

**Kurzbericht zum Forschungsprojekt
Hygro-thermisch modifiziertes Holz
nach dem WTT-Verfahren**



**ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT
FREIBURG**

Freiburg, 2009



Kontakt:

- Holztechnologische und holzbiologische Eigenschaften von sechs hygro-thermisch behandelten Holzarten -

Projektportrait

Im Forschungsprojekt „Hygro-thermisch modifiziertes Holz nach dem WTT-Verfahren“ wurden die holztechnologischen und holzbiologischen Eigenschaften von thermisch behandeltem Holz untersucht. Die Behandlung des Holzes erfolgte beim Projektpartner Ets Röthlisberger SA in Glovelier (Schweiz) in einer Pilotanlage des dänischen Anlagenherstellers "WTT-Wood Treatment Technology“ (Abbildung 1). Es handelt sich um ein hygro-thermisches Kesseldruckverfahren.

Aus drei Stämmen der Holzarten Buche, Esche, Eiche, Fichte, Kiefer und Tanne wurden Bretter jeweils aus dem Splint- und Kernbereich gewonnen. Jedes Brett wurde nach der technischen Trocknung auf 10 bis 12 % entsprechend der drei Untersuchungsvarianten in drei Teile von etwa 120 cm Länge aufgetrennt. Anschließend erfolgte die thermische Behandlung. Folgende Varianten wurden je Holzart untersucht:

- unbehandeltes, getrocknetes Vergleichsholz
- bei 160°C behandeltes Holz
- bei 180°C behandeltes Holz

Die Untersuchung der Holzeigenschaften erfolgte in den Laboren des Instituts für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft sowie des Instituts für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg. Die Versuche gliedern sich in einen

holztechnologischen und einen holzbiologischen Teil. In der ersten Versuchsphase wurden Kennwerte zum Quell- und Schwindverhalten, dem Sorptionsverhalten, der Dimensionsstabilität sowie der Festigkeitseigenschaften ermittelt. Im Anschluss daran wurden in einer zweiten Versuchsphase holzbiologische Versuche zur Ermittlung der Pilzresistenz der behandelten Hölzer durchgeführt. Die Ergebnisse aus beiden Versuchsphasen bilden die Grundlage zur Beurteilung möglicher Verwendungsbereiche und Produkte des nach dem WTT-Verfahren vergüteten Holzes.

Holztechnologische Eigenschaften

Im Zuge der (hygro-)thermischen Behandlung von Holz findet eine Veränderung der Holzstruktur statt. Dadurch wird je nach Behandlungsverfahren und Intensität eine unterschiedliche Veränderung der Holzeigenschaften erzielt. Am offensichtlichsten ist dies an der Änderung der Farbe zu erkennen (Abbildung 2), welche über den gesamten Holzquerschnitt erfolgt. Im Folgenden werden die wichtigsten Holzeigenschaften der behandelten Hölzer vorgestellt.



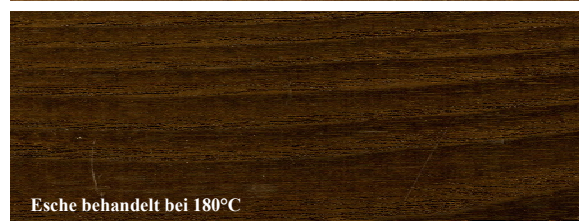
Abbildung 1: Thermoholzbehandlung in einer Kesseldruckanlage des Anlagenherstellers Wood-Treatment-Technology (WTT)



Esche unbehandelt



Esche behandelt bei 160°C



Esche behandelt bei 180°C

Abbildung 2: Farbänderung bei Eschenholz infolge der thermischen Behandlung



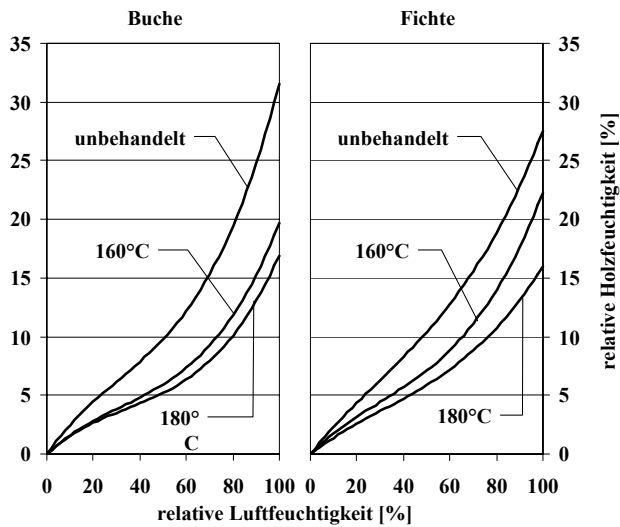


Abbildung 3: Sorptionsisothermen der Untersuchungsvarianten von Buchen- und Fichtenholz

Sorptionsverhalten und Dimensionsstabilität

Vom partiellen Abbau der Holzsubstanz infolge thermischer Behandlung ist nach bisherigem Kenntnisstand vor allem die Hemizellulose betroffen. Dies führt zu einer Verringerung von frei verfügbaren Hydroxylgruppen, die wesentlich für die Wasserbindung im Holz verantwortlich sind. Dies bedeutet, dass das behandelte Holz bei gleicher Umgebungfeuchte weniger Feuchtigkeit aufnimmt als unbehandeltes Vergleichsholz. Als Kennwerte der veränderten hygroskopischen Eigenschaften wurden das Sorptionsverhalten (EN ISO 12571) und die Dimensionsstabilität (auf Basis der DIN 52184 Quell- und Schwinden) untersucht.

Dabei zeigte sich eine starke Abnahme des Quell- und Schwindverhaltens bei allen hygro-thermisch behandelten Hölzern. Dieser Effekt führte zu einer Erhöhung der Dimensionsstabilität und zeigte sich bei den naturgemäß stark quell- und schwindenden Laubhölzern deutlicher als bei den Nadelhölzern. Da bei der thermischen Modifizierung vor allem die Hemizellulose vom Abbau betroffen ist, führt dies bei den Laubhölzern anteilmäßig zu einem entsprechend höheren Abbau und somit zu einer größeren Veränderung bei der Feuchtigkeitsaufnahme.

Abbildung 3 zeigt beispielhaft für Laub- und Nadelholz die Sorptionsisothermen von Buchen- und Fichtenholz für die Untersuchungsvarianten. Bei allen Holzarten war für die behandelten Hölzer eine Verringerung der Sorptionsfähigkeit festzustellen. Be-

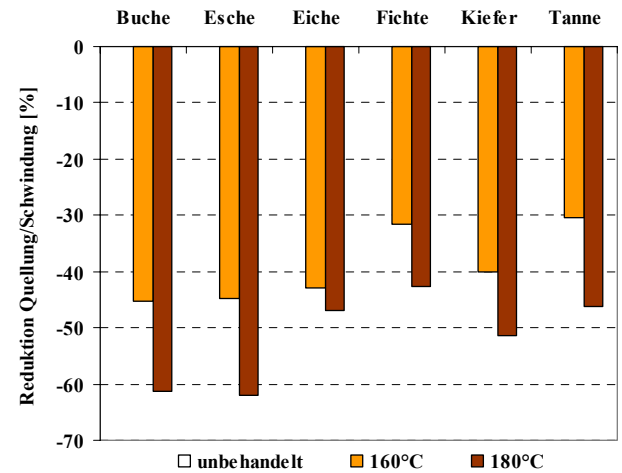


Abbildung 4: Abnahme des Quellens und Schwindens, dargestellt im Verhältnis zum unbehandelten Holz (0% bedeutet gleiche Quell-/Schwindung wie die unbehandelte Variante der jeweiligen Holzart)

reits ab einem relativen Luftfeuchtigkeitsgehalt von 20% sind deutlich Unterschiede im Holzfeuchtigkeitsgehalt zwischen dem unbehandelten und den thermisch behandelten Hölzern erkennbar.

Die verringerte Feuchtigkeitsaufnahme führte für alle untersuchten Holzarten zu einer Dimensionsstabilisierung. Als Indikator der Dimensionsstabilisierung wurde ein so genannter ASE-Index (*anti-shrink/swell-efficiency*) über die Querschnittsfläche der Proben errechnet, der die Abnahme des Quell-/Schwindverhaltens und damit die Erhöhung der Dimensionsstabilität charakterisiert (Abbildung 4).

Mechanische Eigenschaften

Um den Grad der Veränderung der Festigkeitseigenschaften der behandelten Hölzer beurteilen zu können, wurden Untersuchungen zum Masseverlust, zur Brinell-Härte, Biegefestigkeit und Biege-E-Modul sowie zur Bruchschlagarbeit an, im Normklima konditionierten, fehlerfreien Normproben durchgeführt.

Veränderungen der Masse und Dichte

Der Substanzabbau infolge hydro-thermischer Behandlung ist holzartentypisch und am individuellen Masseverlust der Proben abzulesen (Tabelle 1). Als erstes werden die leicht flüchtigen Bestandteile des Holzes abgebaut. Mit zunehmender Behandlungstemperatur erfolgt je nach baumartenabhängiger Zusammensetzung der Hauptbestandteile Zellulose, Hemizellulose und Lignin ein weiterer Abbau an



Kontakt:

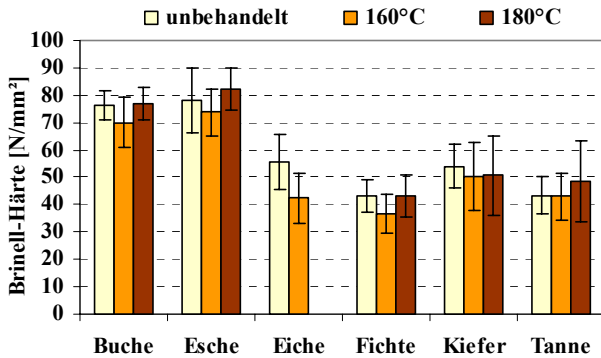


Abbildung 5: Brinell-Härte auf den Hirnflächen

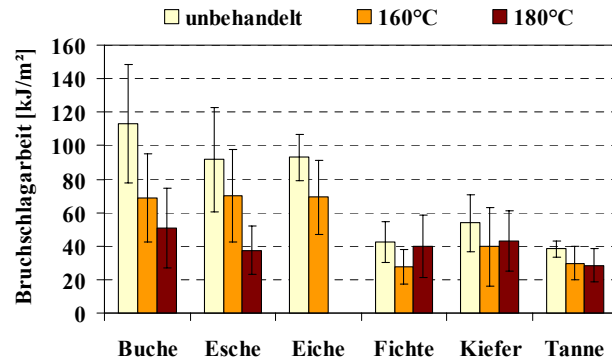


Abbildung 6: Bruchschlagarbeit ermittelt aus Schlagbiegeversuchen

Holzsubstanz. Die Darrdichte der thermisch behandelten Hölzer ist entsprechend dem Substanzabbau gegenüber der unbehandelten Variante verringert. Die Normal-Rohdichte (konditioniert bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchtigkeit) verringert sich zusätzlich durch die reduzierte Feuchtigkeitsaufnahme des behandelten Holzes.

Brinell-Härte

Generell war bei allen Holzarten zunächst eine Reduktion der Oberflächenhärte der Behandlungsvariante 160°C im Vergleich zur unbehandelten Variante zu beobachten (Abbildung 5). Für die Behandlungstemperatur 180°C wurde wieder eine höhere Oberflächenhärte beobachtet. Buche, Esche und

Tabelle 1: Dichte im absolut trockenen Zustand (Darrdichte) und bei Lagerung im Normalklima (Normal-Rohdichte) und Masseverluste der verschiedenen Temperaturvarianten für alle Holzarten

Holzart	Behandlung	Darrdichte [kg/m³]	Darrmasse [in % von unbeh.]	Normalrohddichte [kg/m³]
Buche	unbehandelt	698	-	743
	160°C	643	-6	676
	180°C	609	-10	636
Esche	unbehandelt	661	-	704
	160°C	623	-5	659
	180°C	596	-8	624
Eiche	unbehandelt	673	-	712
	160°C	575	-15	600
	180°C	540	-17	560
Fichte	unbehandelt	428	-	464
	160°C	410	-3	438
	180°C	407	-3	429
Kiefer	unbehandelt	532	-	576
	160°C	507	-4	543
	180°C	504	-4	533
Tanne	unbehandelt	413	-	449
	160°C	387	-6	413
	180°C	373	-9	393

Tanne wiesen für die höhere Temperaturvariante Härten auf, die sogar über denen des unbehandelten Holzes lagen. Den stärksten Rückgang wies Eichenholz mit 14 N/mm² bzw. 28 % auf, für das allerdings nur die 160°C-Variante untersucht wurde. Mit einer Zunahme der Oberflächenhärte war bei höherer Behandlungstemperatur eine begleitende Versprödung des behandelten Materials zu beobachten.

Bruchschlagarbeit

Die Bruchschlagzähigkeit verringerte sich infolge der thermischen Behandlung. Bei Buche und Esche war bei höherer Temperatur ein weiterer deutlicher Rückgang in der Bruchschlagarbeit zu erkennen. Bei 160°C lag der Rückgang der Bruchschlagarbeit für Buche bei 39 %, für die Variante 180°C bei 55 %. Esche und Eiche wiesen ähnlich hohe Rückgänge auf. Für die Nadelhölzer wurden hingegen etwas geringere Abnahmen der Bruchschlagarbeit beobachtet (Abbildung 6).

Biegefestigkeit und E-Modul

Die Ergebnisse zeigten für alle Holzarten eine deutliche Reduktion der Biegefestigkeit durch die thermische Behandlung. Am stärksten war der Rückgang bei Fichte und Buche. Dort verringerte sich die Biegefestigkeit jeweils um etwa 37% (bei einer Behandlungstemperatur von 160°C). Den geringsten Rückgang weist Eiche auf (8%). Bei einigen Holzarten wurde ähnlich wie bei der Brinell-Härte für 180°C wieder ein leichter Anstieg der Biegefestigkeit beobachtet (Abbildung 7 und 8).

Die Steifigkeit der Hölzer – gekennzeichnet durch das statische Biege-E-Modul – blieb überwiegend auf dem gleichen Niveau wie beim unbehandelten Holz. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass die geringere Ausgleichsfeuchtigkeit der thermisch



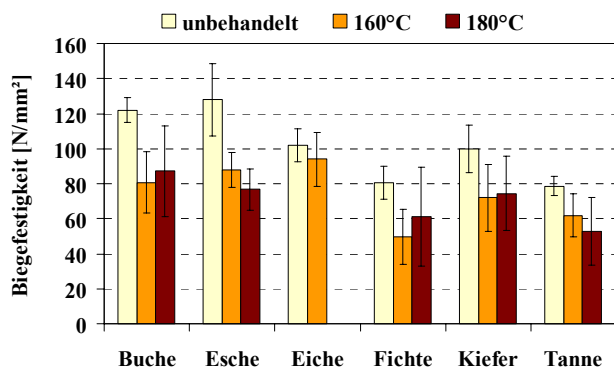


Abbildung 7: Biegefestigkeit der Behandlungsvarianten

behandelten Proben sowohl zur Erhöhung der Biegefestigkeit als auch der Steifigkeit beiträgt.

Holzbiologische Eigenschaften

Ein wesentliches Ziel der thermischen Behandlung ist die Erhöhung der Resistenz gegenüber holzerstörenden Pilzen. Hiervon profitieren insbesondere wenig dauerhafte, einheimische Hölzer wie die Rotbuche. Zur Beurteilung der Resistenz der thermisch behandelten Hölzer gegenüber pilzbedingtem Holzabbau wurden zwei Laborverfahren angewendet, die standardmäßig zur Beurteilung der Wirksamkeit von Holzschutzmitteln und seit längerem auch zur Beurteilung thermisch modifizierter Hölzer herangezogen werden. Es erfolgten Laborversuche in Anlehnung an ENV 807:2001 (*Bestimmung der Grenze der Wirksamkeit gegen Moderfäule und andere erdbewohnende Mikroorganismen*) sowie die Bestimmung der natürlichen Dauerhaftigkeit gemäß EN 350-1:1994 (*Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz*) unter Durchführung von Laborversuchen nach EN 113:1996 (*Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen holzerstörende Basidiomyceten*). Inzwischen wurden zwei neue technische Spezifikati-

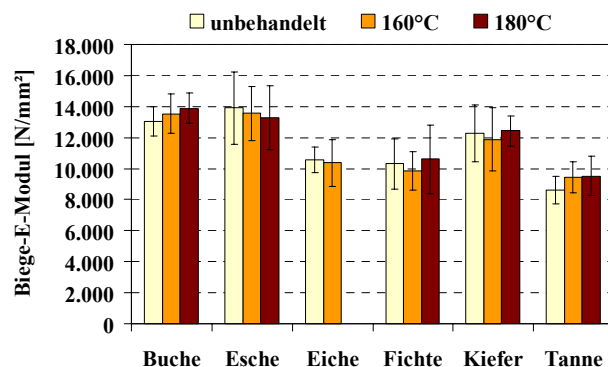


Abbildung 8: Statisches Biege-E-Modul der Behandlungsvarianten

Tabelle 2: Übersicht über die Versuchsbedingungen für die Untersuchungen nach EN 113 und ENV 807

Versuch	Versuchsdauer	Temperatur	Relative Luftfeuchte
ENV 807	32 Wochen	27°C	70%
EN 113/EN 350-1	16 Wochen	22°C	70%

onen (Vornormen) veröffentlicht, die die oben genannten Verfahren weiterentwickeln und vereinfachen. Soweit möglich, wurden die Untersuchungsergebnisse daher auch nach CEN/TS 15083-1 (Basidiomyceten – Agarblocktests) und CEN/TS 15083-2 (Moderfäule – Erdkontaktversuche) ausgewertet. Eine wesentliche Neuerung ist die Einstufung in natürliche Dauerhaftigkeitsklassen nach Erdkontaktversuchen.

Alle Prüfkörper wurden vor Versuchsbeginn einer Auswaschung nach EN 84 unterzogen, welche gewöhnlich vor biologischen Laborversuchen durchgeführt wird. Sie soll eine beschleunigte Alterung bzw. Auswaschung des Materials unter Freilandbedingungen simulieren. Zur Beurteilung der Resistenz von Hölzern wird in Laborverfahren üblicherweise der pilzbedingte Masseverlust von Holzproben bestimmt, welche für eine bestimmte Zeit holzerstörenden Pilzen ausgesetzt waren (Tabelle 2). Aus der Darrmasse vor und am Ende des Versuchs wird ein prozentualer Masseverlust errechnet (Abbildung 9). Zur Abschätzung der natürlichen Dauerhaftigkeit wird der Masseverlust der Versuchshölzer so genannten Bezugsholzproben gegenübergestellt. Für Laubhölzer wird Buchenholz und für Nadelhölzer Kiefernspiltholz herangezogen.

Erdkontaktversuche nach ENV 807

Für den Versuch nach ENV 807 zur Resistenz gegenüber Moderfäulepilzen und anderen Mikroorga-

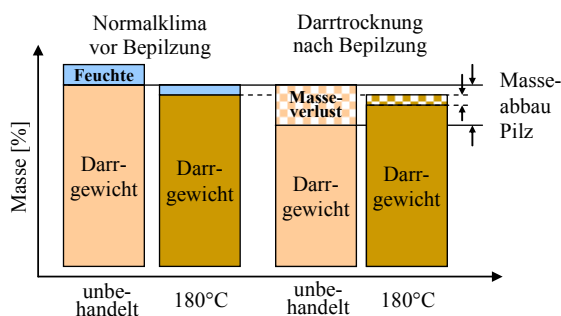


Abbildung 9: Masseverhältnisse von unbehandelten und thermisch behandelten Prüfkörpern vor und nach der Inkubation mit Pilzen



Kontakt:



Abbildung 10: Prüfkörper im Erdkontaktversuch gemäß ENV 807

nismen wurden die Prüfkörper in einem Substrat aus natürlicher Oberflächenerde für maximal 32 Wochen eingebracht (Abbildung 10). Jeweils nach 8, 16 und 24 Wochen wurden bereits Proben entnommen, um den vorschreitenden Substanzabbau zu beobachten.

Bei allen Holzarten wurde innerhalb der Versuchsdauer ein deutlich geringerer Masseverlust bei den thermisch behandelten Prüfkörpern beobachtet. Generell zeigt sich bei allen Holzarten – insbesondere aber bei den Laubhölzern, dass der Masseverlust weiter reduziert war, wenn statt bei 160°C die Hölzer mit der höheren Behandlungstemperatur von 180°C behandelt wurden (Abbildung 11 und 12). Erwartungsgemäß zeigte das unbehandelte Buchenholz den größten Masseverlust. Allerdings wurde der stärkste Effekt der thermischen Behandlung auch bei den Buchenholzproben erzielt, was schon sehr gut an den Prüfkörper beobachtet werden konnte (Abbildung 13). Bei obligatorischen Kernholzbildnern wie der Kiefer verringerte sich der Unterschied in der Resistenz zwischen Kern- und Splintholz infolge thermischer Behandlung und das Splintholz zeigte nun eine vergleichbare Resistenz.

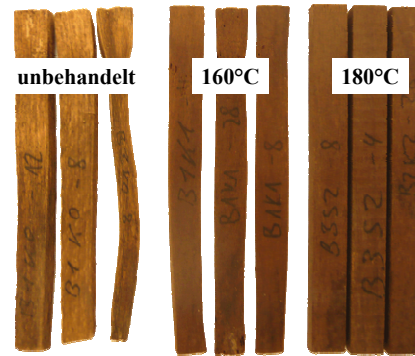


Abbildung 13: Buchenholzprüfkörper der untersuchten Behandlungsvarianten nach 32-wöchiger Inkubation im Erdsubstrat

Klassifizierung der Natürlichen Dauerhaftigkeit nach Erdkontaktversuchen (in Anlehnung an CEN/TS 15083-2: Moderfäulepilze)				
nicht dauerhaft [5]	wenig dauerhaft [4]	mäßig dauerhaft [3]	dauerhaft [2]	sehr dauerhaft [1]
Buche		Buche		Buche
	Esche	Esche Kern		Esche
Buche		Eiche Kern	Eiche Kern	Eiche Kern
Esche			Eiche Kern	

Legende: Verbesserung → Untersuchungsvarianten
 EN 350-2: unbehandelt, 160°C, 180°C

Abbildung 14: Einstufung der Untersuchungsvarianten in Dauerhaftigkeitsklassen nach Resistenztests gegen Moderfäulepilze gemäß CEN/TS 15083-2; EN 350-2: langjährige Erfahrungswerte zur Dauerhaftigkeit von unbehandeltem Holz

Der Feuchtigkeitsgehalt der thermisch behandelten Hölzer nach Entnahme aus dem Erdesubstrat war gegenüber der unbehandelten Variante bei den Nadelholzproben im Gegensatz zum Laubholz nur geringfügig herabgesetzt. Allerdings wiesen alle Varianten eine Holzfeuchtigkeit weit über dem Fasersät-

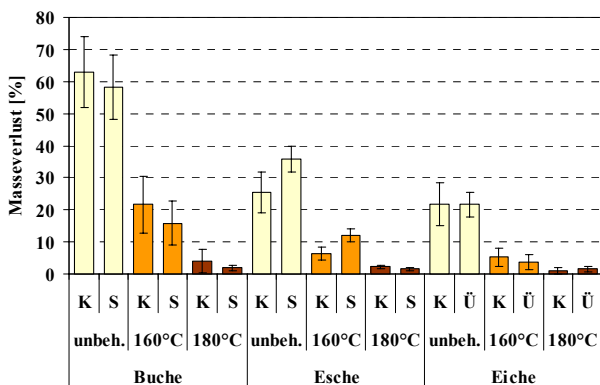


Abbildung 11: Masseverluste aus Erdkontaktversuchen nach ENV 807 für die untersuchten Laubhölzer

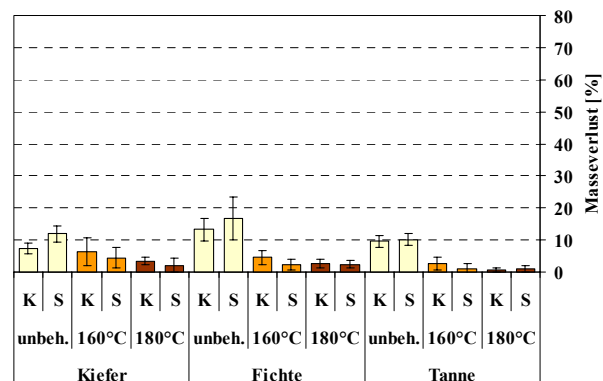


Abbildung 12: Masseverluste aus Erdkontaktversuchen nach ENV 807 für die untersuchten Nadelhölzer





tigungspunkt auf. Insgesamt konnte ein Rückgang der Masseverluste je nach Holzart und betrachtetem Stammbereich zwischen 13 % (Kiefer Kern) und 89 % (Tanne Splint) bei 160°C und zwischen 54 % (Kiefer Kern) und 97 % (Buche Splint) bei 180°C behandelten Holz festgestellt werden. Die Einstufung in vorläufige Dauerhaftigkeitsklassen gemäß CEN/TS 15083-2 ergab für die thermisch behandelten Laubhölzer eine deutlich höhere Dauerhaftigkeitsklasse (Abbildung 14).

Agarblocktests nach EN 113

Für die Resistenzprüfung gemäß EN 350-1 bzw. EN 113 wurden thermisch behandelte Holzproben gemeinsam mit unbehandelten Proben über einen Zeitraum von 16 Wochen in Glascontainer eingebracht, in denen zuvor ein bestimmter Prüfpilz auf einem Nährmedium (Agarnährboden) herangezüchtet wurde (Abbildung 15). Die Prüfkörper wurden vor der Einbringung mit Gammastrahlung sterilisiert. Bei den untersuchten Prüfpilzen (Braun- und Weißfäuleerreger) handelte es sich um die wichtigsten holzerstörenden Pilze, die für Dauerhaftigkeitsversuche verwendet werden (Tabelle 3).

Tabelle 3: verwendete Prüfpilze

Wissenschaftler Name	Deutscher Name	getestet an
<i>Coniophora puteana</i>	Brauner Kellerschwamm	LH und NH
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Balkenblättling	LH und NH
<i>Serpula lacrymans</i>	Echter Hausschwamm	LH und NH
<i>Coriolus versicolor</i>	Schmetterlingstramete	LH
<i>Poria placenta</i>	Rosafarbener Saftporling	NH

LH = Laubholz, NH = Nadelholz

Erwartungsgemäß zeigten thermisch behandelte Proben aller Holzarten einen tendenziell deutlich niedrigeren Masseverlust (d.h. erhöhte Pilzresistenz) als unbehandelte Vergleichsholzproben. Der positive Effekt der thermischen Behandlung zeigte sich für Nadelhölzer umso deutlicher bei der höheren Temperaturvariante von 180°C. Hier lag der höchst erreichte Masseverlust (Median) für Fichtenholz bei 10 %, während die Behandlungsstufe 160°C zu einem Masseabbau von bis zu 26 % bei Kiefern Splintholz führte. Bei den Laubhölzern resultierte bereits die niedrigere Temperaturbehandlung (160°C) in eine deutlich verbesserte Pilzresistenz bei den Holzarten Buche und Esche (Abbildung 16 und 17). Der Prüfpilz „Echter Hausschwamm“ war bei

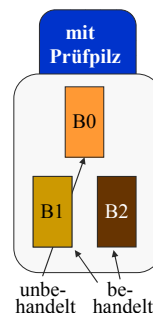


Abbildung 15: Lagerung je eines Behandlungs- und eines Kontrollprüfkörpers in Glascontainern für die Resistenzprüfung in Anlehnung an EN 113

allen Behandlungsvarianten der untersuchten Laubhölzer kaum, bei Nadelholz jedoch hoch virulent.

Auf Grundlage vorgenannter Ergebnisse wurde eine Einstufung der nach EN 113 geprüften Holzproben in natürliche Dauerhaftigkeitsklassen (DHK) nach EN 350-1 (Abbildung 18 und Tabelle 4) sowie eine vorläufige Einstufung gemäß CEN/TS 15083-1 vorgenommen. Die thermische Behandlung führte bei den Prüfhölzarten grundsätzlich zu einer Steigerung der natürlichen Dauerhaftigkeit. Insbesondere die stärkere thermische Behandlung (180°C) bewirkte eine deutliche Verbesserung der Dauerhaftigkeit bis zu DHK 2 (dauerhaft) und zum Teil auch DHK 1 (sehr dauerhaft). Beispielsweise änderte sich die Klassifikation von Buche und Tanne von ursprünglich „nicht dauerhaft“ (DHK 5) zu „sehr dauerhaft“ (DHK 1) nach thermischer Behandlung bei 180°C. Ein Vergleich der Einstufungen in natürliche Dauer-

Tabelle 4: Vergleich der Einstufung Natürliche Dauerhaftigkeit nach CEN/TS 15083-1 und EN 350-1 (Tests nach EN 113)

Baumart	Variante	CEN/TS 15083-1		EN 350-1 (EN 113)		
		MV [%]	DHK	MV [%]	x-Wert	DHK
Buche	unbeh.	36,9	5	35,5	1,00	5
	160°C	10,9	3	8,2	0,23	2
	180°C	6,1	2	3,8	0,11	1
Esche	unbeh.	32,5	5	30,8	0,87	4
	160°C	11,4	3	6,8	0,19	2
	180°C	4,2	1	1,9	0,05	1
Kiefer	unbeh. K	27,3	4	26,0	0,87	4
	unbeh. S	39,1	5	29,8	1,00	5
	160°C K	24,4	4	19,3	0,65	4
	160°C S	25,6	4	19,2	0,64	4
	180°C K	7,9	2	4,5	0,14	1
	180°C S	8,5	2	4,9	0,17	2
Fichte	unbeh.	39,0	5	33,6	1,13	5
	160°C	24,4	4	20,7	0,69	4
	180°C	9,8	2	7,5	0,25	2

DHK = Dauerhaftigkeitsklasse; MV = Masseverlust; K = Kernholz; S = Splintholz



Kontakt:

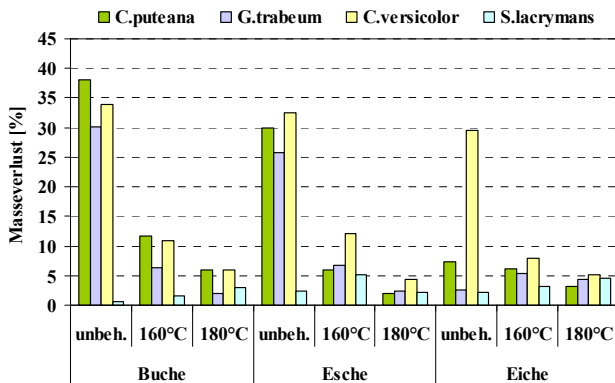


Abbildung 16: Median Masseverluste [%] der untersuchten Laubhölzer getestet nach EN 113 nach 16 Wochen Versuchsdauer dargestellt für den jeweiligen Versuchspilz und der Behandlungsvariante

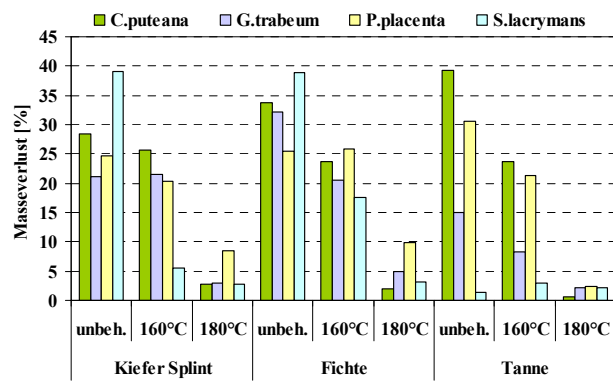


Abbildung 17: Median Masseverluste [%] der untersuchten Nadelhölzer getestet nach EN 113 nach 16 Wochen Versuchsdauer dargestellt für den jeweiligen Versuchspilz und der Behandlungsvariante

haftigkeitsklassen gemäß EN 350-1 (EN 113) und gemäß der vorläufigen CEN/TS 15083-1 offenbart teilweise abweichende Ergebnisse. Diese sind überwiegend auf das unterschiedliche mathematische Berechnungsverfahren zurückzuführen. Tendenziell scheint das vorläufige Verfahren nach CEN/TS 15083-1 zu etwas konservativeren Einschätzungen der Dauerhaftigkeit zu führen.

Zusammenfassung

Die thermische Behandlung nach dem WTT-Thermoverfahren brachte für die untersuchten Holzarten eine Reihe von Verbesserungen der technologischen und biologischen Eigenschaften. Die Behandlungsintensität bestimmt maßgeblich die Stärke der einzelnen Effekte. Dies ist von vielen anderen Verfahren zur thermischen Behandlung bekannt. Je nach beabsichtigter Verwendung reicht bereits eine Behandlung bei 160°C aus, um positive Eigenschaftsänderungen wie eine verringerte Feuchtigkeitsaufnahme und damit verbesserte Dimensionsstabilität zu erreichen. Trotz eines verbesserten Quell- und Schwindverhaltens der behandelten Hölzer sollte je nach Gebrauchsbedingungen weiterhin mit einem Arbeiten des Holzes gerechnet werden. Für Anwendungen im Außenbereich erscheint für von Natur aus nicht oder nur wenig dauerhafte Hölzer eine höhere Behandlungsintensität erforderlich. Hierbei sind je nach Produkt jedoch die verminderten Festigkeitseigenschaften zu berücksichtigen. Von einem Einsatz im Lasten tragenden Bereich sollte wie bei anderen thermischen Verfahren vorerst abgesehen werden. Da im Rahmen dieser Untersuchung ausschließlich fehlerfreie Normprüfkörper verwendet wurden, sind die Ergebnisse als nur rich-

tungswesend anzusehen. Bei Produkten in Gebrauchsgröße können abweichende Ergebnisse auftreten. Hier ist nicht zuletzt die Qualität des Ausgangsmaterials sowie die Art und Weise des Gebrauchs entscheidend. Insbesondere sind langfristige Freilandversuche erforderlich, um die ermittelten Resistenzen gegenüber holzerstörenden Organismen auch unter realen Klimabedingungen zu bestätigen und eine Zuordnung zu Gebrauchsklassen nach DIN 335-1 zu ermöglichen.

Klassifizierung der Natürlichen Dauerhaftigkeit (Agarblocktests nach EN 113 und EN 350-1:Basidiomyceten)					
	nicht dauerhaft [5]	wenig dauerhaft [4]	mäßig dauerhaft [3]	dauerhaft [2]	sehr dauerhaft [1]
Erfahrungswert nach EN 350-2	Buche	Fichte		Eiche Kern	
	Esche	Tanne			
	Kiefer Splint	Kiefer Kern			
Versuchsergebnisse	Buche			Buche	Buche
		Esche		Esche	Esche
		Eiche Kern		Eiche Kern	Eiche Kern
	Kiefer Splint	Kiefer Kern		Kiefer Splint	Kiefer Kern
		Kiefer Kern & Splint			
	Fichte	Fichte		Fichte	
	Tanne			Tanne	

Legende: Verbesserung → Untersuchungsvarianten: unbehandelt, 160°C, 180°C

Abbildung 18: Einstufung der Untersuchungsvarianten in Dauerhaftigkeitsklassen nach Resistenztests gegen Basidiomyceten gemäß EN 113 (1996) und EN 350-1 (1994); EN 350-2: langjährige Erfahrungswerte zur Dauerhaftigkeit von unbehandeltem Holz

