

Marktchancen für hitzebehandeltes Holz in Deutschland: Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten, Verfügbarkeit und Marketing

Universität Freiburg, Institut für Forstpolitik, Arbeitsbereich Markt und Marketing
Leiter: Prof. Dr. M. Becker

Bearbeiterin: Dr. Carol M. Großmann

Im Auftrag der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
(ehem. Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz)

im Rahmen einer Sammelbewilligung der
forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz vom
11.5.01, AZ FVA-1236/IV-2001/st

November 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Methodisches Vorgehen.....	7
3	Allgemeine Eigenschaften von Holz nach Hitzebehandlung im Vergleich zu anderen konventionell und innovativ geschützten Massivholzprodukten.....	8
3.1	Konventioneller Holzschutz.....	8
3.2	Innovative Methoden der Holzvergütung.....	9
4	Allgemeine Gemeinsamkeiten und Unterschiede verschiedener kommerzieller Hitzebehandlungsverfahren.....	13
5	Behandlungskapazitäten und Produktionsentwicklung in Europa.....	15
6	Spezielle Materialeigenschaften und Verarbeitungstechnologie von hitzebehandeltem Holz.....	16
7	Einsatzmöglichkeiten, Vor und Nachteile bei der Verarbeitung und Verwendung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz aus Sicht der Produzenten.....	29
7.1	Einsatzmöglichkeiten.....	29
7.2	Vor- und Nachteile der Verarbeitung und Verwendung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz aus Sicht der Produzenten.....	32
8	Identifikation marktfähiger Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Finnland, den Niederlanden, Frankreich und Deutschland.....	36
8.1	Produktangebot.....	36
8.2	Gebrauchstauglichkeit von Fenstern aus hitzebehandeltem Holz aus technischer Sicht.....	37
9	Chancen für modifiziertes Holz in ausgewählten Marktsegmenten.....	39
10	Marketing.....	46
10.1	Rechte, Patente und Lizenzen.....	46
10.2	Zielmärkte und Absatzwege.....	48
10.3	Preisspannen von hitzebehandeltem Holz im Vergleich zu ausgewählten Alternativprodukten.....	51
10.4	Kommunikationspolitik.....	60
10.5	Marketing und Marktakzeptanz für hitzebehandeltes Holz aus Sicht von Händlern..	64
10.6	Kooperation bei der Marktführung zwischen Herstellern Weiterverarbeitern und Händlern.....	73
11	Zukünftige Marktchancen für hitzebehandeltes Holz.....	74
11.1	Umweltpolitische Rahmenbedingungen.....	74
11.2	Indikatoren einer Marktentwicklung in Deutschland.....	76
11.3	Gutachtliche Einschätzung der Marktentwicklung von hitzebehandeltem Holz in Deutschland.....	78
12	Schlussfolgerungen.....	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Veränderung der Holzeigenschaften durch verschiedene biozidfreie Vergütungsarten.....	12
Tabelle 2: Einsatzbereich (+) oder –hemmnisse für biozidfrei vergütetes Holz.....	12
Tabelle 3: Thermische Behandlung von Holz in Europa: Produktionskapazitäten und geschätzte Produktion im Jahr 2002	15
Tabelle 4: Dimensionsstabilität (Anti Shrinking Efficiency ASE) von hitzebehandeltem Holz unterschiedlicher Arten und Verfahren.....	18
Tabelle 5: Einsatzmöglichkeiten für retifiziertes Holz.....	32
Tabelle 6: Marktpräsenz von Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Skandinavien, Niederlanden, Frankreich und Deutschland	36
Tabelle 7: Vergleich von drei ausgewählten potentiellen Marktsegmenten für hitzevergütetes Holz in Österreich (Fassaden, Fensterrahmen, Lärmschutzwände)	42
Tabelle 8: Preise für Hitzebehandlungsanlagen.....	53
Tabelle 9: Behandlungskosten der verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren für 1 m ³ Holz	55
Tabelle 10: Von Herstellern eingesetzte Kommunikationsinstrumente in Deutschland	63
Tabelle 11: Erfolgsquote der Telefonumfrage bei Händlern von hitzebehandeltem Holz in Deutschland	65
Tabelle 12: Anzahl der befragten Händler mit Produkten der jeweiligen Hitzebehandlungsverfahren im Angebot	66
Tabelle 13: Kaufentscheidungsrelevante Produkteigenschaften von hitzebehandeltem Holz.	70

Anhang

Bezugs- und Informationsquellen für hitzebehandeltes Holz (Adressenlisten)

Anhang 1 Hersteller von hitzevergütetem Holz (international)	92
Anhang 2 Hersteller von Hitzevergütungsanlagen.....	95
Anhang 3 Weiterverarbeiter in Deutschland u. Frankreich.....	96
Anhang 4 Wissenschaftliche Forschungsinstitute und Verbände	98
Anhang 5 Fragebogen für Vertriebsunternehmen.....	100

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden Techniken bis zur Praxisreife entwickelt, mit denen Holz auf dem Wege einer Hitzebehandlung unter Sauerstoffabschluss chemiefrei dimensionsstabiler und dauerhafter gemacht wird (Anonymus 1999; Rytke 1999, Leithoff & Peek 1998). Insbesondere ein finnisches Verfahren wird schon seit einigen Jahren kommerziell zur Produktion des sogenannten „ThermoWood®“ angewendet. Derzeit werden jährlich ca. 40.000 m³ ThermoWood® in Finnland hergestellt. Investitionen in kommerzielle Hitzebehandlungsanlagen mit z.T. unterschiedlichen technischen Verfahren werden derzeit in Finnland, Schweden, den Niederlanden und Deutschland von unterschiedlichen Firmen getätigt. Auf dem finnischen Markt wird das Material für Außen- und Innenverschalungen, Fußböden, Gartenprodukte wie Holzfliesen, Gartenmöbel oder Zäune sowie für Fenster und Türen angeboten (Finnforest Deutschland GmbH 2000).

In den vergangenen Jahren wurde eine intensive Diskussion über den Einsatz chemischer Holzschutzmittel geführt. In der Folge änderten sich schrittweise die Anforderungen an den Holzschutz. Während früher z.B. die Wirksamkeit, das möglichst einfache und effiziente Einbringverfahren und die hierbei erzielbaren Eindringtiefen bei der Bewertung eines Schutzmittels im Vordergrund standen, rücken heute mehr und mehr der Gesundheitsschutz des Verbrauchers bzw. des Anwenders sowie der Umweltschutz in den Vordergrund (Leithoff und Peek, 1998). Hitzebehandeltes Holz verspricht den neuen Anforderungen an die Umweltverträglichkeit bei erhöhter Fäulnisresistenz entgegenzukommen. In den Holzhandelsinformationen des Gesamtverbandes Holzhandel wird unter dem Titel „Neu: Wärmebehandeltes Holz“ (Gesamtverband Holzhandel 2000, S. 15) folgender Schluß gezogen: „Für das neue Holz gibt es viele Anwendungsbereiche. Findige Holzhändler können sich neue Kunden schaffen.“ Aber nicht nur Holzhändler könnten von einem wachsenden Markt profitieren, sondern möglicherweise auch Holzverarbeitungsbetriebe, die das neue Material als Werkstoff für einen Teil ihrer Produktpalette aufnehmen. Zusammenfassende Informationen über die Materialeigenschaften, Verarbeitungstechnologie und Erfahrungen mit den Endprodukten sowie mögliche Bezugsquellen fehlen jedoch weitgehend.

In der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg wird eine ebenfalls von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz unterstützte Studie durchgeführt, um die Dauerhaftigkeit der Produkte verschiedener Hitzebehandlungsverfahren zu prüfen. An der Universität Göttingen läuft ein technologisch ausgerichtetes Forschungsprojekt zum Vergleich alternativer umweltfreundlicher Verfahren des Holzschutzes in Europa, mit einem Schwerpunkt auf der Holzacetylierung. Neuere Unter-

suchungen von hitzebehandeltem Holz, u.a. dem finnischen Material, weisen neben einer grundsätzlichen Eignung für hochwertige Verwendungen auf spezifische Produkt- und Verarbeitungsprobleme hin. Inzwischen bestehen bei Verarbeitern und Händlern spezifische Erfahrungen über den Umgang mit hitzebehandeltem Holz. Im kontinuierlichen Optimierungsprozess werden auf allen Ebenen neue Lösungsansätze für solche Probleme entwickelt. Es gibt allerdings kaum Marktstudien zu den potentiellen Marktsegmenten für Produkte aus hitzebehandeltem Holz. Wenig ist über Marketingstrategien und -maßnahmen von Herstellern und Händlern und über ihre Einschätzung der Marktentwicklung bekannt. Diese Informationen sind wichtig, um die Ursachen der schleppenden Markteinführung in Deutschland zu analysieren.

Die Studie stellt bereits verfügbare Veröffentlichungen und Firmeninformationen zu den unten genannten technischen und marktwirtschaftlich relevanten Punkten zusammen und erweitert sie um qualitative Informationen aus Leitfadeninterviews mit Experten aus Wissenschaft, Produktion und Handel.

In Absprache mit den Auftraggebern wurden folgende Untersuchungsaspekte als Kernauftrag der Studie formuliert:

Untersuchungsaspekte:

- Allgemeine Eigenschaften von Holz nach Hitzebehandlung im Vergleich zu anderen konventionell und innovativ geschützten Massivholzprodukten
- Allgemeine Gemeinsamkeiten und Unterschiede verschiedener kommerzieller Hitzebehandlungsverfahren
- Behandlungskapazitäten und Produktionsentwicklung in Europa
- Spezielle Materialeigenschaften und Verarbeitungstechnologie von hitzebehandeltem Holz
- Einsatzmöglichkeiten, Vor- und Nachteile bei der Verarbeitung und Verwendung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz aus Sicht der Produzenten
- Identifikation bereits marktgängiger hitzebehandelter Holzprodukte und Sortimente in Finnland, Frankreich, den Niederlanden und Deutschland
- Chancen für hitzebehandeltes Holz in ausgewählten Marktsegmenten
- Marketing für hitzebehandeltes Holz
- Zukünftige Marktentwicklung für hitzebehandeltes Holz in Deutschland

Die Informationen zu den Punkten 1-7 stammen aus allgemein zugänglichen Firmeninformationen und Veröffentlichungen laufender oder neuerlich abgeschlossener For-

schungsprojekte ergänzt durch Zusatzinformationen aus Interviews mit Herstellern und Wissenschaftlern. Die Informationen zu den Punkten 8 und 9 sind Ergebnisse aus einer qualitativen Befragung von Experten aus den Bereich Herstellung, Verarbeitung und Handel. Die Schlussfolgerungen konzentrieren sich auf die Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung von hitzebehandeltem Holz. Die Einschätzungen der zukünftigen Marktentwicklung durch die befragten Experten werden gutachtlich zusammenfasst und diskutiert. Dem Bericht sind Adressenlisten beigefügt, von Herstellern von hitzebehandeltem Holz (International), Weiterverarbeitern (Deutschland), Händlern von Fertigprodukten (Deutschland), Anbietern von Hitzebehandlungsanlagen (International) sowie von wissenschaftliche Instituten, die sich mit Forschungsfragen zu hitzebehandeltem Holz befassen. Zielgruppen des Berichtes sind die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, potentielle Hersteller und Weiterverarbeiter, Händler und Kunden von Produkten aus hitzebehandeltem Holz in Deutschland.

2 Methodisches Vorgehen

Die Informationsbeschaffung für diese Studie erfolgte in drei Stufen. An erster Stelle standen Literaturrecherche und -analyse, die sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen, Artikel in der Fach- und Tagespresse sowie Herstellerinformationen im Internet oder in Prospekten umfassten. Auf der Basis dieser Informationen wurden z.T. direkt, z.T. im „Schneeballverfahren“ Kontaktpersonen identifiziert und Adressen zusammengestellt¹ von:

- Wissenschaftlichen Instituten, die Untersuchungen zu hitzebehandeltem Holz durchführen
- Produzenten von hitzebehandeltem Holz
- Herstellern von Hitzebehandlungsanlagen

In der zweiten Stufe wurden qualitative Leitfadeninterviews mit Vertretern und Vertreterinnen der Produktionsunternehmen zu Fragen der Bewertung von Stärken und Schwächen der Verfahren und Produkte ihres Unternehmens, der Einschätzung der bisherigen und zukünftigen Marktentwicklung durchgeführt. Ein weiterer Fragekomplex behandelte die Einstellung zum aktiven Marketing und den eingesetzten Instrumenten, zu dem zu Beginn der Studie praktisch keine schriftlichen Informationen vorlagen. In einem dem Telefoninterview vorausgehenden Anschreiben wurden die Interviewpartner gebeten, Adressen von Weiterverarbeitern und Vertriebspartnern sowie Preislisten ihrer Produkte zur Verfügung zu stellen. Angestrebt war eine Befragung aller Hersteller von hitzebehandeltem Holz bzw. der Projektverantwortlichen, die Deutschland als einen Zielmarkt für ihre Produkte betrachten. Aus einer Liste von insgesamt 9 Unternehmen konnten im Endeffekt mit Vertretern von 6 Firmen eineinhalbstündige Interviews realisiert werden. Die Ergebnisse dieser Interviews finden sich vor allem in den Kapiteln 3, 5, 6, 8 und 9 dieser Studie.

In der dritten Stufe der Untersuchung wurde eine telefonische Befragung von 28 in Deutschland niedergelassenen Weiterverarbeitern und Händlern durchgeführt, von denen angenommen werden konnte, dass sie hitzebehandeltes Holz bearbeiten oder vertreiben. Die detaillierte Vorgehensweise bei der Auswahl und der Befragung sowie deren Ergebnisse sind in Kapitel 8.5 dargestellt. Eine Kopie des Fragebogens für die Händlerinterviews befindet sich im Anhang.

Aus Gründen der zugesicherten Anonymität sind alle Aussagen der verschiedenen Interviewpartner und -partnerinnen nur mit „mdl. Mittlg. 2002“ gekennzeichnet. Wenn mehrere Interviewpartner/innen eine inhaltlich gleiche Aussage machten, wurde die Anzahl der entsprechenden Meinungsvertreter/innen in Klammern angefügt.

¹ Besonderer Dank wird hier Frau Wohlfeil von EUWID ausgesprochen

3 Allgemeine Eigenschaften von Holz nach Hitzebehandlung im Vergleich zu anderen konventionell und innovativ geschützten Massivholzprodukten

3.1 Konventioneller Holzschutz

Holz hat viele positive Materialeigenschaften, die es für einen Einsatz in einer weiter Palette von Anwendungsbereichen qualifizieren. Zwei Eigenschaften mindern jedoch die Konkurrenzfähigkeit von Holz im Vergleich zu z.B. Metallen und Kunststoffen in relevanten Einsatzgebieten: die bei vielen Holzarten geringe natürliche Dauerhaftigkeit und die vergleichsweise geringe Dimensionsstabilität.

Der natürliche Rohstoff Holz ist ab einer bestimmten Feuchtigkeit u.a. anfällig für holzerstörende Pilze. Diese aus ökologischen Gesichtspunkten positiv zu bewertende Eigenschaft der biologischen Abbaubarkeit schränkt jedoch die Lebensdauer der Holzprodukte im Vergleich zu alternativen Materialien deutlich ein. Das Risiko eines Pilzbefalls besteht besonders im Außenbereich unter Witterungseinfluss sowie im Erdkontakt, wo mit dauerhaft feuchtem oder wechselfeuchtem Umgebungsklima gerechnet werden muss.

Konventioneller Holzschutz begegnet diesem Risiko mit drei generellen Methoden.

- schnelle (technische) Trocknung unter die kritische Holzfeuchte von 20 %
- konstruktiver Holzschutz,
z.B. Einbau von unbehandeltem Holz nur in Bereichen mit Ausgleichsfeuchten unter 20 %. Vermeidung direkter Befeuchtung an Hirnholzflächen sowie Vermeidung von Staunässe
- chemischer Holzschutz
Tränkung oder Oberflächenbeschichtung von Holzprodukten mit organischen oder anorganischen chemischen Verbindungen („Schutzsalze“), die aufgrund ihrer toxischen Wirkung auch bei geeigneter Holzfeuchte eine Besiedelung durch holzerstörende Pilz hemmen oder verhindern soll.

Die ausgeprägte Hygroskopizität von Holz i.e. Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe bis zu einer bestimmten Ausgleichsfeuchte in Relation zur Luftfeuchtigkeit der Umgebung, bewirkt eine Quellung und Schwindung des Materials, die mit der Bildung von mehr oder weniger ausgeprägten Oberflächenrissen verbunden sein kann. Dies mindert die Dauerhaftigkeit von Oberflächenaufträgen wie Lacken und Lasuren zur Farbgebung, als Wasser- oder UV-Schutz. Daraus folgt ein im Vergleich zu z.B. Kunststoffen höherer Wartungsbedarf für Holzprodukte, insbesondere in Einsatzbereichen mit hohen Luftfeuchteschwankungen.

Konventionelle Methoden des Holzschutzes beeinflussen das Quell- und Schwindverhalten von Holz nicht. Je nach Einbringtiefe der Holzschutzmittel kann deren Wirkung folglich durch die Rissbildung bei Quellung und Schwindung des Holzes gemindert oder aufgehoben werden. Einsatz von chemisch behandeltem Holz unter dauerhaft feuchten oder wechselfeuchten Bedingungen kann darüber hinaus zu einer Auswaschung der Holzschutzmittel führen, die einerseits ihre Wirkung am Produkt mindert, andererseits zu einer Anreicherung von toxischen Chemikalien in der Umwelt führt.

3.2 Innovative Methoden der Holzvergütung

Innovative Methoden der Holzvergütung versuchen diese beiden Probleme (Risiko eines Pilzbefalls, Ausmaß der Quellung und Schwindung) durch eine Beeinflussung der Ursache, nämlich der natürlichen Hygroskopizität des Holzes zu begegnen.

Quellung und Schwindung von Holz ist eine Folge der Wassereinlagerung in die Zellwände des Holzes, die zu einer Ausweitung (Quellung) oder bei Wasserentzug zum Schwinden des Materials führt. Die Zellwände bestehen vor allem aus Zellulose, Hemizellulosen und Lignin. Eine Wassereinlagerung wird durch die Gegenwart von endständigen Hydroxyl- (OH-) Gruppen in der molekularen Zellstruktur des Holzes gefördert, die insbesondere bei den Hemizellulosen häufig vorkommen. Die verschiedenen Vergütungsverfahren zielen auf unterschiedliche Weise darauf ab, die Verfügbarkeit der endständigen OH-Gruppen im Holz zu verringern. (Rapp, Sailer und Peek 2000)

Hitzebehandlung

Bei der Hitzebehandlung findet eine chemische Veränderung der Holzzellwand statt, ohne Zugabe einer weiteren Substanz. Die Veränderung zeigt sich in einem gesenkten Elementgehalt von Sauerstoff und Wasserstoff, während der Kohlenstoffgehalt erhöht ist (Wienhaus 1999). Es wird vermutet, dass vor allem die Hemizellulosen mit ihrem hohem Anteil an endständigen OH-Gruppen abgebaut werden und damit die Wasseraufnahmefähigkeit des hitzebehandelten Holzes verringern. (Rapp, Sailer und Peek 2000)

Der Definition von Leithoff (2001) folgend, werden in diesem Bericht unter dem Begriff ‚thermische Behandlung‘ oder ‚Hitzebehandlung‘ „solche Verfahren zusammengefasst, bei denen das Holz für einen gewissen Zeitraum auf Temperaturen zwischen 150°C und 270°C aufgeheizt wird, wobei der gesamte Querschnitt des zu behandelnden Holzes erwärmt wird, um die Resistenz des Holzes gegenüber einem Angriff durch Pilze und / oder die Dimensionsstabilität deutlich zu erhöhen. In diesem Sinne schließt der Begriff ‚thermische

Behandlung‘ ,Retifizierung‘ und ,Verhornung‘ mit ein. Thermisch behandeltes Holz wird je nach Verfahren und Hersteller unter anderem auch als „ThermoWood®“ [Thermoholz] (Viitaniemi 1997), Plato-Hout [Plato®holz] (Anonymus 1996), „Retified Wood“ [Bois réifié] (Gohar und Guyonnet 1998), Öl-Hitze bzw. „OHT-vergütetes Holz“ (Rapp und Sailer 2000) bezeichnet.“ (Leithoff 2001)

Durch die oben angeführt Definition sollen die thermischen Behandlungsverfahren von anderen Prozessen abgegrenzt werden, bei denen Holz erhöhten Temperaturen ausgesetzt wird, z.B. bei der technischen Trocknung, der Verleimung unter Druck und Hitze, dem Dämpfen, der Hausbockbekämpfung mit Heißluft, der Hitzesterilisation etc. (Leithoff 2001).

Das Ziel die Dauerhaftigkeit auch von natürlich nicht dauerhaften Hölzern zu erhöhen und bei allen Holzarten eine Dimensionsstabilisierung zu bewirken wird in unterschiedlichem Ausmaß von allen Hitzebehandlungsverfahren erreicht. Andere technische Eigenschaften von Holz werden jedoch durch Hitzebehandlung ebenfalls verändert. Eindeutig negativ ist die Verringerung der Bruchschlagfestigkeit, die einen Einsatz von hitzebehandeltem Holz im konstruktiv tragenden Bereich verhindert. Auf diese und weitere veränderte Eigenschaften (u. a. Farbänderung, Härte, Verleimbarkeit, Oberflächenbehandlung, Wärmeleitfähigkeit) wird im Kapitel 4 „Spezielle Materialeigenschaften und Verarbeitungstechnologie von hitzebehandeltem Holz“ genauer eingegangen.

Weitere innovative Methoden der Holzvergütung

Neben der Hitzebehandlung von Holz stellen Rapp, Sailer und Peek (2000) drei weitere innovative Methoden der Holzvergütung zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit und Dimensionsstabilisierung von Holz vor. Nachfolgende Kurzdarstellung und der Vergleich der Verfahren zur Hydrophobierung mit pflanzlichen Ölen, Melaminharztränkung und Acetylierung sind dieser Veröffentlichung (Rapp, Sailer und Peek 2000) entnommen.

Die Hydrophobierung mit pflanzlichen Ölen erfolgt mit den gleichen Anlagen und Prozessdiagrammen, mit denen auch chemische Holzschutzmittel in das Holz eingebracht werden. Folgt auf eine Druckimprägnierung mit warmem Pflanzenöl ein Schlussvakuum, so wird ein Teil des Öls wieder aus dem Holz gezogen. Auf diese Weise lassen sich trockene Holzoberflächen und typische Beladungsgrade von 80 bis 180 kg Öl/m³ Holz erzielen (Rapp et al. 2000). Bei diesem Verfahren wird weder eine Veränderung in der Struktur der Zellwand noch Veränderungen ihrer chemischen Zusammensetzung vorgenommen. Das in den Zelllumina befindliche Öl verzögert jedoch die Wasseraufnahme, ohne die rasche Wasserdampf-abgabe (Trocknung) zu hemmen (Rapp et al. 2000).

Die zwei anderen Verfahren haben unterschiedliche Arten von Modifikationen der Zellwand zur Folge.

Die Melaminharztränkung bewirkt eine Einlagerung von Harz in die einzelnen Zellwandschichten (Rapp et al. 1999) wobei angenommen wird, dass keine chemischen Verbindungen zwischen dem Harz und dem Holz ausgebildet werden. Dadurch bewirkt eine sogenannte Blockade die Aufnahme von Wasser in das Holz (Rapp et al. 2000).

Im Gegensatz hierzu führt die Acetylierung zu einer chemischen Reaktion zwischen den OH-Gruppen des Holzes und dem in diesem Verfahren eingesetzten Essigsäureanhydrid (Tarkow et al. 1950). Acetylgruppen werden an die Stelle der OH-Gruppen der Holzsubstanz gebunden und Essigsäure abgespalten, die bei am Abschluss des Prozesses entsorgt werden muss. (Rapp et al. 2000)

Die Materialien aus diesen vier vorgestellten Vergütungsprozessen haben gemeinsam, dass keine Biozide in das Holz eingebracht werden und das Holz nach der Behandlung nur Elemente enthält, aus denen es in der Natur aufgebaut ist: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Deshalb dürfen die Reste aus diesen Materialien, anders als mit chemischen Holzschutzmitteln geschütztes Holz, in Feuerungsanlagen nach der 4. BImSchV verbrannt werden (Rapp et al. 2000).

Die wichtigsten allgemeinen Vergleichsergebnisse dieser verschiedenen biozidfreien Holzvergütungsverfahren sind in den nachfolgenden zwei Tabellen dargestellt, die inhaltlich direkt aus der Veröffentlichung von Rapp, Sailer und Peek (2000) entnommen wurden. Tabelle 1 stellt die Veränderungen der Holzeigenschaften durch verschiedene biozidfreie Vergütungsarten dar. Auf die aufgeführten Holzeigenschaften, die direkt im Zusammenhang mit den möglichen Einsatzbereichen von hitzebehandeltem Holz stehen wird nachfolgend eingegangen.

Tabelle 1: Veränderung der Holzeigenschaften durch verschiedene biozidfreie Vergütungsarten

Vergütungsart \ Eigenschaft	Hitze	Öl-Impräg.	Melamin	Acetylierung
Schutz vor Fäulnis	+	+	++*	++*
Schutz vor Verfärbung	o	-	(+)	(+)
Stehvermögen (Dimensionsstabilität)	++	++	+	++
Härte	o	o	++*	o
Steifigkeit (E-Modul)	o	o	+	o
Bruchschlagarbeit	-	o	o	o
Verleimbarkeit	o	-	o	o
Lackhaftung	o	o	o	o
Korrosion von Metallen	o	+	o	-

++ sehr starke Verbesserung

++* sehr starke Verbesserung bei hohen Harzbeladungs- bzw. Acetylierungsgraden

+ deutliche Verbesserung

(+) deutliche jedoch zeitlich begrenzte Verbesserung

o keine Verbesserung,

- Verschlechterung der Holzeigenschaften

(Quelle: Rapp, Sailer und Peek, 2000)

In Tabelle 2 werden der Grad der Eignung und die Hemmnisse der vier verschiedenen biozidfreien Holzvergütungsverfahren für verschiedene Einsatzbereiche vergleichend dargestellt, wobei die aufgeführten Produktgruppen im Eignungsfall zum Teil auch schon kommerziell produziert werden.

Tabelle 2: Einsatzbereich (+) oder –hemmnisse für biozidfrei vergütetes Holz

Vergütungsart \ Einsatzbereich	Hitze	Öl	Melamin	Acetylierung
Parkettböden	Härte	Härte	+	Härte
Außenmöbel	+	Verleimung	+	+
Fenster und Außentüren	+	Verleimung	+	+
Holzfassaden	+	Dunkelfärbung	+	+
Balkone	Festigkeit	Dunkelfärbung	+	+
Bauholz, tragende Teile	Festigkeit	+	Kosten	Kosten
Zäune Lärmschutzwände	+	+	Kosten	Kosten
Garten und Landschaftsbau	+	+	Kosten	Kosten
Im Erdkontakt*	Dauerhaftigkeit	Kosten	Kosten	Kosten
Behandlungskosten in €/m ³	150-250**	130	250	175-300**

* zumindest bei einigen Prozessvarianten dürfte die Dauerhaftigkeit im Erdkontakt nicht ausreichen

** die Angaben schwanken je nach Verfahrensweise und Forschergruppe

Quelle: Rapp, Sailer und Peek (2000)

Der Vergleich legt unterschiedlich gelagerte allgemeine technische Vor- und Nachteile der verschiedenen Vergütungsverfahren dar. Bei hitzebehandeltem Holz werden insbesondere die verringerten Festigkeitseigenschaften als Hemmnis für einen Einsatz in wesentlichen Holzverwendungsbereichen (Bauholz, Tragende Teile, inkl. Balkone) sowie die nicht ausreichende Dauerhaftigkeit im Erdkontakt als nachteilig gewertet. Die Prozesskosten der Melaminharztränkung und Acetylierung, deren Produkte diese Nachteile nach Stand des Wissens nicht aufweisen sind jedoch bisher so hoch, dass sie noch nicht kommerziell eingesetzt werden. Aus diesem Grund befasst sich der Hauptteil dieser Studie nur mit bereits auf dem Markt eingeführten Hitzebehandlungsverfahren. Da die in Tabelle 2 aufgeführten Eigenschaften von hitzebehandeltem Holz von Durchschnittswerten aus Testergebnissen verschiedener Hitzebehandlungsverfahren abgeleitet sind, werden sie nachfolgend differenziert dargestellt.

4 Allgemeine Gemeinsamkeiten und Unterschiede verschiedener kommerzieller Hitzebehandlungsverfahren

Die Parameter der verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren unterscheiden sich zum Teil erheblich voneinander. Gemeinsam ist den kommerziell eingesetzten Verfahren, dass sie unter sehr sauerstoffarmen Bedingungen in mehr oder weniger geschlossenen Systemen durchgeführt werden.

Die derzeit führenden Verfahren können grob in vier Gruppen eingeteilt werden.

- a) einstufige Wasserdampf-Verfahren (Produktnamen z.B. ThermoWood®, „Le Bois Perdure“, „Mafi-Vulcano“)
- b) Feucht-Wärme-Druck (FWD)-Verfahren, z.B. das Plato®-Verfahren (Produktname Plato®Hout / Plato®Holz)
- c) Öl-Hitze-Verfahren (Produktname z.B. Menz-Holz)
- d) Inertgas-Verfahren (Produktname z.B. Bois Retifié, Retification®)

Die folgenden Kurzbeschreibungen der vier obengenannten Behandlungsverfahren wurden wörtlich von Leithoff (2001) übernommen.

a) Wasserdampf-Verfahren

Die für dieses Verfahren eingesetzten Anlagen ähneln einer Trockenkammer. In der Aufheizphase wird das mit Stapelleisten aufgesetzte Holz zunächst getrocknet. Durch Einblasen von Wasserdampf wird die Umgebungsluft weitgehend entfernt (Sauerstoffrestgehalt < 3.5%), so dass während der eigentlichen Behandlung bei 150°C bis

250°C das Holz nicht zu stark oxidieren (verbrennen) kann. Die Gesamtprozessdauer beträgt ca. 3 Tage. Bevorzugt wird in diesem Prozess bereits getrocknete Ware behandelt. Aufgrund der Anlagentyps, kann feuchtes Holz jedoch problemlos am Anfang des Prozesses vorgetrocknet werden, was die Gesamtprozessdauer dann entsprechen verlängert (Syrjänen 2000, Jämsä und Viitaniemi 2000, Vernois 2000, Leithoff 2001).

b) Plato®-Verfahren

Beim Plato®-Verfahren handelt es sich um einen mehrstufigen Prozess: In der ersten Phase (Hydrothermolyse²) wird das Holz für 4-5 Stunden bei 160°C bis 190°C (Militz und Tjeerdsma 2000, Leithoff 2001), bzw. bei 150-200 °C (www.plato-holz.de Stand 30.11.02), unter sehr feuchten Bedingungen (Satttdampf oder in Wasser) behandelt. Dies geschieht unter hohem Druck (bis 1,6 Mpa (Leithoff 2001) bzw 8-10 bar (www.plato-holz.de)) in einem geschlossenen Kessel. Anschließend wird das Holz in einer Trockenkammer in 3-4 Tagen auf etwa 10% Holzfeuchte heruntergetrocknet. In der sogenannten Härtingsphase wird das Holz erneut für 14-16 Stunden auf 170°C bis 190°C aufgeheizt.

Als Ausgangsmaterial wird saftfrisches Material empfohlen. Bereits getrocknetes Holz wird am Anfang der ersten Phase angefeuchtet. Das Holz ist nach der Hydrothermolyse leicht plastisch verformbar, so dass in diesem Prozess durch einschalten eines Pressvorgangs der noch feuchten Hölzer komprimiertes Holz hergestellt werden kann. (Militz und Tjeerdsma 2000, Leithoff 2001) Eine allgemeine Darstellung von FWD-Verfahren bieten Patzelt et al. (2002).

c) Öl-Hitze-Verfahren

Beim Öl-Hitze-Verfahren wird das zu behandelnde Holz in heißes Pflanzenöl getaucht und im Ölbad langsam auf 180°C bis 220°C aufgeheizt. Die eigentliche Behandlungsdauer beträgt 2 bis 4 Stunden. Die während der Behandlung austretenden Gase verhindern weitestgehend die Aufnahme von Öl, so dass die Ölaufnahme – je nach Holzdimension – 20-40 kg/m³ meist nicht übersteigt. Die Holzoberfläche ist daher nach der Behandlung trocken. Bei Bedarf kann die Ölaufnahme jedoch durch eine Veränderung der Prozessparameter erheblich gesteigert werden. Die Gesamtprozessdauer beträgt ca. einen Tag. Für die Öl-Hitzebehandlung wird getrocknetes Holz eingesetzt. (Rapp und Sailer 2000, Leithoff 2001)

d) Inertgas-Verfahren

Bei Inertgas-Verfahren, wird statt mit Wasserdampf oder Öl oft mit Stickstoff mit einem Restsauerstoffgehalt unter 2% als Schutzatmosphäre aber unter erhöhtem Druck gearbeitet (Vernois 2000, Giebeler 1986, Burmester 1973, Leithoff 2001).

In allen Verfahren muss das Holz nach der Behandlung kontrolliert zurückgekühlt werden und nachkonditioniert werden, damit es den Prozess nicht darrtrocken verlässt (Leithoff 2001).

5 Behandlungskapazitäten und Produktionsentwicklung in Europa

Die gegenwärtigen Vergütungskapazitäten und Produktion der verschiedenen Hersteller von hitzebehandeltem Holz in Europa sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Grundstruktur und Basisinformationen wurden EUWID (2001 Nr. 13) entnommen und anhand von neueren Veröffentlichungen und Mitteilungen aus telefonischen Interviews auf den Stand von Oktober 2002 gebracht.

Tabelle 3: Thermische Behandlung von Holz in Europa: Produktionskapazitäten und geschätzte Produktion im Jahr 2002

Firma	Ort	Land	Kapazität (m ³ /Jahr)	Produktion (m ³ /Jahr)	Verfahren	Quelle
Finnforest Oy	Kaskinen (2 Werke), Phäskelä	FIN	58.000	„nicht ausgelastet“	Wasserdampf	EUWID Nr. 13/2001 & mdl. Mittlg.
Stora Enso Timber Ltd.	Kotka	FIN	10.000	6-7.000	Wasserdampf	HZB Nr. 113/2002 & mdl. Mittlg.
Stellac Oy	div. Anlagen und Standorte	FIN	X x 1-5.000	keine Angabe	Wasserdampf	mdl. Mittlg.
Nieuw Hout	Arnhem	NL	35.000 (70.000)	„nicht ausgelastet“	Plato®Verfahren	Plato 2002 mdl. Mittlg.
Menz Holz	Ehrenberg-Reulbach	D	5-10.000	keine Angabe	Öl-Hitze	EUWID Nr. 13/2001
NOW New Option, Retitech u.a.	Dompierre sur Mer, u.a. (insg. 6 Anlagen)	F	21.000 (6x3.500)	8000	Inertgas und Wasserdampf	Vernois 2001, EUWID Nr. 13/2001
Mafi Holzverarbeitung GmbH	Schneegattern	A	4.000	2-2.500 ³	Wasserdampf	EUWID Nr. 13/2001 & mdl. Mittlg.
Schaffer Sägewerk-Holzexporte GmbH	Weißkirchen	A	5.000	keine Angabe	keine Angabe	EUWID Nr. 13/2001

Quelle: Verändert nach EUWID Nr. 13/2001

Nachdem die Produktionskapazitäten Ende der 1990er Jahre europaweit kontinuierlich angestiegen war und Anfang 2001 noch mit einer Verdoppelung der Kapazitäten im Jahr 2003

² „Kochen“ im Wasserbad (www.platoholz.de)

³ Seit Fertigstellung der Hitzebehandlungsanlage im Januar 2001 machen Herstellung und Vertrieb von Produkten aus hitzevergütetem Holz nach Angabe des Interviewpartners ca. 30% vom Gesamtumsatz des Unternehmens aus. (mdl. Mittlg. 2002)

gerechnet wurde (EUWID 2001 Nr. 13), erfuhr diese Entwicklung im Jahr 2001 aufgrund von Investitionszurücknahmen und Anlagenbeschädigung, starke Einschnitte (EUWID 2001 Nr. 36; EUWID 2001 Nr. 37; EUWID 2002 Nr. 23). Trotz Wiederaufnahme der Produktion von Öl-Hitze behandeltem Holz durch ein mittelständisches Unternehmen stagniert derzeit die Entwicklung der Produktionskapazität Europaweit.

Pressemitteilungen bestätigen, dass Verbandsmitglieder der Finnischen Thermowood Association nach eigenen Angaben insgesamt eine Produktionskapazität von 130 000 m³ pro Jahr aufgebaut haben, aber im Jahr 2002 voraussichtlich nur rund 50 000 m³ produzieren (www.holzweb.de, Stand 26.06.2002; vgl. Tabelle 3). Limitierende Faktoren der Kapazitätsauslastung sind nach Expertenaussagen

- Produktion entsprechend der Nachfrageentwicklung
- Überschätzung der Produktionskapazität (höherer Zeitbedarf für größere Dimensionen und besondere Qualitäten als standardmäßig vorgesehen)
- Probleme bei der Beschaffung von Rohstoff der notwendigen hohen Qualitäten
- Zeitbedarf für den kontinuierlichen Lernprozess bei der Verfahrensweiterentwicklung und Adaption der Prozessführung an verschiedene Holzarten

Die Angaben zur Auslastung bestehender Kapazitäten legen nahe, dass in unmittelbarer Zukunft erst auf eine Auslastung der Kapazitäten hingearbeitet wird, ehe in eine Ausweitung bzw. neue Hitzebehandlungsanlagen investiert wird. Gegenwärtig wird nur aus Österreich von Investitionen von mittelständischen Unternehmen in weitere (kleinere) Hitzebehandlungsanlagen berichtet (Patzelt u. Stingl 2001). Darüberhinaus sind einige Hersteller in der Lage relativ kurzfristig ihre Kapazitäten zu verdoppeln (md. Mittlg. 2002), wobei die führenden skandinavischen Hersteller eine Ausweitung ihrer Kapazitäten nur im skandinavischen Raum vornehmen würden (pers. Mittlg. 2002, 3x).

Als herausragendes Hindernis für eine Ausweitung der Produktionskapazitäten in Deutschland schätzt ein anderer Interviewpartner die hohen Investitionskosten für Anlagen und die notwendige Einarbeitungs- und Erfahrungsphase nicht nur bei einer eigenen Prozessentwicklung ein (mdl. Mittlg. 2002).

6 Spezielle Materialeigenschaften und Verarbeitungstechnologie von hitzebehandeltem Holz

Die relevanten modifizierten Materialeigenschaften von thermisch behandeltem Holz werden zunehmend wissenschaftlich geprüft. Nicht alle wissenschaftlichen Veröffentlichungen vergleichen Produkte aus allen verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren. Im einfachen Fall

werden die Eigenschaften einer Holzart nach thermischer Behandlung mit einem Verfahren und festgelegtem Prozessverlauf dargestellt (z.B. Niemz 2002). Es werden die Produkteigenschaften von Proben mehrerer Holzarten verglichen, die mit dem selben Verfahren mit gleichen Prozessverläufen behandelt wurden (Militz und Tjeerdsma 2001), Produkteigenschaften von Proben einer oder mehrerer Holzarten dokumentiert, die mit dem selben Verfahren, aber mit unterschiedlichen Temperaturen behandelt wurden (Rapp u. Sailer 2001, Jämsä und Viitaniemi 2001), Produkteigenschaften von Proben einer Holzart (*Pinus sylvestris* / Kiefer) verglichen, die mit verschiedenen Verfahren oder innerhalb eines Verfahrens mit unterschiedlichen Temperaturen hitzebehandelt wurden (Burk 2002, Lukowski und Böttcher 2002), eine Studie untersucht die veränderten Produkteigenschaften einer anderen Holzart (*Picea abies* / Fichte) nach Hitzebehandlung mit Feuchte-Wärme-Druck- (FWD) Verfahren unter Variation mehrerer Prozessparameter⁴ (Patzelt, Stingelt und Teischinger 2002). Die Ergebnisse werden nachfolgend für folgende technischen Produkteigenschaften zusammengefasst: Masseverlust, Dimensionsstabilität, Hygroskopizität und Wasseraufnahme, mechanische Festigkeitseigenschaften, Farbe und Geruch, Dauerhaftigkeit, Verleimbarkeit, Beschichtung sowie Wärmedurchlasswiderstand. Genauere Daten und Einzelheiten zu diesen und weiteren Produkteigenschaften⁵ können den jeweils angeführten Veröffentlichungen entnommen werden. Abschließend werden die wichtigsten Wechselwirkungen veränderter Materialeigenschaften nach thermischer Behandlung zusammengefasst.

Masseverlust

Die Hitzebehandlung von Holz führt durch Abbau von Holzbestandteilen zu einem Masseverlust, der in Abhängigkeit von der Holzart, Behandlungsverfahren und Prozessparametern zwischen 0,5 und 15 % angegeben wird (Jämsä u. Viitaniemi 2001, Lukowsky und Böttcher 2001, Patzelt et al. 2002). Bei steigender Reaktionstemperatur, Reaktionsdauer, Reaktordruck oder steigender Ausgangsholzfeuchte bei sonst gleichbleibenden Prozessverläufen wird ein z.T. linearer, z. T. überproportional steigender Masseverlust festgestellt (Patzelt et al. 2002). Luft (Wasserdampf) führt als Wärmeleitmedium im Vergleich zu Stickstoff zu einem höheren Masseverlust des Holzes. (Patzelt et al. 2002, Lukowski und Böttcher 2002). Für das Öl-Hitze Verfahren lässt sich ein möglicher Holzsubstanzverlust als Folge der Öl-Hitzebehandlung nicht genau bestimmen, da durch die physikalische Aufnahme von Öl während dieses Verfahrens das modifizierte Material insgesamt eine Massezunahme zwischen 50 und 70 % erfährt (Sailer et al. 2000).

⁴ zwei verschiedene Wärmeleitmedien, Ausgangsholzfeuchte, Reaktionstemperatur, Reaktionszeit, Reaktordruck
⁵ einzelne Studien prüften zusätzlich z.B. Temperaturverlauf im Holz während der Öl-Hitzebehandlung (Sailer et al. 2000), Verschulung nach vier versch. Hitzebeh. Verf. (Lukowski u. Böttcher 2001), Lösliche Inhaltsstoffe (Kamden et al. 1999, Lukowski u. Böttcher 2001.), Entzündbarkeit von Oberflächen nach FWD Verfahren (Patzelt et al. 2002), pH-Wert nach FWD Verf. (Patzelt et al. 2002)

Dimensionstabilität (Anti Shrinking Efficiency ASE)

Durch die verschiedenen Hitzebehandlungsprozesse wird eine Verringerung des Quell- und Schwindverhaltens von Holz erreicht. Die Quellungsvergütung von Holz wird durch die Anti Shrinking Efficiency ausgedrückt (ASE). Ein ASE von 0% bedeutet, dass das vergütete Holz den gleichen Quellungskoeffizienten wie unbehandeltes Holz aufweist. Eine ASE von 100% würde bedeuten, dass der Quellungskoeffizient des behandelten Holzes 0% ist, dass also keine Quellung stattfindet (Lukowsky 2001). In Abhängigkeit von den Prozessparametern der verschiedenen Verfahren und der behandelten Holzart wird von einer Verbesserung der Dimensionstabilität von 10% bis 40 % berichtet. Tabelle 4 stellt Angaben der ASE von hitzebehandeltem Holz unterschiedlicher Arten und Verfahren aus verschiedenen Quellen zusammen.

Tabelle 4: Dimensionstabilität (Anti Shrinking Efficiency ASE) von hitzebehandeltem Holz unterschiedlicher Arten und Verfahren

Verfahren	Holzart bzw. Prozessparameter	ASE [%]	Bemerkungen	Quelle
Plato®	Buche Douglasie Fichte Kiefer Pinus Radiata	10 / 13 13 / 23 11 / 40 33 / 41 35 / 40	radial / tangential	Militz u. Tjeerdsma 2001
Plato®	Kiefer bei ca. 180°C	43		Lukowski u. Böttcher 2001
FWD-Verfahren	Fichte	bis 40	in Abh. von Reaktionszeit, Reaktionstemperatur und Ausgangsholzfeuchte	Patzelt et al. 2002
ThermoWood® (VTT)	Kiefer, Fichte, Birke	50 – 90	in Abh. von Holzart Temperatur und Dauer der Behandlung	Jämsä u. Viitaniemi 2001
Öl-Hitze	Kiefer 180 °C 200°C 220°C	18 - 29 31 - 42 38 - 42	abnehmende ASE bei höherer Umgebungs-luftfeuchte (35 – 85%)	Rapp u. Sailer 2001

Im Gegensatz zu anderen Autoren differenzieren Militz und Tjeerdsma (2001) die ASE in radialer und tangentialer Richtung des Holzes. Sie stellen bei der Prüfung von „platonisierten“ Proben (Plato®-Verfahren) fest, dass die Verminderung der Schwindung in tangentialer Richtung stärker ausfällt als in radialer Richtung. Lukowski u. Böttcher (2001) geben weitere detailliertere ASE für Kiefernholz an, das in Stickstoffatmosphäre (NOW), einstufigen Wasserdampfverfahren mit unterschiedlichen Temperaturen oder nach dem Plato® Verfahren hitzebehandelt wurde. Die gefundenen Werte liegen im Bereich der oben angeführten ASE.

Hygroskopizität und Wasseraufnahme

Die Veränderung des Quell- und Schwindverhaltens erfolgt in direktem Zusammenhang mit dem veränderten Sorptionsverhalten von hitzebehandeltem Holz (Militz und Tjeerdsma 2001). Je weniger die Wasseraufnahme ermöglicht wird desto dimensionsstabiler ist das Material (Patzelt et al. 2002). Vorliegende Untersuchungen belegen ein verringertes Sorptionsvermögen von hitzebehandeltem Holz aller Verfahren in Luftatmosphäre (Jämsä u. Viitaniemi 2001, Lukowsky u. Böttcher 2001, Militz und Tjeerdsma 2001, Rapp u. Sailer 2001, Patzelt et al. 2002).

Die Wasseraufnahme von hitzebehandeltem Kiefernholz bei direktem Wasserkontakt wurde von Lukowsky u. Böttcher (2001) geprüft. Bei einer Lagerung in 4 mm tiefem Wasser nahmen die unbehandelten Kontrollen in den ersten 5 Minuten mehr Wasser auf, als die behandelten Hölzer. Nach 24 Stunden im Wasserbad hatten die behandelten Hölzer jedoch ähnlich viel oder mehr Wasser aufgenommen, als die Kontrollen. Nur die Proben, die mit einem mehrstufigen Wasserdampfverfahren und unter Druck behandelt wurden nahmen im Zeitraum von 24 Stunden, z.T. nur geringfügig, weniger Wasser auf als unbehandeltes Holz (Lukowsky u. Böttcher 2001). Aussagen zur Wasseraufnahme von nach dem Plato® Verfahren modifiziertem Holz in direktem Wasserkontakt und deren Folgen für die Dauerhaftigkeit liegen nicht vor, obwohl die Verwendung von „platonisiertem“ Holz als Kanalbefestigungsmaterial als eines der möglicherweise wichtigsten Einsatzbereiche in den Niederlanden angesehen wird.

Mechanische Festigkeitseigenschaften

Rissbildung

Bei der Prüfung von hitzebehandeltem Fichtenholz (einstufiges Wasserdampfverfahren bis 200°C und hydrothermische Behandlung) bemerkt Niemz (2002), dass bei der Temperaturbehandlung erhebliche Risse und Verformungen auftraten. Z.T. kommt es in geringem Umfang zur Aufweitung vorhandener Risse, zum anderen treten neue Risse auf insbesondere im Umfeld von Ästen (Niemz 2002). Vernois (2001) stellt fest, dass Holzarten mit höherer Dichte sich schwerer mit den in Frankreich üblichen einstufigen Wasserdampf- oder Inertgasverfahren behandeln lassen, als Arten mit geringer Dichte. Holzarten höherer Dichte, insbesondere Laubhölzer, neigen verstärkt zu Rissbildung und folglich stark verminderten mechanischen Festigkeitseigenschaften (Vernois 2001). Militz und Tjeerdsma (2001) stellen fest, dass sich die von ihnen geprüften Holzarten unterschiedlich gut „platonisieren“ ließen. Insbesondere Holzarten, die bekannter Weise schwer zu imprägnieren sind, lassen sich nach ihrer Erkenntnis auch schwerer mit dem Plato® Verfahren behandeln und neigen zu erhöhter Rissbildung. Lukowski und Böttcher (2001) stellen nach einer

visuellen Inspektion der Rissbildung vergleichbarer Kiefernholzproben nach der Behandlung mit vier unterschiedlichen Hitzebehandlungsverfahren⁶ fest, dass durch alle Verfahren deutliche Risse in allen Proben entstanden waren und ein Großteil der Hölzer zumindest im Fensterbau nicht mehr verwendet werden könnten.

Weiterhin wird bei Inertgas- und Wasserdampfverfahren, wenn auch in zum Teil geringem Maße, Verschalung (Lukowski und Böttcher 2001), Harzaustritt bzw. Verdunstung von Harz (Jämsä u. Viitaniemi 2001, Stingl et al. 2002), Verformung, Harzaustritt und Fleckenbildung im Umfeld von Harzgallen, beobachtet (Niemz 2002; s.a. Absatz „Witterungsbeständigkeit“).

Bruchschlagarbeit und Biegefestigkeit

Viele Versuchsreihen belegen, dass sich bei thermisch modifiziertem Holz die Biegefestigkeit und Bruchschlagarbeit mit zunehmender Behandlungsdauer und Temperatur vermindert (Burmester 1974, Weiland u. Guyonnet 1997, Niemz 2002, Patzelt et al. 2002).

Für die mit dem Plato® Verfahren behandelten Holzarten⁷ ermittelten Militz und Tjeerdsma (2001) eine durchschnittliche Verringerung der Bruchschlagarbeit von 5-18%. Damit sind die Festigkeitsverluste auf Grund des mehrstufigen Verfahrens im Vergleich zu anderen Hitzebehandlungsverfahren verhältnismäßig gering (Patzelt et al. 2002). Militz und Tjeerdsma (2001) weisen jedoch darauf hin, dass ihre Ergebnisse auf Prüfungen von fehlerfreien Brettern⁸ beruhen und dass diese Bretter unter „milden Bedingungen“ hitzebehandelt wurden. Insbesondere Holzarten, die bekannter Weise schwer zu imprägnieren sind, lassen sich nach ihrer Erkenntnis auch schwerer mit dem Plato® Verfahren behandeln und neigen zu stärkerer Minderung der Festigkeitseigenschaften. Militz und Tjeerdsma (2001) verweisen daher darauf, dass ältere Studien über die Biegefestigkeit von hitzebehandeltem Holz auf Festigkeitsverluste von 50% und mehr ergaben (Giebeler 1983, Militz und Tjeerdsma 2001) ohne jedoch die für die Proben verwendeten Hitzebehandlungsverfahren näher zu beschreiben. Für das Inertgasverfahren mit Stickstoff und unter Druck wird von Vernois (2001) bei Reaktionstemperaturen von 230°C von einem Festigkeitsverlust bis zu 40 % bei starker zunehmender Sprödigkeit berichtet, ohne Angaben über Reaktionszeit zu machen. Diese Ergebnisse werden von der vergleichenden Studie von Lukowski und Böttcher (2001) bestätigt.

⁶ einstufiges Wasserdampfverfahren bei 200°C und 230°C, Plato® und Inertgas (NOW)

⁷ Buche, Fichte, Douglasie, Kiefer, Pinus Radiata

⁸ Die Prüfung von Eigenschaften von hitzevergütetem Holz erfolgt in der Regel mit fehlerfreien Proben (Leithoff u. Peek 1998; vgl. Patzelt et al. 2002, Lukowski u. Böttcher 2001). Die wenigsten Autoren machen jedoch Angaben über die Ausbeute „fehlerfreier Proben“ aus einer Charge hitzebehandelten Holzes (Ausnahme: Lukowski u. Böttcher 2001). Kommt es in der Behandlung zu einer übermäßigen Ausbildung von Rissen, so sollte dies in die Betrachtung der Festigkeiten miteinbezogen werden (Leithoff u. Peek 1998)

Kamden et al. (2002) zeigen, dass die einstufige Hitzebehandlung die mechanischen Eigenschaften von Laubholz (Bsp. Buche, Pappel) stärker negativ beeinflusst, als die von Nadelhölzern (Bsp. See-Kiefer und Fichte).

Für das Öl-Verfahren ermittelten Rapp und Sailer (2001) ebenfalls eine mit Reaktionstemperatur steigenden Verringerung der Bruchschlagarbeit des behandelten Holzes von ca. 18 % bis 51 % (bei 180 bzw. 220°C).

Patzelt et al. (2002) differenzieren die Veränderung der Reaktor über die Zeit. Sie stellen fest, dass sich nach 6 Stunden Reaktionsdauer unter diesen Prozessbedingungen bei Fichte sowohl die Biegefestigkeit als auch der E- Modul signifikant erhöhen. Dieser Effekt war allerdings nach 12 Stunden Reaktionszeit nicht mehr nachweisbar, die Festigkeitswerte des hitzebehandelten Holzes sanken nun, wie erwartet, unter die der nicht modifizierten Kontrollproben. Die Autoren schließen aus dieser Erkenntnis auf eine notwendige Weiterverfolgung der Entwicklung kürzerer Hitzebehandlungszeiten von Holz unter Druck, mit dem Ziel eine kombinierte Verbesserung der Dimensionstabilität und Festigkeiten zu erreichen.

Sprödigkeit

Die verminderte Bruchschlagarbeit ist mit einer erhöhten Sprödigkeit des in Wasserdampf- oder Intergasatmosphäre hitzebehandelten Holzes verbunden. Diese Sprödigkeit führt einerseits dazu, dass das Material bei der Weiterbearbeitung stärker zum Ausreißen neigt als unbehandeltes Holz und andererseits die Holzstäube besonders fein und trocken sind (Leithoff 2001). Daher sind besonders scharfe Klingen der Bearbeitungsmaschinen erforderlich (Vernois 2001, www.finnforest.com) und z.T. langsamerer Vorschubgeschwindigkeiten beim Hobeln (mdl. Mittlg. eines Herstellers). Mit der Sprödigkeit geht auch ein verändertes Spaltverhalten einher. Es kann unter Umständen bei stoßartigen Belastungen zu Brüchen führen, die bei unbehandeltem Holz so nicht zu erwarten wären. (Leithoff 2001)

Schraubenauszugswiderstand

Mit geringerer Festigkeit hitzebehandelten Holzes nimmt auch der Schraubenauszugswiderstand ab (Leithoff 2001). Ein im Schnitt um 30 % verringerter Schraubenauszugswiderstand wurde bei Kiefernholz festgestellt, unabhängig vom Hitzebehandlungsverfahren, ohne signifikante Unterschiede zwischen radialen und tangentialen Werten (Lukowsky und Böttcher 2001). Diesem für den Fensterbau besonders wichtigen Parameter ist bei der Konstruktion von Fenstern aus hitzebehandeltem Holz besondere Aufmerksamkeit zu widmen (Burk 2002, Lukowsky und Böttcher 2001).

Farbe und Geruch

Farbänderung

Für alle Hitzeverfahren und Holzarten wird eine Verdunkelung der Farbgebung mit steigender Reaktionstemperatur berichtet (u.a. Leithoff u. Peek 1998, Jämsä u. Viitaniemi 2001, Lukowski u. Böttcher 2001, Rapp u. Sailer 2001, Vernois 2001, Niemz 2002). Patzelt et al. (2002) differenzieren die Veränderung der Helligkeit, Buntheit und des Farbtons für „FWD“-behandelte Fichte in Abhängigkeit von den Einflussparametern Holzfeuchte, Reaktionstemperatur, und Reaktionszeit. Die bei Hitzebehandlung immer auftretende Farbänderung kann von leichter Bräunung heller Holzarten über „mehr oder weniger Schokoladebraun“ (Leithoff u. Peek 1998) bis zu schwarzbrauner Verfärbung des Holzes führen. Die Verfärbung findet nach Aussagen aller Autoren über den ganzen Querschnitt des Holzes statt, nur Niemz (2002) berichtet von einer geringeren Verfärbung im Innenbereich der hitzebehandelten Holzstücke. Die Verfärbung ist nicht UV beständig. Das hitzebehandelte Holz aller Verfahren bleicht wie unbehandeltes Holz unter direkter Sonnenbestrahlung aus und vergraut (u.a. Jämsä u. Viitaniemi 2001, Rapp u. Sailer 2001, Vernois 2001, Patzelt et al. 2002; s.a. Absatz „Witterungsbeständigkeit“).

Geruch

Fast alle Autoren berichten von einem deutlichen Geruch hitzebehandelten Holzes. Die Einschätzung variiert in der Stärke von „leicht“ (Leithoff u. Peek 2001) bis „geruchsintensiv“ (Vernois 2001, Anonymus 2001), qualitativ von „typisch rauchig“ (Rapp u. Sailer 2001) bis „stinkt“ (mdl. Mittlg. 2002). Die Einschätzung der Flüchtigkeit des Geruches spannt von „einige Wochen“ im Innenbereich (Anonymus 2001) bis „der starke Geruch lässt nach ein paar Tagen nach, kann aber für einige Monate anhalten“ (Vernois, 2001). Eine systematische olfaktorische Prüfung wurde bisher nicht dokumentiert.

Dauerhaftigkeit

Pilzresistenz

Resistenz von hitzebehandeltem Holz gegen Pilzbefall wird unter den gleichen Bedingungen wie Dauerhaftigkeitstests von unterschiedlichen unbehandelten Holzarten vorgenommen. Sie kann als Laborversuch oder unter Freilandbedingungen mit und ohne Erdkontakt erfolgen. Labortests sind Grundlage der Einstufung von Holzarten und Holzwerkstoffen in standardisierte Dauerhaftigkeitsklassen. Bevorzugt wird die Angabe von Dauerhaftigkeitsklassen natürlicher Holzarten (Leithoff 2001).

Verschiedene Prüfnormen für Laborversuche und die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Befalls mit bestimmter Schadpilzen in Abhängigkeit gewünschter Einsatzbedingungen

des hitzebehandelten Holzes führen dazu, dass Dauerhaftigkeitsprüfungen z.T. mit unterschiedlichen Prüfpilzen durchgeführt werden. Allgemein wird festgestellt, dass die Dauerhaftigkeit von Holz bei einstufigen Hitzebehandlungsverfahren unter Wasserdampf mit steigender Reaktionstemperatur und Reaktionszeit zunimmt (u.a. Jämsä u. Viitaniemi 2001, Vernois 2001, Lukowski und Böttcher 2002, Leithoff u. Peek 1998). Rapp und Sailer (2001) stellen dies auch für das Öl-Hitze-Verfahren fest und dokumentieren weiterhin, dass Kiefern-Splintholz bei diesem Verfahren gegenüber Braunfäule⁹ resistenter wird als Fichte. Die Dauerhaftigkeit kann nach ihren Aussagen über eine gesteuerte Erhöhung der Ölaufnahme weiter gesteigert werden. Ladner und Halmschlager (2002) belegen eine hochsignifikant verbesserte Pilzresistenz von hitzebehandelter Fichte gegenüber einer Weisfäule¹⁰- und drei verschiedenen Braunfäulepilzen¹¹ ohne jedoch genauere Angaben über die Prozessparameter des zur Vergütung eingesetzten „FWD-Verfahrens“¹² anzugeben.

Für das mehrstufigen Plato® Verfahren stellen Militz und Tjeerdsma (2001) fest, dass es trotz niedrigerer Reaktionstemperaturen als bei einstufigen Verfahren im gleichen Wärmeleitmedium eine höhere Dauerhaftigkeit aller behandelten Holzarten (Pinus Radiata, Kiefer, Douglasie und Fichte) bewirkt. Fichte profitiert dabei sehr deutlich von der Hitzebehandlung, jedoch im weniger als die anderen Holzarten. Sowohl die Hydrothermolyse als auch die Konditionierungsphase vor bzw. nach der Wasserdampf-Hitzebehandlung vom getrockneten Material haben einen signifikanten Einfluss auf die verbesserte Pilzresistenz (Militz u. Tjeerdsma 2001). Die Bedeutung der verschiedenen Prozessstufen ist darüber hinaus für die verschiedenen eingesetzten Prüfpilze (Braunfäule, Weisfäule¹³) unterschiedlich (ibid.) Detaillierte Informationen über die biologische Resistenz von Plato® Holz findet sich in Tjeerdsma et al. 1998 und Tjeerdsma et al. 2000.

Kamden et al. (2002) schließen aus der Dauerhaftigkeitsprüfung von vier verschiedenen Holzarten¹⁴, die mit dem „französischen Hitzebehandlungsverfahren“¹⁵ mit drei verschiedenen Prüfpilzen¹⁶ nach zwei verschiedenen Methoden (Labor-modifizierter Bodentest und Agarblock-Test mit jeweils unterschiedlichen vorgeschalteten Extraktionsbehandlungen), dass das Ausmaß des Gewichtsverlustes von hitzebehandelten Proben nach Pilzbefall zwar deutlich geringer ist als bei unbehandelten Proben, jedoch auch signifikant von dem Gewichtsverlust der nicht mit Pilzen beimpften Kontrollproben abwich.

⁹ *Coniophora puteana*

¹⁰ *Trametes versicolor*

¹¹ *Coniophora puteana*, *Gloeophyllum trabeus*, *Oligoporus placenta* f. *placenta*,

¹² Feuchte-Wärme-Druck (FWD) Verfahren

¹³ *Coriolus versicolor*

¹⁴ „See-Kiefer“, Fichte, Buche und Pappel

¹⁵ entweder ein einstufiges druckloses Wasserdampf- oder Intertgasverfahren; keine Angaben zu Prozessparametern

Sie schließen daraus, dass die Hitzebehandlung zwar die Dauerhaftigkeit von Holzproben von einer nicht widerstandsfähigen zu einer mäßig widerstandsfähigen Klasse modifizieren, jedoch unterscheidet sich die erreichte Widerstandsklasse in Abhängigkeit von der Pilzart. Die erreichte Verbesserung der Pilzresistenz reicht nach ihrer Erkenntnis nicht aus, um hitzebehandeltes Holz ohne weitere Schutzmaßnahmen im Erdkontakt einzusetzen (Kamden et al. 2002).

Rapp et al. (2000) weisen darauf hin, dass die zur Prüfung der Wirksamkeit von chemischen Holzschutzmitteln entwickelten Labor-Prüfmethoden keine sichere Aussage über die im Freiland zu erwartende Dauerhaftigkeit von biozidfrei behandelten Hölzern erlauben. Laborprüfungen ermöglichen jedoch vergleichende Aussagen und die relative Bewertung von Verfahrensvarianten und Vergütungsgraden.

Freilandversuche zur Dauerhaftigkeit von Holz und Holzwerkstoffen bedürfen einer längeren Laufzeit, um aussagekräftige Ergebnisse zu ermöglichen. Je nach Versuchsaufbau wird die Pilzresistenz mit und ohne Erdkontakt überprüft. Solche Langzeitversuche wurden bisher von Leithoff u. Peek (1998), Lukowski und Böttcher (2001), Kropf und Sell (2002), Patzelt et al. (2002) sowie Rapp und Sailer angelegt. Die veröffentlichten (Zwischen-)Ergebnisse variieren in Abhängigkeit von der geprüften Holzart und dem Hitzebehandlungsverfahren. Modifiziertem Holz aus einstufigen drucklosen Hitzebehandlungsverfahren in Wasserdampf Atmosphäre wird allgemein keine Dauerhaftigkeit bei Erdkontakt zugesprochen (Jämsä u. Viitaniemi 2001). Lukowski und Böttcher (2001) berichten, dass hitzebehandelte „finnische Kiefer“¹⁷ innerhalb von 2 Monaten Freilandbewitterung ohne Erdkontakt, schneller als unbehandelte Kontrollen, mit holzverfärbenden Pilzen besiedelt wurde. Zwischenergebnisse nach einem Jahr Versuchslaufzeit von Patzelt et al. (2002) lassen eine höhere Resistenz von „FWD“ behandelter als unbehandelter Fichte im Erdkontakt erwarten. Leithoff (2001) weist jedoch ausdrücklich drauf hin, dass noch keine Langzeiterfahrung mit thermisch behandeltem Holz im Außenbereich existiert. Bis auf die Firmen Plato (Anonymus 2002) und Pic Bois (2002) halten alle anderen Anbieter thermisch behandeltes Holz als nicht geeignet für den Einsatz im Erdkontakt.

Witterungsbeständigkeit

Die optische (Farbveränderung und Vergrauung) und mechanische (Rissbildung) Witterungsbeständigkeit wird ebenfalls in Langzeitversuchen geprüft. Allgemein wird festgestellt, dass die durch die Hitzebehandlung hervorgerufene dunklere Farbgebung nicht

¹⁶ *Gloeophyllum trabeum, Poria placenta, Irpex lacteus*

¹⁷ es wird vermutet, dass es sich hier um Kiefernholz handelt, das nach dem finnischen einstufigen drucklosen Wasserdampf Vergütungsverfahren behandelt wurde.

UV-beständig ist und sich in weniger als einem Jahr sich farblich an den Vergrauungsgrad von unbehandeltem Holz angleicht (Jämsä und Viitaniemi 2001, Patzelt et al. 2002, Vernois 2001, Rapp und Sailer 2001). Darüber hinaus berichtet von einem geringfügigen „Ausschwitzten von Öltröpfchen“ bei hohen Außentemperaturen und direkter Besonnung von Öl-Hitze behandeltem Holz Rapp (mdl. Mittlg. 2002).

Die Rissbildung bei Bewitterung wird unterschiedlich bewertet. Vernois (2001) und Patzelt et al. (2002) berichten von einer verringerten Rissbildung bei hitzebehandeltem Holz unter Freilandbedingungen, mit der Begründung, dass die durch Wasseraufnahme induzierten Spannungen im Material im Vergleich zu unbehandeltem Holz reduziert seien. Das selbe wird für Öl-Hitze behandeltes Holz erwartet (Rapp und Sailer 2001). Die Befunde von Lukowski und Böttcher (2001) bei Bewitterung von beschichtetem Holz belegen eine gegenteilige Einschätzung der Rissbildung von hitzebehandeltem Holz unter Bewitterung.

Verleimbarkeit

Jämsä und Viitaniemi (2001), Rapp und Sailer (2001) sowie Patzelt et al. (2002) gehen von einer guten Verleimbarkeit für Holz aus dem einstufigen Wasserdampfverfahren sowie FWD-respektive Öl-Hitze behandelte Fichte aus. Resorcinol-, Polyurethan- und andere Zwei-Komponenten-Leimsysteme werden als geeignet angesehen. Jämsä und Viitaniemi (2001) gehen jedoch davon aus, dass hitzebehandeltes Holz wasserlösliche Leime, wie z.B. PVAc nur langsam aufnimmt und daher längere Presszeiten für Verleimungsprozesse benötigt werden. Sinn, Gindl und Reiterer (2002) können diese Beobachtung physikalisch mit der verminderten Benetzbarkeit hitzebehandelten Holzes erklären, die Oberfläche von (FWD-)hitzebehandeltem Holz wird hydrophober und der Säureanteil zeigt einen deutlichen Anstieg (s.a. Patzelt et al. 2002). Bei der Auswahl eines Leimes muss daher auf einen hohen Base-Anteil geachtet werden (Patzelt et al. 2002), denn nach Aushärtung zeigte sich, dass das modifizierte Holz für die getestete Holz-Leim-Kombination eine höhere Adhäsionsarbeit erreicht, was zu einer positiven Auswirkung auf die Verleimungsqualität führt (Sinn et al. 2002).

Aufgrund der erhöhten Sprödigkeit des Materials empfehlen Jämsä und Viitaniemi (2001) niedrigere Pressdrücke. Rapp und Sailer (2001) stellen weiterhin fest, dass für Öl-hitzebehandelte Kiefer mit höherer Öl-Aufnahme nur modifizierte Leime zu guten Ergebnissen führen.

Patzelt et al. (2002) berichten, dass alle von ihnen verleimten Proben¹⁸ – ungeachtet der Dauer der Hitzebehandlung des Holzes - nicht die Festigkeitswerte erreichten, welche von der österreichischen ÖNORM EN 204 gefordert werden. Dies wird jedoch weniger auf eine verminderte Verklebungsfestigkeit von thermisch modifizierten Holz zurückgeführt, als auf die Tatsache, dass sich die Normwerte auf unbehandelte Buche beziehen, welche allgemein eine höhere Festigkeit aufweist als thermisch behandelte Fichte. Der Prozentsatz an reinem Holzbruch (Leimfuge unversehrt) bei modifizierten Proben bewegte zwischen 66,6% und 95,7% (Patzelt et al. 2002).

Oberflächenbehandlung

Die Lackier- und Streichbarkeit von hitzebehandeltem Holz ist sowohl als Uv-Schutz gegen Vergrauung, zur Farbgebung und für zusätzlichen Schutz gegen Bewitterung von Bedeutung. Generelle Aussagen, dass „normale Oberflächenbehandlung“ von hitzebehandeltem Holz keine Schwierigkeiten bereitet (Jämsä und Viitaniemi 2001, Leithoff 2001) widersprechen grundlegend der Einschätzung von Vernois (2001), dass Farben und Lacke, die normalerweise bei unbehandeltem Holz verwendet werden, nicht für hitzebehandeltes Holz geeignet sind. Vernois (2001) geht jedoch davon aus, dass es „möglich ist Rezepte und Farben zu finden, die für die Oberfläche von hitzebehandeltem Holz geeignet sind“ (Vernois 2001, S. 39). Mit dem einstufigen Wasserdampfverfahren hitzebehandeltes Holz bedarf nach Jämsä und Viitaniemi (2001) eine vorgeschaltete Befeuchtung, ehe elektrostatische Farben aufgetragen werden können. Vernois (2001) empfiehlt eine Verminderung der Oberflächenspannung des Materials durch Farb-Additive. Ein weiteres Problem für die Streichbarkeit sind Harzflecken aufgrund von Harzaustritt bei der einstufigen Wasserdampf oder Inertgas-Hitzebehandlung von Nadelhölzern (Vernois 2001).

Wasserlösliche Akrylfarben und Lösemittel basierte Alkyd-Farbsysteme erwiesen sich als geeignete Streichmittel für Öl-Hitze behandeltes Holz (Rapp u. Sailer 2001).

Die ausführlichste Versuchsreihe zur Beschichtung von hitzebehandeltem Holz führten bisher Lukowski und Böttcher (2001) durch. 33 Beschichtungssysteme¹⁹ von 15 Herstellern wurden auf in Intergasatmosphäre hitzebehandelter sowie unbehauelter Kiefer geprüft. In einem ersten Screening zeigte sich, dass Systeme, die auf unbehauetem Holz befriedigend funktionieren auch auf hitzebehandeltem Holz geeignet waren. Die erhebliche Rissbildung der beschichteten im Inertgas-Verfahren hitzebehandelten Hölzer lässt dieses Material als Beschichtungsträger im Außenbereich dennoch ungeeignet erscheinen (Lukowski und

¹⁸ Feuchte-Wärme-Druck- (FWD) Verfahren mit variierten Prozessparametern behandelte Fichte

¹⁹ Silikonharze, Naturöle, Vorstreichfarbe, Imprägniergrund, Holzgrundierung, Holzlasur, Imprägnierlasuren, Hydrophobierungsmittel, Lacke, UV-Lack, Fensterlack, Decklack, Pulverbeschichtung, PVAc-Dickschicht,

Böttcher 2001). Plato® Holz konnte aus organisatorischen Gründen nicht in die Versuchsreihe aufgenommen werden (Lukowski und Böttcher 2001). Weitere Bewitterungen²⁰ wurden folglich auf dem weniger zu Rissen neigenden Holz, das mit einem einstufigen Wasserdampfverfahren bei geringeren (200°C) Temperaturen behandelt wurde, durchgeführt.

Die Versuche von Lukowski und Böttcher (2001) führten zu folgenden Ergebnissen: Die untersuchten Öle erwiesen sich sowohl auf modifiziertem und nicht modifiziertem Holz als Oberflächenschutz im Außenbereich ungeeignet, da sie zu intensiver Schimmelbesiedelung neigen. Herkömmliche Beschichtungssysteme zeigen dagegen auch nach einjähriger Bewitterung auf hitzebehandeltem wie unbehandelten Kontrollproben eine gute Beschaffenheit, allerdings wurde nur bei zwei Systemen keine weitere Rissbildung des hitzebehandelten Holzes beobachtet. Obwohl hitzebehandeltes Holz mehr dunkle wasserlösliche Inhaltsstoffe aufweist als naturbelassenes Holz, wurden keine Verfärbungen von hellen Beschichtungen festgestellt (Lukowski und Böttcher 2001).

Wärmedurchlasswiderstand

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Hitzevergütetes Holz“ wurden die wärmetechnischen Eigenschaften von verleimten Holzplatten²¹ aus unbehandeltem bzw. hitzebehandeltem Kiefernholz vergleichend geprüft (PIB 2001c). Die Kiefern-Leimholzplatten aus hitzebehandeltem Holz sind als finnisches „Premium wood“ der Fa. Malinex GmbH, Eschborn ausgewiesen (Seegmüller in PIB 2001c), ohne dass weitere Angaben zum Hitzebehandlungsverfahren gemacht werden. Die nach drei unterschiedlichen Prüfnormen erfasste Verbesserung (i.e. Verringerung) der Wärmeleitfähigkeit von Platten aus hitzebehandeltem Holz gegenüber denen aus unbehandeltem Holz lag bei 17,1%, 18,7% und 25,2% (PIB 2001c). Dieses Ergebnis entspricht dem erwarteten linearen Zusammenhang der Wärmeleitfähigkeit eines Materials von seiner Dichte; die Proben aus hitzebehandeltem Kiefernholz wiesen eine um 8,7-10,4% niedrigere mittlere Dichte [kg/m³] auf, als die Probeplatten aus unbehandeltem Kiefernholz. Ein Einfluss möglicher unterschiedlicher Jahrringbreiten des Untersuchungsmaterials als Ursache für unterschiedliche Holzdichten bzw. Wärmeleitfähigkeiten wurden ausgeschlossen. Dies deutet darauf hin, dass die Verringerung der Wärmeleitfähigkeit durch die Hitzevergütung erreicht wird (PIB 2001c). Aus diesen Ergebnissen werden Schlussfolgerungen für potentielle Energieeinsparungen von 5 % am Gesamtenergieverlust eines Fensters gezogen, ausgehend von einem Rahmenanteil von 35% der gesamten Fensterfläche (PIB 2001c).

²⁰ 4 Beschichtungssysteme, die sich in einem ersten Screening und nach künstlicher Bewitterung als möglicherweise geeignet erwiesen, wurden in Anlehnung an DIN EB 927-3 bewittert.

²¹ Plattendicke von 71,7 bis 79,9 mm

Wechselwirkungen veränderter Materialeigenschaften nach thermischer Behandlung

Die Ausprägung verschiedener veränderten Produkteigenschaften hitzebehandelten Holzes hängen von Reaktionstemperatur und Reaktionsdauer, Wärmeleitmedium und Druckbedingungen des Hitzebehandlungsprozesses, sowie der Holzart und der Ausgangsfeuchte des behandelten Holzes ab und lassen sich durch die Prozessführung bis zu einem gewissen Grad steuern. Einige positiv bewerteten Eigenschaften hitzebehandelten Holzes werden jedoch zum Teil nur bei gleichzeitiger Verschlechterung anderer wichtiger Produktparameter erzielt (u.a. Leithoff 2001, Vernois 2001, Jämsä und Viitaniemi 2001, Militz und Tjeerdsma 2001, Kamden et al. 2002, Patzelt et al. 2002). Bei stark erhöhten Prozesstemperaturen kann z.B. eine deutliche Steigerung der Dauerhaftigkeit gegen Pilzbefall erzielt werden, während der damit verbundene erhöhte Abbau vor allem von Hemizellulosen im Holz zu einer erhöhten Sprödigkeit des Materials und deutlich geringeren Festigkeiten führt. Weitere für die Verwendung relevante gegenläufige Eigenschaftsentwicklungen finden sich bei Härte und Dimensionsstabilität, die bei erhöhten Prozesstemperatur und -dauer ansteigen, aber mit steigenden Prozessparametern auch zu einer starken Abnahme der mechanischen Festigkeiten führen, was einen Einsatz im konstruktiven Bereich einschränkt. Die parallel mit der Dimensionsstabilität verstärkte Farbveränderung bis hin zur Schwarzfärbung muss vor allem für den Einsatz im Sichtbereich bedacht werden, kann aber je nach Geschmack positiv oder negativ bewertet werden (Leithoff 2001). Patzelt et al. (2002) stellen für mehrere der veränderten Produkteigenschaften lineare Zusammenhänge mit dem Masseverlust des behandelten Materials fest, z.T. unabhängig vom jeweiligen Prozessparameter der diesen Masseverlust verursacht hat. Jämsä und Viitaniemi (2001) bemerken, dass für das einstufige drucklose Wasserdampfverfahren VTT die Prozesstemperatur einen größeren Einfluss auf die Produkteigenschaften hat als die Behandlungsdauer, mit dem Hinweis, dass längere Behandlungszeiten bei niedrigeren Temperaturen nicht die entsprechenden modifizierten Eigenschaften hervorrufen.

Ergebnisse von Patzelt et al. (2002) sowie Lukowski und Böttcher (2001) legen nahe, dass die Hydrothermolyse und/oder die Druckphase bei der mehrstufigen Hitzebehandlung von Holz die Diskrepanz zwischen positiven und negativen Eigenschaften des modifizierten Holzes mindert und für viele Materialeigenschaften bessere Ergebnisse liefert als einstufige drucklose Hitzebehandlungsverfahren mit Wasserdampf- oder Inertgasatmosphäre.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Beeinflussung der Materialeigenschaften von hitzebehandeltem Holz letztendlich Kompromissentscheidungen bedarf, welche positiv veränderten Charakteristika vorrangig erzielt werden sollen und können und welche negativen

Veränderungen in Abhängigkeit von dem angestrebten Einsatz tolerierbar sind. Die Prozessführung ist diesen Ziel-Eigenschaften und der jeweils eingesetzten Holzart entsprechend individuell anzupassen. Insgesamt folgern Wissenschaftler und Hersteller aus diesen und weiteren unveröffentlichten Versuchsergebnissen den Bedarf einer Entwicklung von Endprodukten für spezielle Einsatzgebiete mit entsprechend entwickelten und adaptierbaren Prozessverläufen in den Hitzebehandlungsanlagen.

7 Einsatzmöglichkeiten, Vor und Nachteile bei der Verarbeitung und Verwendung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz aus Sicht der Produzenten

Die Informationen aus diesem Kapitel stammen aus frei verfügbaren Herstellerinformationen sowie den Ergebnissen aus den Leitfadeninterviews mit Vertretern von Herstellerfirmen.

7.1 Einsatzmöglichkeiten

Die von Herstellern dokumentierten z. T. neuen, aber z.T. auch eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten von hitzebehandeltem Holz im Vergleich zu unbehandeltem Holz basieren auf den oben beschriebenen spezifisch veränderten Produkteigenschaften. Aus Schriftmaterial der Hersteller wurden vier generelle mögliche Entwicklungs- und Wachstumsbereiche für Produkte aus hitzebehandeltem Holz identifiziert. Zwei dieser Bereiche tragen zu einer Ausweitung des Holzmarktes bei, zwei führen zu einer Verschiebung des Holzverbrauches innerhalb des Holzmarktes.

- ◆ Völlig neue Produkte für bisher nicht befriedigte Einsatzbereiche (Ausweitung des Holzmarktes)
- ◆ Substitution von Materialien wie Kunststoff oder Eisen/Stahl in etablierten Einsatzbereichen (Ausweitung des Holzmarktes)
- ◆ Substitution von teureren Holzarten, wie z.B. natürlich dauerhafte Nadel-Kernhölzer und Tropenholz in etablierten Einsatzbereichen (Veränderung innerhalb des Holzmarktes)
- ◆ Substitution von Holzprodukten mit anderen (schlechteren) Eigenschaften, wie z.B. unbehandeltes Schnittholz, HSM behandelte Holzprodukte mit ähnlichen Einsatzbereichen (Veränderung innerhalb des Holzmarktes)

Das Oberziel der Produktion von ThermoWood® ist nach Aussagen eines Interviewpartners die Ausweitung des Holzmarktes in Deutschland. Der im Vergleich zu Skandinavien geringe Pro-Kopf-Verbrauch an Holz kann nach Ansicht des Interviewpartners nur auf der Basis von Produktinnovationen gesteigert werden, um den „sich seit 30 Jahren selbst substituierenden Holzmarkt“ auszuweiten (mdl. Mittlg. 2002). Es werden Innovationen im Bereich hitzebehandelter Holzwerkstoffe erwartet, wie z.B. Sperrholz aus hitzevergüteter Birke in

Verbindung mit Metallblechen. Einsatzmöglichkeiten für ThermoWood®-Sperrholz und Kombinationsmaterialien könnten im Bereich Niederfloorböden mit Spritzwasserkontakt (z.B. für Busse), aufgrund der hohen Isolationseigenschaften im Bereich des Niedrigenergie- oder Passivhausbau oder in industriellen Einsatznischen wie Lichtenanlagen und in der Rotorentechnik liegen. Das größte Weiterverarbeitungs- und Absatzpotential sieht Finnforest allerdings im Gartenbereich, mit der Einschränkung, dass sich das Material nicht für den Einsatz mit Erdkontakt eignet. Dabei wird vor allem Einsatz von bisher wenig genutzten nicht dauerhaften weichen Laub- und Nadelhölzern angestrebt, die in Skandinavien vorkommen (mdl. Mittlg, 2002).

Ein anderer Interviewpartner sieht die Chancen von ThermoWood® primär im Ersatz von Tropenholz und dauerhaften Nadelhölzern, wie der nordamerikanischen Western Red Cedar, basierend auf der Erwartung einer in Zukunft abnehmenden Verfügbarkeit dieser Holzarten (mdl. Mittlg. 2002). Diese Marktlücke wird auch für Plato®Holz gesehen (mdl. Mittlg. 2002). Eine Substitution dieser hochpreisigen Produkte ist ein attraktives Marktsegment (mdl. Mittlg. 2002).

Eine mittlere Erwartungshaltung besteht gegenüber der Substitutionsmöglichkeiten von unbehandeltem und/oder ungetrocknetem Schnittholz sowie chemisch behandelten Holzprodukten im Außenbereich. Einerseits besteht nach Ansicht des Interviewpartners hier ein volumenmäßig großes Marktpotential, da die Qualität der Konkurrenzprodukte in diesem Bereich stetig abnehme (mdl. Mittlg. 2002; vgl. Müller 2002), andererseits handle es sich hier um ein weniger attraktives Niedrigpreissegment.

An dritter Stelle der Marktchancen für hitzebehandeltem Holz wird die Zurückgewinnung bzw. „Re-Substitution“ von Kunststoffen insbesondere im Fenster- und Türenmarkt gesehen, wobei die im Vergleich zu Skandinavien höheren Qualitätsansprüche in Deutschland an das Rahmenmaterial zu unerwarteten Problemen führt (mdl. Mittlg. 2002).

Ein dritter Interviewpartner erwartet in Skandinavien einen Anstieg der Nachfrage nach Hausfassaden aus hitzebehandeltem Holz insbesondere in küstennahen Gebieten. Eine solche Nachfrageentwicklung würde in Skandinavien vor allem auf einer Substitution für konventionell geschützten Holzfassaden beruhen, während in Deutschland der Einsatz von Holzfassaden generell gefördert werden müsste. Daher wird in Deutschland das Potenzial für Gartenartikel, Spielplätze, und Terrassenböden ohne Erdkontakt (Substitution von holzschutzmittelbehandeltem Holz und Tropenholz) sowie für Produkte für den Innenbereich aus hitzebehandeltem Holz höher eingeschätzt (mdl. Mittlg. 2002). Grundsätzlich wird von dieser Firma auch der Einsatz von hitzebehandeltem Holz als Material für Fensterrahmen und

Türen sowie im Wasserkontakt für Bootsstege und Pontons nicht ausgeschlossen (<http://www.stellac.fi/english/index.htm>).

Ein Interviewpartner sieht die größten Marktchancen für hitzebehandeltes Holz aus einstufigen Wasserdampf-Verfahren vor allem bei Parkett und Fußbodenbelägen für den Innenbereich. Diese Einschätzung basiert auf der erhöhten Dimensionsstabilität des Werkstoffes und den Kernkompetenzen des Unternehmens für das er arbeitet. In dieser Marktnische wird der adaptierte Prozess nach dem einstufigen Wasserdampf-Hitzebehandlungs-Verfahren nuanciert auf Holzart und angestrebte Qualität des Endproduktes (z.B. der gewünschten Farbschattierung) eingestellt. (mdl. Mittlg. 2002)

Ein Vertreter eines Unternehmens, das sich nach intensiver Prüfung gegen die Investition in eine eigene Hitzebehandlungsanlage nach dem einstufigen Wasserdampf-Verfahren entschieden hat, erwartet für die gebotenen Produkteigenschaften von thermisch behandeltem Holz in Deutschland keine der Investitionssumme und Produktionskosten angemessene Nachfrage. Marktchancen werden primär für Produkte aus dauerhaftem, nicht chemisch geschütztem Holz gesehen, das im Außenbereich mit Erd- bzw. Wasserkontakt eingesetzt werden kann, aber auch dann nur wenn die Investitions- und Produktionskosten hierfür sinken (mdl. Mittlg. 2002).

Produkte aus dem mehrstufigen Plato®-Verfahren können nach Angaben des holländischen Herstellers auch bei Wasser und Erdkontakt eingesetzt werden, mit dem Argument, dass die Wasseraufnahmefähigkeit des Holzes herabgesetzt sei (www.plato-holz.de, Stand Nov. 2002; mdl. Mittlg. 2002). Plato®-Holz wird in diesen, für Holz kritischen Einsatzbereichen vor allem für den Seitenbefestigung von Kanälen, aber auch für Lärm und Sichtschutzwände empfohlen. Untersuchungen des Herstellers legen nach Auskunft des Interviewpartners nahe, dass das Material auch im konstruktiven Bereich in tragender Funktion eingesetzt werden kann. Da aber auch bei diesem Verfahren mit einer Veränderung der Zell- und Molekularstruktur des Holzes erfolgt, sind weitere Versuche notwendig ehe ein solcher Einsatz bedenkenlos empfohlen werden kann (mdl. Mittlg. 2002).

Die von den Prozessentwicklern gesehenen Einsatzmöglichkeiten für retifiziertes® Holz decken ebenfalls die gesamte Bandbreite von Produkten aus Vollholz im nicht konstruktiven Außen- und Innenbereich ab (www.retifie.com). Nach Angaben von Dirol und Guyonnet (1993) der Ecole National Supérieure des Mines de Saint-Étienne werden folgende Einsatzmöglichkeiten für retifiziertes Holz bereits realisiert bzw. scheint einer Verwendung vielversprechend. Die nachfolgende Tabelle 5 listet die wichtigsten Produkte sowie die besonders dafür empfohlenen Holzarten:

Tabelle 5: Einsatzmöglichkeiten für retifiziertes Holz

Endprodukt	Besonders empfohlene Holzart(en)	Bemerkungen
Einsatz im Außenbereich		
Außenfassaden	Kiefer, Fichte	besonders gute Dimensionsstabilität und Dauerhaftigkeit
Lärmschutzwände	Kiefer, Fichte	besonders gute Dimensionsstabilität und Dauerhaftigkeit
Bodenbretter, Dielenbretter, Fußböden im Außenbereich z.B. Terrassenböden, Bootstege, Planken	Buche	Retifizierte Buche wird vergleichbar mit Teak. Buchenholz könnte sich dadurch besser verkaufen.
Gartenmöbel	Esche, Buche	Erhöhte Dauerhaftigkeit und dunkleres Erscheinungsbild
Türen und Fenster	Kiefer	Lamellierte Kanteln könnten sich als interessantes Produkte herausstellen

Quelle: <http://www.emse.fr/fr/transfert/spin/depscientifiques/PC2M/real.html> (Stand Januar 2001, abgerufen am 10.09.2002)

Produkte aus dem Öl-Hitzeverfahren konzentrieren sich derzeit auf Produkte für den Gartenbereich, Zäune und Tore, Pergolen, Blumenkästen, Gartenmöbel, Rank und Ziergitter, Sicht- und Windschutzwände sowie Balkone werden angeboten. Ergebnisse der Versuche von Rapp und Sailer (2001) schränken die Eignung von Öl-Hitzebehandeltem Holz für einen Einsatz mit Erdkontakt auf die Produkte ein, die in Abhängigkeit von der Prozesssteuerung einen überdurchschnittlichen Öleintrag erfahren haben.

7.2 Vor- und Nachteile der Verarbeitung und Verwendung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz aus Sicht der Produzenten

Die Vor- und Nachteile der Verarbeitung und Verwendung von hitzebehandeltem Holz, die von Produzenten geäußert werden, entsprechen vom Grundsatz denen, die auch schon in Kapitel 6 bei den „speziellen Materialeigenschaften und Verarbeitungstechnologien von hitzebehandeltem Holz“ aus wissenschaftlicher Sicht dargestellt wurden. Im folgenden Absatz soll die Sichtweise der Hersteller und ihre Lösungsansätze dargelegt werden.

Dauerhaftigkeit

Die durch die Hitzebehandlung erzielte höhere Dauerhaftigkeit und Pilzresistenz natürlich nicht dauerhafter Hölzer ist nach den meisten Herstellerangaben die wichtigste der

modifizierten Produkteigenschaften. Je nach Hersteller werden 2 – 5 Dauerhaftigkeitsklassen oder die Eignung für bestimmte Gefährdungsklassen für hitzebehandeltes Holz ausgewiesen, differenziert nach der Behandlungstemperatur und dem geplanten Einsatzbereich.

Die Vorteile werden ganz klar für den Einsatz von Holz ohne chemische Holzschutzmittel im Außenbereich gesehen. Hersteller von Produkten aus hitzebehandeltem Holz aus dem einstufigen Wasserdampfverfahren sehen es als deutlichen Nachteil, dass die Dauerhaftigkeit nicht für Erdkontakt ausreicht (mdl. Mittlg. 2002). Ein Interviewpartner sieht in diesem Manko den Hauptgrund, dass seiner Einschätzung nach hitzebehandeltes Holz nur einen kleinen Marktanteil erobern wird.

Andere Verfahren (mehrstufige FWD-Verfahren) versuchen erfolgreicher die Produktentwicklung in Richtung einer Dauerhaftigkeit auch im Erdkontakt voranzutreiben. Noch bestehen aber keine Langzeiterfahrungen und die Übertragbarkeit von Dauerhaftigkeitsprüfungen auf Labormaßstab ist nur eingeschränkt gegeben (EUWID 2002 Nr. 23).

Auf einen Zusammenhang zwischen höherer Dauerhaftigkeit und geringeren Festigkeitseigenschaften wird von Herstellerseite hingewiesen.

Festigkeitseigenschaften

Die Festigkeitsabnahme (Biegefestigkeit und Bruchschlagarbeit) bei der Hitzebehandlung von Holz erfolgt in einem Ausmaß, dass der Einsatz des modifizierten Materials im konstruktiv tragenden Bereich von keinem Hersteller empfohlen wird. Diese Eigenschaft bedeutet für Produkte im nichttragenden Einsatzbereich keinen Nachteil. Nachteilig ist, dass wichtige Marktsegmente im konstruktiven Bereich, wie z.B. ein Einsatz in Dachstühlen, nicht erfolgen kann (Voß mdl. Mittlg. Nov. 2002).

Bearbeitung

Bei der Bearbeitung von thermisch behandelten Hölzern nach dem einstufigen Wasserdampfverfahren wurde bislang neben einer erhöhten Spaltbarkeit auch eine vermehrte Staubentwicklung beim Schleifen der Oberflächen registriert (Jämsä und Viitaniemi 2001, EUWID 2001). Davon abgesehen ist das behandelte Holz mit scharfen Werkzeugen gut zu bearbeiten, insbesondere die nach der Hitzebehandlung Harz freien Nadelhölzer lassen sich problemloser sägen und hobeln als unbehandelte Nadelhölzer (Jämsä und Viitaniemi 2001, pers. Mittlg. eines Weiterverarbeiters 2002). Durch die erhöhte Härte und Sprödigkeit müssen die Hobelmaschinen jedoch mit einem geringeren Anpressdruck und geringerer Geschwindigkeit als bei unbehandeltem Holz gefahren werden, um glatte Oberflächen zu

erzielen (pers. Mittlg. 2002). Die Frage nach möglicherweise verkürzten kürzen Standfestigkeiten der Bearbeitungsmaschinen wurde sowohl von Herstellern als auch Weiterverarbeitern verneint (pers. Mittlg. 2002).

Mechanische Verbindungen und Halterungen

Durch die erhöhte Sprödigkeit des hitzebehandelten Holzes kann der Schraubenauszugswiderstand verringert sein. Durch die selbe veränderte Holzeigenschaft erhöht sich die Neigung zur Spaltung, und folglich eine Gefährdung beim Nageln. Daher empfehlen einige Hersteller, der Aufgabe entsprechend angemessen dimensionierte Nägel und Schrauben zu verwenden und Schraubverbindungen vorzubohren. Für Metallverbindungen im feuchten Milieu wird der Einsatz von rostfreien Materialien empfohlen, da es sonst zu streifigen Verfärbungen des Holzes kommen kann. Finnforest empfiehlt explizit nicht rostende Schrauben aus V2A, z.B. ASSY® plus von Würth, „bei deren Verwendung Sie nicht vorbohren und senken müssen“ zur Befestigung von Thermo®Wood. Bei anderen Schrauben wird empfohlen mit dem halben Schraubendurchmesser vorzubohren (Finnforest Deutschland 2002).

Die erhöhte Sprödigkeit führt zudem zu einer verringerten Schlagbruchfestigkeit. Ein Hersteller empfiehlt daher explizit „zu vermeiden, das Holz beim Nageln direkt mit dem Hammer zu treffen“ (Finnforest 2001).

Diese Maßnahmen stellen nach Aussage von Weiterverarbeitern von hitzebehandeltem Holz und Monteuren von Endprodukten aus hitzebehandeltem Holz, weder eine besondere Schwierigkeit dar, noch bereitet es unverhältnismäßige Kosten, da z.B. Tropenhölzer, die im Außenbereich in vergleichbaren höherwertigen Produkten verarbeitet werden, ebenfalls vorgebohrt werden. Holzprodukte aller Art werden im Außenbereich im Normalfall auch mit rostfreien Metallverbindungen befestigt.

Lacke und Anstriche

Nach Herstellerangaben ist hitzebehandeltes Holz eine bessere Unterlage für Oberflächenbehandlung als unbehandeltes Holz, da die erhöhte Dimensionsstabilität für eine ruhigere Oberfläche sorgt. Die Schritte, die bei der Oberflächenbehandlung vorgenommen werden müssen, sind die selben wie bei unbehandeltem Holz. Die besten Ergebnisse werden durch sorgsame Reinigung und Vorbehandlung mit einer atmungsaktiven Grundierung erzielt. Die Grundierung kann mit normalen Holzfarben erfolgen. Nichtdeckende Lasuren und pigmentierte Öle können ebenfalls zur Oberflächenbehandlung eingesetzt werden. ThermoWood® braucht erfahrungsgemäß weniger Lack, aber mehr Öl bei der Oberflächenbehandlung als unbehandeltes Holz (mdl. Mittlg. 2002)

Die Absorption von Farben und Lacken wird durch Schleifen oder Bürsten des Holzes verbessert. Es wird davon abgeraten sägerauhe oder gehobelte Oberflächen zu streichen (Finnforest 2001). Es wird darauf hingewiesen, dass hitzebehandeltes Holz durch eine Oberflächenbehandlung noch dunkler wird und ein Oberflächenschutz in Innenräumen nicht notwendig sei. Wenn gewünscht können jedoch auch hier Lacke, Wachse oder Öle eingesetzt werden (Finnforest 2001 www.finnforest.com). Mafi Holzveredelung GmbH bietet hitzebehandelte Bodendielen für den Innenbereich nur gebürstet und geölt an (Mafi 2002 Katalog).

Die Gefahr des Durchsickerns von Harzen durch die Farb- oder Lackschicht bei Nadelhölzern wird durch den Austritt von Harzen während der Hitzebehandlung verringert (Finnforest 2001). Einschränkend wird bemerkt, dass hitzebehandeltes Holz unter Sonnenlicht aufhellt und vergraut, ein Prozess, der jedoch nach Aussagen der Hersteller durch pigmentierten Oberflächenschutz reduziert werden kann, obwohl der optimale langanhaltende UV-Schutz noch nicht entwickelt wurde (pers. Mittlg. 2002).

Verleimung

Bei Verleimungen mit Klebstoffen auf Wasserbasis muss aufgrund des veränderten Sorptionsverhaltens mit längeren Press- bzw. Aushärtungszeiten gearbeitet werden. Für ThermoWood® gibt Finnforest 3 bis 6 Mal so lange Trocknungszeiten für wasserlösliche Leime an als bei unbehandeltem Holz. Dabei gilt die Faustregel umso stärker das Holz behandelt wurde, desto länger sind die Trocknungszeiten. Finnforest empfiehlt speziell angepasste Polyvinylacetat-Leime (PVAc) als geeigneten Klebstoff für hitzebehandeltes Holz und Holzwerkstoffe (Finnforest 2001: <http://finnforest.com>). Informationen über die Art der Modifikation des Leimes oder einen speziell entwickelten Klebstoff sind nicht allgemein verfügbar, aber für Handelspartnern erhältlich (pers. Mitteilung).

Bei der Verleimung thermisch behandelte Hölzer muss die geringere Festigkeit berücksichtigt werden, beispielsweise durch verringerte Anpressdrücke. Alternativ wendet Faymont Industries für Leime auf retifiziertem Holz eine Hochfrequenz-trocknung an (Anonymus 2001)

Die Verringerung der Festigkeiten stellt darüber hinaus ein besonderes Problem für die Verleimbarkeit dar. Nicht die Verleimbarkeit per se scheint das Hauptproblem zu sein, sondern der hohe Anteil an Holzbruch bei Festigkeitsprüfungen von Leimfugen (Patzelt et al. 2002).

Wärmedurchlasswiderstand

Holz, das in Wasserdampf- oder Intergas-Atmosphäre hitzebehandelt wurde hat, u.a. aufgrund des Masseverlustes, einen höheren Wärmedurchlasswiderstand als naturbelassenes Holz (s. Kap. 4). Aus dieser positiven Produkteigenschaft und der erhöhten Pilzresistenz von hitzebehandeltem Holz leiten alle Hersteller ein vielversprechendes Einsatzpotential im Bereich Fensterrahmen und Türen oder im Einzelfall auch im Niedrigenergie- und Passiv-Hausbau (s. Kap 5.).

8 Identifikation marktfähiger Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Finnland, den Niederlanden, Frankreich und Deutschland

8.1 Produktangebot

Die Palette der auf dem Markt erhältlichen Endprodukte aus hitzebehandeltem Holz unterscheidet sich zwischen Skandinavien, hier vor allem Finnland, und Deutschland nur geringfügig. Grundsätzlich können alle in Skandinavien erhältlichen Produkte auf Nachfrage bei Herstellern und Leithändlern auch in Deutschland bezogen werden. Dadurch, dass die Markteinführung von hitzebehandeltem Holz in Skandinavien jedoch vor einigen Jahren erfolgte, während sie in Deutschland erst beginnt, haben sich einige Produkte in Skandinavien bereits einen Markt geschaffen, die in Deutschland (noch) keine Nachfrage erfahren.

Tabelle 6: Marktpräsenz von Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Skandinavien, Niederlanden, Frankreich und Deutschland

Marktpräsenz	in Skan-	in NL	in F	in Deutschland		
	Thermo® Wood	Plato® Holz	Bois retifié®	Thermo® Wood	Mafi- Vulcano	Menz- holz
Fassaden-Verkleidungen	+	+	+	+	-	-
Fensterläden	+	-	+	-	-	-
Fensterrahmen	+	-	+	-	-	-
Terassenbeläge (ohne Erdk.)	+	+	+	+	-	+
Zäune (ohne Erdkontakt)	?	+	+	+	-	+
Zäune (mit Erdkontakt)	-	+*	+*	-	-	-
Lärmschutzwände	?	+	+	-	-	-
Sichtschutzwände	?	+	+	+	-	+
Garten-Möbel	-	-	+	-	-	-
Blumenkästen	-	-	-	-	-	+
Saunaeinrichtung (Wandverkleidungen, Bänke, Türen etc.)	+	-	-	-	-	-
Möbel für den Innenbereich	-	-	-	-	-	-
Vollholz-Fußbodenbeläge (In.)	+	-	+	-	+	-
Befestigungssysteme an Wasserstraßen	-	+	-	-	-	-

* Es handelt sich bei den angebotenen Produkten nicht um Zäune, sondern um Pfähle mit Erdkontakt

In Finnland findet hitzebehandeltes Holz Einsatz als Zaunmaterial, Holzböden in Innenräumen, als Saunaauskleidung und für Saunabänke. Aus der verringerten Wärmeleitfähigkeit von hitzebehandeltem Holz folgt eine erhöhte Hitze-Isolation der Produkte. Nadelholz verliert durch die Hitzebehandlung außerdem seinen Harzanteil. Beide Eigenschaften prädestinieren hitzebehandeltes Nadelholz für Saunen und Badezimmermöbel.

Alle in auf dem Finnischen Markt identifizierten Produkte aus hitzebehandeltem Holz ersetzen Holzprodukte gleicher Einsatzgebiete, die entweder unbehandelt, chemisch behandelt oder nur oberflächenbehandelt sind.

Die Einführung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz in Deutschland erfolgt bisher ebenfalls auf dem Weg der Substitution bereits marktgängiger Holzprodukte, hier allerdings Markttypisch vor allem im Bereich Garten- und Außenverwendung (mdl. Mittlg. 2002).

Da in Skandinavien der Einsatz von Holzprodukten insbesondere im Hausbau höher ist als in Deutschland (z.B. Außenverkleidungen von Einfamilienhäusern und Fensterläden aus Holz) ist es dort leichter über Substitution bei prozentual gleichem Marktanteil einen höheren Absatz zu erzielen (mdl. Mittlg. 2002). Andererseits sind nach Auskunft der Hersteller einige der etablierten Anwendungsgebiete von hitzebehandeltem Holz so typisch für Skandinavien (z.B. Saunaausstattung), dass in Deutschland in diesen Bereichen auch bei grundsätzlicher Akzeptanz des neuen Materials eine geringer Nachfrage, bestenfalls als Marktnische erwartet wird.

Einzelne Weiterverarbeiter von retifiziertem Holz bieten in Frankreich Produkte für die gleichen Einsatzgebiete an: Fassaden, Terrassenböden, Bodenbeläge für den Innenbereich, 3-Schicht Fenster- und Türkanteln (Anonymus (us) 2001) als auch Produkte für den Erdkontakt (Pic Bois 2002). Nur Produkte mit Wasserkontakt werden in den veröffentlichten Informationen nicht genannt.

Eine spezielle Marktnische wurde in Österreich und Deutschland im Bereich Vollholz-Fußbodenbeläge im „Antik-Stil“ für den Innenbereich auf der Basis der besonderen Dimensionsstabilität und dunkleren Färbung von hitzebehandeltem Holz gefunden.

8.2 Gebrauchstauglichkeit von Fenstern aus hitzebehandeltem Holz aus technischer Sicht

Zur Zusammenführung der wissenschaftlichen Erkenntnisse einzelner physikalischer Eigenschaften von hitzebehandeltem Holz und der bei Herstellern und Entwicklern weit verbreiteten Hoffnung hitzebehandeltes Holz im Fenstermarkt einführen zu können, wurde

die Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Fenstern aus hitzebehandeltem Holz von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland Pfalz²² beim Prüfinstitut für Bauelemente GmbH in Auftrag gegeben. Die Gebrauchstauglichkeit von Fenstern wird anhand des Wärmedurchlasswiderstandes sowie der Luftdurchlässigkeit (Fugendurchlässigkeit), Schlagregendichtigkeit, Widerstandsfähigkeit, Dauerfunktion und mechanische Beanspruchbarkeit beurteilt. Eine Prüfung von zwei baugleichen Prüfkörpern (einflügelige Fenster mit Rahmen aus hitzebehandeltem Holz und Purenit in Sandwich-Bauweise) ergab, dass die geprüften Fenster die von Güterichtlinien vorgegebenen technischen Standards erfüllen (PIB 2001b).

Der Wärmedurchlasswiderstand von hitzebehandeltem Holz ist insbesondere für eine mögliche Verwendung als Rahmenmaterial für Fenster von Interesse. Das Prüfinstitut für Bauelemente GmbH untersuchte im Auftrag der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz den Wärmedurchlasswiderstand und den Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN 52619 ein Fenster²³ mit einem Rahmen aus hitzebehandeltem Kiefernholz, um die Wirkung dieser veränderten Produkteigenschaft bei dieser Einsatzmöglichkeit zu testen. Der Prüfbericht (PIB 2001a) macht keine Angaben über das Hitzebehandlungsverfahren (weder über das Wärmeleitmedium noch die Prozessführung) mit dem das Rahmenmaterial behandelt wurde. Die Prüfung ergab bei einer Mitteltemperatur von rund 10 C° einen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten des untersuchten Fensters von $k_F = 0,73$ [W/m²K]. Das Prüfinstitut weist jedoch darauf hin, dass der gemessene Wert keinen Rechenwert für wärmeschutztechnische Berechnungen nach DIN 4108 Teil 4 darstellt. (PIB 2001a)

Bei der Eingangsprüfung wurde für die Fenster im Bereich Schlagregendichtigkeit die Klassen 8A und 9A sowie die Klasse 3 für die Fugendurchlässigkeit erzielt. Die Anforderungen bei Windbelastungsprüfungen sowie von mechanischen Tests mit 15.000 Zyklen der wiederholten Bedienung wurden ebenfalls erfüllt. Bei den Schlussprüfungen waren die erzielten Ergebnisse zum Teil besser als bei der Eingangsprüfung. Die beiden geprüften Fenster erfüllten hier die höchste Klasse bei der Prüfung der Schlagregendichtigkeit. Es wird jedoch wiederum angemerkt, dass die durchgeführten Prüfungen zwar den Prüfungen, die in den Gütebestimmungen niedergelegt sind entsprechen, die komplette Systemprüfung jedoch mehrere ausgewählte Fenster verschiedener Funktionen und Größen umfassen muss (PIB 2001b). Darüber hinaus können offizielle System- oder Eignungsprüfungen nach RAL nur von vom Güteverband zugelassenen Instituten ausgeführt werden.

²² ehem. Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

²³ Als Probekörper wurde ein einflügeliges Dreh-Kipp-Fenster (rechts) aus hitzevergütetem Holz mit dreifach Isolierverglasung (Dicke 44 mm) in der Bauart nach dem System Eurotec „Serie 0,5“ mit einer Bautiefe von 105 mm (Rahmen) eingesetzt (PIB 2001a: Prüfbericht HB 2001/02).

Zusammenfassend wird festgestellt, dass Fenster mit Rahmen aus hitzebehandeltem Holz herstellbar sind, die technischen Normen und Anforderungen in Deutschland entsprechen. In Zusammenschau mit den Ergebnissen aus der Prüfung der Eignung von hitzebehandeltem Holz aus verschiedenen Behandlungsverfahren zur Oberflächenbeschichtung schließt der Projektleiter jedoch, dass der Ausschuss auf dem Weg zu einem qualitativ hochwertigen Endprodukt so hoch ist, dass eine erfolgreiche Massenproduktion aus technischen wie wirtschaftlichen Gründen zumindest für Kiefernholz nicht zu erwarten ist (Burk 2002).

9 Chancen für modifiziertes Holz in ausgewählten Marktsegmenten

Die Abschätzung der Chancen für neue Produkte erfolgt zumeist auf der Basis von Analysen der Märkte, auf denen das Produkt eingeführt werden soll (Marktvolumen, Marktentwicklung, Einstellung der Entscheidungsträger). Die Marktanalyse für bestimmte Produktsegmente erfolgt traditionell erst, wenn ein Produkt technisch schon Anwendungsreife erzielt hat. Die Ergebnissen einer solchen Marktanalyse können dann praktisch nur dazu beitragen noch die Instrumente der Kommunikations-, Preis- und Distributionspolitik auszuwählen und anzupassen. Im Sinne eines holistischen Marketingkonzeptes, nach dem die Produktentwicklung Teil der Marketingstrategie ist, ist es erfolgversprechender, wenn eine Marktanalyse zumindest parallel zur Produktentwicklung erfolgt, um Entwicklungskosten für Produkte für Märkte mit geringem Potential zu vermeiden bzw. die Entwicklung in die Richtung vielversprechender Marktsegmente steuern zu können.

Hitzebehandeltes Holz befindet sich an dieser Schwelle der Produktentwicklung. Bisher hat sich die Produktionsentwicklung auf die Herstellung „vergüteten“ Schnittholzes konzentriert. Schwierigkeiten treten jetzt beim Absatz dieser Halbware und der Entwicklung und Absatz von ersten seriellen Fertigprodukten auf.

Hersteller von hitzebehandeltem Holz und an der Entwicklung beteiligte Wissenschaftler haben diverse Vorstellungen welche Produkte aus diesen modifizierten Materialien hergestellt werden könnten (s. Kapitel 5.1). Das Produktangebot beschränkt sich derzeit jedoch auf klassische Einsatzgebiete von Vollholz. Es werden vor allem Holzfassaden, Sicht- und Lärmschutzsysteme sowie Bodenbeläge für den Außen- und Innenbereich angeboten²⁴. Der

²⁴ Produkte aus dem einstufigen Wasserdampfverfahren, die derzeit in Deutschland angeboten werden sind neben Fassaden (Stora Enso 2002, Finnforest Deutschland 2002, Stellac Oy 2002) Produkte für den Gartenbereich (u.a. Terrassenböden, Sichtschutzwände) sowie Verkleidungsmaterialien und Einrichtungsprodukte für die Sauna (Stora Enso 2002, Finnforest Deutschland 2002) und Fußbodenbeläge für den Innenbereich (Finnforest Deutschland 2002, Stellac Oy 2002, Mafi 2002a,b,c). Produkte aus Öl-Hitze behandeltem Holz konzentrieren sich auf Sichtschutzwände, Zäune ohne Erdkontakt und weitere Produkte für den Garten (Menz 2002). Angestrebte Marktsegmente für Produkte aus dem Inertgas-Verfahren sind ebenfalls

Markt von Holzfenstern wird ebenfalls von vielen an der Produktentwicklung beteiligten Gruppen als potentiell und erstrebenswertes Marktsegment angesehen (u.a. Dumoulin-Bois 2002, Jämsä u. Viitaniemi 2001, PIB 2001b, Syrjänen 2001, FAWF 2002, Dimitrova u. Hora 2002). Dennoch lagen bis vor kurzem keine Marktstudien zu den relevanten Marktsegmenten vor, die für den Markteinstieg von hitzebehandeltem Holz vorsehen sind. Seit September 2002 liegt nur eine veröffentlichte Arbeit vor (Hogl und Schwarzbauer 2002), die das Potential von einzelnen Produkt-Marktsegmenten in Österreich darstellt und die Ergebnisse miteinander vergleicht.

Die meisten Hersteller halten Informationen über Entwicklungen auf mitteleuropäischen (Holz) Märkten, insbesondere der Produktion und des Absatzes von hitzebehandeltem Holz, für eher übertragbar auf eine Marktentwicklung in Deutschland als z.B. die Entwicklung auf dem Skandinavischen Markt. Daher wird im Folgenden genauer auf die Ergebnisse der Marktstudie von Hogl und Schwarzbauer (2002) eingegangen.

Hogl und Schwarzbauer (2002) ließen drei Studien zu den Märkten von Holzfassaden, Holzfenster und Lärmschutzsysteme im Rahmen von Diplomarbeiten durchführen und verglichen anschließend die Ergebnisse in einem zusammenfassenden Artikel. Regionaler Schwerpunkt dieser Studien ist der österreichische Absatzmarkt. Die Arbeiten zeigen die jeweiligen Marktstrukturen und -volumina auf. Die Marktchancen von hitzebehandeltem Holz in diesen Marktsegmenten wurden vor allem anhand von Fragen nach kaufentscheidenden Kriterien sowie nach der Zahlungsbereitschaft von Entscheidungsträgern für Produkte aus modifiziertem Holz beurteilt.

In der Veröffentlichung von Hogl und Schwarzbauer (2002) werden darüber hinaus Bezüge zu anderen europäischen Märkten hergestellt, insbesondere werden Hinweise auf die Verfügbarkeit von Sekundärmaterial gegeben, und einige Aussagen über den Deutschen Markt getroffen. Obwohl Österreich nur ein vergleichsweise kleiner Markt ist, sind doch in vielen Bereichen der Marktentwicklung Parallelen mit dem Deutschen Markt zu erwarten. Auch in der Herangehensweise an die Fragestellung der Marktchancen für modifiziertes Holz in ausgewählten Marktsegmenten ist die Studie von Hogl und Schwarzbauer (2002) Weg bereitend. Daher werden im Folgenden wichtige Ergebnisse der Studie dargestellt²⁵.

Verfügbarkeit von Sekundärmaterial

u.a. Fassaden, Sicht- und Lärmschutzwände sowie Fensterrahmen (Dumoulin-Bois 2002, Jourget 2002, Pic Bois 2002).

²⁵ Das folgende Kapitel beruht vollständig auf Informationen aus einem Buchbeitrag von Karl Hogl und Peter Schwarzbauer. Die empirischen Daten stammen aus Diplomarbeiten von Martin Bruderhofer (2000), Herold Weilharter (2001) und Helmut Jettmar (2002).

Sekundärmarktforschung von Bruderhofer (2000) ergab, dass der Fassadenmarkt weder in Deutschland, Finnland, Norwegen, Schweden, noch in Österreich statistisch erfasst wird. Gleiches gilt für Japan. Nur für den Markt der USA ist detailliertes Datenmaterial verfügbar, das Rückschlüsse auf allgemeine Trends im Land zulässt. Inwieweit diese Informationen auf Europa übertragbar sind bleibt offen. Auch der Fachverband der Holzindustrie Österreichs und andere einschlägige Interessenorganisationen verfügen über keine Daten über Mengen und Werte des österreichischen Fassadenmarktes. Hogl u. Schwarzbauer (2002) ziehen das Resümee, dass die vorhandene Datenbasis weder für Österreich, noch für die Mehrzahl der anderen Staaten Westeuropas eine Beurteilung erlaubt, welche Menge an Holzfassaden jährlich verbaut wird (Hogl und Schwarzbauer 2002 sowie Bruderhofer 2000).

Die von Hogl und Schwarzbauer (2002) beschriebene Struktur Marktes für Lärmschutzwände²⁶ bezieht sich auf die an österreichischen Verkehrswegen (Straßen und Bahnstrecken) errichteten Lärmschutzsysteme. Auf andere Einsatzgebiete (Industrie, Hotelbau, Sportstätten etc.) entfallen in Österreich nur einige Prozent des Marktvolumens und werden in vorliegenden Statistiken nicht erfasst. Die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) verfügen über Statistiken über alle in den letzten Jahren an bestehenden Bahnstrecken errichteten Lärmschutzwände. Für das Marktsegment „Autobahnen, Schnell- und Bundesstraßen“ stellte das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMfVIT) gutes Datenmaterial zur Verfügung. Verfügbare Quellen für Produktionszahlen von Lärmschutzwänden unterliegen aufgrund der geringen Zahl beteiligter österreichischer Unternehmen der Geheimhaltung. (Hogl und Schwarzbauer 2002 sowie Jettmar 2002)

Die Datenlage für den Fenstermarkt ist wesentlich besser. Sie zeigt, dass trotz des Trends zu vermehrtem Einsatz von Holzprodukten im Bau- und Wohnbereich der Absatz von Fenstern aus Holz in Österreich in den letzten Jahren stark zurückgegangen ist. Dies wird einerseits auf die rückläufige Bautätigkeit zurückgeführt, andererseits wird Holz als Rahmenmaterial zunehmend von anderen Materialien verdrängt. (Hogl u. Schwarzbauer 2002 sowie Weilharter 2001)

Marktstrukturen und Marktchancen

Die Angaben von Hogl und Schwarzbauer (2002) zum Marktvolumen, Anteil von Holzprodukten an den jeweiligen Marktsegmenten und dessen Veränderung sowie der geschätzte jährliche Schnittholzbedarf für die derzeitige Produktion wird in Tabelle 7 vergleichend für die Produktgruppen Fassaden, Fenster und Lärmschutzwände dargestellt. Weiterhin werden

²⁶ Lärmschutzwände können aus verschiedenen Materialien errichtet werden. Von besonderer Bedeutung sind: Holz (unbehandelt oder kesseldruckimprägniert), Aluminium, Kunststoff, Glas, Beton und andere Zement gebundene Materialien sowie Schüttmaterialien (Dämme) (Jettmar 2002 in Hogl und Schwarzbauer 2002).

die vier Produkteigenschaften, die von befragten Entscheidungsträgern als wichtigste Kaufkriterien genannt wurden, aufgeführt. Es folgt die Angabe des Anteils der Befragten, der Wartungsintervalle von mehr als 8 Jahren für sehr wünschenswert hält. Abgerundet wird die Auflistung durch die jeweiligen Prozentsätze der befragten Entscheidungsträger, die bei anwendungsbezogen verbesserten holztechnischen Eigenschaften von modifiziertem Holz zu Mehrzahlung bereit wären bzw. eine Preiserhöhung ablehnen. Der Vergleich von drei ausgewählten potentiellen Marktsegmenten für hitzevergütetes Holz in Österreich basiert auf Angaben aus Hogl und Schwarzbauer (2002).

Tabelle 7: Vergleich von drei ausgewählten potentiellen Marktsegmenten für hitzevergütetes Holz in Österreich (Fassaden, Fensterrahmen, Lärmschutzwände)

	Fassaden	Fensterrahmen	Lärmschutzwände
Marktvolumen	k.A.	2,3 Mio. FE/Jahr	~130.000 Elemente ²⁷
Anteil von Holzprodukten am Marktsegment	k.A. in den USA 30 %	32 % – 40 % ¹	50 %-65 % (Straße) 80% (Bahn)
Zunahme (+) oder Abnahme (-) des Marktanteils	k.A. in den USA (+)	(-)	(+)
geschätzter jährlicher Schnittholzbedarf	>160.000 m ²	>120.000 m ³	70.000-100.000 m ² 2625 – 3750 m ³
wichtigste Produkteigenschaften	Erscheinungsbild Lebensdauer Wartungsintervalle Oberfläche	Dauerhaftigkeit Wärmedämmung Anschaffungskosten Wartungskosten	Lärmabsorption Dauerhaftigkeit Lebensdauer Wartungsintervalle
Wartungsintervalle von > 8 Jahren gewünscht von	65 %	72 %	k.A.
Zahlungsbereitschaft ^{2,3} Anteil der Befragten, die eine Preiserhöhung strikt ablehnen	25 %	42 %	37 %
Anteil der Befragten, die eine Preiserhöhung akzeptieren würden			
bis 5 %	k.A.	18 %	24 %
bis 10 %	54 %	k.A.	24 %
bis 10 % und mehr	12 %	24 %	k.A.

¹ erster Wert (32 %) ist der Holzfensteranteil am österreichischen Gesamtmarkt auf der Basis von Statistiken;

zweiter Wert (40 %) ist der von Weilharter (2001) empirisch erhobener Anteil von Holz- und Holz-Aluminium Fenstern, der von gewerblichen Bauträgern und gemeinnützigen Bauvereinigungen in Österreich verbaut wurde. (Hogl u. Schwarzbauer 2002)

² für anwendungsbezogen verbesserte Eigenschaften modifizierter Holzprodukte

³ Abweichungen von Hundert sind aus den Angaben von Hogl u. Schwarzbauer (2002) nicht zu erklären

Holzfassaden

Über die Menge und Anteil verschiedener Fassadenmaterialien kann in Österreich mangels statistischer Erfassung keine Aussagen gemacht werden. Nach Auskunft des Österreichischen Fertighausverbandes beträgt die in Fertigteilhäusern (13% aller fertiggestellten Gebäude in Österreich 1999) jährlich verbaute Holzfassadenfläche²⁸ schätzungsweise 160.000m². Die von Bruderhofer (2002) durchgeführte Primärerhebung unter Entscheidungsträgern²⁹ über die am häufigsten verwendeten Holzwerkstoffe für Fassaden ergab, dass für 86% der Fassaden Vollholz, für 1% Schindeln und für 13% Holzwerkstoffe³⁰ eingesetzt wurden. In Österreich sind derzeit 12 industrielle Holzfassadenproduzenten tätig. Über gewerbliche Anbieter von Holzfassaden existieren keine weiteren Daten.

Die für die Kaufentscheidung wichtigsten Produkteigenschaften sind für die Entscheidungsträger das Erscheinungsbild, die Lebensdauer, die Wartungsintervalle und die Oberfläche der Fassaden.

Die Untersuchung der Zahlungsbereitschaft für Holzfassaden mit verbesserten Holzeigenschaften ergab, dass mehr als die Hälfte der Befragten (54%) bereit sind, einen bis zu 10% höheren Preis zu bezahlen, 12% würden sogar bis zu 20% mehr bezahlen. Knapp ein Viertel lehnt eine Preiserhöhung strikt ab. Bruderhofer (2000) schließt aus diesen Angaben, auch wenn die tatsächliche Mehrzahlungsbereitschaft nicht so hoch sein sollte wie angegeben, dass den meisten Entscheidungsträgern die Kosten einer Holzmodifizierung bewusst sind. (Hogl und Schwarzbauer 2002)

Fensterrahmen

1999 umfasste das Marktvolumen in Österreich 2,3 Mio. Fenstereinheiten (FE). Holz war mit 32% (Statistik Austria 2000 in Hogl u.- Schwarzbauer 2002) zweitwichtigster Fenster-Rahmenwerkstoff, nach Kunststoff (51%). Der von Weilharter (2001) ermittelte Marktanteil für Holz- und Holz-Aluminium-Rahmen von 40% bezieht sich auf die Fenstermenge, die von den in seiner Studie befragten gewerblichen Bauträgern und gemeinnützigen Bauvereinigungen in Österreich eingebaut wurden³¹.

²⁷ Hogl und Schwarzbauer (2002) bezeichnen Einheiten von Lärmschutzwänden entlang von Schienenstrecken als „Lärmschutzkassetten“, entlang von Straßen als „Lärmschutzelemente“.

²⁸ Der Begriff „Holzfassaden“ stellt einen Sammelbegriff für Fassaden aus unterschiedlichen Holzprodukten bzw. Holzwerkstoffen dar.

²⁹ Architekten, Zimmerer, Planer und Baubehörden

³⁰ Mehrschichtplatten, OSB, Fassadensperrholz

³¹ Auf diese beiden Gruppen entfällt zusammen ca. zwei Drittel des österreichischen Wohnungsbaus (Hogl und Schwarzbauer 2002)

Der deutliche Marktanteilsrückgang von Holzfenstern im Vergleich zu Kunststofffenstern von ca. 70% in den 1970er Jahren auf 32% im Jahr 1999 wird im Wesentlichen auf drei Faktoren zurückgeführt:

1. Geringere Kosten des Kunststofffensters,
2. geringerer Wartungsaufwand bei Kunststofffenstern,
3. höheres Glasgewicht (Schallschutz) und folglich Probleme mit Holzprofilen (Dimension) (Hogl und Schwarzbauer 2002 sowie Weilharter 2001)

Die Entwicklung der Marktstrukturen der Fenstermärkte und der Marktanteil für Holzfenster verlief in den letzten Jahrzehnten im gesamten West-Mittel-Europa ähnlich wie in Österreich. Insgesamt ging in den letzten Jahren das Marktvolumen leicht zurück, der Marktanteil des PVC-Fensters steigt weiter an, wenn auch langsamer als früher. In Deutschland, dem größten europäischen Fenstermarkt, wird jedoch eine überdurchschnittlich negative Entwicklung auf dem Holzfenstermarkt beobachtet. In den zentral- und ost-europäischen Märkten stellt sich die Situation anders dar. Das Fenstermarktvolumen wuchs hier, ausgehend von 10,8 Mio. FE im Jahr 1999, nach Schätzungen in den Jahren 2000 und 2001 um 4-5%. Im Jahr 1999 waren 59,3% der neu eingesetzten Fenster in Zentral- und Ost-Europa aus Holz. (Hogl u. Schwarzbauer 2002)

Mit der geringen Zahlungsbereitschaft der Entscheidungsträger für technisch verbesserte Holzfenster wird deutlich, dass der Kostenfaktor bei Fenstern erheblich wichtiger ist als bei Lärmschutzwänden und Fassaden.

Lärmschutzwände

Sowohl an Schienenstrecken als auch bei Straßen ist der Holzanteil bei Lärmschutzwänden in Österreich hoch (80% respektive 50 - 65 %) und in den letzten Jahren im Steigen begriffen. Ein wesentlicher Faktor für diese Entwicklung ist nach Angaben der ÖBB das günstige Preis-Leistungsverhältnis von Lärmschutzkassetten aus Holz. (Hogl und Schwarzbauer 2002 sowie Jettmar 2002)

Kriterien für die Wahl des Materials für Lärmschutzwände sind das Ausmaß der Lärmabsorption, Lebensdauer und Wartungsintervalle. Errichtungskosten finden sich im Mittelfeld der Bewertung. Umweltaspekte wurden, wie auch bei den anderen Produktsegmenten, als vergleichsweise weniger wichtig eingeschätzt. Lärmschutzkassetten aus traditionell unbehandeltem oder chemisch behandeltem Holz wurden hinsichtlich des Einfügens in die Landschaft, der Lärmabsorption und wegen ihrer geringen „Errichtungskosten“ positiv beurteilt. Die Bewertung ihrer Eignung fällt allerdings hinsichtlich Lebensdauer, Wartungsintervallen und Instandhaltungskosten schlecht aus. (Hogl u. Schwarzbauer 2002 sowie Jettmar 2002)

Bestimmte technische Eigenschaften von Holz stehen folglich einem verstärkten Einsatz dieses Werkstoffes bei den drei untersuchten Produktgruppen im Wege. Generell wird Holz im Zusammenhang mit dem Zusatznutzen „Umweltaspekte“ (Natürlichkeit des Baustoffes, Umweltgerechte Herstellung, Umweltgerechte Entsorgung) immer positiv beurteilt, weniger gut hingegen einigen den Kernnutzen in der Anwendungen betreffenden Eigenschaften, insbesondere der Lebensdauer/Dauerhaftigkeit und der Wartungsintervalle. (Hogl u. Schwarzbauer 2002)

Bei allen drei untersuchten Produktgruppen würde nach Ansicht von Hogl und Schwarzbauer (2000) durch eine erfolgreiche Modifizierung gerade jene Holzeigenschaften verbessert, die von den Entscheidungsträgern als besonders wichtig für die Materialwahl gesehen werden, bei denen Holz aber derzeit relativ schlecht bewertet wird. Dies gilt insbesondere für die Kriterien „Dauerhaftigkeit“ und „Wartungsaufwand“. Wartungsintervalle von mehr als 8 Jahren werden sowohl für Fassaden als auch für Fensterrahmen von einer deutlichen Mehrheit der Befragten gewünscht (65% resp. 72%). Für einen Großteil der Entscheidungsträger spielt ein gewisser Verlust an Natürlichkeit durch Modifikation keine kaufentscheidende Rolle, wenn im Gegenzug die technischen Produkteigenschaften anwendungsbezogen verbessert werden. (Hogl und Schwarzbauer 2002)

Die Bereitschaft für Produkte aus modifiziertem Holz höhere Preise in Kauf zu nehmen ist am ehesten bei Fassaden gegeben. Bei Fenstern und Lärmschutzwänden lehnt ein größerer Teil der Entscheidungsträger höhere Preise grundsätzlich ab. Diese Ergebnisse legen nahe, dass es sich bei Lärmschutzwänden zwar um relativ geringe Mengen handelt, die Chancen für modifiziertes Holz in diesem Marktsegment aber im Vergleich mit den Einsatzbereichen Fassaden und Fenster deutlicher ausgeprägt sind.

Hogl und Schwarzbauer (2002) ziehen aus den Ergebnissen den Schluss, dass in allen drei Marktsegmenten reelle Marktchancen bestehen, „wenn es gelingt, durch gezielte Steuerung der Modifikationsverfahren die Werkstoffeigenschaften so zu verändern, dass sie den Anforderungsprofilen gerecht werden und wenn gleichzeitig die Kosten der Holzmodifikation so gering gehalten werden können, dass der Rahmen der vorhandenen Zahlungsbereitschaft potentieller Abnehmer nicht gesprengt wird.“ (Hogl und Schwarzbauer 2002, S. 221)

10 Marketing

10.1 Rechte, Patente und Lizenzen

ThermoWood®

ThermoWood® ist ein eingetragenes Markenzeichen der finnischen „Thermowood Association“. Diese Markenbezeichnung wird in Deutschland auch „Thermoholz“ genannt. Der Produktname wird überbetrieblich für hitzebehandeltes Holz verwendet, das nach dem vom Finnish Technical Research Centre VTT³² entwickelten und patentierten Verfahren hergestellt wird. Die Patente sind unter den Nummern 103834, 104286 und 104285 eingetragen. (Leithoff 2001)

Die Thermowood Association wurde im Dezember 2000 gegründet. Das Ziel des Verbandes ist, die Verwendung von ThermoWood® zu fördern. Darüber hinaus sind die Standardisierung von Qualitätskontrollen der Produktion und die Produkt-Klassifizierung sowie kontinuierliche Forschung und Entwicklung wichtige Aufgaben des Verbandes. Mitglieder des Verbandes sind sowohl Hersteller von hitzebehandeltem Holz als auch Anlagenbauer (www.thermowood.fi, Stand 26.9.2002). Die Mitglieder sind Lizenzträger des Verfahrens sowie des Markennamens ThermoWood®.

Verschiedene Hersteller in Skandinavien produzieren hitzebehandeltes Holz unter diesem Markenzeichen. Marktführer in Skandinavien ist Finnforest Oy, gefolgt von Stora Enso Timber Ltd. und Stellac Oy, deren Produktionsstätten in Finnland liegen³³. Die großen Herstellerfirmen sind nicht an einer Lizenzvergabe für Hitzevergütungsanlagen an kleinere Unternehmen interessiert (mdl. Mittlg. 2002, 2x). Stellac Oy ist demgegenüber durchaus an Lizenzvergaben von ThermoWood® zum Vertrieb ihrer Hitzevergütungsanlagen interessiert (mdl. Mittlg. 2002).

Plato®Holz

Die Patente³⁴ bzw. Rechte für die Herstellung von Plato®Holz gehören der niederländischen Firma Nieuw Hout, Arnhem. Die Rechte wurden zusammen mit den Werksanlagen von Plato Beheer B.V. Arnhem übernommen, dem Unternehmen, das das Plato®-Verfahren mit entwickelt und zur Marktreife gebracht hat, aber im März 2001 Insolvenz anmelden musste³⁵ (EUWID 2001c). Aufgrund dieser Erfahrung wurden Investitionspläne für eine Produktionsanlage zur Herstellung von thermisch behandeltem Holz nach dem Plato®-

³² VTT = Valtion teknillinen tutkimuskeskus - Finnisches Technisches Forschungszentrum

³³ Die Firmennamen und Adressen weiterer Produzenten und Anlagenhersteller sind in der Adressenliste im Anhang aufgeführt.

³⁴ EP 0626433, EP 0612595, EP 0622163

Verfahren in Deutschland (Boxberg, Sachsen) bis auf weiteres zurückgestellt (ibid). Inzwischen hat Nieu Hout die Produktion von ‚platonisiertem‘ Holz in den Niederlanden wieder aufgenommen (Anonymus 2002). Nieu Hout ist an einer Vergabe von Produktionslizenzen für Hitzevergütungsanlagen nach dem Plato®-Verfahren an Investoren interessiert (www.plato-holz.de Nov. 2002, mdl. Mittlg. 2002). Die Kontaktadresse ist im Anhang angeführt.

Mafi Vulcano

Die Produktserie „Mafi Vulcano“ aus hitzebehandeltem Holz (ausschließlich Bodenbeläge für den Innenbereich) der Firma Mafi Holzverarbeitung GmbH können bei der Herstellerfirma oder ihren Vertriebspartnern bezogen werden. Mafi hält keine Patente und vergibt keine Lizenzen für das an das eigene Produktsortiment adaptierte Hitzebehandlungsverfahren. Das Unternehmen ist im Rahmen seiner maximalen Wertschöpfungsstrategie nicht an einer Kooperation mit Weiterverarbeitern interessiert (mdl. Mitteilung 2002). Kontaktadressen sind im Anhang angeführt.

Menz-Holz

Die Patente³⁶ und Rechte für die Herstellung von Öl-Hitze-behandeltem Holz gehören der Firma Menz Holz, die dieses Verfahren auch entwickelt hat ((Rapp und Sailer 2001). Die Fertigprodukte aus Öl-Hitze behandeltem Holz (bisher ausschließlich Produkte für den Gartenbedarf) der Patent inhabenden Firma Menz können bei der Herstellerfirma oder ihren Vertriebspartnern bezogen werden. Die Firma ist daran interessiert europaweit Partner für eine lizenzierte Produktion von Öl-Hitze-behandeltem Holz zu finden (Rapp und Sailer 2001). Kontaktadressen sind im Anhang angeführt.

Retifiziertes Holz („Bois retifié“)

Alle Patente³⁷, die im Zusammenhang mit retifiziertem Holz stehen werden von der NOW S.A. (New Option Wood Limited Company) gehalten. (NOW besitzt alle Rechte zur Vergabe und/oder Kommerzialisierung von Produktionslizenzen und Behandlungsanlagen sowie der Verwendung des Produktnamens ‚Bois Retifié‘ oder ‚Retified Wood‘. Lizenzhalter und Hersteller von retifiziertem Holz sind HTT SOUSTONS, RETITECH, RETIMAC und RETIBOIS. NOW ist weiterhin an der Vergabe von Produktionslizenzen an Investoren interessiert und vertreibt gemeinsam mit dem Anlagenhersteller „Fours & Brûleurs Rey“

³⁵ Als Hauptgrund werden Qualitätsmängel bei der Rohstoffbeschaffung genannt (mdl. Mittlg. 2002).

³⁶ EP0018446 1982: Verfahren zur Vergütung von Holz; EP0612595 1994, EP0623433 1994, EP0622163 1994 Process for upgrading low-quality wood; EP0759137 1995: Method for processing wood at elevated temperatures; US5678324 1997: Method for improving biodegradation resistance and dimensional stability of cellulosic products

³⁷ US 6248402, EP 0936961, FR 2755054

Hitzevergütungsanlagen inklusive Retification®-Lizenz, Installation und technologischem Transfer ([www.retifie.com/Wood treatment.htm](http://www.retifie.com/Wood_treatment.htm), Stand 23.8.2002). Die Kontaktadressen sind im Anhang angeführt.

10.2 Zielmärkte und Absatzwege

Zielmärkte

ThermoWood®

Insgesamt werden 50% der gegenwärtigen Produktion von ca. 10.000 m³ von Finnforest in Finnland abgesetzt. Die weiteren 50% werden innerhalb Europas exportiert. Importländer sind u.a. Dänemark, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Norwegen und die Schweiz. Stora Enso bietet ihre Produkte in den selben Länder an. Stellac Oy ist bisher nur auf dem skandinavischen Markt präsent.

Plato®Holz

Produkte aus Plato®Holz werden derzeit (Stand Nov. 2002) nur in den Niederlanden abgesetzt. (mdl. Mittlg. 2002) Der kleine überschaubare Markt soll konzentriert bearbeitet werden, ehe Marketingaktivitäten auf anderen Märkten verstärkt werden. Grundsätzlich sind Belgien und Deutschland die nächsten Zielmärkte (mdl. Mittlg. 2002).

Retifiziertes Holz

Produktion und Absatz von Produkten aus retifiziertem Holz konzentrieren sich auf Frankreich. Als nächste Zielmärkte sind Benelux-Länder und Deutschland angesprochen. Außerhalb Frankreichs wird derzeit nicht aktiv vermarktet. Bretter und Halbwaren der Marke „Le Bois Réifié“ können jedoch geordert werden; im Internet finden sich Informationen über das Verfahren, Holzarten, Maße und Preise französisch und englisch (www.retifie.com/ Link: ‚manufactured products‘). Ein im Internet gelisteter deutscher Handelspartner führt die im Jahr 2001 im Internet angebotene Badezimmermöbel aus retifiziertem Holz Mitte 2002 nicht mehr (mdl. Mittlg. 2002). Ein ehemaliger Kooperationspartner von NOW in der Schweiz wurde von Finnforest übernommen (mdl. Mittlg. 2002).

Mafi Holzveredelung GmbH setzt den größten Anteil seiner Produkte im Herstellerland Österreich ab, gefolgt von Deutschland, Italien und der Schweiz, wo eigene Außendienstmitarbeiter im Einsatz sind. In England, USA und Griechenland erfolgen Exporte im Generalvertrieb (mdl. Mittlg. 2002). In Summe erfährt Mafi die größte Nachfrage in Südeuropa, wo dunkle Parkettböden beliebt sind (Anonymus 2001, *HZB 127*).

Menz Holz setzt seine öl-hitzebehandelten Produkte für den Gartenbereich und das Balkonprogramm vermutlich hauptsächlich in Deutschland ab (Anonymus 2001 HZB Nr. 123, ; Anonymus 2002 B+H Nr. 3,).

Absatzwege

Die gegenwärtige Bedeutung und das Potenzial unterschiedlicher Absatzwege für hitzebehandeltes Holz in Deutschland wurde von Interviewpartnern der Herstellerfirmen anhand der nachfolgenden Liste von möglichen Kundengruppen und Absatzpartnern eingeschätzt:

- Holzfachhändler
- Weiterverarbeiter
- Baumärkte/Verbrauchermärkte
- Gartenfachhandel
- Fertighausfirmen
- Bauherren/Baufirmen
- Schreinereibetriebe
- Privatkunden / Direktverkauf
- Andere

Finnforest Oy setzt derzeit seine Produkt aus ThermoWood® in Deutschland ausschließlich über Holzfachhändler ab, um das Produkte kontrolliert einführen zu können. Es bestehen gegenwärtig keine aktiven Bestrebungen eine Vermarktung in Baumärkten, Kleinunternehmen oder den Direktverkauf zu initiieren. In Großbritannien sind Bau- und Verbrauchermärkte im Gegensatz dazu die Haupthandelspartner, da dort dieser Marktsektor, nach Skandinavien, der am wichtigste und am schnellsten wachsende Markt für Holzprodukte in Europa ist. In Deutschland werden die Chancen für eine Vermarktung von ThermoWood® im „Do-it-yourself“ Bereich ebenfalls positiv bewertet. Allerdings werden Vertriebskooperationen mit Baumärkten frühestens in 1-2 Jahren erwartet. Fertighausfirmen werden als weitere Kundengruppe mit überdurchschnittlichem Zukunftspotential gesehen. Insbesondere im Bereich Niedrigenergie- bzw. Passivhäusern könnte der Einsatz des Materials mit erhöhten Isolationseigenschaften interessant werden (mdl. Mittlg. 2002). Für die Belieferung von kleinen Firmen oder Privatkunden müssen noch logistische Probleme gelöst werden (mdl. Mittlg. 2002).

Finnforest Oy bietet weder Produktionslizenzen noch Vertriebslizenzen für ThermoWood® an. Der Konzern sucht vor allem Partnerschaften mit Hobelwerken und anderen potenziellen Weiterverarbeitern von hitzebehandeltem Holz, die das in Finnland vergütete Holz kaufen,

um daraus in Deutschland dem Markt angepasste Halb- und Fertigwaren herzustellen (mdl. Mittlg. 2002)

Stora Enso Timber Ltd. vermarktet ihr ebenfalls in Finnland hitzebehandeltes Holz auch unter dem Namen ThermoWood®. Seit Markteintritt in Deutschland werden von Stora Enso vor allem Kooperationen mit Weiterverarbeitern angestrebt. Schwierigkeiten bei der Partnersuche gibt es derzeit jedoch durch erhöhte Anzahl von Insolvenzen insbesondere bei Hobelwerken in Deutschland (mdl. Mittlg. 2002). Ziel von Stora Enso ist es nun bis auf weiteres eine möglichst hohe Wertschöpfung des Produktes selbst zu erzielen. Gegenwärtig werden von diesem Konzern in Deutschland ausschließlich Endprodukte, so genannte „best solutions“, über einige wenige Holzfachhändler abgesetzt. Es werden jedoch kaum Produkte aus ThermoWood® auf Lager gehalten. Nach Aussagen des Interviewpartners ist es derzeit in Deutschland schwierig, Absatzpartner zu finden.

Stellac Oy befindet sich in einer Zwitterrolle. Als Hersteller von ThermoWood® sucht das Unternehmen in Deutschland Partnerschaften mit Weiterverarbeitern. Zukunftspotenzial wird insbesondere im Bereich Fußbodenbeläge und Fensterherstellung gesehen (mdl. Mittlg. 2002). Stellac Oy produziert und vertreibt jedoch auch Hitzebehandlungsanlagen. Es werden folglich Kontakte zu Unternehmen gesucht, die in eigene Hitzebehandlungsanlagen investieren wollen (mdl. Mittlg. 2002, www.stellac.fi/english/index.htm, Stand Nov. 2002).

Ein erstes Lizenzvergabeverfahren und Verkauf einer Anlage von Stellac Oy in Deutschland an die Spezialtechnik GmbH, Dresden ist jedoch aufgrund der schwachen Marktentwicklung für thermisch behandeltes Holz und der zunehmenden Unsicherheiten in Bezug auf die Produktionstechnologie sowie nicht erfüllter Erwartungen an das Produkt (Dauerhaftigkeit bei Erdkontakt, uneingeschränkte Einsatzmöglichkeit im Fensterbereich; mdl. Mittlg. 2002) noch in der Planungsphase Ende 2001 aufgegeben worden. Das für dieses Investitionsprojekt gegründete Tochterunternehmen Holzveredelung Lausitz GmbH wurde wieder aufgelöst (EUWID 2002f).

Niew Hout, Arnhem, Hersteller von Plato®Holz, nennt ebenfalls vor allem Weiterverarbeiter als seine angestrebten Kundengruppen (www.platowood.nl, Stand 4.10.2002). Als mögliche Anwendungsgebiete werden neben dem Gartenbau mit Palisaden, Zäunen und Stützpfeilern (mit Erdkontakt) auch Fenster, Türen und Fußböden sowie Verkleidungen für Außenfassaden sowie Kanal-Wände genannt. Für den deutschen Markt verhandelt das niederländische Unternehmen derzeit mit möglichen Vertriebspartnern (Anonymus 2002 u. mdl. Mittlg. 2002).

Die fertigen Parkett- und Dielensortimente für den Innenbereich mit dem Marken-Namen „Mafi-Vulcano“ der Mafi Holzverarbeitung GmbH werden über Vertragshändler, insbesondere im Spezialbereich Parkett und Fußbodenbeläge, aber auch über allgemeine Holzfachhändler abgesetzt.

Die Firma Menz Holz stellt aus ihrem Öl-Hitze-behandelten Holz ebenfalls ausschließlich Endprodukte speziell für den Einsatz im Gartenbereich her. Diese werden zielgruppengerecht über Vertragspartner im Holz- und Gartenfachhandel abgesetzt.

10.3 Preisspannen von hitzebehandeltem Holz im Vergleich zu ausgewählten Alternativprodukten

Die folgenden wirtschaftlichen Grundüberlegungen prägen die Motivation der Unternehmen, die die Entwicklung von hitzebehandeltem Holz vorantreiben:

- Erhöhung der Wertschöpfung
- Ausweitung des Marktes für Holzprodukte
- Präventive Substitution von holzschutzmittelbehandelten Holzprodukten
- Produktinnovation und Qualitätssteigerung zum Erhalt von Marktanteilen von Vollholzprodukten

Primär basiert der wirtschaftliche Grundgedanke einer kommerziellen Hitzebehandlung von Holz auf der Idee, preisgünstige und leicht zu beschaffende Holzarten, wie wenig dauerhafte Nadelhölzer der temperierten Zone oder leichte, weiche und ebenfalls wenig dauerhafte Laubhölzer, zu einem qualitativ höherwertigen Material zu vergüten. Dies soll in seinen Einsatzmöglichkeiten und folglich auch im Preis mit natürlich dauerhaften, härteren oder auch standfesteren Holzarten konkurrieren können. Damit sollen für diese Holzarten neue Einsatzgebiete und somit eine Ausweitung des Marktes ermöglicht und nicht zuletzt eine höhere Wertschöpfung erzielt werden.

An zweiter Stelle wirtschaftlicher Überlegungen liegt die präventive Substitution von schutzsalzimpregnierten Holzprodukten im Außenbereich zur Sicherung von Marktanteilen. Durch die sich in Europa kontinuierlich verschärfenden Umweltauflagen bei der Produktion, im Einsatz und Entsorgung von holzschutzmittel- oder oberflächenbehandeltem (Alt-)Holz drohen Marktanteileinbußen von Holzprodukten in verschiedenen Einsatzgebieten, wenn eine solche Substitution nicht gelingt.

An dritter Stelle liegen Produktinnovationen für den Innenbereich in Bezug auf Design und Optik, aber auch der Wunsch nach Qualitätssteigerungen bezüglich der Dimensionsstabilität, die ebenfalls einen Beitrag zum Erhalt von Marktanteilen von Vollholz-Produkten im Vergleich zu Konkurrenzprodukten (Holzwerkstoffe, Kunststoffe, Metalle, Verbundmaterialien) leisten sollen.

Nachrangig ist nach Herstellerangaben die Gewinnung potenzieller Kundengruppen mit umweltorientierten Kaufmotiven.

Diese Ziele lassen eine differenzierte Entwicklung der Produktionskosten und der Preisgestaltung erwarten. Die Preisgestaltung wiederum hat einen wichtigen Einfluss auf die Marktakzeptanz bzw. auf die notwendigen Kommunikationsmaßnahmen für Produkte aus hitzebehandeltem Holz.

Zum Vergleich von Preisen von hitzebehandeltem Holz mit Preisen von ausgewählten Alternativprodukten wurde in dieser Studie in Abhängigkeit von verfügbaren Informationen drei verschiedene Kalkulationsgrundlagen ermittelt:

- a) Herstellungskosten für hitzebehandeltes Holz,
- b) Durchschnittspreise von Halbwaren,
- c) Durchschnittspreise von Endprodukten.

Eine eindeutige Aussage zu den Preisen von hitzebehandeltem Holz im Vergleich zu alternativen Produkten ist auf der Basis verfügbarer Informationen in dieser Studie jedoch nicht möglich.

a) Herstellungskosten

Die Informationsbereitschaft über die Herstellungskosten ist bei den Vertretern der jeweiligen Unternehmen sehr gering ausgeprägt. Informationen der Gesprächspartner³⁸ sowie aus Veröffentlichungen lassen folgende generelle Übersicht und Aussagen über Abhängigkeiten der Kosten von einzelnen Produktionsfaktoren zu:

Einflussfaktoren auf die Herstellungskosten

- Anlageinvestitionen
- Rohstoffe
- Prozesskosten

³⁸ im Einzelfall wurden im Gespräch weiterführende Informationen gewährt allerdings mit dem Hinweis, welche Details nicht zur Veröffentlichung freigegeben werden.

- Ausbeute
- Weiterbearbeitungskosten

Anlageinvestitionen

Die Kosten für die Beschaffung der Hitzebehandlungsanlagen variieren in Abhängigkeit von dem technischen Verfahren, der Anlagengröße, der Lizenzkosten sowie den Abschreibungsmöglichkeiten (Militz und Tjeerdsma 2001, Rapp und Sailer 2001). Weiterhin spielen bei der Kalkulation der Anlageinvestitionen Standortfaktoren wie Grundstückspreise, Steuern sowie das Lohnkostenniveau eine Rolle (Militz und Tjeerdsma 2001). Einen Überblick über die veröffentlichten Daten zu den Anlagekosten der einzelnen Verfahren gibt Tabelle 8. Die veröffentlichten Beschaffungskosten für Hitzebehandlungsanlagen der verschiedenen Verfahren beziehen sich auf nicht vergleichbare Größenordnungen der Kapazitäten. Die Angaben wurden daher überschlägig auf Kosten der Anlage je 500 m³ Behandlungskapazität kalkuliert, um einen groben Vergleich zu ermöglichen.

Tabelle 8: Preise für Hitzebehandlungsanlagen

Verfahren	Preis [€]	Kapazität [m³/Jahr]	Kalk. Preis* [€ 500 m³ u Jahr]	Quelle
Plato®	10-15 Mio.	75.000	67.000-100.000	Militz u. Tjeerdsma (2001)
Retifizierung®	460.-690.000	3.-9.000	38.500-77.000	www.retifie.com/woodtreatment.htm (Stand 23.8.2002)
Öl-Hitze	450.000	8.500	26.500	Rapp u. Sailer (2001)
einstufiges Wasserdampf-Verfahren	k.A.	1.-50.000	k.A.	mdl. Mittlg. (2002)

* auf die nächsten 500 €aufgerundet

Die Übersicht verdeutlicht, dass die Beschaffungskosten einer Anlage für das Plato®-Verfahren je 500 m³ Behandlungskapazität pro Jahr im Durchschnitt höher ist als für Anlagen zur Retifizierung oder Öl-Hitzebehandlung von Holz. Die bisher in Betrieb befindlichen Anlagen für das Plato®-Verfahren sind darüber hinaus im Vergleich zu kommerziellen Anlagen für das Inertgas- bzw. Öl-Hitze-Verfahren auf die 8- bis 25-fachen Kapazitäten ausgelegt. Es sind folglich erheblich höhere Einstiegsinvestitionen erforderlich, mit allen damit verbundenen höheren Finanzierungskosten. Keine Informationen sind verfügbar, ob für das Plato®-Verfahren neben Labor-Anlagen auch Anlagen mit geringeren Kapazitäten für eine kommerzielle Verwendung entwickelt werden. Für Anlagen, die Holz nach dem einstufigen Wasserdampf-Verfahren behandeln, sind keine Beschaffungskosten veröffentlicht oder in den Interviews genannt worden. Kommerzielle Interessenten sowie Anlagenbauer berichten jedoch, dass Anlagen von 1.000 bis 50.000 m³ Behandlungskapazität angeboten werden und die Kosten im Durchschnitt niedriger sind als für Anlagen der konkurrierenden Verfahren.

Rohstoffe

Bei allen Hitzebehandlungsverfahren können unterschiedliche Holzarten eingesetzt werden. Die Herstellungskosten von hitzebehandeltem (Schnitt-)Holz hängen folglich zum Großteil vom Preis der eingesetzten Holzart sowie der Qualität und Dimensionen des Holzes ab. Ziel der meisten Hersteller von hitzebehandeltem Holz ist es möglichst preisgünstige und leicht verfügbare „heimische“ Holzarten weiter zu veredeln. In Skandinavien sind dies vor allem nordische Fichte sowie nordische Kiefer und Birke; in Mitteleuropa („See-“) Kiefer, Fichte und Pappel. Weiterhin wird der Einsatz preisgünstiger Plantagenholzarten, wie z.B. *Pinus Radiata* angestrebt (mdl. Mittlg. 2002). Die Erwartungen, durchschnittliche Qualitäten zu durchschnittlichen Preisen einsetzen zu können, haben sich in der Praxis zumindest für das einstufige Wasserdampf-Verfahren sowie mindestens ein FWD-Verfahren nicht erfüllt (mdl. Mittlg. 2002 (3x); s.a. Kap. 4). Zunehmende Erfahrung mit Hitzebehandlungsprozessen im kommerziellen Maßstab und mit Endprodukten zeigen, dass die notwendigen Produktqualitäten nur bei überdurchschnittlicher Rohstoffqualität (Grad der Astreinheit, Lage der Jahrringe (Einschnitt möglichst Rift bis Halbrift), Faserverlauf, gleichmäßige Dimensionen und Ausgangsfeuchten unabhängig von der Holzart) erzielt werden können. Dies erfordert eine genauere Sortierung von Schnittholz als z.B. für die technische Holz Trocknung und folglich höhere Sortierkosten und Rohstoffpreise für die ausgewählten Qualitäten (mdl. Mittlg. 2002). Preis- und Qualitätsvorteile bei der Rohstoffbeschaffung haben somit vor allem Hersteller, die ihre Hitzebehandlungsanlagen aus unternehmenseigenen Sägewerken beliefern können (mdl. Mittlg. 2002).

Einen anderen Weg gehen die Hersteller, die für hitzebehandelte Holzprodukte für den Innenbereich auch höherpreisige Holzarten (z.B. Lärche, Eiche, Esche, Robinie) einsetzen, wenn ihnen veränderte Farbgebung und Dimensionstabilität von vorrangiger Bedeutung für die Wertschöpfung sind (mdl. Mittlg. 2002). Hier wird von vorneherein mit höheren Rohstoff-Beschaffungskosten kalkuliert.

Prozesskosten

Über alle vier Haupt-Hitzebehandlungsverfahren (Wasserdampf [ein und mehrstufig], Öl, Inertgas) werden Prozesskosten von 60 – 250 € pro Kubikmeter zuzüglich Holzkosten angegeben, mit dem Hinweis, dass die Angaben je nach Verfahrensvariante und Forschergruppe schwanken (Leithoff 2001; Rapp, Sailer und Peek 2000). Tabelle 9 gibt einen Überblick über die veröffentlichten Behandlungskosten für die einzelnen Verfahren.

Tabelle 9: Behandlungskosten der verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren für 1 m³ Holz

Verfahren	Behandlungskosten [€/m ³]	Bemerkungen	Quelle
ThermoWood®	k.A.		
Plato®	100		Militz u. Tjeerdsma 2001
Öl-Hitze	60-90	Fichte; in Abhängigkeit vom gewünschten Öl-Eintrag	Rapp und Sailer 2001
Inertgas	150-160	Retifiziertes® Holz mit Stickstoff als Wärmeleitmedium	Vernois 2001
k.A.	150-180	Fa. Mafi, stellt Anlage für Lohnarbeiten zur Verfügung	Anonymus 2001

k.A. = keine Angabe

Für das Retifizierungsverfahren mit Stickstoff gibt Vernois(2001) Behandlungskosten von 150-160 EURO/m³ behandeltem Holz an. . Sie liegen damit deutlich höher als die für das Plato®-Verfahren angegebenen Durchschnittskosten von ca. 100 EURO/m³ (Militz und Tjeerdsma 2001). Die genauer definierten Behandlungskosten für Fichte nach dem Öl-Hitze-Verfahren liegen nach Rapp und Sailer (2001 *CostReview*) zwischen 60 und 90 EURO/m³, in Abhängigkeit von dem gewünschtem Öl-Eintrag. Die Firma Mafi Holzveredelung GmbH gibt ihre Prozesskosten mit 150-180 EURO/m³ an, mit dem Hinweis, dass sie ihre Anlage für ein nicht näher beschriebenes Hitzebehandlungsverfahren für Lohnarbeiten zur Verfügung stellt. Keine Angaben sind für die Behandlungskosten von ThermoWood® verfügbar.

Die Prozesskosten variieren zwischen und auch innerhalb der verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren weiterhin in Abhängigkeit folgender Parameter.

- Hilfsmittel / Kosten für das Wärmeleitmedium

Die Beschaffungskosten als auch die Rückgewinnungs- bzw. Entsorgungskosten vom Wärmeleitmedium sowie den Hilfsmitteln und Nebenprodukten spielen bei den Herstellungskosten eine wichtige Rolle (Militz und Tjeerdsma 2001, Rapp und Sailer 2001, Vernois 2001). Bei dem Öl-Hitze-Verfahren ist weiterhin die gewünschte Eintragsmenge an Öl in das Endprodukt relevant (Rapp und Sailer 2001). Nach Aussagen der Interviewpartner sind die Kosten dieser Behandlungsparameter beim Wasserdampfverfahren niedriger als bei den Verfahren mit Öl oder Intergas als Wärmeleitmedium (mdl. Mittlg. 2002 (6x)).

- Energie

Die Herstellungskosten sind abhängig vom Preis des Energieträgers, Energiebeschaffungskosten, Dauer und Höhe der gefahrenen Temperaturkurve sowie den Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung während des Behandlungsprozesses (Militz und Tjeerdsma 2001)

- Zeit

Die Herstellungskosten sind abhängig von der Dauer der Behandlungs- und Aushärtungsphase sowie dem Zeitbedarf für Beschickung und Entladung (Militz und Tjeerdsma 2001, mdl. Mittlg. 2002 (4x)). Die Dauer der Behandlungs- und Aushärtungsphase hängt wiederum von der Holzart, der Dimension des Schnittholzes und den gewünschten Produkteigenschaften ab. Weiterhin wurde der Zeitbedarf für die Adaption der Behandlungsverläufe der jeweiligen Anlagen an unterschiedliche Holzarten und Schnittholzdimensionen als relevanter Zeit- und somit Kostenfaktor bei allen Verfahren genannt (mdl. Mittlg. 2002).

- Auslastung

Eine geringe Auslastung der Hitzebehandlungsanlagen führt zu relativ höheren Prozesskosten (mdl. Mittlg., Vernois 2001). Die Auslastung der Anlage variiert nicht nur in Abhängigkeit der obengenannten technischen Parameter sondern auch in Abhängigkeit von der Auftragslage (mdl. Mittlg. 2002).

Alle diese Behandlungsparameter und somit die zu veranschlagenden Prozesskosten variieren wiederum in Abhängigkeit von der eingesetzten Holzart, da jede Holzart unterschiedlich auf Dauer und Temperatur der Hitzebehandlung reagiert. Die Behandlungsprogramme müssen folglich individuell auf jede Holzart und Dimension angepasst und eingestellt werden. Die Kosten steigen nach Aussage von Interviewpartnern in jedem Fall mit „der Dicke der Bohlen“.

In Summe sind die Anlage- und Prozesskosten für einstufige Hitzebehandlungsverfahren mit Wasserdampf am niedrigsten (mdl. Mittlg. 2002), am teuersten sind die technisch komplexeren Anlagen für das mehrstufige Plato®-Verfahren, dicht gefolgt von dem Inertgas-Verfahren und möglicherweise anderen FWD-Verfahren. Diese Kalkulation beinhaltet jedoch noch nicht die Faktoren Ausbeute und Weiterbearbeitungskosten, die bisher von keinem Hersteller beziffert wurden, im Folgenden aber kurz erörtert werden.

Ausbeute

Bei der Hitzebehandlung von Holz wird, wie bei jedem Produktionsprozess, eine gewisse Menge an Ausschuss produziert, der sich je nach Ausmaß mehr oder weniger stark auf die Produktionskosten auswirkt. Insgesamt berichten alle Hersteller von einem über den Erwartungen liegenden Ausschuss bei der kommerziellen Produktion von hitzebehandeltem Holz. Die Erfahrungen der Hersteller zeigen, dass an erster Stelle die Rohstoffqualität die Ausbeute bestimmt. An zweiter Stelle wirken sich die Erfahrungen mit den Prozessverläufen in Abhängigkeit vom Verfahren der individuellen Anlage, der jeweils eingesetzten Holzart und den gewünschten Produktqualitäten aus. Da die eingesetzten Holzarten und Ansprüche an

das Endprodukt je nach Hersteller unterschiedlich sein können, ist auch bei enger Kooperation mit Anlagenherstellern und gegebenenfalls Lizenzgebern mit langen Einarbeitungsphasen und ständigem Anpassungsbedarf zu rechnen (mdl. Mittlg. 2002). Die Interviewpartner sind jedoch zum größten Teil optimistisch, dass sich die Ausbeute relativ leicht durch weitere Prozessverlaufsanpassung und erhöhte Rohstoff-Eingangsqualitäten steigern lässt.

Weiterbearbeitungskosten

Die Weiterbearbeitungskosten von hitzebehandeltem Holz nach dem Wasserdampfverfahren müssen etwas höher angesetzt werden als bei unbehandeltem Holz. Sägen, Hobeln und Schleifen des Materials ist nach gegenwärtigem Stand der Erkenntnis mit Standardmaschinen der Holzbearbeitungsindustrie möglich. Nadelholz wird durch das Hitzebehandlungsverfahren praktisch harzfrei, was die sonst durch Verkleben verkürzten Einsatzzeiten der Holzbearbeitungsmaschinen erhöht (mdl. Mittlg., vgl. Kap. 4). Entsprechende Aussagen werden für ThermoWood® und Plato®-Holz gemacht. Bei ThermoWood® werden jedoch aufgrund der erhöhte Sprödigkeit des Materials bei der Oberflächenbearbeitung geringere Anpressdrücke empfohlen, die einen erhöhter Zeitbedarf bei der Bearbeitung (z.B. langsamerer Vorschub in Hobelwerken) nach sich ziehen (mdl. Mittlg. 2002).

Von mehreren Autoren wird bei Holz, das mit einem einstufigen Wasserdampfverfahren behandelt wurde, von einer erhöhten Staubentwicklung an den Bearbeitungsmaschinen berichtet. Hierbei wird besonders auf den hohen Anteil der feinkörnigen Fraktion hingewiesen (Leithoff 2001, Viitaniemi 2001, mdl. Mittlg. 2002). So werden von den meisten Herstellern überdurchschnittliche Sorgfalt bei dem Umgang mit den besonders feinen Schleifstäuben (Qualität der Absauganlagen, Mundschutz etc.) empfohlen, was je nach Weiterbearbeitungsbetrieb ebenfalls zu Zusatzkosten führen kann.

Herstellerangaben zu den entsprechenden Produkteigenschaften und möglichen Folgekosten für Öl-Hitze-, im Inertgas-Verfahren sowie dem zweistufigen Plato®-Verfahren behandeltem Holz liegen nicht vor. Nach Aussage eines Interviewpartners wurde die erhöhte Feinstaubbelastung bei der Weiterbehandlung von Plato®Holz bisher nicht beobachtet. Eine gutachtliche Einschätzung der von Rapp et al. (2000) und Leithoff (2001) beschriebenen Eigenschaften von Öl-Hitze behandeltem Holz legt nahe, dass die oben beschriebene erhöhte Staubentwicklung bei der Weiterverarbeitung nicht zu erwarten ist.

Preisvergleich bei Halbfertigwaren

Hersteller von Halbfertigwaren und Hersteller von Endprodukten, die in Deutschland noch Absatzpartner suchen, waren ebenfalls nicht bereit genauere Auskünfte über Preise ihrer Produkte zu machen. Auch in Zeitungsberichten, mit denen das Interesse potentieller

Weiterverarbeitern und Händlern geweckt werden soll, werden keine genauer definierten Preisspannen angegeben. Allgemein werden Preise für hitzebehandeltes Holz zwischen den Preisen für kesseldruckimprägniertes Holz und natürlich dauerhaftes Tropenholz eingestuft (u.a. Anonymus 2002).

Pro Kubikmeter Öl-Hitze behandeltem Fichtenholz werden von Rapp und Sailer (2001) aus den Prozesskosten und basierend auf einem Rohmaterialpreis von 200 EURO/m³ unbehandeltem Schnittholz Herstellungskosten von insgesamt 265 bis 295 EURO/m³ abgeleitet. Ein Hersteller gab für hitzebehandeltes Schnittholz nach dem einstufigen Wasserdampfverfahren eine Preisspanne von 400-700 EURO/m³ an.

Gesprächspartner, die im Interview nicht bereit waren Preisspannen für ihre Halbwaren zu nennen, wurden gebeten die Preise ihrer Produkte im Verhältnis zu Durchschnittspreisen von imprägniertem (Nadel-)holz, dauerhaftem Kernholz heimischer Arten und dauerhaftem Tropenholz zuzuordnen. Die nachfolgenden Informationen verschiedener Hersteller beziehen sich ausschließlich auf hitzebehandeltes Holz, das nach dem einstufigen Wasserdampf-Verfahren hergestellt wird.

Insgesamt wurde hitzebehandeltes Holz einer höheren Preisklasse, nämlich näher an dauerhaftem Tropenholz (oft zitiert: Bankirai und Teak) oder sogar darüber zugeordnet, als gegenwärtige Einsatzbereiche erwarten lassen.

Nach der Methode der Preisfindung gefragt (als Alternativen wurden „Anlehnung an Preise von Konkurrenzprodukten“ und „retrospektive Kostenkalkulation“ angeboten) wurden von allen Herstellern einheitlich die hohen Herstellungskosten für das hohe Preisniveau von hitzebehandeltem Holz angeführt.

Im Einzelgespräch wurden jedoch auch Überlegungen zu marktrelevanten Vergleichspreisen deutlich, wie zum Beispiel bei einzelnen Gesprächspartnern, die

- das Preisniveau für hochwertiges hitzebehandeltes Holz über dauerhaftem Tropenholz einstufen, mit der Begründung, letzteres nicht so formstabil ist,
- das ‚notwendige‘ Preisniveau, zumindest in der Markteinführungsphase, näher am kesseldruckimprägnierten (Nadel-)holz sehen, weil der erste Schritt der Markteinführung von hitzebehandeltem Holz über die Substitution von kesseldruckimprägniertem Holz im Außenbereich angestrebt wird, oder auch
- dauerhaftes Kernholz von heimischen (Nadel-)Holzarten nicht als Konkurrenzprodukt sehen und daher einen Preisvergleich für nicht angebracht halten.

Preisvergleich bei Endprodukten

Die meisten Hersteller stellten die Preislisten ihrer Produkte nicht zur Verfügung. Zwei Hersteller von Endprodukten veröffentlichen Preislisten ihrer Produkte im Internet (www.retifie.com/Heated_wood_ma.htm, Stand 23.8.02; www.mafi.co.at/de/Product/ProDetail5_de.asp, Stand 16.9.02). In einem Fall ist für weniger informierte Kunden nicht eindeutig erkennbar, welche Produkte des Gesamtsortimentes mit dem Hitzebehandlungsverfahren hergestellt werden. Andere Produkteigenschaften als die durch die Hitzebehandlung erzielten technischen Eigenschaften werden hier für die Wahl durch den Kunden vorrangig dargestellt³⁹. Preise sind in für Endverbraucher gebräuchliche Maßeinheiten, in diesem Fall Quadratmeter, angegeben. Selbst innerhalb des Gesamtsortimentes eines Herstellers ist eine Zuordnung einer differenzierten Preisklasse von Produkten aus hitzebehandeltem Holz im Vergleich mit nicht hitzevergüteter Ware für den gleichen Einsatzbereich nicht möglich. Für den Preis der Endprodukte scheint in diesem Fall Holzart, Abmessungen, Design, Gesamtproduktqualität und Service Preisunterschiede zwischen hitzebehandeltem und nicht hitzebehandeltem Rohmaterial auszugleichen. Ein anderer Hersteller gibt für verschiedene Produktgruppen Mindestpreise je Kubikmeter, Quadratmeter, Laufmeter oder auch Stück an, die entsprechend der Holzart und gewünschten Abmessungen des hitzebehandelten Materials angepasst werden. Aus den verfügbaren Informationen ist es jedoch nicht möglich einen durchschnittlichen Kubikmeterpreis zu kalkulieren.

Ein prozentualer Vergleich der Preise von Endprodukten aus hitzebehandeltem Holz mit Alternativprodukten auf dem Einzelprodukt- oder auch Produktgruppenniveau ist folglich bei gegebener Informationslage nicht möglich.

Preis- und Marktakzeptanz

Die beobachtete starke Zurückhaltung bei Preisinformationen wird als ein Zeichen interpretiert, dass die Preise für Halbwaren auf dem sich noch entwickelnden jungen Markt bis zu einem gewissen Niveau oberhalb der Herstellungs- und Transportkosten für kommerzielle Kunden noch verhandelbar sind und der Spielraum für Preise am Ende der Handelskette bei den Endkonsumenten möglichst groß gehalten werden soll.

Nach Ansicht einiger Interviewpartner wird der hohe Preis von hitzebehandeltem Holz jedoch nicht der limitierende Faktor für die Marktakzeptanz sein, vorausgesetzt, die Händler differenzieren in Zukunft die Eigenschaften der verschiedenen Rohstoffe und Produkte den Kunden gegenüber deutlicher.

³⁹ Holzart, Design, Länge, Breite, Stärke und Oberflächenbehandlung

10.4 Kommunikationspolitik

In zwei Fällen wurden der zur Kommunikationspolitik gehörende Fragenkomplex, insbesondere Fragen zur Kommunikationsinstrumenten von den Hauptinterviewpartnern an die jeweiligen Marketingexpert/innen der Firmen weitergeleitet und von diesen in einem zweiten Telefoninterview beantwortet.

Werbeargumente

Bei der Werbung für Produkte aus hitzebehandeltem Holz werden von den Herstellern verschiedene Aspekte der unterschiedlichen Produkteigenschaften und Verfahrenstechniken als Marketingargumente aufgegriffen. Aus Anzeigen, Katalogen und Internet-Auftritten der Herstellerfirmen wurden nachfolgende Werbeargumente zusammengestellt. Sie umfassen sowohl technische Produkteigenschaften als auch umweltrelevante Argumente. In den Telefoninterviews wurden die Gesprächspartner/innen zu der Bedeutung dieser Marketingargumente (in vier Stufen von „sehr wichtig“ bis „nicht wichtig“ für Weiterverarbeiter und Endkunden befragt.

Hitzebehandeltes Holz ...

- a) ist besonders formstabil im Vergleich zu normal getrocknetem Holz
- b) weist eine erhöhte Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzbefall auf
- c) ist umweltfreundlich bei der Herstellung und Bearbeitung
- d) ist gesund bei Verarbeitung und Gebrauch
- e) ist umweltfreundlich bei der Entsorgung
- f) ersetzt Tropenholz und schützt dadurch tropische Wälder

a) Die erhöhte Formstabilität von hitzebehandeltem Holz ist eine Produkteigenschaft, die insbesondere für Hersteller von Bodenbelägen und Holzverkleidungen im Innenbereich, von Möbeln in wechselfeuchten Räumen, bei Türen und Fenstern, aber auch von Außenfassaden von Bedeutung ist. Die damit erzielte besondere Qualität der Endprodukte wird von allen Interviewpartnern als ein für die Hersteller, Weiterverarbeiter und Händler der Endprodukte wichtigeres Kaufargument angesehen als für private Endkunden, für die Dimensionsstabilität als ‚weniger wichtiges‘ Kaufargument angesehen wird. Weiterverarbeiter können einerseits größere geschlossene Vollholz-Oberflächen ohne sonst notwendige Dehnfugen produzieren und profitieren möglicherweise von reduzierten Reklamationen und Nacharbeiten. Insbesondere Mafi setzt bei der Entwicklung und Werbung für seine Bodenbelagssortimente aus hitzebehandeltem Holz auf diese Produkteigenschaft (mdl. Mittlg. 2002). Aber auch Stellac Oy und Finnforest halten diese Produkteigenschaft für eine sehr wichtiges Kaufargument für Weiterverarbeiter von Qualitätsprodukten. Insbesondere für den erwarteten

Einsatz von hitzebehandeltem Holz im Fensterbereich wird dieses Verkaufsargument als „sehr wichtig“ angesehen. Weniger bedeutsam ist dieses Argument für Produkte im Gartenbereich.

b) Die erhöhte Dauerhaftigkeit von hitzebehandeltem Holz gegenüber Pilzbefall im Vergleich zu unbehandeltem Holz bzw. entsprechenden natürlich dauerhaften Tropenhölzern wird als „sehr wichtiges“ Werbeargument genannt, vor allem gegenüber Weiterverarbeitern und Händlern. Für Endkunden wird diese Produkteigenschaft nur als „wichtig“ eingestuft, da nach Aussage der Interviewpartner/innen die Endkunden nur die Einsatzmöglichkeit im Außenbereich per se interessiert. Eine Kaufentscheidung für hitzebehandeltes Holz bei gleicher Einsatzmöglichkeit im Vergleich zu kesseldruckimprägnierten oder natürlich dauerhaften Holzarten erfolgt nach Aussage der Hersteller beim Kunden primär über den Preis und nur nachrangig über unterschiedliche umweltrelevante Argumente.

c) Die Umweltfreundlichkeit von hitzebehandeltem Holz in der Herstellung und Bearbeitung ist nach Aussagen aller Interviewpartner/innen für Anlagenbetreiber und Weiterverarbeiter ein „sehr wichtiges“ Kaufargument. Die Bedeutung dieses Werbearguments für die Endkunden schwankt aus Sicht der Gesprächspartner/innen zwischen „wichtig“ und „nicht wichtig“. Ein Gesprächspartner war allerdings persönlich nicht von dieser Produkteigenschaft überzeugt. Er ist der Meinung, dass die Nebenprodukte und Abwässer aus den Hitzebehandlungsanlagen nicht umweltfreundlich sind, auch wenn keine toxischen Holzschutzmittel eingebracht werden.

d) Das Argument, dass hitzebehandeltem Holz gesund in Verarbeitung und Gebrauch ist, da keine Chemikalien zum Holzschutz eingesetzt werden müssen, ist nach Ansicht von nahezu aller Interviewpartner ein „sehr wichtiges“ Werbeargument sowohl für Weiterverarbeiter und Händler als auch für die Endkunden. Nur einer der Interviewpartner bewertete die Bedeutung dieser Produkteigenschaft als Werbe- und Kaufmotiv als lediglich „wichtig“.

e) Heterogener ist die Einschätzung der Bedeutung der Umweltfreundlichkeit von hitzebehandeltem Holz bei der Entsorgung als Marketing-Argument, auch wenn sie von fast allen Herstellern angeführt wird. Nur der Vertreter eines Hersteller-Unternehmens ist der Meinung, dass diese Produkteigenschaft von nicht weiter oberflächenbehandeltem hitzebehandeltem Holz ein „sehr wichtiges“ Kaufargument für Weiterverarbeiter und Händler ist, während die anderen die Bedeutung dieser Eigenschaft für die selbe Zielgruppe als „wichtig“ einstufen. Für die Endkunden spielt die Umweltverträglichkeit bei der Entsorgung nach Ansicht der Interviewpartner jeweils zur Hälfte eine „wichtige“ bzw. „weniger wichtige“ Rolle.

f) Das Werbeargument, dass hitzebehandeltem Holz alternativ zu Tropenholz eingesetzt werden kann und durch Substitution zum Erhalt tropischer Wälder beiträgt, wird nur von einem Interviewpartner als „sehr wichtiges“ Marketing-Argument eingeschätzt. Im Gegensatz dazu ist ein anderer Interviewpartner der Überzeugung, dass die Diskussion um den Schutz von Tropenwäldern durch Verzicht auf Tropenholz heute beim Endverbraucher „kein Thema mehr“ sei (mdl. Mittlg. 2002).

Zwei weitere Werbeargumente wurden identifiziert

Herkunft der Rohstoffe

Die Herkunft der Rohstoffe dient Herstellern ebenfalls als umweltrelevante Werbe-Aussage. Sowohl Finnforest als auch Stora Enso bieten ThermoWood® mit dem Siegel der Pan-Europäischen Forstzertifizierung (PEFC) an. Auch Stellac Oy bietet „hauptsächlich Hlza su PEFC zertifizierten Wäldern an NiewHout wirbt für Plato® -Holz mit der Herkunft ihres Rohmaterials aus Wäldern und Plantagen, die nach den Richtlinien des Forest Stewardship Council (FSC) zertifiziert wurden. Die Firmen Mafi und Menz-Holz machen nur allgemeine Aussagen über die Herkunft ihres Rohmaterials, wie „aus heimischen Holzarten“. (mdl. Mittlg.; jew. Firmen-homepages Stand Nov. 2002)

Umweltfreundliche Produktion

Ein mittelständisches Unternehmen wirbt mit dem wie EMAS Zertifikat, das seine umweltfreundliche Management- und Produktionsweise dokumentiert (Mafi 2002 Katalog). Auch im persönlichen Interview wiesen Vertreter eines Hitzeanlagen-Bauers sowie eines Herstellers von hitzebehandeltem Holz darauf hin, dass in letzte Zeit der Schwerpunkt der Produktentwicklung auf der Reduktion unerwünschter umweltrelevanter Nebenprodukte des Behandlungsprozesses lag, wie Abwasserbehandlung, Verringerung von Luftimmissionen und Energierückgewinnung.

Kommunikationsinstrumente

Möglichst weit gestreute Kenntnis der Verfügbarkeit, Einsatzmöglichkeiten, Produkteigenschaften und Beschaffungsmöglichkeiten bei Ziel-Kundengruppen ist elementar für ein neues Produkt, dass auf dem Markt etabliert werden soll. Die Verbreitung dieser und weiterer Informationen kann auf vielen Wegen erfolgen. Die Interviewpartner wurden gebeten anhand einer Auflistung verschiedener Instrumente (z.B. Schulungen, Art der Werbeträger, Messepräsenz) mitzuteilen, welche Marketinginstrumente ihre Firmen im Bereich Kommunikationspolitik für Produkte aus hitzebehandeltem Holz einsetzen. Dieser Überblick soll Interessenten Hinweise geben, wo Informationen vorliegen, wie sie gestreut werden und welche Hilfestellungen potenziellen Vertriebspartnern bei der Werbung für Produkte aus

hitzebehandeltem Holz angeboten werden. Die folgenden Kommunikationsinstrumente werden von den verschiedenen interviewten Herstellerfirmen in Deutschland eingesetzt:

Tabelle 10: Von Herstellern eingesetzte Kommunikationsinstrumente in Deutschland

Kommunikationsinstrument	Firmen*	FiFo	Stora	Stellac	Mafi
Internet Homepage		+	+	+	+
Eigener Außendienst		+	+	k.A.	+
Direktmailing an Holzhandelsunternehmen		+	k.A.	k.A.	+
Produktbezogene Schulungen für eigenes Vertriebspersonal		+	k.A.	k.A.	+
Produktbezogene Schulungen für Händler		geplant	in NL	k.A.	+
Ausstellungsraum / Display auf dem Produktionsgelände		-	-	-	+
Befristete Ausstellung / ‚Exhibition‘		k.A.	in Fi	+	-
Pressemitteilungen an Tageszeitungen		+	+	-	+
Pressemitteilungen an Fachzeitschriften		+	+	+	+
Kleinanzeigen in deutschen Fachzeitschriften		+	+	-	+
- Holzzentralblatt		+	+		
- Holzbau		+			
- Holzforum		+			
- Fachzeitschriften für Architekten		+	+		+
u.a.		+	+		+
Messepräsenz		+	+	+	+
- Baumesse München		+			+
- Branchentag Holz, Wiesbaden		+			
- Bautech Berlin		+			
- Holzhandwerk Nürnberg				+	
- Industriemesse Hannover		+			
- Klöpferholz Veranstaltung		+			
- Ligna			+		
u.a. auch in Nachbarländern (Belgien, Italien, Österreich)		+	+	+	+

* FiFo = Finnforest Oy, Stora = Stora Enso Timber, Stellac = Stellac Oy, Plato = Nieu Hout, Mafi = Mafi-Holzveredelung GmbH

k.A. = keine Angabe

NL = Niederlande

Fi = Finnland,

+ = dieses Kommunikationsinstrument wird verwendet

- = dieses Kommunikationsinstrument wird nicht verwendet

Alle international agierenden Hersteller von hitzebehandeltem Holz verfügen über eine Internet-Homepage, auf der sie Interessenten und potentiellen Kunden mehr oder weniger ausführlich Informationen über ihren „Vergütungsprozess“ und Beispiele und Prototypen aus dem thermisch behandelten Holz hergestellten Endprodukte präsentieren.

Ebenso häufig werden Fachzeitschriften als Kommunikationsinstrument genutzt, indem Pressemitteilungen oder Kleinanzeigen platziert werden. Die Fachzeitschriften, die für die Verbreitung von Informationen über Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Deutschland von allen Herstellern als besonders geeignet angesehen werden, sind das Holzzentralblatt sowie Fachzeitschriften für Architekten. Ein besonderes Anliegen von Finnforest Oy und Stora Enso Timber ist es Bauplaner und Architekten auf Produkte aus hitzebehandeltem Holz und ihre Einsatzmöglichkeiten im Bereich Fassaden und Terrassen aufmerksam zu machen. Daher soll die Werbung für diese Zielgruppen in spezifischen Fachzeitschriften ausgeweitet werden. (mdl. Mittlg. 2002)

Weiterhin verfügen die Marktführer über Außendienstmitarbeiter in Deutschland. Ein Unternehmen informiert und berät speziell Architekten durch eigene Fachberater. Auch Holzfachhandels-Kunden können den Fachberater für Schulungen oder zur Beratung von Handwerkern mit hinzuziehen.

Messepräsenz wird ebenfalls als sehr wichtiges Kommunikationsinstrument angesehen. Im Jahr 2001, als mehrere Hersteller von hitzebehandeltem Holz aus verschiedenen Gründen gleichzeitig den Marktwiedereintritt ihres Produktes in Deutschland lancieren wollten waren die Unternehmen nach Angaben des Interviewpartner z.T. auf über durchschnittlich vielen Messen vertreten (mdl. Mittlg 2002). Einige Beispiele sind in Tabelle 10 aufgeführt. Auffällig ist, dass Finnforest Oy ihren Markteintritt in Deutschland besonders aktiv betreibt.

Schwierigkeiten bereitet nach Aussage mehrerer Interviewpartner vor allem die noch geringe Nachfrage von Seiten der Endverbraucher: „Solange die Kunden ein Produkt nicht nachfragen, werden die Händler es nicht auf Lager legen“ (pers. Mittlg. 2002 (2x)). Die Unternehmen, die primär auf die Herstellung von Halbfertigwaren konzentriert sind, aber auch Fertigwaren ausschließlich über Vertriebspartner absetzen, sehen es dennoch nicht als primär ihre Aufgabe an, Werbung für Endkonsumenten zu machen (pers. Mittlg. 2002). Wie bei der Entwicklung neuer Endprodukte aus hitzebehandeltem Holz wird auch bei der Werbung Innovation und Investitionen auf Seiten der Weiterverarbeiter und Vertriebspartner erwartet (pers. Mittlg. 2002). Um dieses Engagement bei den Partnern zu erhöhen werden verschiedene Maßnahmen angeboten und erwogen.

10.5 Marketing und Marktakzeptanz für hitzebehandeltes Holz aus Sicht von Händlern

Eine qualitative Umfrage bei Händlern in Deutschland, von denen angenommen werden konnte, dass sie Produkte aus hitzebehandeltem Holz im Sortiment führen, wurde durchgeführt, um ihre Einstellung zum Marketing von hitzebehandeltem Holz und ihre Einschätzung

der Marktentwicklung zu ermitteln. Als wichtiges Glied der Absatzkette zwischen Hersteller und Endkonsument ist die Einstellung der Händler zu einem neuen Produkt von elementarer Bedeutung für die Markteinführung und Marktentwicklung. Die Informationen können von Herstellern dazu genutzt werden, Marketingstrategien zu entwickeln, die die Einstellung der Händler auf einem bestimmten Markt einbeziehen.

Vorgehensweise

Eine Liste von 107 Unternehmen, die nach vorliegenden Informationen hitzebehandeltes Holz oder Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Deutschland vertreiben, wurde zusammengestellt. Die Adressen und Telefonnummern stammen aus Internet- und Direktinformationen von Herstellern, von wissenschaftlichen Instituten sowie aus dem Ergebnis einer Schlagwortrecherche⁴⁰ im Internet nach Weiterverarbeitern und Händlern von Produkten aus hitzebehandeltem Holz.

Aus dieser nach Postleitzahlen sortierten Liste wurde systematisch jede zweite Adresse ausgewählt (52) und telefonisch kontaktiert. Von den ausgewählten Unternehmensadressen waren 6 nicht (mehr) unter dieser Nummer zu erreichen. Bei 18 Unternehmen war zu gegebenem Zeitpunkt sowie bei einem zweiten Wiederholungsanruf aus unterschiedlichen Gründen niemand auskunftsbereit. Folglich konnten bei 28 Unternehmen Interviews durchgeführt werden (s. Tabelle 11).

Tabelle 11: Erfolgsquote der Telefonumfrage bei Händlern von hitzebehandeltem Holz in Deutschland

Kontaktierte Händler (49% der Gesamtliste)	52
Telefonnummer nicht geschaltet	- 6 (11%)
Nicht auskunftsbereit	- 18 (35%)
<hr/>	
Erfolgreiche Interviews	= 28 (53%)

Die Interviews wurden telefonisch durchgeführt. Als Ansprechpartner oder -partnerin wurde die Person erbeten, die mit dem Verkauf von hitzebehandeltem Holz beauftragt ist (Geschäftsführer/in, Sachbearbeiter/in, allg. Verkaufspersonal, in dieser Reihenfolge). Die Antworten und Kommentare auf die zum Teil geschlossenen, zum Teil offenen Fragen wurden während des Telefonates handschriftlich auf Fragebögen notiert.

Einschränkend muss festgestellt werden, dass nur die Firma Mafi aus Österreich eine ausführliche Liste ihrer Vertriebspartner in Deutschland im Internet veröffentlicht und somit frei verfügbar gemacht hat. Die meisten anderen Produzenten von hitzebehandeltem Holz gaben

⁴⁰ Suchmaschine: <http://www.google.com> Suchwörter: hitzevergütetes Holz, Hitzebehandlung, ThermoWood, Plato(-Holz), Menz(-Holz), Mafi(-Vulcano), „retifié“, retified wood (und Variationen hiervon)

auf die im Anschreiben und im Interview geäußerte Bitte, Adressen und Ansprechpersonen von Vertragshändlern und Vertriebspartnern in Deutschland für eine weitere Befragung zur Verfügung zu stellen, nur wenige ausgewählte Unternehmen an. Die Internetrecherche zeigte nur die sehr wenigen Händler auf, die speziell mit hitzebehandelten Holzprodukten werben. Einige zusätzliche Anbieter wurden nach dem „Schneeball-System“ während der Interviews identifiziert. Im Anhang befindet sich die bereinigte, sicher nicht vollständige Liste der Händleradressen in Deutschland, bei denen Produkte aus hitzebehandeltem Holz bezogen werden können.

Ergebnis der Händlerumfrage

Unternehmensstruktur

Von den 28 befragten Unternehmen hatten 19 Produkte aus hitzebehandeltem Holz im Sortiment. Das Angebot deutscher Holz-Händler umfasst insgesamt Produkte aller fünf in Europa kommerziell betriebenen Hitzebehandlungsverfahren. Viele der auf Innenausbau spezialisierten Unternehmen haben ausschließlich hitzebehandeltes Mafi-Vulcano Parkett in ihrem Sortiment. Etwa ein Drittel der Unternehmen führt Produkte mehrerer Hersteller. Tabelle 12 veranschaulicht die Verbreitung von Produkten einzelner Hersteller im Angebot der Händler (Mehrfachnennung möglich).

Tabelle 12: Anzahl der befragten Händler mit Produkten der jeweiligen Hitzebehandlungsverfahren im Angebot (n=19)

Verfahren	Mafi-Vulcano	Thermo® Wood	Öl-Hitze-	Plato®Holz	Retifiziertes ® Holz
Anzahl Händler	16	9	4	2	1

Hitzebehandeltes Parkett der Firma Mafi Holzveredelung GmbH dominiert das Angebot. Dieser Befund erklärt sich aus der Datengrundlage der ursprünglichen Auswahlliste. An zweiter Stelle steht die Anzahl der Händler, die ThermoWood® von unterschiedlichen Herstellern im Sortiment haben, gefolgt von Öl-Hitze behandelten Produkten der Firma Menz Holz.

Die Unternehmen, die Produkte aus thermisch behandeltem Holz in ihrer Angebotspalette führen, können mit ihren durchschnittlich 18 (2-63) Mitarbeiter/innen zu den mittelständischen Holzhandels-Unternehmen gezählt werden. Sie lassen sich keinem einzelnen Marktsegment zuordnen. Vertreten sind Händler von Holzfertigprodukten für den Innenbereich (11), Bau- und Schnittholzhändler (4), Händler von Holzfertigprodukten für den Außenbereich, (2), sowie zwei Unternehmen, die Hobelware herstellen, aber auch damit handeln (2).

11 der Unternehmen handeln nur mit den Produkten, 7 bieten auch Montage an. Verkauft wird vor allem an Endkunden, aber auch an andere Händler und Handwerker.

Neun der befragten Unternehmen hatten nach Auskunft der Interviewpartner/innen keinerlei Produkte aus hitzebehandeltem Holz im Sortiment, obwohl dies aufgrund des Auswahlverfahrens nicht zu erwarten gewesen wäre. Als Begründungen wurden genannt (Mehrfachnennungen möglich):

- Produkte sind unbekannt (4)
- Es besteht keine Nachfrage (4)
- Produkte aus hitzebehandeltem Holz sind zu teuer (2)
- „Wir warten ab, wie der Markt sich entwickelt“ (1)
- Keine Begründung (3)

Gemeinsam ist diesen Unternehmen, dass sie mit durchschnittlich 5,5 (1-11) Mitarbeiter/innen zu den kleineren Unternehmen zählen. Sie lassen sich ebenfalls keiner einzelnen Branche zurechnen. Vertreten sind allgemeine Holzhändler, Holzfachhandel für Innenausbau, Parkettanbieter, Bauholzhändler und Tischlereien.

Produktaufnahme und Absatz

Die Aufnahme von Produkten aus hitzebehandeltem Holz in das Sortiment erfolgte bei jeweils knapp der Hälfte der Handelsunternehmen im Jahr 2001, bzw. erst im Jahr 2002 (2 ohne Auskunft). Insgesamt 10 Unternehmen (47%) haben bisher erste Verkäufe getätigt, 9 Unternehmen (42%) verzeichneten noch keine Aufträge. Die Absatzmengen wurden meist mit relativen Angaben wie „wenig“, „etwas“, „einige Kunden“ beschrieben. Konkrete Mengenangaben für hitzevergütete Bodenbeläge lagen zwischen 50 m² und ca. 1300 m². Der geschätzte Absatz von hitzebehandeltem Holz für den Außenbereich wurde von zwei Unternehmen für das Jahr 2001 mit 1 m³ resp. 100 m³ angegeben; im Jahr 2002 wurde jeweils eine Verdoppelung auf 2 m³ resp. 200 m³ registriert. Ein durchschnittlicher Absatz oder Trend lässt sich aus diesen Angaben und aufgrund der kurzen Marktpräsenz kaum ermitteln. Dieses Ergebnis verdeutlicht das frühe Stadium der Markteinführung dieser Produkte.

Produkt-Verfügbarkeit

Zwei Drittel der Unternehmen hatten Produkte aus hitzebehandeltem Holz auf Lager oder zumindest Einzelexemplare zu Ausstellungs- und Demonstrationszwecken verfügbar. Das andere Drittel informiert über das Angebot durch Herstellerkataloge.

Einschätzung und Bewertung der Produkteigenschaften

Die Aussagen zu Endprodukten aus hitzebehandeltem Holz und den eingesetzten Holzarten muss nach Produkten für den Innenbereich der Firma Mafi Holzveredelung GmbH sowie Produkten für den Außenbereich von anderen Herstellern differenziert werden. Mafi bietet ausschließlich Bodenbeläge für den Innenbereich an. Die Produktpalette aus hitzebehandeltem Holz umfasst unter der Produkt-Bezeichnung „Vulcano“ die Nadelholzarten Tanne, Fichte, Kiefer, Lärche sowie die Laubhölzer Esche, Akazie und Eiche. Esche wird in zwei verschiedenen durch die Hitzebehandlung variierbare Farbstufen angeboten (medium und dunkel). Alle Böden werden mit einer gebürsteten und geölten Oberfläche angeboten. (Mafi 2002 Produktkatalog)

Nach Auskunft der befragten Händler wurden die folgenden hitzebehandelten Holzarten bereits erfolgreich abgesetzt (Mehrfachnennung möglich).

Holzart	Anzahl der Händler
Lärche	10
Fichte	7
Kiefer	6
Eiche	6
Tanne	5
Akazie	5
Esche	3

Für hitzevergütete Lärche wird von einer überdurchschnittlichen und wachsenden Nachfrage berichtet.

Bei den abgesetzten Produkten aus ThermoWood® handelt es sich um Produkte verschiedener Hersteller. Vier Händler haben Fassaden aus hitzebehandelter Kiefer, zwei Händler Terrassenböden aus hitzebehandelter Fichte verkauft. Keine näheren Angaben wurden von den Interviewpartner/innen über Produkte und Produktmengen aus Öl-Hitze oder nach dem Plato®Verfahren behandeltem bzw. retifiziertem Holz gemacht. Alle nachfolgenden Angaben beziehen sich folglich auf thermisch behandeltes Holz aus dem einstufigen Wasserdampfverfahren, das je nach Hersteller unterschiedlichen Prozessverläufen, insbesondere unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt wird.

Auf die geschlossene Frage, wie Produkte aus hitzebehandeltem Holz von Kunden und Kundinnen angenommen werden, antworteten die Interviewpartner/innen fast paritätisch:

gut (4), bedingt (3), kaum (4), gar nicht (3) (keine Angabe 5)

Eine gute Akzeptanz wurde nur bei Produkten für den Innenbereich festgestellt, mit der Begründung, dass die gute Formstabilität und die dunkle Farbe im „Antik“-Stil von den Kund/innen positiv beurteilt wird.

Die von den Händlern frei formulierten möglichen Begründungen für die eingeschränkte Akzeptanz der Produkte bei den Kunden sprachen ästhetische, technische, ökonomische und kommunikationsbezogene Aspekte an. Die Aussagen wurden z.T. nach dem Einsatzbereich (Innen- und Außenbereich) differenziert.

- Tropenholz wird bevorzugt (5x) (vor allem im Außenbereich) weil es
„genauso gut und billiger ist“
„besser (dauerhafter), aber gleich teuer ist“
„zwar teurer, aber besser (dauerhafter) ist“
- zu dunkel (4x) (Innenbereich)
- zu teuer (3x) (Außen und Innenbereich)
- Produkt ist nicht bekannt (1x)
- Produkt ist zu speziell (1x)

Für Verwendungszwecke im Außenbereich wird deutlich, wie sehr hitzebehandeltes Holz aus Sicht der Händler mit Tropenholz konkurriert und, dass hier insbesondere der Preis und die Dauerhaftigkeit verglichen wird. Auffällig ist die widersprüchliche Positionierung der Preise dieser beiden Materialien zueinander und die Einschätzung einer höheren oder zumindest gleichwertigen Dauerhaftigkeit von Tropenholz, obwohl noch kaum Erfahrungen mit Produkte aus hitzebehandeltem Holz vorliegen. Im Innenbereich wird ästhetischen Eigenschaften von Produkten häufiger eine wichtigere Rolle bei der Kaufentscheidung zugemessen als im Außenbereich. In beiden Anwendungsbereichen hat der Preis eine hohe Relevanz.

Kommunikationsinstrumente

Von den befragten Händlern machen rund 60% nach eigenen Angaben Werbung speziell für die Produkte aus hitzebehandeltem Holz in ihrem Sortiment. Zur „aktiven Werbung“ zählten die Interviewpartner/innen (Mehrfachnennung möglich)

- Muster ausgelegt (9x)
- Katalog verfügbar (6x)
- Meister-Präsentationen oder Fachberatergespräche (2x)

Zeitungsannoncen hat bisher keiner der Befragten speziell auf Produkte aus hitzebehandeltem Holz ausgelegt

Die Frage wurde von einem Interviewpartner kommentiert, dass der Handel bessere Werbung von der holzverarbeitenden Industrie bzw. den Herstellern von hitzebehandeltem Holz brauche, so dass Nachfrage entstehen könne (mdl. Mittlg. 2002).

Kaufentscheidungsrelevante Produkteigenschaften von hitzebehandeltem Holz

Die Interviewpartner bewerteten die im Interview vorgegebenen „positiven“ Produkteigenschaften in ihrer Bedeutung (wichtig bzw. unwichtig) differenziert nach für Endkunden sowie Händler und Weiterverarbeiter wie folgt:

Tabelle 13: Kaufentscheidungsrelevante Produkteigenschaften von hitzebehandeltem Holz

Produkteigenschaften	Für Endkunden		Für Händler und Weiterverarbeiter	
	wichtig (n)	unwichtig (n)	wichtig (n)	unwichtig (n)
Schön dunkel	11	0	11	0
Gesund im Gebrauch	8	1	8	1
Entsorgung umweltverträglich	5	1	8	1
Herstellung umweltverträglich	5	2	7	3
Haltbarkeit / Dauerhaftigkeit	3	1	6	1
Formstabil / Standfest	3	0	5	0

(n) = Anzahl der dieser Aussage zustimmenden Interviewpartner/innen

Eindeutig ist wieder die Vorrangstellung des ästhetischen Aspektes bei der Kaufentscheidung, der von den meisten Befragten sowohl für Endkunden und Händler als wichtiges Kaufkriterium eingeschätzt wird. Die Bedeutung der Ausprägung der Farbe „dunkel“ bleibt ambivalent (s.u. „Kritische Eigenschaften“). Überraschend ist die relativ hohe Zustimmung, dass umweltrelevante Aspekte der Produkte sowohl für Endkonsumenten als auch Händler und Weiterverarbeiter ein wichtiges Kaufkriterium darstellen. Die interne Rangfolge unter den Umweltaspekten entspricht der Erwartung, dass internalisierbare Eigenschaften wie „gesund im Gebrauch“ häufiger als relevant angesehen werden als z.B. die Möglichkeit einer umweltverträglichen Entsorgung. Erwartungsgemäß werden die umweltrelevanten Argumente wiederum für Händler häufiger als wichtig angesehen, als für Endkunden. Die Dauerhaftigkeit und Formstabilität wird ebenfalls von mehr Befragten als ein für Händler wichtige Produkteigenschaft eingestuft als für Endkunden. Als weitere positive Eigenschaften wurden „Lichtbeständigkeit“⁴¹ und „Farbe lässt sich individuell einstellen“ von den Befragten genannt. 8 Interviewpartner/innen gaben „mangels Erfahrung“ keine Auskunft. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass dieses Ergebnis vermutlich durch den hohen Anteil an Befragten, die mit Produkten für den Innenbereich handeln, beeinflusst ist. Für sie ist die

⁴¹ Diese Einschätzung widerspricht sowohl wissenschaftlichen Testergebnissen als auch Herstellerangaben

Witterungsbeständigkeit und Dauerhaftigkeit von hitzebehandeltem Holz im Vergleich zu Händlern von Produkten für den Außenbereich von nachgeordneter Bedeutung.

Die folgende Auflistung zeigt, wie viele Händler/innen vorgegebene möglicherweise kritische Produkteigenschaften von hitzebehandeltem Holz für verkaufshinderlich halten.

- Dunkle Farbgebung (6)
- Geruch⁴² (3)
- Kann nicht als tragendes Element verwendet werden (3)
- Neigt zum Splintern / Geringe Schlagbruchfestigkeit⁴³ (3)
- Notwendigkeit bei mechanischen Verbindungen (nageln / schrauben) vorzubohren⁴⁴ (2)
- „Ast Problem“⁴⁵ (1)

Nach weiteren gravierenden Nachteilen von hitzbehandeltem Holz befragt, wurden folgende Punkte aufgeführt: hitzebehandeltes Holz sei im Außenbereich nur bedingt einsetzbar, „da die Holzstruktur verändert wurde“, „die Farbe verändert sich bei Kratzern“, „hitzebehandeltes Holz ist schwerer zu verlegen als nicht behandeltes Holz“⁴⁶.

Drei Befragte gaben explizit an, dass ihnen keine Nachteile aufgefallen seien. Einer war zusammenfassend der Meinung, dass hitzebehandeltes Holz „überwiegend Vorteile“ aufweist.

Die Aussagen über die Einschätzung möglicher kritischer Eigenschaften von hitzebehandeltem Holz waren von den Händler/innen nur schwer zu erhalten. Grundsätzlich überwog der Versuch von Nachteilen der angebotenen Produkte abzulenken oder sofort das Problem beschwichtigend zu vermindern. Alle Interviewpartner/innen wiesen bei dieser Frage wiederholt darauf hin, dass sie noch keine oder wenig Erfahrungen mit dem Material haben.

Die widersprüchlichen Antworten zur Bedeutung der Farbe von hitzebehandeltem Holz basieren nicht auf den objektiven optischen Eigenschaften des Materials, sondern auf der Einschätzung von Trends und Geschmack der Kunden/innen durch die Händler/innen. Die Mehrzahl der Befragten neigt zu der Einschätzung, dass die gegenwärtige Nachfrage und der Trend im Innenausbau zu hellen Hölzern geht, während eine Minderheit der Händler/innen genauso überzeugt ist, dass der Trend zu dunklen oder rötlichen Hölzern geht.

⁴² Gegenargumente waren: „Riecht wie frisch aus dem Backofen“ „Am Anfang fällt es auf, der Geruch verfliegt aber nach ca. 2 Wochen“, „Ist im Gartenbereich kein Problem“ „Ist auch im Innenbereich kein Problem“

⁴³ „zerbröselt beim Schneiden“, „wird die falsche Schnittseite nach oben verlegt, zerbröselt es [das Material]“

⁴⁴ Beschwichtigung: „Vorbohren muss man auch bei anderen (tropischen) Holzarten“

⁴⁵ Das „Ast-Problem“ besagt, dass auch Grün-/Gesundäste während und nach der Hitzebehandlung leicht ausfallen. Beschwichtigung: „Im Garten kein Problem“.

⁴⁶ ohne Angaben, wo die Schwierigkeiten beim Verlegen genau liegen

Die Erwartungen der Interviewpartner/innen bezüglich der Absatzentwicklung von hitzebehandeltem Holz in Deutschland in den nächsten 5 Jahren waren recht verhalten formuliert und z.T. mit Bedingungen verknüpft. Sie können wie folgt, in der Reihenfolge von abnehmendem Optimismus, zusammengefasst werden:

- Steigende Tendenz (1)
„braucht in Deutschland so seine Zeit (ca. 3-4 Jahre). bis es ein paar Leute probiert haben und es sich rumspricht“
 - Leicht steigende Tendenz (3)
 - Steigerung wäre möglich (2)
„wenn der Bekanntheitsgrad weiter steigt“ bzw. „da der Kunde immer mehr Wert auf unbehandeltes, umweltfreundliches Holz legt“
 - Bei Dielen und Einrichtungsgegenständen modebedingt schwankend (2)
 - Wird wohl nur in kleinen Mengen verkauft werden (1)
- Die restlichen Interviewpartner/innen gaben keine Einschätzung der Marktentwicklung ab.

Die Mehrzahl der Interviewpartner/innen sieht also, z.T. unter bestimmten Bedingungen, eine leicht steigende Tendenz in der Entwicklung des Marktvolumens voraus

Fazit der Händlerbefragung

Wichtigste Ergebnisse dieser qualitativen Befragung sind der geringe Bekanntheitsgrad von hitzebehandeltem Holz sowie der relativ geringe Informationsstand und Erfahrungsschatz der meisten befragten Händler/innen mit diesem Material, insbesondere bei Produkten für den Außenbereich.

Weiterhin fällt auf, dass die Markteinführung den Endkunden gegenüber zumeist passiv verläuft. Nur in Einzelfällen sprechen die Händler ihre Kunden aktiv auf das modifizierte Material an.

Ambivalent wird die Positionierung von hitzebehandeltem Holz im Vergleich zu Tropenholz im Außenbereich eingeschätzt, insbesondere beim Preis und der Dauerhaftigkeit. Derzeit überwiegt bei Händlern die Einstellung, dass Tropenholz ein besseres Preis-Leistungs-verhältnis aufweist.

Ähnlich ambivalent wird die veränderte Farbe von hitzebehandeltem Holz, insbesondere bei Produkten für den Innenausbau, bewertet.

Als für Endkunden und Händler wichtige positive Produkteigenschaften werden ästhetische und umweltrelevante Aspekte häufiger genannt als technische Eigenschaften, dieses Ergebnis ist jedoch vermutlich durch die Überzahl an Händlern von Produkten für den Innenbereich in der Befragung beeinflusst. Ästhetische Gesichtspunkte (Farbe, Geruch) rangieren auch bei den negativen Produkteigenschaften vor oder gleichauf mit technischen Aspekten. Insbesondere die geringen Festigkeitseigenschaften werden häufiger als Problem gesehen als Anpassungsbedarf bei der Bearbeitung.

Auffällig, aber nicht überraschend ist die Fähigkeit der meisten Interviewpartner/innen mögliche kritische Produkteigenschaften „wegzudiskutieren“.

10.6 Kooperation bei der Marktführung zwischen Herstellern Weiterverarbeitern und Händlern

Kooperation mit Vertriebspartnern

Zwei Unternehmen bieten nach eigenen Aussagen

- Unterstützung für Händler bei der Gestaltung von Gartenkatalogen bei der Darstellung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz
- Unterstützung für Händler für Beilagen in Tageszeitungen

Weiterhin plant ein Unternehmen die Einführung eines Logos, das auch von Vertriebspartnern verwendet werden dürfte. Weiterhin wird darüber nachgedacht, inwieweit und für welche Vertriebspartner ein finanzieller Werbungskostenzuschuss für Druckvorhaben die Werbekampagne für hitzebehandeltes Holz beschleunigen könnte (mdl. Mittlg. 2002). Diese Informationen können als Diskussionsgrundlage zwischen (potentiellen) Partnern dienen, Ansprüche sollen aus diesen Informationen nicht abgeleitet werden (mdl. Mittlg. 2002). Andere Hersteller-Unternehmen denken in die selbe Richtung, haben aber noch keine fertigen Kooperations-Konzepte (mdl. Mittlg. 2002, 2x).

Kooperation mit Weiterverarbeitern

Stora Enso Timber Ltd. hat ein ausführliches technisches Handbuch entwickelt, das Weiterverarbeitern und Vertragspartnern im Handel zur Verfügung gestellt wird. In diesem Handbuch sind Details zu Produkteigenschaften von hitzebehandeltem Holz sowie Empfehlungen für die Weiterbearbeitung und Einsatz des modifizierten Materials enthalten. Das Handbuch ist nicht öffentlich zugänglich und wird aber Vertragspartnern zur Verfügung gestellt (mdl. Mittlg. 2002).

Niew Hout BV bietet den Verkauf von Produktionslizenzen für das Plato®Verfahren an (<http://www.platowood.nl>, Stand Nov. 2002). Es bestehen Optionen für ein Co-Investment. Damit ist eine Verhandlungsbasis geschaffen auf der auch kleinere Unternehmen mit geringeren Investitionsmitteln in die Produktentwicklung einsteigen könnten. Bei dem Kauf von Produktlizenzen bietet Niew Hout BV in jedem Fall eine enge längerfristige Kooperation mit professioneller Unterstützung und Service an, angefangen bei der Standortberatung und dem Fabriklayout über die Anlageninstallation und der Entwicklung der Prozessführung bis zur Vertriebsunterstützung. Weiterhin bestehen umfangreiche Testmöglichkeiten in der Pilotanlage von Niew Hout BV, um die Produktentwicklung im Rahmen des Plato®Verfahrens zu beschleunigen und ernsthafte Investitionspläne prüfen zu können (<http://www.plato-holz.de/> Stand 30.11.02).

Finnforest und Stellac Oy bieten potentiellen Anlagenkäufern oder Weiterverarbeitern ihrer Produkte ebenfalls eine enge Kooperation vor allem im technischen Bereich an.

11 Zukünftige Marktchancen für hitzebehandeltes Holz

Die nachfolgenden Aussagen, die über die zukünftige Marktentwicklung für hitzebehandeltes Holz und Produkte aus hitzebehandeltem Holz in Deutschland gemacht werden, fassen die Aussagen aus Experteninterviews zu diesem Thema zusammen und verknüpfen sie mit gutachtlichen Schlussfolgerungen.

11.1 Umweltpolitische Rahmenbedingungen

Die Marktchancen von neuen oder modifizierten Materialien und Produkten werden nicht nur durch ihre objektiven mechanischen Eigenschaften und Kosten im Vergleich zu Konkurrenzprodukten sowie der Übereinstimmung mit national z.T. divergierenden technischen Normen beeinflusst, sondern auch durch umweltpolitische Rahmenbedingungen und Gesetzeslagen der verschiedenen Märkte.

Umweltrelevante Anforderungen und gesetzliche Regelungen für Produkte und Produktionsprozesse finden sich in allen europäischen Ländern. Mit steigendem Umweltbewusstsein von Gesellschaft und Regierungsparteien haben sich die Auflagen in der Vergangenheit kontinuierlich, wenn auch in den verschiedenen Ländern in unterschiedlichem Ausmaß, verschärft. Es zeichnet sich ab, dass sich dieser Trend in Zukunft auf nationaler und europäischer Ebene fortsetzt.

Zunehmend wichtige Kriterien sind die Gesundheitsverträglichkeit der Produkte bei der Verwendung, Schadstoffemissionen bei der Herstellung und bei der Weiterverwertung (auch thermisch) bzw. Entsorgung (Deponierung von schadstoffhaltigen Produkten). Darüber hinaus spielt die vergleichende Bewertung des Gesamtenergieverbrauches im Produktlebenszyklus mit Hilfe von Öko-Bilanzen eine wachsende Rolle (Welling u. Frühwald 1996, Frühwald 2002) Wenn bei der Erstellung einer Ökobilanz die Rohstoffproduktion einbezogen wird, schneiden Holzprodukte im Vergleich zu Konkurrenzprodukten überdurchschnittlich gut ab (Welling u. Frühwald 1996).

Zunehmende Schwierigkeiten entstehen jedoch beim Einsatz von Holzschutzmitteln, deren Verwendung bei der Behandlung, Verwendung und Entsorgung von Holzprodukten für den Außenbereich zunehmend eingeschränkt wird (Voß u. Bringezu 1997). Beispiele der Verschärfung der Gesetzeslage in Deutschland sind das Verbot von Pentachlorphenol (Chemikalien-Verbotsverordnung vom 14.10.1993)⁴⁷ sowie starke Einschränkung der traditionellen Anwendungsbereiche für Teeröl getränkte Bahnschwellen (ibd.). Seit 1990 ist der Einsatz von Quecksilberverbindungen im Holzschutz verboten, und die Einbringung arsenhaltiger Holzschutzmittel auf CKA-Kesseldruckimprägnierung für Holz im Außenbereich beschränkt (Chemikalien-Verbotsverordnung vom 14.10.1993). Weiterhin erfolgte die Einordnung von Holzschutzmittel belasteten Produkten und Werkstoffen in besonders überwachungsbedürftigen Abfall (Sondermüll). Gleichzeitig darf Holz nach Ablauf der Übergangsfrist der TA Siedlungsabfall ab 2005 nicht mehr deponiert werden. Somit bleibt praktisch nur die thermische Verwertung in der höchsten Immissionsschutzkategorie, entsprechend den Anforderungen der 17. BimSchV (Voß u. Bringezu 1997). Eine weitere umweltrechtliche Verschärfung bringt in diesem Zusammenhang die seit dem 1. Oktober 2002 erlassene neue TA-Luft⁴⁸, die eine erhebliche Herabsetzung der Grenzwerte u.a. für Verbrennungsanlagen, die naturbelassenes Holz oder Holzwerkstoffe nutzen, festsetzt (Leyendecker 2002). Ähnliche Veränderungen sind auch aus Finnland, Österreich und den Niederlanden bekannt (mdl. Mittlg. 2002 (5x)).

Auf europäische Ebene wird dieser Trend durch für die Mitgliedsstaaten verbindliche Richtlinien fortgesetzt. Beispielsweise steht die Umsetzung der neuen europäischen Biozidrichtlinie in deutsches Recht bevor. Dies wird in Zukunft den Handel innerhalb Europas auf bestimmte zugelassene Produkte beschränken, deren Wirkstoffe im Anhang der Richtlinie aufgeführt sind. „Die zukünftige europäische Biozidrichtlinie wird den Markt für [chemische] Holzschutzmittel vollständig ändern“ Anonymus 2002 (ks) HZB 125, S. 1935), und/oder die

⁴⁷ Die Chemikalien-Verbotsverordnung vom 14.10.1993 ersetzt die Pentachlorphenol-Verbotsverordnung vom 12.10.1989 und die Teerölverordnung vom 27.Mai 1991 (Voß u. Bringezu 1997)

⁴⁸ Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft nach der 4. Bundesimmissionsschutzverordnung (4BImSchV)

Marktchancen für alternativ geschützte Holzprodukte, z.B. aus hitzebehandeltem Holz, erhöhen.

Zusätzlich zur Definition gesetzlicher Grenzwerte für Schadstoffe und sicherheitstechnischer Mindestanforderungen wird auf unterschiedlichen Entscheidungsebenen auch durch politische Maßnahmen Einfluss auf Beschaffungsmärkte und indirekt auf Produkt- und Produktionsprozessentwicklung genommen. Solche Einflussnahme erfolgt z.B. bei umweltrelevanten öffentlichen Beschaffungsentscheidungen und Kriterien zur Bewilligung von Fördermaßnahmen in dem für den Holzsektor besonders relevanten Bauwesen.

11.2 Indikatoren einer Marktentwicklung in Deutschland

Die Übertragbarkeit von Erfahrungen bei der Markteinführung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz in Skandinavien bzw. Ländern Mitteleuropas auf den deutschen Markt wird von den Interviewpartnern unterschiedlich eingeschätzt. Bei einer Abstufung in drei Schritten („große Bedeutung“ „geringe Bedeutung“ „keine Bedeutung“) wurden die folgenden Indikatoren als Basis für eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung des Marktes für hitzebehandeltes Holz in Deutschland von den befragten Experten wie folgt bewertet.

Produktpalette und Nachfrage in Skandinavien bzw. Mitteleuropa

Vertreter von vier Herstellerfirmen messen der Beobachtung der angebotenen Produktpalette und der Nachfrage in Skandinavien nur eine „geringe Bedeutung“ für Prognosen über den deutschen Markt zu, während für sie die Entwicklung der Produktpalette und Nachfrage in anderen Ländern des mitteleuropäischen Marktes eine „große Bedeutung“ hat.

Die bessere Übertragbarkeit von Marktentwicklungen und Ergebnissen von Marketingmaßnahmen zwischen einem kleineren mitteleuropäischen Markt wie den Niederlanden oder Österreich und Deutschland werden von den Interviewpartnern wie folgt begründet. Das Klima ist eher vergleichbar und die Kultur der Holzverwendung dieser beiden Länder ist ähnlicher als zwischen Skandinavien und Mitteleuropa⁴⁹. Außerdem ist es auf kleineren Märkten möglich bei gleichem Aufwand stärkere Marketingmaßnahmen zu ergreifen und deren Wirkung zu überprüfen. Aus den Ergebnissen können somit besser Schlussfolgerungen für den vergleichsweise großen deutschen Markt gezogen werden als von Beobachtungen auf dem skandinavischen Absatzmarkt (mdl. Mittlg. 2002).

⁴⁹ Klimatische Unterschiede zwischen dem trocken-kalten Skandinavien und dem vergleichsweise feuchtwarmem Deutschland können nach Ansicht eines Interviewpartners dazu führen, dass sich positive Erfahrungen in Finnland mit etablierten Produkten aus hitzevergütetem Holz im Außenbereich möglicherweise nicht in gleichem Maße in Deutschland wiederholen.

Ein Interviewpartner ist gegenteiliger Meinung. Er misst der Beobachtung der Entwicklung der Produktpalette und Nachfrage nach hitzbehandeltem Holz auf dem skandinavischen Markt eine „große Bedeutung“ für die Einschätzung der zukünftigen Marktentwicklung in Deutschland zu; die Beobachtung der Entwicklung der Produktpalette und Nachfrage auf dem mitteleuropäischen Markt hat für ihn aufgrund des bisher geringen Angebotes „keine Bedeutung“.

Produktionskapazitäten in Skandinavien bzw. Mitteleuropa

Der Entwicklung der Produktionskapazitäten für hitzebehandeltes Holz in Skandinavien wird von drei Interviewpartnern „große Bedeutung“ für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung des Marktes in Deutschland beigemessen. Diese Antwort wurde von allen Herstellern von Massenware als auch von einem Anbieter eines Nischenproduktes gegeben. Demgegenüber ist die Entwicklung der Produktionskapazitäten auf dem mitteleuropäischen Markt vor allem für lokale Hersteller und Anbieter von „großer Bedeutung“, während sie für einen Vertreter eines führenden Halbwarenherstellers unter gegebenen Marktbedingungen „keine Bedeutung“ hat.

Kontinuierliche Verschärfung der Umweltauflagen

Einigkeit besteht bei allen Interviewpartnern darin, dass die kontinuierliche Verschärfung der Umweltauflagen „großen Bedeutung“ für alle aktuellen und potentiellen Märkte für hitzebehandeltes Holz haben wird. Auf den Absatzmärkten, insbesondere auch in Deutschland, spielt vor allem die Verschärfung der Gesetze zur Entsorgung von Altholz eine herausragende Rolle bei der Einschätzung der zukünftigen Marktentwicklung von hitzebehandeltem Holz. Die Verschärfung der umweltrelevanten Gesetze und Auflagen bei industriellen Produktionsprozessen sowie dem Einsatz von toxischen Chemikalien allgemein, hier insbesondere auch von Holzschutzmitteln, hat für die Hersteller vor allem in den Produktionsländern eine „große Bedeutung“. Nach Meinung der Interviewpartner erhöht diese Entwicklung die Chancen und Anteile einer Produktion von umweltverträglich geschützten Holzprodukten wie hitzebehandeltem Holz, was indirekt auch einen Einfluss auf die Absatzmarktentwicklung haben wird.

Eigene Kundenbefragung

Auf Ergebnisse eigener Kundenbefragungen (in diesem Fall Händlerbefragungen) in Deutschland stützt sich bisher erst eine Herstellerfirma⁵⁰, eine weitere plant eine entsprechende Erhebung.

⁵⁰ Die Ergebnisse dieser Marktstudie sind nicht veröffentlicht.

11.3 Gutachtliche Einschätzung der Marktentwicklung von hitzebehandeltem Holz in Deutschland

Die Produktions- und Absatzentwicklung in Deutschland in den nächsten drei Jahren schätzen die Vertreter von Herstellerfirmen pragmatisch abwartend bis verhalten optimistisch ein:

- „die nächsten 3 Jahre werden zeigen, ob das Produkt auf dem Markt akzeptiert wird“ (mdl. Mittlg. 2002, 2x)
- Stagnation in den kommenden Jahren mit nachfolgender Erholung und Auslastung der derzeit gegebenen Kapazitäten parallel zur Erholung der Baukonjunktur (mdl. Mittlg. 2002, 1x)
- leichte Zuwächse von ca. 10% pro Jahr in den nächsten 2-3 Jahren, dann eine exponentielle Steigerung (mdl. Mittlg. 2002, 1x)

Mittelfristig (bis 10 Jahre) gilt es als sehr wahrscheinlich, dass der deutsche Markt bis auf weiteres hauptsächlich durch Importe von sich derzeit etablierenden skandinavischen Marktführer beliefert wird. Eine Entwicklung und Ausweitung von Hitzebehandlungskapazitäten in Deutschland wird dabei nicht ausgeschlossen. Unterschiedliche Entwicklungsszenarien werden von den Interviewpartnern für möglich bis wahrscheinlich gehalten:

- Investitionen in kleine Hitzebehandlungsanlagen durch Spezialisten und Nutzer von Marktnischen
Geeignet erscheinen vor allem mittelständische Einzelunternehmen oder Kooperationen von mehreren kleinen Unternehmen, die vor allem an der Vergütung einheimischer Holzarten und der Entwicklung neuer marktangepasster Endprodukte interessiert sind (mdl. Mittlg. 2002). Diese Art der Verbreitung könnte sowohl über Produktionslizenzen erfolgen, aber auch durch individuelle Prozessentwicklung auf Basis veröffentlichter Informationen. Bei der ersten Variante hätten interessierte Unternehmen den Vorteil einer Betreuung durch den Anlagenhersteller und geringere Markteintrittskosten. In der zweiten Variante besteht eine größere Unabhängigkeit und Kontrolle über die Verfahrenssteuerung und damit kurz- und mittelfristig ein größeres Innovationspotenzial, jedoch bei höheren Entwicklungskosten (mdl. Mittlg. 2002).
- Ausweitung von Produktionskapazitäten mittelständischer Unternehmen in Deutschland und Österreich (mdl. Mittlg. 2002.).
Kleinere Unternehmen gehen in ihrer Planung stufenweise vor. Wenn die Nachfrage sich positiv weiter entwickelt, können sie sich in 2-3 Jahren eine Verdoppelung ihrer Produktionskapazität vorstellen (mdl. Mittlg. 2002, 2x).

- Großinvestitionen in Hitzebehandlungsanlagen in Deutschland werden in näherer Zukunft für keines der verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren erwartet (mdl. Mittlg.2002).

12 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass es realistische Marktchancen für Produkte aus hitzevergütetem Holz in Deutschland gibt. Eine fundierte Einschätzung potentieller Marktvolumina ist bei gegenwärtiger Informationslage nicht möglich.

Qualitative Untersuchungen zum Marktpotential neuer Produkte sind keine Grundlagenforschung, die in einem sogenannten „pre-competitive“⁵¹ Stadium der Produktentwicklung angefordert und durchgeführt werden. Entsprechend schwierig gestaltet sich die Informationsbeschaffung und entsprechend eingeschränkt ist die Aussagekraft der beschafften Informationen.

Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass die verschiedenen kommerziellen Hitzebehandlungsverfahren durch Modifikation der Zellstrukturen und durch Masseveränderung einzelne Produkteigenschaften von Holz signifikant verbessern, andere aber negativ beeinflussen. Das Ausmaß der Veränderung der unterschiedlichen Produkteigenschaften (z.B. Dauerhaftigkeit, Dimensionsstabilität, Festigkeitseigenschaften, Wärmeleitfähigkeit) hängt direkt von der Intensität einzelner Verfahrensparameter ab und kann somit bis zu einem gewissen Grad gesteuert werden.

Schwierigkeiten bei der Prozessoptimierung bereiten vor allem die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägung verschiedener Verfahrensparameter, die wiederum z.T. ungeklärte und oft unerwünschte Wechselwirkungen bei der Veränderung der Produkteigenschaften hervorrufen. Diese komplexen Zusammenhänge variieren zusätzlich in Abhängigkeit von der behandelten Holzart. Die Komplexität erschwert sowohl einen objektiven Vergleich von Materialqualitäten aus verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren als auch die notwendige Standardisierung von Qualitätskontrollen.

Einigkeit zwischen Wissenschaftlern und Herstellern besteht in der Feststellung, dass hitzebehandeltes Holz nicht für einen Einsatz im konstruktiven Bereich geeignet ist. Weiterhin ist Holz, das mit dem einstufigen Wasserdampfverfahren behandelt wurde, nicht ausreichend dauerhaft für einen Einsatz im Außenbereich mit Erdkontakt.

⁵¹ auf deutsch in etwa „vor Konkurrenz“

Ein ungelöstes technisches Problem ist vor allem die Rissbildung bei der Hitzebehandlung von Schnittholz, die vor allem die Ausbeute bei der Hitzebehandlung, aber auch die Qualität von Oberflächenbeschichtungen auf Produkten aus hitzebehandeltem Holz, z.B. bei Bewitterung, deutlich verringert. Weiterhin besteht intensiver Forschungsbedarf die negative Wechselwirkung zwischen Erhöhung der Dauerhaftigkeit und Verringerung der Festigkeitseigenschaften zu vermindern.

Probleme bei der Verleimung sind möglicherweise bereits gelöst durch Entwicklung adaptierter Leime und an die geringere Festigkeit des Holzes angepasste Aushärtungsmethoden. Problematisch stellt sich eher der sehr hohe Holzbruch bei Tests der Festigkeit von Leimfugen dar.

Im Vergleich zu den Ergebnissen aus wissenschaftlichen Vergleichsuntersuchungen zur Dauerhaftigkeit, zu Festigkeitseigenschaften und z.B. zur Wasseraufnahmefähigkeit von hitzebehandeltem Holz, die im Optimalfall nach Holzarten, Behandlungsverfahren und Ausprägung einzelner Verfahrensparameter differenziert werden, erscheinen Herstellerangaben zu technischen Eigenschaften von hitzebehandeltem Holz oft sehr selektiv und undifferenziert.

Von Wissenschaftlern aufgedeckte Probleme bei der Weiterverarbeitung von hitzbehandeltem Holz (z.B. erhöhte Sprödigkeit des Materials, geringerer Schraubenauszugswiderstand, Probleme bei der Oberflächenbehandlung und Verleimung) werden von den Herstellern zunehmend aufgegriffen und in ihre Informationsschriften aufgenommen. Alle diese Probleme hängen zumeist direkt mit den veränderten physikalischen und chemischen Grundeigenschaften des Holzes zusammen. Die Entwicklung von ursachen- aber auch von symptomorientierten Lösungsmöglichkeiten wird auf Herstellerseite intensiv und erfolgsversprechend vorangetrieben.

Vorliegende vergleichende Studien zur Veränderung biologischer Dauerhaftigkeit und technischer Eigenschaften von Proben gleicher Holzart aus verschiedenen Hitzebehandlungsverfahren bzw. verschiedener Holzarten, die mit den gleichen Verfahren behandelt wurden, legen nahe, dass auf Seite der Prozesstechnologie insbesondere bei einstufigen drucklosen Prozessen in Wasserdampf-atmosphäre und auf Seiten des Rohstoffes bei Kiefer mit überdurchschnittlichem Optimierungsbedarf gerechnet werden muss. Aber auch Produkte aus den vergleichsweise technisch z.T. erfolgreicherer Feuchte-Wärme-Druck (FWD)- und Öl-Hitze-Behandlungsverfahren erzielen meist nicht die Dauerhaftigkeits- und Festigkeitseigenschaften wie chemisch modifiziertes Holz.

Eine weitere Prozessoptimierung auch der einstufigen Wasserdampfverfahren kann dennoch attraktiv sein, da sie im Vergleich mit alternativen Hitzebehandlungs- und chemischen Modifikationsverfahren (Melaminharztränkung und Acetylierung) die niedrigsten Investitions- und Prozesskosten pro eingesetzter Schnittholzmenge verursachen. Diese niedrigen Kosten werden aber derzeit durch die Notwendigkeit des Einsatzes sehr hoher Rohstoffqualitäten und die bisher geringe Ausbeute relativiert.

Aufgrund der erhöhten Dimensionsstabilität und/oder Pilzresistenz des Materials wird auf die Verdrängung von natürlich dauerhaftem Tropenholz sowie unbehandeltem oder chemisch behandeltem heimischen Holz in bestimmten Produktsegmenten abgezielt. Über Qualitätsverbesserung von heimischen Holzarten und Produktinnovation soll im Optimalfall eine Erweiterung des Marktes für Holzprodukte bei gleichzeitig hoher Wertschöpfung in hochpreisigen Produktsegmenten bewirkt werden.

Die Praxis zeigt, dass sich die Entwicklung von Endprodukten aus hitzebehandeltem Holz bisher auf traditionelle Marktsegmente für Holzprodukte (z.B. Fassaden, Gartenausstattung, Lärmschutzwände, Fensterkanteln und Bodenbeläge für den Innenbereich) konzentriert hat. Damit wird bei erfolgreichem Markteintritt voraussichtlich vor allem eine Substitution innerhalb des Holzmarktes, möglicherweise eine Sicherung des Marktanteils von Holzprodukten in den verschiedenen Marktsegmenten bewirkt. Am vielversprechendsten erscheinen unter gegebenem Umständen wachsende Produktsegmente einfacher Machart mit einem hohen Anteil an umweltorientierten öffentlichen Auftraggebern.

Eine im engeren Sinne innovative Entwicklung neuartiger Endprodukte aus hitzebehandeltem Holz wird zwar von einigen Herstellern vorangetrieben, hat bisher jedoch noch keine praxisreifen Produkte hervorgebracht.

Die Marktakzeptanz von Produkten aus hitzebehandeltem Holz für den Außenbereich ist in Deutschland derzeit noch stark eingeschränkt. Dies liegt zum einen am vergleichsweise hohen Preis für Produkte, die traditionell dem Niedrigpreissegment (Fassaden, Zäune, Lärmschutzwände) angehören und bei denen potentielle Kunden eine gering ausgeprägte Zahlungsbereitschaft für nicht internalisierbare Zusatznutzen wie Umweltverträglichkeit im Außeneinsatz zeigen. Zum anderen liegt die geringe Akzeptanz an der unklaren Positionierung der technischen Qualitäten, hier vor allem der Dauerhaftigkeit im Vergleich zu Tropenholz, die bei Erfolg einen steigenden Anteil von hitzebehandeltem Holz in diesem Hochpreissegment erwarten lassen würde. Je nach garantierbarer Qualität der hitzebehandelten Produkte und je nach wirtschaftlichem Spielraum empfiehlt sich hier eine klarere Positionierung im Rahmen der Produkt- und Preispolitik.

Die Klärung von Informationsdefiziten und widersprüchlichen Einschätzungen von Produkteigenschaften, die bei Händlern festgestellt wurde., z.B. über spezielle Produkteigenschaften und Zusatznutzen von hitzebehandeltem Holz, ist Aufgabe der Kommunikationspolitik.

Hersteller wie Händler klagen über eine zu geringe Nachfrage nach hitzebehandeltem Holz von Seiten der Endkonsumenten. Andererseits betreibt praktisch keine der beiden Gruppen aktive, an Endkunden gerichtete Werbung. Jede Partei sieht dies als Aufgabe der anderen an. Eine kürzlich eingeleitete Änderung der Marketingstrategie bei führenden Herstellern von hitzebehandeltem Holz reagiert auf diese Situation mit Angeboten einer intensivierten Kooperation mit ihren (potentiellen) Vertriebspartnern bei der Informationsverbreitung.

In der gegenwärtigen Phase der Markteinführung von Produkten aus hitzebehandeltem Holz wird von den Weiterbearbeitungs- und Handelspartnern eine überdurchschnittliche Innovations- und Risikobereitschaft gefordert. Einerseits muss die Nachfrage für bereits bekannte Produkte in Deutschland noch stark ausgebaut und gesichert werden. Gleichzeitig befinden sich alle kommerziellen Hitzebehandlungsverfahren noch in einem schnellen technischen Optimierungsprozess, der sich zunehmend an den Anforderungen der jeweils geplanten Endprodukte orientiert, aber gleichzeitig die Positionierung der Produkte, technisch wie preislich, erschwert. Andererseits sind unterschiedliche Produktgestaltungsoptionen - angefangen von den eingesetzten Holzarten, über die technisch möglichen Variationen der Hitzebehandlung, bis zum spezifischen Design einzelner Endprodukte - bei weitem noch nicht erschöpfend ausgelotet und lassen viel Spielraum für innovative Entwicklungen.

Die größten Chancen und das größte Risiko liegen also nach der erfolgreichen technischen Optimierung der Hitzebehandlungsverfahren, zur Erhöhung der Qualität und der Ausbeute sowie zur Verringerung der Herstellungskosten, in der Entwicklung

1. des Angebotes und der Nachfrage nach Tropenhölzern, die in vergleichbaren Produktsegmenten eingesetzt werden
2. der Umweltauflagen für konventionell chemisch geschützte Holzprodukte bzw. des umweltorientierten Kaufverhaltens von Endkonsumenten oder öffentlichen Auftraggebern und

der Geschwindigkeit und dem Erfolg, mit dem sich weitere alternative umweltfreundliche Verfahren zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit bei Erdkontakt und Dimensionsstabilität bei gleichzeitigem Erhalt der statischen Tragfähigkeit von Holz technisch und preislich zur Marktreife entwickeln.

Der Markt für Holzprodukte unterliegt schnellen Veränderungen. Wer sich hier erfolgreich positionieren will, muss sich innovativ und aktiv in die Förderung der Entwicklung von und Nachfrage nach neuen Produkten auf dem Holzmarkt einbringen.

Mittelständische Unternehmen hätten voraussichtlich die größten Chancen in Nischenmärkten für hitzebehandeltes Holz mit einer möglichst umfassenden Wertschöpfungskette, die im Optimalfall von eigenem Sägebetrieb über eine Hitzebehandlungsanlage bis zur Endfertigung von marktreifen Produkten reicht. Diese Nischenmärkte müssen aber erst identifiziert und dann spezifisch bearbeitet werden. Das Markteintrittsrisiko ist sehr hoch und mit hohen Investitions- und Entwicklungskosten verbunden. Besonders hoch wäre das Risiko bei einer Investition in eine eigene Prozessentwicklung auf der Basis von Veröffentlichungen und in Kooperation mit unabhängigen Anlagenherstellern. Geringer würde das Risiko ausfallen wenn mit erfahrenen Lizenzgebern kooperiert würde. Allerdings wären hier auch die eigenen Gestaltungsmöglichkeiten eingeschränkt. Unter Umständen könnten die Chancen durch eine projektbezogene Kooperationen mehrerer Unternehmen am Anfang der Wertschöpfungskette erhöht werden.

Für Händler bestehen gute Markteintrittschancen, wenn sie sich aktiv an der Kundenwerbung für marktreife Produkte beteiligen wollen. Die Einführung dieser Produkte könnte bei Erfolg einen Vorsprung vor der Konkurrenz bei der Schaffung von Marktanteilen ermöglichen. Die Erfahrungen und die ihrer Kunden würden in jedem Fall zu einer beschleunigten Produkt- und Vermarktungsoptimierung beitragen. Geringer ist das Risiko wenn man mit dem Markteintritt wartet bis die Endprodukte insbesondere für den Außenbereich technisch weiterentwickelt sind. In jedem Fall sollten die Kooperationsangebote der verschiedenen Hersteller genau geprüft und eine gezielte Marketingstrategie zur Nachfrageförderung entwickelt werden.

Literatur

- ANONYMUS 2001 (ks): Wer nicht mitmacht, kann einpacken. Die zukünftige europäische Biozidrichtlinie wird den Markt für Holzschutzmittel vollständig ändern. Holz-Zentralblatt 127, Nr. 152, S. 1935
- ANONYMUS (undatiert): Die Revolution in der Holzimprägnierung. www.udigshof.de/menz.html (Stand: 23.10.01, nicht mehr aufrufbar)
- ANONYMUS 1996: "Chemischer Holzschutz" ohne Chemikalien. HZB Nr. 129, S. 2034
- ANONYMUS 1999: „Premium-wood“: finnische Natur pur. HZB Nr. 125, S. 1208
- ANONYMUS 2000: Die Märkte entdecken wärmebehandeltes Holz. HZB Nr. 126, S. 1494
- ANONYMUS 2000: Natürlicher Holzschutz mit Pflanzenölen. Martin Menz setzt auf eine neues Verfahren mit hohen Temperaturen. FAZ, Dienstag 1. Februar 2000 Nr. 26 S. T 30
- ANONYMUS 2001: Hochtemperaturanlage zur Holzvergütung. HZB Nr. 82/83, S. 1091
- ANONYMUS 2001: Leichtere Farbwahl bei Holzzäunen. HZB Nr. 23, S. 34
- ANONYMUS 2001: Modern und Leistungsfähig. HZB Nr. 123, S. 6
- ANONYMUS 2001: Produktion von „Plato-Holz“ in Arnheim angelaufen. HZB Nr. 39, S. 576
- ANONYMUS 2001: Stehvermögen, Dauerhaftigkeit und unbedenkliche Produktion. HZB Nr. 127, S. 6
- ANONYMUS 2001: Stora Enso Timber investiert in Anlagen zur thermischen Holzveredelung. HZB Nr. 13, S. 180
- ANONYMUS 2001: Thermoholz für drinnen und draußen. HZB Nr. 123, S. 28
- Anonymus 2001(us): Aus dem Forst zum hochwertigen Fenster. Faymont Industries setzt auf neue Produkte aus wärmebehandeltem Holz. HZB Nr. 127, S. 1769
- ANONYMUS 2002: Finnforest Deutschland definiert Strategien neu. HZB Nr. 64/65, S. 786
- ANONYMUS 2002: Geschäft mit Thermoholz erfordert langen Atem. Interview mit Duncan Mayes, dem Produktmanager von Stora Enso Timber über wärmebehandeltes Holz. HZB Nr. 113, S. 1338
- ANONYMUS 2002: Plato-Holz will im zweiten Anlauf durchstarten. Einzigartigkeit des niederländischen Thermoholz-Produktes betont. – Vertrieb für Deutschland noch im Aufbau. Holz-Zentralblatt Nr. 128, S. 1551
- BRAUER, J. 2002: Thermoholz braucht Werbung. Produktionskapazität und Absatz klaffen auseinander. HZB Nr. 113, S. 1329
- BRUDERHOFER, M. 2000: Marktanalyse und Markchancen von Fassadensystemen mit Holz und Holzwerkstoffen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien
- BÜCKLING, M.; S. SEEGMÜLLER 1999: Innovative Techniken der Holzverarbeitung vorgestellt. 1. Trippstadter Sägewerktag. AFZ/Der Wald Nr. 26, S. 1421
- BURK, R. 2002: Evaluierung technischer Eigenschaften von hitzevergütetem Holz unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung hochwärmegeämmter Holzfenster. Abschlussbericht des FuE-Vorhabens Kap. 0810, Titel 682 01-04. FH Kaiserslautern/Pirmasens, 26 S. plus Anlagen

- BURMESTER, A. 1973: Einfluß einer Wärme-Druck-Behandlung halbtrockenen Holzes auf seine Formbeständigkeit. Holz als Roh- und Werkstoff 31 Nr. 6, S. 237-243
- BURMESTER, A. 1974: Erfolgreiche Quellungsvergütung mit einfachen Mitteln (2). Holz- u. Kunststoffverarbeitung Nr. 9, S. 610-613
- Chemikalien-Verbotsverordnung vom 14.10.1993: Verordnung über die Neuregelung und Ergänzung der Verbote und Beschränkungen des Herstellens, Inverkehrbringens und Verwendens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach § 17 des Chemikaliengesetzes.
- DIMITROVA E., HORA, G. 2002: Radiata-Holz für den europäischen Fensterbau? HZB Nr. 64/65, S. 770
- DIROL, D.; GUYONNET, R. 1993: The improvement of wood durability by retification process. Stockholm: Intern. Res. Group Wood Pres., Doc.No.: IRG/WP/93-40015, 11 S.
- DÖRNFELD, C.; G. PAZEN und S. SEEGMÜLLER (in Vorbereitung): Gebrauchstauglichkeitsprüfung von Fenstern aus hitzevergütetem Holz. Trippstadt: Selbstverlag der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz.
- DUMOULIN-BOIS 2002: Un produit révolutionnaire et écologique. <http://www.dumoulin-bois.fr> (Stand 23.8.2002)
- EUWID 2001a: Angebot von thermisch behandeltem Holz wird sich bis 2003 verdoppeln. EUWID Nr. 37
- EUWID 2001b: Menz Holz plant wieder Thermoholzproduktion. EUWID Nr. 37
- EUWID 2001c: Plato Holz Deutschland stellt Investitionen zurück. EUWID Nr. 37
- EUWID 2001d: Hersteller von Thermoholz erweitern ihre Produktionskapazitäten. Schwerpunkte der Produktion auch künftig in Skandinavien. Holz special: Bau & Innenausbau. EUWID Holz und Holzwerkstoffe, Sondernummer vom 14.12.2001, S. 67-70
- EUWID 2002e: Absatz von thermisch behandeltem Holz deutlich unter den Erwartungen EUWID Nr. 23
- EUWID 2002f: Holzveredelung Lausitz GmbH wurde aufgelöst. EUWID Nr. 23
- FAWF 2002: Jahresbericht 2001. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 48/02.
- FINNFOREST 2001: <http://finnforest.com> (Stand Dez. 2001)
- FINNFOREST DEUTSCHLAND GMBH (Hrsg) 2000: Thermowood. Bremen: Selbstverlag.
- FINNFOREST DEUTSCHLAND GMBH 2002: Finnforest ThermoWood® - Das wärmebehandelte Holz mit den vielen guten Eigenschaften. Informationsblatt 02/2002
- FRÜHWALD, A. 2002: Ökobilanzierung von Holzwerkstoffen. In: „Umweltschutz in der Holzwerkstoffindustrie“. Göttingen: Georg-August-Universität (2002), S. 20 – 30
- GESAMTVERBAND HOLZHANDEL (Hrsg.) 2000: „Neu: Wärmebehandeltes Holz“. Holzhandelsinformationen, Nr. 4, S. 15
- GIEBELER, E. 1983: Dimensionsstabilisierung von Holz durch eine Feuchte/Wärme/Druck-Behandlung, Holz a.s Roh- und Werkstoff 41 S. 87-94

- GIEBELER, E. 1986: Feuchte-Wärme-Druck-Vergütung von Holz. In: Vorträge der 17. Holzschutz-Tagung der Dtsch. Ges. f. Holzf., Berlin, 13 S.
- GOHAR, P.; GUYONNET, R. 1998: Development of wood retification process at the industrial stage. In: Edit.: Intern. Res. Group Wood Pres. 1998: Proceedings of the 4th International Symposium "The Challenge Safety and Environment in Wood Preservation". 2-3 Febr. 1998, Cannes Mandelieu / France, Doc. No.: IRG/WP 98 50101, S. 173-183
- HOGL, K.; SCHWARZBAUER, P. 2002: Chancen für modifiziertes Holz in ausgewählten Marktsegmenten. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, S. 221 - 249
- INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG (ihf) u. VERBAND HOLZWIRTE ÖSTERREICHS (VHÖ) (Hrsg.) 2002: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, 259 S.
- JÄMSÄ, S.; VIITANIEMI, P. 2001: Heat treatment of wood – Better durability without chemicals. In: Rapp (Hrsg.) Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in Antibes, France on 9. February 2001. COST Action E22 Environmental optimisation of wood protection, S. 17-21
- JETTMAR, H. 2002: Marktanalyse: Lärmschutzwände aus modifiziertem Holz. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien
- JOURGET SA 2002: Descriptif. <http://www.jourget.fr> (Stand 23.8.2002)
- KAMDEN, D.; PIZZI, A.; TRIBOULOT, M. 2000: Heat treated timber: potentially toxic side products presence and wood cell wall degradation. Holz als Roh- und Werkstoff 58, S. 253-257
- KAMDEN, D.P.; PIZZI, A.; GUYONNET, R.; JERMANNAUD, A. 1999: Durability of Heat treated Wood. Stockholm: Intern. Res. Group Wood Pres., Doc.No.: IRG/WP/99-40145, 15 S.
- KROPF, F.; SELL J. 2002: Langjährige Freibewitterung von Fensterkanteln mit Außenschicht aus wärmebehandeltem Holz. Holzforschung Schweiz 2002/1 S. 32-36
- LADNER, H.; HALMSCHLAGER, E 2002: Dauerhaftigkeit von modifiziertem Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, S. 191-219
- LEITHOFF, H. 2001: Thermisch behandeltes Holz – Verfahrensübersicht und Anwendungsmöglichkeiten. Schweizerische Hochschule für die Holzwirtschaft in Biel (Hrsg.) 13 S.
- LEITHOFF, H. und PEEK, R.-D. 1998: Hitzebehandlung – eine Alternative zum chemischen Holzschutz? 21. Holzschutztagung der DGfH in Rosenheim: S. 97-108.
- LEYENDECKER, B. 2002: Seit 1. Oktober gilt in Deutschland die neue TA Luft. Holz-Zentralblatt Nr. 120. S. 1416
- LUKOWSKY, D. und P. BÖTTCHER 2001: Beschichtung von hitzevergütetem Holz. (Technischer Bericht 2323/2001. In: Burk, R. 2002: Evaluierung technischer

- Eigenschaften von hitzevergütetem Holz unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung hochwärmedämmter Holzfenster. Abschlussbericht des FuE-Vorhabens Kap. 0810, Titel 682 01-04. FH Kaiserslautern/ Pirmasens). 31 S.
- MAFI HOLZVEREDELUNG GMBH 2002a: Prospekt???
- MAFI HOLZVEREDELUNG GMBH 2002b: Innovationspreis des Landes Oberösterreich. <http://www.mafi.co.at> (Stand 4.7.2002)
- MAFI HOLZVEREDELUNG GMBH 2002c: Vulcano – dunkle trendige Farbtöne. <http://www.mafi.co.at> (Stand 4.7.2002)
- MILITZ, H.; TJEERDSMA, B. 2001: Heat treatment of wood by the PLATO-Process. In: Rapp (Hrsg.) Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in Antibes, France on 9. February 2001. COST Action E22 Environmental optimisation of wood protection, S. 23-34
- MÜLLER, J. 2002: Einbringmengen beim Tauchtränken oft zu gering. HZB Nr. 81/82, S. 999
- NIEMZ, P. 2002: Thermisch vergütetes Fichtenholz. Holzforschung Schweiz 2002/1, S. 28-29
- PATZELT, M. und R. STINGL 2001: Thermische Modifizierung – Holzschutz ohne Chemie? HZB Nr. 135, S. 1699
- PATZELT, M.; STINGEL, R.; TEISCHINGER, A. 2002: Thermische Modifikation von Holz und deren Einfluß auf ausgewählte Holzeigenschaften. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, S. 101-147
- PIB - PRÜFINSTITUT FÜR BAUELEMENTE GMBH 2001a: Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes und des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN 52619-Teil 1, 1 flg. Holzfenster, System Serie 0,5 (Eurotec GmbH) (Rahmenmaterial hitzevergütetes Holz). 20 S.
- PIB - PRÜFINSTITUT FÜR BAUELEMENTE GMBH 2001b: Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Fenstern aus hitzevergütetem Holz. Unveröffentlichter Technischer Bericht TB 2001/2002. 12 S.
- PIB - PRÜFINSTITUT FÜR BAUELEMENTE GMBH 2001c: Forschungsprojekt Hitzevergütetes Holz. Wärmetechnische Eigenschaften von Hitzevergütetem Kiefernholz im Vergleich zu unbehandeltem Kiefernholz. Prüfbericht. In: Burk, R. 2002: Evaluierung technischer Eigenschaften von hitzevergütetem Holz unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung hochwärmedämmter Holzfenster. Abschlussbericht des FuE-Vorhabens Kap. 0810, Titel 682 01-04. FH Kaiserslautern/ Pirmasens, 26 S. plus Anlagen
- PIC BOIS GRAVURE SA 2002: Les sections couramment employées. <http://www.pic-bois.com7poteau.htm> (Stand 23.8.2002)
- PLATO 2002 (Entwurf): The Plato technology. A novel wood upgrading technology – technology, product characteristics, market potential. October 2002. 19 S.
- PLATO 2002: www.platowood.nl (Stand Nov. 2002)
- RAPP, A. O.; SAILER, M. 2001: Heat treatment in Germany – state of the art. In: Rapp (Hrsg.) Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in Antibes, France on 9. February 2001. COST Action E22 Environmental optimisation of wood protection, S. 43-60

- RAPP, A.O. (Hrsg.) 2001: Review on Heat Treatments of Wood. COST ACTION E22 Environmental Optimisation of Wood Protection. Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France on 9 Feb. 2001, 68 S.
- RAPP, A.O. 2000: Kurzbeschreibung verschiedener Hitzebehandlungsverfahren. Stand der Erkenntnisse 2/2000. <http://home.t-online.de/home/dgfh-egh/hsbegr.htm> (Stand 14.02.01)
- RAPP, A.O.; SAILER, M.; PEEK, R.-D. 2000: Innovative Holzvergütung zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit, Vortrag auf der 10. Hamburger Forst- und Holztagung 23/24.05.2000. In: BFH Mitteilungen Nr. 200, S. 27-34
- RYTKE, S. 1999: Thermisch behandeltes Holz. bau-zeitung Nr. 53, S. 32-33
- SAILER, M.; A.O. RAPP; LEITHOFF, H. und PEEK, R.-D. 1999: Thermische Holzvergütung mit natürlichen pflanzlichen Ölen. HZB Nr. 117, S. 1568
- SAILER, M.; RAPP, A. O. LEITHOFF, H.; PEEK, R.-D. 2000: Vergütung von Holz durch Anwendung einer Öl-Hitzebehandlung. Holz als Roh- und Werkstoff Nr. 58, S. 15-22
- SAUERWEIN, P. 2001: Wärmebehandeltes Holz – ein neuartiger Rohstoff für den Holzfachhandel ? Holzhandels-Informationen Nr. 10/01, S. 10-11.
- SCHUMACHER, W. 2002: Thermowood im Blickpunkt der Holz Sachverständigen. HZB Nr. 64/65, S. 795
- SEEGMÜLLER, S. 2002: Gebrauchstauglichkeit von Fenstern aus hitzevergütetem Holz. (Trippstadt: Selbstverlag der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz. In Vorbereitung)
- SINN, G.; GINDLE M.; REITERER, A. 2002: Ausgewählte materialphysische Eigenschaften von modifiziertem Holz. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, S. 171 - 190
- STEFKE, B.; TEISCHINGER, A. 2002: Methoden der Holzmodifikation. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, S. 5-23
- STELLAC OY 2002: Applications. <http://www.stellac.fi/english/applications.htm> (Stand 22.7.02)
- STINGL, R.; PATZELT, M.; TEISCHINGER A. 2002: Ein- und Rückblick in ausgewählte Verfahren der thermischen Modifikation. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) gemeinsam mit dem Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ) beide an der Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, S. 57 - 99
- STORA ENSO 2002: Core Range Product Information 03/2002
- SYRJÄNEN, T. 2000: Heat treatment of wood in Finland – state of the art. Nordic Wood, Nordic Wood Seminar om varmebehandlet tre, Scandic Hotel Triaden, Lorenskog 22.11.2000, S. 51-58
- SYRJÄNEN, T. 2001: Products and classification of heat treated wood in Finland. In: Rapp (Hrsg.) Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in

- Antibes, France on 9. February 2001. COST Action E22 Environmental optimisation of wood protection, S. 7-15
- TARKOW, H.; STAMM, A.J.; ERICKSON, E.C.O. 1950: Acetylated wood. ESDA Forest Service, Forest Products Laboratory Report No. 1593
- TJEERDSMA, B.F.; BOONSTRA, M.; MILITZ, H. 1998: Thermal modification of non-durable wood species. Stockholm: Intern. Res. Group Wood Pres., Doc.No.: IRG/WP/98-40124, 10 S.
- TJEERDSMA, B.F.; STEVENS, M.; MILITZ, H. 2000: Durability aspects of hydrothermal treated wood. International Research Group on Wood Preservation, Document no. IRG/WP 00-4
- VERNOIS, M. 2000: Heat treated wood in France. Nordic Wood, Nordic Wood Seminar om varmebehandlet tre, Scandic Hotel Triaden, Lorenskog 22.11.2000, S. 65-70
- VERNOIS, M. 2001: Heat treated wood in France - State of the art. In: Rapp (Hrsg.) Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in Antibes, France on 9. February 2001. COST Action E22 Environmental optimisation of wood protection, S. 35-42
- VIITANIEMI, P. 1997: Thermowood - Modified wood for improved performance. In: Edit.: Träteck 1997: Proceedings of the 4th Eurowood Symposium "Wood - The Ecological Material" 22-23 September 1997, Stockholm / Sweden, Träteck Rapport No.: P 9709084, ISSN 1102-1071, S. 67-69
- VIITANIEMI, P.; JÄMSÄ, S. 1998: Thermowood ToW. Decay-resistant wood created in a heating process. Stockholm: Intern. Res. Group Wood Pres., Doc.No.: IRG/WP/98-##, 4 S.
- VOß, A.; BRINGEZU, S. 1997: Belastungspotentiale von holzschutzmittelbehandeltem Altholz und Auswirkungen auf die Entsorgung. MuA lfg. 7/97, 24 S.
- VOß, A. 2001: Short summary of discussion on heat treatments. In: Rapp (Hrsg.) Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in Antibes, France on 9. February 2001. COST Action E22 Environmental optimisation of wood protection, S. 35-42
- WAGENFÜHR, A. 2001: Kolloquium thematisiert Holz-Innovationen. HZB Nr. 144, S. 1826-1827.
- WEILHARTER, H. 2002: Märkte für Fenster aus modifiziertem Holz, Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien
- WELLING, J.; FRÜHWALD, A. 1996: Sinn und Unsinn von Ökobilanzen
- WIENHAUS, O. 1999: Modifizierung des Holzes durch eine milde Pyrolyse – abgeleitet aus den allgemeinen Prinzipien der Thermolyse des Holzes. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden Nr. 48, S. 17-22
- WILHELM-KLAUSITZ-INSTITUT HOLZFORSCHUNG (Hrsg.) 2001: Beschichtung von hitzevergütetem Holz. Bericht 2323/2001, 30 S. In: Burk, R. 2002: Evaluierung technischer Eigenschaften von hitzevergütetem Holz unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung hochwärmegeprägter Holzfenster. Abschlussbericht des FuE-Vorhabens Kap. 0810, Titel 682 01-04. FH Kaiserslautern/ Pirmasens, 26 S. plus Anlagen

Internetadressen aus denen Informationen für diesen Bericht entnommen wurden:

http://www.bdholz.de/holzeinfuhr/nord_e.htm

<http://www.dumoulin-bois.fr>

<http://www.emse.fr/fr/transfert/spin/depscientifiques/PC2M/retification/principes.html>

<http://www.finnforest.com>

<http://www.holzweb.de>

http://www.mafi.co.at/de/Product/ProDetail5_de.asp

<http://www.menzholz.de>

<http://www.plato-holz.de>

<http://www.platowood.nl>

<http://www.retifie.com/woodtreatment.htm>

<http://www.stellac.fi/english/index.htm>

<http://www.storaenso.com>

<http://www.vtt.fi>

Weitere Internetadressen von Händlern und relevanten Forschungsinstituten finden sich in der Adressenliste im Anhang

Anhang

Bezugs- und Informationsquellen für hitzevergütetes Holz

Adressenlisten

Anhang 1 Hersteller von hitzevergütetem Holz (international)

Finnland

12.1.1.1 Finnforest Corporation Oyj
Ekosampo Oy
FI-58200 Kerimäki
12.1.2 Tel.: 00358 (0)155111150
Fax: 00358 (0)155111151
internet: www.finnforest.com

Finnforest Oyj
Revontulentie 8 C
P.O. Box 50
FI-02020 Metsä
Tel.: 00358 (0)104605
Fax: 00358 (0)104694863
internet: www.finnforest.com

Finnforest Ikipuu Oy
Kaivoksentie 22
FI-82200 Hammaslahti
Tel.: 00358 (0)104675699
Fax: 00358 (0)104675680
internet: www.finnforest.com

Heinolan Ruskopuu Oy
Marjoniementie 184
FI-18300 Heinola
Tel.: 00358 (0)37156530
Fax.: 00358 (0)37144023
internet: www.ekoaspen.com

Laukaan Kuivaamo Oy
Kankaanpääntie 1
FI-41350 Laukaa as
Tel.: 00358 (0)14831755
Fax: 00358 (0)14831756
internet: www.laukaankuivaamo.fi

Oy Brown Wood Ltd
Vampulantie 117
FI-32610 Vampula
Tel.: 00358 (0)27674780
Fax: 00358 (0)27674512

Oy Lunawood Ltd
Asemantie 52
FI-74170 Soinlahti
Tel.: 00358 (0)177700222
Fax: 00358 (0)177700230
internet: www.lunawood.fi

Pirkanmaan Lämpöpuu Oy
Lahnajoentie 196
FI-35700 Vilppula
Tel.: 0038 (0)34716350
internet: www.hjt-holz.com

Stellac Oy (ThermoWood und Hitzevergütungsanlagen)
Mr. Lallukka
Hallituskatu 3
FI-50100 MIKKELI
Tel.: 0038 (0)157605600
Fax: 0038 (0)157605656
internet: www.stellac.fi

Stora Enso Timber Oy Ltd (Thermowood und Lizenzen)
Project Manager / Marketing Mr. Duncan Mayes
P.O. Box 39
FI-06101 Porvoo
Tel.: 00358 (0)204621564
Fax: 00358 (0)204621745
internet: www.storaenso.com

Stora Enso Deutschland GmbH
Mr. Olli Männistö
Grosse Bleichen 301
D-20354 Hamburg
Tel.: 0049 (0)40-350990
Fax: 0049 (0)40-35099149

Suomen Lämpöpuu Oy
Horontie 166
FI-64700 Teuva
Tel.: 00358 (0)62672541
Fax: 00358 (0)62672551
Internet: www.suomenlampopuu.com

UPM-Kymmene Puuteollisuus
P.O. Box 239, (Niemenkatu 16)
FI-15141 Lahti
Tel.: 00358 (0)204147011
Fax: 00358 (0)204156232
internet: www.wisa.fi

Niederlande

Plato Wood Products BV
Industrie Park Kleefse Waard
Westervoortstedijk 73
Postbus 2159
NL-6802 CD Arnhem
Tel.: 0031 (0)263664666
Fax: 0031 (0)263661553
e-mail: info@platowood.nl
internet: www.platowood.nl

Österreich

Mafi Holzverarbeitungs GmbH
Herr Dipl. Ing Huber
A-5212 Schneegattern 7
Tel.: 0043 (0)774-627110
Fax: 0043 (0)774-63747

Menz Holz
Frau Menz
Waldmühlenweg 11
D-36115 Eherenberg Reulbach
Tel.: 0049 (0)6681-96010
Fax: 0049 (0)6681-96050
e-mail: Menzholz@t-online

Frankreich

H.T.T. Traitement Thermique
M. Régis Thomas
8 avenue Azur
F-40140 SOUSTONS - FRANCE
Tel.: 0033 (0)558414160
Fax: 0033 (0)558414161

RETIBOIS

M. Thierry NOAILLES
Z.I. GALINAY
F-42230 Roche-la-Moliere
Tel.: 0033 (0)477900368
Fax: 0033 (0)477903035

Anhang 2 Hersteller von Hitzevergütungsanlagen

Finnland

Passimo Oy
Pyytie 9
FI-62900 ALAJÄRVI
Tel.: 00358 (0)65577445
Fax: 00358 (0)65577450
internet: www.passimo.com

Stellac Oy
Hallituskatu 3
FI-50100 MIKKELI
Tel.: 0038 (0)157605600
Fax: 0038 (0)157605656
internet: www.stellac.fi

(ThermoWood und Hitzevergütungsanlagen)

Tekmawood Oy
PL 14, (Svinhufvudinkatu 19)
FI-15101 LAHTI
Tel.: 00358 (0)3816330
Fax: 00358 (0)38163310
internet: www.tekmawood.fi

Valutec Oy
PL 43, (Pitkämäenkatu 11 A)
FI-20251 TURKU
Tel.: 00358 (0)22116600
Fax: 00358 (0)22401332
internet: www.valutec.fi

Frankreich

Fours & Brûleurs REY
19, rue du Vercors - Z.I. La Chauvetière
F-42100 SAINT-ETIENNE
Tel.: 0033 (0)47784555
Fax: 0033 (0)477807729

NOW S.A. (New Option Wood)
Rue du Moulin de Paban
F-17100 SAINTES-FRANCE
Tel.: 0033 (0)546740373
Fax: 0033 (0)546740689

Anhang 3 Weiterverarbeiter in Deutschland u. Frankreich

Finnforest Deutschland GmbH (Thermowood)
Herr Thomas Hayn
Louis-Krages-Str. 30
D-28237 Bremen
Tel.: 0049 (0)421-69110
Fax: 0049 (0)421-6911100
e-mail: germany@finnforest.com
internet: www.finnforest.de

Dreyer & Hillmann GmbH & Co. (ThermoWood)
Hobelwerk
Beim Industriehafen 57
D-28237 Bremen
Tel.: 0049 (0)421-643070
Fax: 0049 (0)421-640899

Drüsedau & Müller GmbH & Co. KG
Bahnhof Densberg
D-34632 Jesberg-Densberg
Tel.: 0049 (0)6695-96060
Fax: 0049 (0)6695-960622
e-Mail: info@druesedau.de

Bruns + Co. Holzverwertungs-GmbH (Thermowood, Import und
Holzimport – Hobelwerk Weiterverarbeitung zu Hobeldielen für
Holzufer 6 den Innenbereich sowie Fassaden,
D-45478 Muelheim a.d. Ruhr Gartenterrassen, etc.)
Tel.: 0049 (0)208–58974
Fax: 0049 (0)208–72212
e-mail: brunsholz@aol.com

Holzwerk Häussermann GmbH & Co. KG ThermoWood (Import und Weiterver-
Ittenberger Str. 23 arbeitung zu Hobeldielen für
D-71560 Sulzbach/Murr den Innenbereich sowie Fassaden,
Tel.: 0049 (0)7193-540 Gartenterrassen, etc.)
Fax: 0049 (0)71 93-5439 (Verwaltung)
Email: wkogler@haeussermann.de

PINUS Holzimport GmbH Karlsruhe KG
Industriehobelwerk, Schnittholz, Import
Karlsruhe KG
Südliche Uferstraße 3
D-76189 Karlsruhe
Tel.: 0049 (0)721-95950
Fax: 0049 (0)721-9595100
e-Mail: PinusKA@aol.com

MOCO J.A. Molfenter GmbH & Co.
Holzimport, Säge- und Hobelwerke
Blaubeurer Straße 82
D-89077 Ulm
Tel.: 0049 (0)731-1650
Fax: 0049 (0)731-165215

Frankreich

La Boutique du meuble de l'artisan (Schreinerei)

12.1.3 Nicolas Pugin SA
Avry-Bourg 14
CH-1754 Avry-sur-Matran
Tel.: 0041 (0)264701087
Fax: 0041 (0)264702935
e-mail: n.pugin@bluewin.ch

pic-bois (Holzpfähle und Schilder)

12.1.4 Le Boissard
12.1.5 F-73520 Saint Béron
Tel.: 0033 (0)476312300
Fax: 0033 (0)476312304

Dumoulin-Bois

315, avenue du Général de Gaulle
F-94500 Champigny-sur-Marne
Tel.: 0033 (0)147061472
Fax : 0033 (0)148818272
e-mail: frederic@dumoulin-bois.fr
e-mail:: louis@dumoulin-bois.fr
internet: www.dumoulin-bois.fr

Anhang 4 Wissenschaftliche Forschungsinstitute und Verbände

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft

Herr Dr. H. Leithoff, Herr Dr. A. O. Rapp

Leuschnerstr. 91

D-21031 Hamburg

Tel.: 0049 (0)40-739620

e-mail: leithoff@holz.uni-hamburg.de

e-mail: arapp@holz.uni-hamburg.de

internet: www.bfafh.de

Ecole Nationale Supérieure des Mines Sainte-Etienne

Centre Sciences des Processus Industriels et Naturels (SPIN)

158, Cours Fauriel

F-42023 Saint-Etienne Cedex 2

Tel.: 0033 (0)477420123

internet: www.emse.fr > SPIN >Départements scientifiques > PC2M > Rétification

Georg-August-Universität Göttingen

Institut für Holzbiologie & Holztechnologie

Herr Prof. H. Militz

Büsgenweg 4

D-37077 Göttingen

Tel.: 0049 (0)551-393541

Fax: 0049 (0)551-393543

e-Mail: bjunge1@gwdg.de

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)

Abteilung Holz

Herr: J. Sell

CH-8600 Dübendorf

Tel.: 0041 (0)18234115

Fax: 0041 (0)18234007

Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich

Rämistrasse 101

CH-8006 Zürich

internet: www.ethz.ch

Fachhochschule Eberswalde

Frau Prof. Dr. Unger

A.-Möller-Str. 1

D-16225 Eberswalde

Tel.: 0049 (0)3334-657133/134

Fax: 0049 (0)3334-657136

Finnish Thermowood Association
C/o Wood Focus Oy
P.O. Box 284 (Snellmaninkatu 12)
FI-00171 Helsinki
Tel.: 00358 (0)968654522
Fax: 00358 (0)968654530

Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)
Herr Dr. D. Lukowsky
D-38108 Braunschweig
Tel.: 0049 (0)531-21550
Fax: 0049 (0)531-351587
e-Mail: info@wki.fhg.de
internet: www.wki.fhg.de

Institut f. Holztechnologie Dresden (IHD) GmbH
Frau Dr. Fuchs
Zellescher Weg 24
D-01217 Dresden
Tel.: 0049 (0)351-4662282
e-Mail: fuchs@ihd-dresden.de

Prüfinstitut für Bauelemente (PIB) GmbH
Zweibrücker Straße 217
D-66954 Pirmasens
Tel.: 0049 (0)6331-226179
Fax: 0049 (0)6331-226144

TU Dresden
Institut für Forstnutzung u. Forsttechnik
Herr Prof. Dr. Dr. habil. C.T. Bues
PF 1117
D-01735 Tharandt
Tel.: 0049 (0)35203-3831315
Fax: 0049 (0)35203-3831396

TU Dresden
Institut für Holz- u. Papiertechnik
Professur für Holz- u. Faserwerkstofftechnik
Herr Prof. Dr.-Ing. A. Wagenführ
Mommsenstr. 13
D-01063 Dresden
Tel.: 0049 (0)351 4638100

ff

Universität Bodenkultur
Institut für Holzforschung
Gregor Mendel Str. 33
Frau Dr. Patzelt
A-1180 Wien
Tel.: 0043 (0)147654-4250
Fax: 0043 (0)147654-4295

VTT - Technical Research Centre of Finland
Vuorimiehentie 5
P.O. Box 1000
FI-02044 Espoo
Tel.: 00358 (0)94561
Fax: 00358 (0)94567000
e-mail: kirjaamo@vtt.fi
internet: www.vtt.fi

Anhang 5 Fragebogen für Vertriebsunternehmen

s. nächste Seite