies zu Schwinden oder Quellen. Demnach verändert sich bei schwankendem Klima auch die Abmessung des Bauteils, was zu Schwindrissen im Querschnitt führen kann. Gegenüber den im Holzbau eingesetzten Nadelhölzern (Fichte/Tanne/Lärche) ist das Schwind- und Quellverhalten bei Laubholz wie z.B. der Buche deutlich ausgeprägter.

Die Hersteller von Laubholzprodukten nehmen Rücksicht auf dieses Verhalten des Werkstoffs und stellen das Produkt so nahe wie möglich an der Ausgleichsfeuchte des verbauten Produkts her. In der Theorie könnte sich die Produktionsfeuchte nach dem Einsatzort richten. Wenn jedoch ein industriell hergestelltes Produkt zum Einsatz kommt, ist eine projektbezogene Auslieferungsfeuchte praktisch nicht umsetzbar. Mit dem Entscheid für ein solches Produkt ist folglich die Gewährleistung eines dem Ausgleichsfeuchte-Bereich entsprechenden Raumklimas wichtig. So definiert Fagus Suisse beispielsweise beim Buchen-Stabschichtholz einen Holzfeuchte-Bereich von 8-10%. Was einem Raumklima von ca. 20°C und 50% relativer Luftfeuchtigkeit entspricht.

2 Umgang mit verklebten Laubholzprodukten

Nimmt nun das Material während der Bauphase übermässig Feuchtigkeit auf und trocknet wieder ab, oder das Material trocknet infolge zu tiefer Luftfeuchtigkeit unter die Verklebungsfeuchte aus, können Schwindrisse entstehen. Aufgrund der hohen Quersugfestigkeit treten diese bei Laubholz oft auch entlang der Klebefugen auf. Um diesen Rissen vorzubeugen oder entgegenzuwirken, ist auf folgende Punkte in der jeweiligen Phase zu achten:

2.1 Planung

- Das Produkt darf nur im **witterungsgeschützten** Bereich eingesetzt werden. Direkte Bewitterung durch Regen, Schnee und dergleichen ist zu vermeiden.
- Das Raumklima, in welchem das Produkt eingesetzt wird, muss dem **Holzfeuchte-Bereich** bei Auslieferung gemäss Hersteller entsprechen.
- **Heizquellen** (Radiatoren, Heizlüfter, usw.) sowie **Lüftungsgeräte**, welche zu punktueller Austrocknung führen können, sind mit möglichst grossem Abstand zum Produkt zu platzieren.

2.2 Verarbeitung

- Das Produkt ist stets im Innenbereich (klimatisiert) zu lagern und **nicht direkter Feuchtigkeit auszusetzen**.
- Die Verpackung des Produkts ist erst kurz vor der Bearbeitung zu entfernen, um eine Feuchteaufnahme aus der Umgebungsluft zu minimieren.
- Das Klima in den Verarbeitungsräumen sollte dem **Ausgleichsfeuchte-Bereich** von 8-10% entsprechen.
- Das Produkt ist nach der Bearbeitung mit einem **Feuchteschutzanstrich** zu versehen, welcher das Produkt vor Feuchteaufnahme während der Bauphase schützt.

Beschichtungsbeispiel:

1x Lignopro 879 BauBuche-Primer plus

1x Lignopro 882 BauBuche-Varnish HydroX KS1000 Natur (nicht überstreichbar)

2.3 Lagerung / Transport / Montage

- Das Produkt muss in allen Phasen **vor direkten Witterungseinflüssen geschützt** werden.
- Kondenswasser in der Verpackung ist zu vermeiden.
- Die **Stirnseite** des Bauteils ist sehr anfällig für eine Feuchteaufnahme. Diese sind speziell zu schützen und mit geeigneten Materialien abzudecken.
- Das Produkt ist vor Feuchteaufnahme infolge nass eingebrachter Baumaterialien wie Unterlagsböden, Beton und dergleichen mit geeigneten Massnahmen zu schützen.

Die Bauleitung, der Projektverantwortliche und der Bauherr tragen gemeinsam die Verantwortung dafür, dass die Montage und Verarbeitung der Holzelemente gemäss den Normen SIA 260 bis 265 (Holzkonstruktionen) sowie SIA 271 (Gebäudeabdichtung) erfolgt.

2.4 Nutzung und Betrieb

Das Raumklima im Gebäude muss so geregelt sein, dass generell der grün hinterlegte Ausgleichsfeuchte-Bereich in Tabelle 1 eingehalten wird. Der gelb hinterlegte Bereich darf vereinzelt an maximal 3 aufeinanderfolgenden Tagen erreicht werden. Ansonsten sind Schwindrisse möglich oder gar wahrscheinlich.

Generell sollte die relative Luftfeuchtigkeit nicht unter 40% fallen. Vor allem im Winter ist darauf zu achten, wenn trockene kalte Luft in die Räume nachströmt. Bei relativer Luftfeuchtigkeit unter 35%, kann das Produkt starke Rissbildung, auch entlang der Klebefugen, zeigen.

Trockene Luft sollte nie direkt an das Produkt geblasen werden. Sonst entsteht ein zu schneller Trocknungsprozess, welcher die Rissbildung beschleunigt.

Der Bauherr und der spätere Nutzer sind in der Verantwortung, die klimatischen Umstände zu berücksichtigen und zu überwachen.

3 Tabellen und Verweise

| relative Luftfeuchtigkeit | | | | | | | |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 90% | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 |
| 85% | 18 | 18 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 |
| 80% | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 |
| 75% | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 |
| 70% | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 |
| 65% | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| 60% | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 |
| 55% | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 50% | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| 45% | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 40% | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 35% | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 30% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| 25% | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| T Celsius | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |

Table 1 Werte für die Holzgleichsfeuchte nach [3]

Auch unter Einhaltung aller obigen Punkte bleibt Holz ein natürlicher Werkstoff, welcher trotz hoher Homogenisierung bei der Verarbeitung ein Unikat bleibt. Es ist möglich oder gar wahrscheinlich, dass im Laufe der Zeit Risse entstehen, auch entlang der Klebefugen. In den meisten Fällen haben diese relativ kleinen Risse keine Relevanz für die Tragfähigkeit der Bauteile. Eine allfällige Beurteilung von Rissen könnte gemäss Stand der Technik anhand des Dokuments BS-Holz-Merkblatt 2022 erfolgen [1].

Tabelle 3 Oberflächenqualitäten für BS-Holz

| | Kriterien ¹⁾ | Industrie-Qualität | Sicht-Qualität | Auslese-Qualität |
|---|---|-----------------------------------|--|--|
| 1 | Fest verwachsene Äste ²⁾³⁾ | zulässig | zulässig | zulässig |
| 2 | Ausgefallene und lose Äste ²⁾³⁾ | zulässig | bis $\varnothing \leq 20 \text{ mm}^4)$ zulässig ab $\varnothing > 20 \text{ mm}^4)$ werkseitig zu ersetzen | werkseitig zu ersetzen |
| 3 | Harzgallen ⁵⁾ | zulässig | Bis 5 mm breite Harzgallen sind zulässig. | Bis 3 mm breite Harzgallen sind zulässig. |
| 4 | Mittels Astlochstopfen oder „Schiffchen“ ausgebesserte Äste und Fehlstellen ⁷⁾ | nicht erforderlich | zulässig | zulässig |
| 5 | Mittels Füllmassen ausgebesserte Äste und Harzgallen | nicht erforderlich | zulässig ⁶⁾ | zulässig ⁶⁾ |
| 6 | Insektenbefall ⁹⁾ | Zulässig sind Fraßgänge bis 2 mm. | Zulässig sind Fraßlöcher bis 2 mm. | unzulässig |
| 7 | Markröhre | zulässig | zulässig | An der Sichtfläche sichtbar verbleibender Decklamellen austretende Markröhre ist unzulässig. |
| 8 | Schwindrisse ⁹⁾⁷⁾ | ohne Begrenzung | bis 4 mm | bis 3 mm |
| 9 | Verfärbungen infolge Bläue sowie rote und braune nagelfeste Streifen ⁵⁾ | ohne Begrenzung | bis zu 10 % der sichtbaren Oberfläche des gesamten Bauteiles | unzulässig |
| 10 | Schimmelbefall ⁹⁾ | unzulässig | unzulässig | unzulässig |
| 11 | Verschmutzungen ⁵⁾ | zulässig | unzulässig | unzulässig |
| 12 | Keilzinkenabstand | ohne Begrenzung | ohne Begrenzung | An sichtbar verbleibenden Decklamellen muss der Abstand untereinander mindestens 1 m betragen. |
| 13 | Oberfläche | egalisiert | gehobelt und gefast Hobelschläge zulässig bis 1 mm Tiefe | gehobelt und gefast Hobelschläge zulässig bis 0,5 mm Tiefe |
| <p>¹⁾ Abweichungen von den nachfolgend in den Zeilen 2, 3, 6-9, 12, 13 definierten Grenzwerten sind in folgendem Umfang zu tolerieren: Maximal drei Abweichungen/m² sichtbare Oberfläche für die Sichtqualität, maximal eine Abweichung/m² sichtbare Oberfläche für die Auslesequalität. Die Fläche wird dabei als abgewinkelte Länge der sichtbaren Bauteilseiten multipliziert mit der Länge in Faserrichtung ermittelt.</p> <p>²⁾ zulässige Astgröße gemäß DIN 4074</p> <p>³⁾ ohne Begrenzung der Anzahl</p> <p>⁴⁾ Messung des Astdurchmessers analog zur Messung der Durchmesser von Einzelästen bei Kanthölzern gemäß DIN 4074-1: 2003-06, 5.1.2.1.</p> <p>⁵⁾ Anlieferungszustand</p> <p>⁶⁾ Erff. sind überstreichbare Füllmassen explizit zu fordern.</p> <p>⁷⁾ Die Risstiefe darf unabhängig von der Oberflächenqualität bei Bauteilen ohne planmäßige Querzugbeanspruchung bis zu 1/6 der Bauteilbreite, bei Bauteilen mit planmäßiger Querzugbeanspruchung bis zu 1/8 der Bauteilbreite von jeder Seite betragen.</p> | | | | |

Tabelle 2 Oberflächenqualitäten von Brettschichtholz, zusammengestellt aus [1]

Der Inhalt von (7) findet sich auch etwas ausführlicher in der Publikation Oberflächenqualität von Brettschichtholz [2].

Gegenüber diesen Angaben ist die Norm SIA 269/1, Ziffer 4.2.1 nur leicht konservativer [4]. Sie enthält ausserdem noch differenziertere Festlegungen zu verschiedenen Beanspruchungsarten.

Die zulässigen Abweichungen der Holzfeuchte im Bereich von Verbindungen regelt die Norm SIA 265 Ziffer 8.5.1. [5].

Diese Bestimmungen sollen ebenfalls die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit gewährleisten. Im Unterschied dazu sollen die im vorliegenden Dokument bezeichneten Punkte einer Diskussion über die Ästhetik dienen.

4 Maschinelle Bearbeitung

Laubholz, wie z.B. Buche, hat eine Rohdichte von etwa 700 kg/m³, während Nadelholz, wie z.B. Fichte, eine Rohdichte von etwa 450 kg/m³ aufweist. Dieser Unterschied ist bei der Materialbearbeitung zu berücksichtigen, insbesondere bei der Wahl der Werkzeuge und der Einstellung der Schnittgeschwindigkeit.

4.1 Schneidstoffe der Bearbeitungswerkzeuge

Fagus-Laubholzprodukte haben einen maximalen Leimanteil von 1,5%. Da der Leim deutlich härter als das Holz ist, entsteht dadurch eine Inhomogenität. Um eine gute Oberflächenqualität zu erzielen, sollte ein Hartmetallwerkzeug verwendet werden. Dieser robuste Schneidstoff eignet sich hervorragend zur Bearbeitung von Laubholz.

4.2 Schnittgeschwindigkeit

Gängige Werkzeughersteller empfehlen folgende Schnittgeschwindigkeiten:

| | Weichhölzer | Starkhölzer |
|------------------|-------------|-------------|
| Fräsen (m/s) | 50 - 90 | 50 - 80 |
| Sägen (m/s) | 60 - 100 | 60 - 100 |
| Bohren (m/s) | 10 - 40 | 10 - 40 |
| Oberfräser (m/s) | 5 - 10 | 5 - 10 |

Table 3 Werte aus Leitz Anwenderlexikon, Edition 7, erstellt aus [6]

Die angegebenen Richtwerte gelten für Bohrwerkzeuge mit einem Durchmesser von über 100 mm. Bei Schaftwerkzeugen sind die empfohlenen Schnittgeschwindigkeiten aufgrund des kleineren Werkzeugdurchmessers und der höheren Reibung deutlich geringer (Oberfräser: 10-40 m/s, Bohrer: 5-10 m/s). Generell sollten die Schnittgeschwindigkeiten bei Laubhölzern eher niedrig eingestellt werden, während bei Nadelholz eine höhere Schnittgeschwindigkeit angestrebt werden sollte. Um die optimale Einstellung zu finden, wird die Herstellung eines Probestücks empfohlen.

Kontakte Werkzeughersteller:

Leitz GmbH
Hardstrasse 2
Postfach 448
5600 Lenzburg
+41 62 886 39 39
leitz@leitz.org

OERTLI Werkzeuge AG
Hofstrasse 1
8181 Höri
+41 44 863 75 11
info@oertli.ch

5 Feuchtigkeitsschutz

Fagus-Produkte werden in einer luft- und feuchtigkeitsundurchlässigen Folie verpackt und ausgeliefert. Aufgrund der hohen Schwund- und Quellmassen, wie in Abschnitt 2 beschrieben, müssen die Laubholzprodukte vor Baufeuchte und extremen Heizperioden geschützt werden. Ein geeignetes Oberflächenmaterial gewährleistet sowohl den Feuchteschutz als auch die optischen Ansprüche. Die aufgeführten Hersteller von Oberflächenprodukten bieten passende Lösungen an und unterstützen Sie gerne bei der Bemusterung. Eine Beschichtung der Fagus-Produkte im Produktionswerk ist nicht möglich.

Kontakte Oberflächenproduzenten:

Koch & Schulte GmbH & Co. KG
Steinebacher Ring 2
Industriegebiet Seenplatte
57629 Linden
+49 2666 9124000
info@kochundschulte.de

TEKNOS Schweiz AG
Badenerstrasse 116
8952 Schlieren, Schweiz
+423 375 94 00
ch-info@teknos.com

ADLER-Lack AG
Etzelstrasse 5
8856 Tuggen
+41 55 465 21 21
schweiz@adler-lacke.com

6 Befestigungsmittel

Aufgrund der höheren Rohdichte gegenüber dem Nadelholz, muss für die Befestigungsmittel in Laubholz besondere Beachtung geschenkt werden. Besonders die Spaltgefahr und die Einbringung der Befestigungsmittel müssen geplant werden. So können der Zeitfaktor und die gewünschte Qualität der Verbindung eingehalten werden.

6.1 Schrauben

Bei der Dimensionierung von Schrauben in Fagus Stabschichtholz sind grundsätzlich die derzeit gültigen Zulassungen der Schraubenhersteller zu berücksichtigen. In diesen Zulassungen werden in der Regel Obergrenzen für die charakteristische Rohdichte ($680 \text{ kg/m}^3 - 700 \text{ kg/m}^3$) des Materials festgelegt, die maximal bei Berechnungen angesetzt werden dürfen.

Bei der Verwendung von Schrauben in Laubholzprodukten ist grundsätzlich ein Vorbohren erforderlich. Schrauben mit Bohrspitze können das Vorbohren nicht ersetzen. Generell sollte bei Stabschichtholz, wie bei allen Laubholzprodukten, ein Bohrer verwendet werden, der größer ist als der Kerndurchmesser der Schraube. Detaillierte Informationen finden sich in den Zulassungen der Schraubenhersteller.

Folgende Punkte sprechen generell für ein Vorbohren von Schraubverbindungen:

- Die Belastungen auf Mensch und Material beim Einbringen werden deutlich reduziert.
- Es können geringere Mindestabstände angenommen werden.
- Die Spaltgefahr sinkt.
- Es darf ggf. eine höhere Lochleibungsfestigkeit angesetzt werden.

zusätzliche Informationen: Schrauben / Verbindungsmittel für Fagus Stabbuche (Webseite)

Kontakte Schraubenhersteller:

SFS Group Schweiz AG
Rosenbergsaustrasse 4
9435 Heerbrugg
marco.litscher@sfs.ch

Rothoblaas GmbH
Etschweg, 2/1
39040 Kurtatsch
hakan.akyol@rothoblaas.com

Würth AG, Arlesheim
Dornwydenweg 11
4144 Arlesheim
info@wuerth.com

6.2 Klammern

Für Verbindungen mit Klammern müssen sowohl der Klammertyp, das Eintreibgerät sowohl die Druckeinstellung aufeinander abgestimmt sein. Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Beplankung. Damit ein rationeller Arbeitsablauf gewährleistet ist, muss zwingend vorab ein Muster hergestellt werden. Fagus Suisse SA stellt ein Musterstück (Stabschichtholz) gerne zur Verfügung.

zusätzliche Informationen: Informationen df2 Klammern in Fagus Stabbuche (Webseite)

Kontakt Klammervertrieb:

df2 Hauptsitz & Korrespondenz
Bahnhofstr. 32
5623 Boswil
+41 56 621 80 00
info@df2.ch

Prebena AG
Glütschbachstrasse 76
3661 Uetendorf
+41 33 346 61 81
info@prebena.ch

6.3 Nägel

Aufgrund des hohen Widerstands von Laubholz und der entsprechenden Beplankung empfiehlt Fagus Suisse SA das Vorbohren bei Nagelverbindungen. Der Durchmesser des Bohrlochs sollte dabei 0,8 Mal den Nageldurchmesser betragen. Üblicherweise kommen runde Nägel mit glattem oder profiliertem Schaft (wie Sonder- oder Ankernägel) zum Einsatz. Durch die rasche Produktentwicklung können jedoch auch Befestigungsmittel verfügbar sein, die kein Vorbohren erfordern. Zuverlässige Informationen hierzu können die Vertriebspartner der Befestigungsmittel liefern.

Kontakt Nagelvertrieb:

Fehr Braunwalder AG
Zürcherstrasse 501
9015 St. Gallen
+41 71 282 47 77
info@fehrbraunwalder.ch

Prebena AG
Glütschbachstrasse 76
3661 Uetendorf
+41 33 346 61 81
info@prebena.ch

Abschliessend empfiehlt Fagus Suisse SA generell die Herstellung eines Probestücks, um mögliche Schwierigkeiten frühzeitig zu erkennen. Für eine optimale Beratung sollten Sie sich an Ihren Hauslieferanten für Befestigungsmittel wenden. Laubholz bietet zahlreiche Vorteile für den konstruktiven Holzbau und eröffnet vielfältige Möglichkeiten.

Referenzen

- [1] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2022): BS-Holz-Merkblatt (Fassung November 2022).
- [2] Radovic B., Wiegand T. (2005) Oberflächenqualität von Brettschichtholz, Bauen mit Holz 7 (Teil 1) und 8 (Teil 2).
- [3] Reichel S. (2015) Modellierung und Simulation hygro-mechanisch beanspruchter Strukturen aus Holz im Kurz- und Langzeitbereich, Dissertation TU Dresden.
- [4] SIA, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2011) SIA 269/5: Erhaltung von Tragwerken - Holzbau, Zürich, Schweiz
- [5] SIA, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2021) SIA 265: Holzbau, Zürich, Schweiz
- [6] Leitz Anwenderlexikon, Edition 7