

Allgemeine Angaben

Das Verdichten von Holz ist eine Technik, die seit etwa 80 Jahren bekannt ist. Es wurden und werden zumeist Laubhölzer mit dem Ziel der Verfestigung (z.B. Maschinenteile und Lagerelemente, Schäl furniere für Schichthölzer), der Erhöhung von Massen und Abriebfestigkeiten (z.B. Webschiffchen) oder der Vorbereitung zum Biegen (z.B. Herstellung von Bugholz) verdichtet. Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verdichtung von Nadelhölzern

ebenso erfolgversprechend ist und sich durch die Anpassung der Prozesse gut beherrschen lässt. Da fast alle Holzeigenschaften unmittelbar von der Dichte abhängen, kann mit der thermomechanischen Verdichtung unter anderem eine Erhöhung der Festigkeit und Steifigkeit des Holzes erreicht werden. Damit erschließen sich dem im Bauwesen weit verbreiteten Nadelholz neue Einsatzbereiche.

Mechanische Kennwerte

	Dichte [g/cm ³]	Zugfestigkeit [N/mm ²]	Biegefestigkeit [N/mm ²]	E-Modul [N/mm ²]	Lochleibung [N/mm ²]
Fichte, unverdichtet	390...420	70	85	12500	30
Fichte, 50% verdichtet	800...900	180	170	20300	75

Herstellung und Verarbeitungshinweise

Die Verdichtung des Holzes erfolgt unter Druck und Wärmezufuhr. Bedingung für das zerstörungsfreie Falten der Holzzellen ist eine Erwärmung. Das die Holzfasern stützende Lignin beginnt sich als thermoplastisches Material ab 80°C zu erweichen. Als obere Grenze für die Erwärmung müssen Temperaturen um 170°C angesehen werden, bei der dann pyrolytische Abbauprozesse einsetzen, die strukturelle Veränderungen im Holz zur Folge haben (siehe auch HHT-Merkblatt „Thermisch modifiziertes Holz (TMT)“). Die besten Ergebnisse werden bei Presstemperaturen um 150°C erreicht.

Nach einer Aufheizphase durch Kontakt mit den Platten einer Heizpresse erfolgt der Pressvorgang mit einem weggesteuerten Vorschub von etwa 1 mm/Min. Nach Erreichen des gewünschten Verdichtungsgrades wird während einer definierten Rückkühlphase die Presskraft gehalten (siehe Abb. 1).

Zu beachten ist, dass die Verformung der Zellwände und damit die vorgenommene Verdichtung bei erneuter Feuchtezufuhr rückgängig gemacht wird (shape-memory-effect oder auch spring-back-effect). Aus diesem Grund ist verdichtetes Holz zwingend vor Feuchteangriff zu schützen. (Bei Formholz wird die Rückverformung hingegen zielgerichtet zum Formen des Holzes genutzt).

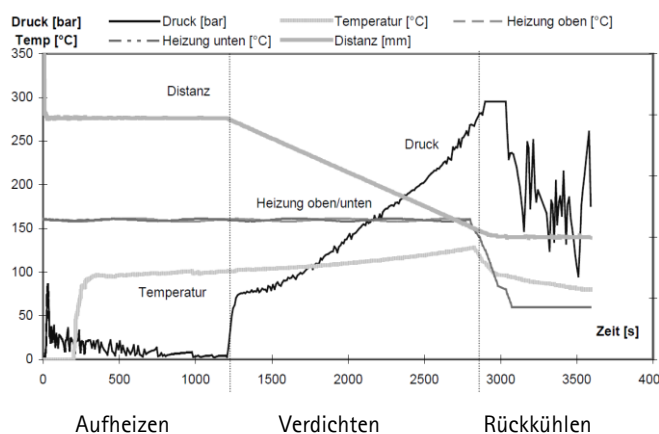


Abb. 1: Prozess-Diagramm (aus [1])

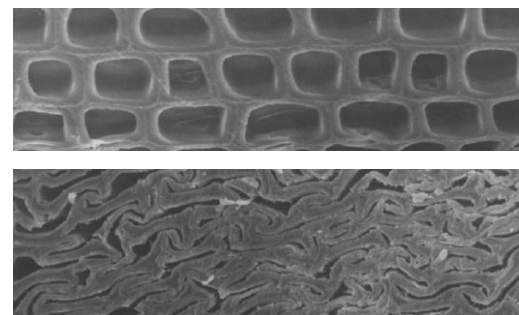


Abb. 2: Holzzellen vor und nach der Verdichtung (aus [1])

An die Qualitäten und Eigenschaften der eingesetzten Hölzer werden besondere Anforderungen gestellt:

Aufgrund der Verdichtung quer zur Faser können größere Asteinschlüsse nicht toleriert werden. Eine Jahrringlage, die eine vornehmlich radiale Kompression ermöglicht, verbessert das Ergebnis. Verdichtungen in tangentialer Richtung zeigen geringfügig schlechtere Eigenschaften.

Die Holzfeuchte sollte bei etwa 10 % liegen. Niedrigere Werte behindern die erforderliche Wärmeweiterleitung von den Heizplatten der Presse in das Holz, deutlich höhere Werte haben beim Pressen Dampfexplosionen in den Zellen zur Folge, die das Material zerstören können.

Unter Einhaltung der optimierten Prozessbedingungen bei der Verdichtung und einer Vorsortierung des eingesetzten Holzes können insbesondere die Frühholzzellen schädigungsarm und damit hochbelastbar gefaltet werden (siehe Abb. 2). Im Ergebnis können die in der Tabelle dargestellten verbesserten mechanischen Eigenschaften beim Nadelpressholz erreicht werden.

Neben den vorgenannten Prozessbedingungen ist der Verdichtungsgrad ein weiteres wichtiges Merkmal des verdichteten Holzes. Mit zunehmenden Verdichtungsgrad nimmt auch die Tragfähigkeit des Endproduktes zu. Der Verdichtungsgrad definiert sich dabei als Quotient aus Ausgangsdicke abzüglich Enddicke zur Ausgangsdicke. 50 %-verdichtetes Holz wurde also auf die Hälfte seiner Ausgangsdicke komprimiert.

Die Weiterbearbeitung des verdichteten Holzes stellt keine besonderen Anforderung an Maschinen und Kenntnisse der ausführenden Unternehmen. Die spanende Bearbeitung (Bohren, Schleifen, Sägen etc.) ist mit herkömmlichen Maschinen möglich. Die Verklebung untereinander und mit normalem Vollholz mit Melamin-, Polyurethan- und Resorcinleimen stellt kein Problem dar, wobei die PU-Kleber dabei die größte Robustheit aufweisen. Zu beachten ist dabei jedoch noch folgender Fakt: Durch die Temperaturbehandlung und den Kontakt mit den Heizplatten lagern sich auf der Oberfläche des Holzes in Folge der Vergütung austretenden Inhaltsstoffe ab (Harze, Terpene, etc.), die durch Abrichten, Hobeln oder einfaches Überschleifen entfernt werden sollten, da sie wie eine Trennschicht wirken und negative Einflüsse auf die Verklebung haben können.

Beschichtungen und Anstriche

Besondere Anforderungen an deckende Anstrichsysteme (z.B. Lacke) sind nicht erforderlich. Für alle penetrierenden Systeme (Lasuren, Imprägnierungen,...) empfehlen sich in Folge der höheren Dichte und des teilweisen Porenverschlusses durch austretende Inhaltsstoffe Vorversuche oder die Anfrage bei Hersteller oder Lieferant des Produktes. Aufgrund der Bedeutung des Witterungsschutzes für das Pressholz sind ggf. kürzere Kontroll- und Wartungsintervalle vorzuschreiben.

Bauphysikalisches Verhalten

Verdichtetes Nadelholz verhält sich im bauphysikalischen Sinne nahezu wie konventionelles Vollholz. Beachtet werden muss beim Umgang mit dem Material jedoch der sogenannte Spring-Back-Effekt: Die durch die Kompression herbeigeführte höhere Dichte führt zu einem größeren Quellpotential. Dabei kann pro Prozent Holzfeuchteänderung in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad eine bis zu doppelt so große Quellung eintreten. Aus diesem Grund ist das Material bei Einsatz im Außenbereich besonders vor dem Zutritt von Feuchtigkeit zu schützen. Dies kann effektiv durch konventionelle Anstriche oder durch Beschichtung mit faserverstärkten Kunststoffen geschehen. Die potentiell größeren Quellverformungen oder Quelldrücke müssen dann aber von der Konstruktion toleriert bzw. aufgenommen werden können.

Kosten

Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen an das Ausgangsmaterial, der Energieaufwendungen für den Herstellungsprozess und der diskontinuierlichen Fertigung und dem daraus folgenden geringen Produktionsdurchsatz muss beim augenblicklichen Stand der Herstellung von Nadelpresshölzern von Mehrkosten in Höhe von 50% gegenüber üblichem Nadelvollholz ausgegangen werden. Da diese Kosten ungefähr hälftig von Energieaufwendungen und Produktionsprozesskosten dominiert werden, lassen sich für die Zukunft bei Überführung in ein großtechnisches Umfeld deutliche Einspareffekte prognostizieren.

Ökologische Bewertung

Bei der Produktion von Nadelpressholz entstehen keine schädlichen Abbauprodukte. Die Weiterverarbeitung erfolgt in identischen Prozessen wie beim normalen Vollholz – auch Tränkungen und Anstriche/Beschichtungen unterscheiden sich nicht von Produkten des konventionellen Holzbaus. Der wesentliche Unterschied zum Vollholz hinsichtlich der potentiellen ökologischen Auswirkungen ergibt sich daher aus dem zusätzlichen Energiebedarf. Der Wärmebedarf für die Heizplatten der Presse bestimmt hier das Ergebnis einer ökologischen Bewertung, während die elektrische Energie für die Hydraulik das Ergebnis nur marginal beeinflusst, der Druck und der damit verbundene Grad der Verdichtung also eher weniger von Bedeutung sind. Zwei denkbare Formen der Wärmebereitstellung, einmal – wie im Holzverarbeitenden Gewerbe oftmals üblich – auf Basis von Holz, einmal auf Basis von Gas, führen zu unterschiedlichen Ergebnissen einer ökologischen Bewertung wie die Tabelle zeigt. Die Ergebnisse wurden über die CML-Methodik mit Hilfe der ecoinvent Datenbank erstellt und stellen Richtwerte dar. Für den Einzelfall ist es entscheidend, wie effektiv die Produktionsprozesse tatsächlich ablaufen.

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de

Das Beispiel geht von ca. 45 min Presszeit und einem dafür zu Grunde gelegten Bedarf von ca. 1000 kWh/m³ thermischer Energie sowie ca. 50 kWh/m³ elektrischer Energie aus, um 0,7m³ verdichtetes Holz mit einem Verdichtungsgrad von hier 30% zu produzieren. Wird die Energie auf Holzbasis bereitgestellt, wirkt sich dies typischerweise besonders auf die Kategorien Eutrophierungspotential und Versauerungspotential aus. Verwendet man stattdessen Erdgas, so verschlechtern sich die Ergebnisse der Katego-

rien Ressourcenverbrauch und Treibhauspotential. Das Ergebnis der Kategorie Treibhauspotential ist dennoch negativ (es wird also weniger CO₂ freigesetzt als während des Wachstums gebunden wird), da im Holz große Mengen CO₂ gespeichert sind. Es ist zu beachten, dass diese Mengen am Ende des Lebenszyklus des Holzes auch wieder freigesetzt werden. Die Betrachtung hier erfolgt nur für die Produktionsphase. Die angegebenen normalisierten Werte sind bezogen auf die Emissionen Westeuropas während des Jahres 1995.

Ökobilanzdaten	Ressourcenverbrauch [kg Sb eq]	Versauerungspotential [kg SO ₂ eq]	Eutrophierungspotential [kg PO ₄ eq]	Treibhauspotential [kg CO ₂ eq]	Ozonabbaupotential [kg CFC eq]	Sommer-smogpotential [kg C ₂ H ₄ eq]	Primärenergieverbrauch (KEA fossil) [MJ]
1 m ³ Fichte, sägerau, u=20% unverdichtet	0,491	0,425	0,076	-747,9	6,48 * 10 ⁻⁶	0,038	1230
normalisiert	3,31 * 10 ⁻¹¹	1,55 * 10 ⁻¹¹	6,09 * 10 ⁻¹²	-1,56 * 10 ⁻¹⁰	0,777 * 10 ⁻¹³	4,63 * 10 ⁻¹²	-
0,7 m ³ Fichte, verdichtet (30%) (Holzfeuerung)	0,795	0,771	0,170	-702,5	8,58 * 10 ⁻⁶	0,052	2058
normalisiert	5,36 * 10 ⁻¹¹	2,82 * 10 ⁻¹¹	13,7 * 10 ⁻¹²	-1,46 * 10 ⁻¹⁰	1,03 * 10 ⁻¹³	6,26 * 10 ⁻¹²	-
0,7 m ³ Fichte, verdichtet (30%) (Gasfeuerung)	2,822	0,656	0,102	-470,7	37,6 * 10 ⁻⁶	0,057	6077
normalisiert	19,0 * 10 ⁻¹¹	2,40 * 10 ⁻¹¹	8,14 * 10 ⁻¹²	-0,979 * 10 ⁻¹⁰	4,51 * 10 ⁻¹³	6,92 * 10 ⁻¹²	-

Einsatzmöglichkeiten / Anwendungsempfehlungen

Verdichtetes Holz bietet sich zur Verstärkung von Bauteilen und Anschlussbereichen an. Aufgrund seiner erhöhten Zug-, Biegezug- und Lochleibungsfestigkeiten bei ansonsten holzartigem Verhalten lässt es sich gut mit normalem Holz kombinieren. So kann es in hochbeanspruchten Bereichen von ein- oder mehrteiligen Druck-/Zug- oder Biegebauteilen konventionelles Vollholz substituieren. Auch eine hybride Verklebung in Brettschichthölzern bietet großes Potential. Dabei können kombinierte Brettschichtholzträger in den hochbeanspruchten Randbereichen mit stark verdichtetem Nadelpressholz ausgebildet werden

Für die Verstärkung von Anschlussbereichen kommen ebenfalls der Austausch von Lamellen oder das zusätzliche (seitliche) Beplanken mit verdichtetem Holz in Frage. Untersuchungen haben gezeigt, dass damit die Tragfähigkeit des Anschlussbereiches auf über 250 % gesteigert werden kann. Damit lassen sich deutliche Einsparpotentiale für die Querschnitte der anzuschließenden Stäbe erschließen.

Zu beachten ist der oben beschriebene Spring-Back-Effekt (also die Entdichtung unter Feuchteangriff), weshalb verdichtetes Holz dringend vor Feuchtigkeit geschützt werden muss.

Literatur

- [1] Haller, P.; Wehsener, J.: Entwicklung innovativer Verbindungen aus Pressholz und Glasfaserarmierungen für den Ingenieurholzbau, Forschungsbericht AiF Nr 11164 B, (Hrsg.) Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2003

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de