

Belegarbeit im Lehrfach
Integrierter Holzschutz
Prof. Dr. W. Unger

Furfurylierung von Holz



vorgelegt von:
Jonathan M. Weinert

Kurzreferat / Bibliografische Angaben

Weinert, Jonathan Matthias: Furfurylierung von Holz, Sommersemester 2013

S.:20; 8 Bilder

Eberswalde, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung

Integrierter Holzschutz (Prof. Unger)

Belegarbeit

Diese Arbeit stellt eine kurze Beschreibung der geschichtlichen Entwicklung, der technischen Anwendung sowie der Wirkungsweise der Furfurylierung, eines Verfahrens der chemischen Modifizierung von Holz dar.

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Allgemeines	5
2.1	Holzmodifikation	5
2.2	Furfurylierung	8
3	Prozess der Furfurylierung	11
4	Eigenschaften des furfurylierten Holzes	13
5	Schlussbetrachtung	18
Anhang		20
A	Literaturverzeichnis	20
B	Verzeichnis der Bilder	20

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, über die Furfurylierung von Holz zu informieren. Dieses Verfahren zur Modifizierung von Hölzern ist bislang bei uns wenig bekannt, in Nordeuropa jedoch weiter verbreitet. Deutschsprachige Literatur dazu gibt es leider nur wenig und wenn, dann nur sehr oberflächliche Abhandlungen, meist im Rahmen von Darstellungen des gesamten Spektrums von Möglichkeiten zur Holzmodifikation. Das soll sich hiermit ändern – dieser Ausarbeitung liegen keine eigenen Experimente oder Forschungsprojekte zugrunde, sie ist das Ergebnis einer Recherchetätigkeit in verschiedenen deutsch- und englischsprachigen Quellen, der Anspruch ist, aus vielen Puzzleteilen ein Gesamtbild zusammenzufügen, einen Text, der dem deutschsprachigen Leser einen Überblick über diese Technologie verschafft.

2 Allgemeines

2.1 Holzmodifikation

Da Holz als natürlich gewachsener Rohstoff für viele Anwendungen keine optimalen Eigenschaften hat, versuchten die Menschen schon lange, seine Eigenschaften so zu verändern, sodass es für sie besser nutzbar wird – zum Beispiel das Ankohlen von Pfählen, um Fäulnis zu vermeiden, oder die Tränkung mit Holzschutzmitteln

Ganz neue Entwicklungen traten aber im vergangenen Jahrhundert zu Tage. Seit den 50er Jahren haben sich eine Reihe von Verfahren zur „Modifizierung von Holz“ entwickelt und in den vergangenen Jahren immer mehr etabliert. Das Ziel dieser Verfahren ist die Verbesserung der Holzeigenschaften – in erster Linie Dauerhaftigkeit und Dimensionsstabilität. Die neuen Verfahren stellen eine wichtige Ergänzung zum chemischen Holzschutz dar, da heute der Umwelt- und Gesundheitsschutz eine größere Rolle spielt als in früheren Zeiten [1].

Prof. Callum A.S. Hill schrieb 2006:

„Wood modification represents a process that is used to improve the material properties of wood, but produces a material that be disposed of at the end of a product cycle without presenting an environmental hazard any greater than that associated with the disposal of unmodified wood.“

Damit definiert er Holzmodifikation als einen Prozess, bei welchem die Materialeigenschaften des Holzes verbessert werden, ohne dass zusätzliche negative Auswirkungen auf die Umwelt auftreten [2].

Die Modifizierungsmaßnahmen verändern die chemische Struktur des Holzes, sodass Pilze und Insekten sie schlechter besiedeln können, wobei in vielen Fällen die Ausgleichsfeuchten im Vergleich zu unbehandeltem Holz verringert sind. Inzwischen sind

die Verfahren sehr vielfältig geworden, so dass schon fünf verschiedene übergeordnete Wirkprinzipien zu unterscheiden sind [3]:

Einbringen von Stoffen in die Lumen der Holzzellen

Eine Möglichkeit: Tränken mit „Hydrophobierungsmitteln“, also Substanzen, durch welche das Holz Wasserabweisend wird.

Andere Möglichkeit: Füllen der Lumen mit Kunststoffen, wodurch Wood-Plastic-Composites (WPC) entstehen [3].

Zellwandquellung durch polare Moleküle

Viele polare Moleküle sind in der Lage in die Zellwandsubstanz einzudringen (dazu dürfen sie nicht zu groß sein) und können eine Quellung derselben verursachen, welche auch nach dem Trocknen bestehen bleibt. Die Teilchen werden dabei nicht über Atombindungen, sondern durch physikalische Wechselwirkungen (z.B. Van-der-Waals- oder Wasserstoffbrückenbindungen) an das Zellwandmaterial angelagert [3].

Reaktionen mit den funktionellen Gruppen

Die Substanzen der Zellwandmatrix verfügen über viele funktionelle Gruppen – in erster Linie Hydroxylgruppen. An diesen Punkten können Chemikalien mit ihren reaktiven Gruppen andocken, sodass die Hydroxylgruppen, die für die Einlagerung von Wasser in die Zellwand eine wichtige Rolle spielen, blockiert bzw. durch andere Gruppen ersetzt werden. Dadurch verringert sich die Feuchtigkeitsaufnahme und in der Folge stellen sich niedrigere Ausgleichsfeuchten ein und die Dimensionsstabilität wird verbessert – d.h. dass das Quell-und-Schwindverhalten sich reduziert. Dies wird außerdem dadurch verstärkt, dass die eingelagerten Gruppen auch Platz ausfüllen, so, wie eingelagertes Wasser ja auch – dadurch entsteht eine Art dauerhafte Quellung, welche auch bei starker Trocknung nicht verschwindet („Bulking“-Effekt) [3].

Vernetzung der Zellwandpolymere

Auch hier treten eingebrachte Chemikalien in Verbindung mit den funktionellen Gruppen der Zellwandsubstanzen. Allerdings werden diese nicht nur blockiert, sondern

untereinander vernetzt, teilweise findet so auch eine Vernetzung der unterschiedlichen Polymere (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) statt. Voraussetzung hierfür ist, dass die Moleküle der verwendeten Chemikalie in der Lage sind, sich mit mindestens zwei funktionellen Gruppen zugleich zu verbinden [3].

Depolymerisation / Oxidation

Damit sind Prozesse gemeint, bei welchen bestimmte Polymere abgebaut werden (z.B. die Hemicellulosen bei der Thermobehandlung), wodurch potentiellen Schädlingen eine Nahrungsgrundlage entzogen wird. Gleichzeitig wird auch die Wasseraufnahmefähigkeit gesenkt, wenn amorphe Polymere aus der Holzsubstanz entfernt werden.

Ein anderer Ansatz ist die Oxidation des Holzes, wodurch den Enzymen der Pilze ein Angreifen erschwert wird [3].

Betrachtet man verschiedene Technologien bzw. Verfahren, fällt aber schnell auf, dass häufig sowohl das eine, als auch das andere Wirkprinzip zur Anwendung kommt.

2.2 Furfurylierung

Die Furfurylierung (auch Kebonierung) ist ein Modifizierungsverfahren, welches hauptsächlich nach dem im vorigen Abschnitt zweitgenannten Verfahren funktioniert. Dabei wird Furfurylalkohol angewendet, welcher aus Abfallprodukten gewonnen werden kann [3].



Abbildung 1: Bagasse;

Am häufigsten wird Bagasse, ein Abfallprodukt aus der Zuckerrohrverarbeitung verwendet [4]. Dabei handelt es sich um fasrige Reste, welche anfallen, wenn Zuckerrohr ausgepresst wird. Dieser Überrest fällt massenhaft an: Pro gewonnene Tonne Zucker aus Zuckerrohr entstehen ca. 340 kg Bagasse – im Jahr 1995 waren das weltweit zwischen 60 und 70 Millionen Tonnen. Ein großer Anteil davon wird energetisch genutzt – oft gleich zum Betrieb der Zuckerfabrik. Weiterhin kann es auch an Vieh verfüttert werden, aber auch in der Zellstoffchemie und zur Gewinnung von Chemikalien, wie eben Furfural (was dann zu Furfurylalkohol weiterverarbeitet werden kann). Auch bei der Verarbeitung von Sorghumhirse fällt Bagasse an [5].

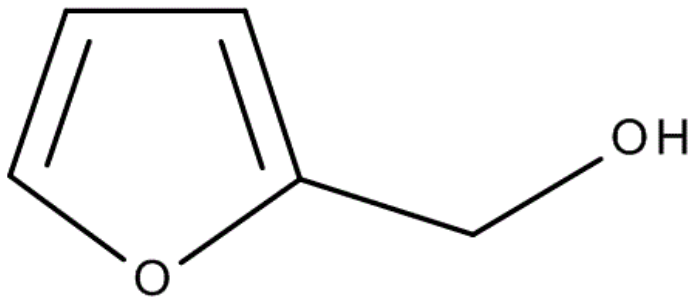


Abbildung 2: Furfurylalkohol

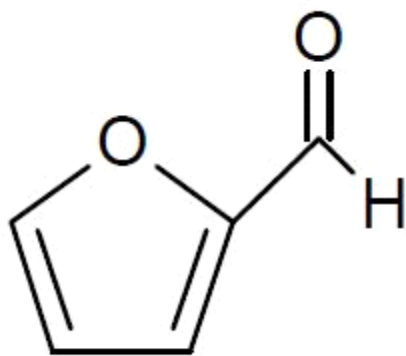


Abbildung 3: Furfural

Die Anfänge der Holzfurfurylierung liegen in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts, als die Wissenschaftler Goldstein und Dreher sowie Alfred J. Stamm erste Forschungen dazu tätigten, was zur Entstehung einer industriellen Nutzung der Technologie in den 60er und 70er Jahren führte. In den 80er Jahren war eine Forschungsgruppe um den Kanadier Prof. Marc Schneider mit der Weiterentwicklung beschäftigt, woraufhin die ebenfalls kanadische Firma Woodtech Inc. die Technologie lizenzierte. Seit 1997 besteht eine Zusammenarbeit mit der norwegischen Wood Polymer Technologies (WPT) ASA. Dadurch kam es, dass eine Testanlage in Høylandet, Norwegen, errichtet wurde. Auch Forschungsgruppen in Schweden (in Trätek und der

Universität Chalmers) beschäftigten sich etwa zeitgleich, wie Schneider et al. mit der Furfurylierung – die Ergebnisse der verschiedenen Gruppen wurden nachträglich vereinigt[2]. Heute wird furfuryliertes Holz von WPT hergestellt und von der Firma Kebony vermarktet (daher sicherlich auch das Synonym „Kebonierung“), welche in ihrem Produkt eine ökologische Alternative sowohl zu Tropenhölzern als auch zu HSM-behandeltem Holz sieht[2, 6].

Produktionsstätten finden sich in Litauen (mit einer Produktion von 500m³ p.a.) und Norwegen (mit einer Produktion von 5000m³ p.a.), weitere sind in Planung(vielleicht inzwischen schon in Betrieb). Hergestellt werden verschiedene Produkttypen[4]:

Kebony 100

Das High-End-Produkt mit der höchsten Gewichtszunahme (Weight Percentage Gain) und offenbar den besten Eigenschaften. Es ist extrem dunkel gefärbt, daher für manche Anwendungen nicht brauchbar[4].

Kebony 30-40

Diese Sortimente sind weniger stark behandelt, sollen aber trotzdem mit Tropenhölzern vergleichbare Eigenschaften haben[4].

Visorwood

Visorwood ist am schwächsten behandelt und damit die preisgünstige Variante. Aber auch hier ist die Widerstandsfähigkeit gegen Fäule erhöht, es soll sogar im Salzwasser verwendet werden können. Nachteilig ist, dass die Behandlung zu schwach ist, um das Kernholz zu durchdringen[4].

Verwendung findet furfuryliertes Holz im Bereich des Garten- und Spielplatzbaus, bei Bodenbelägen und Fassaden, als Dacheindeckung aber auch im Kontakt mit Erdboden (Eisenbahnschwellen [3]) und Salzwasser: im Schiffsbau und im Wasserbau am Meer [4, 7].

In Deutschland ist diese Holzmodifikation noch wenig verbreitet. Nur ein Händler, die Gratenau Holz GmbH, ist Vertriebspartner von Kebony [7, 8].

3 Prozess der Furfurylierung

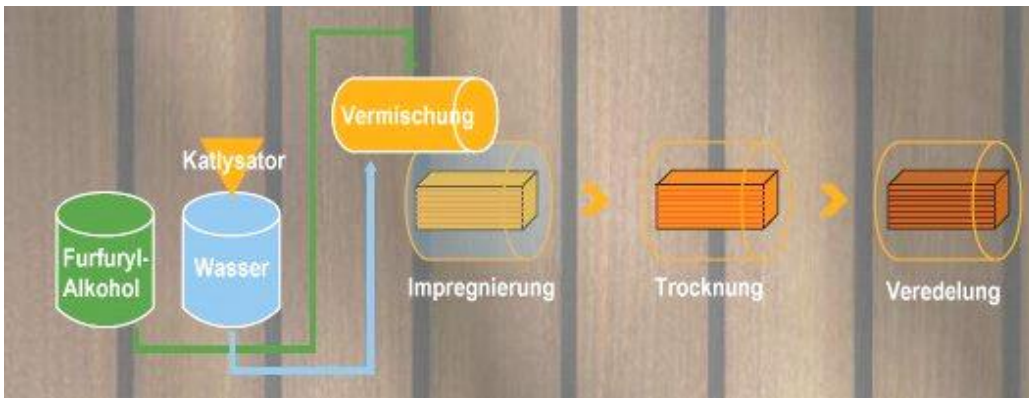


Abbildung 4: Prozessschema zur Furfurylierung von Holz

Die Furfurylierung läuft in drei Schritten ab: Erstens wird das Holz mit einer Lösung aus Furfurylalkohol, Wasser und Katalysatoren getränkt [4], wegen seiner Polarität kann der Furfurylalkohol gut in die Holzzellwände eindringen [3], zweitens erfolgt ein Wärmebehandlungs- bzw. Trocknungsprozess bei i.d.R. über 100°C, der auch als Curing bezeichnet wird (in dieser Phase reagiert der Furfurylalkohol), drittens wird das Holz nachgetrocknet [4]. Die obige Abbildung ist in der Darstellung des zweiten und dritten Schrittes etwas missverständlich, ansonsten aber sehr anschaulich. Ein Teil der verwendeten Lösung kann während des Curings über einen Abscheider zurückgewonnen werden [2]. Nach Dr. Westin aus Trätek polymerisiert der Furfurylalkohol auf verschiedene Weise im Holz aus [4]:

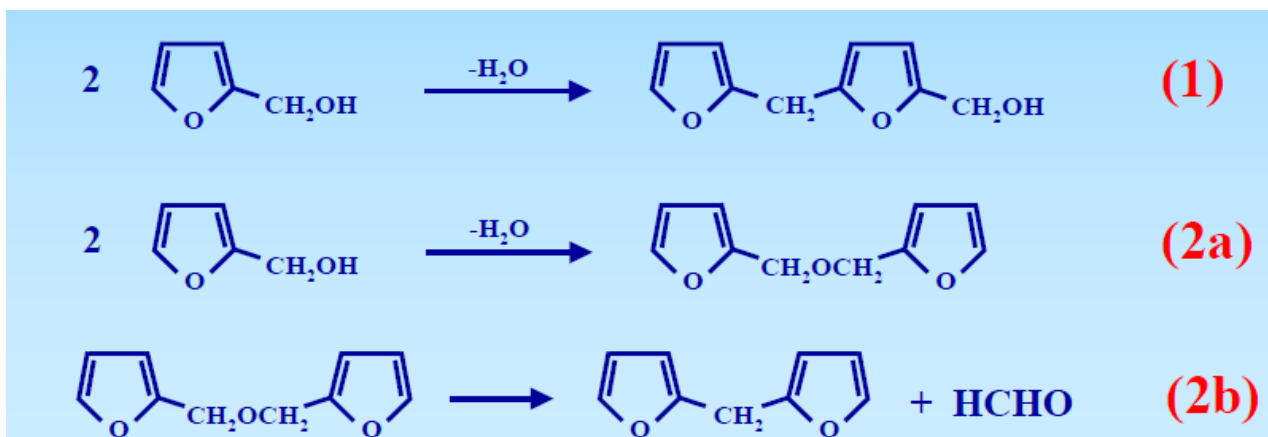


Abbildung 5: Polymerisationsreaktionen des Furfurylalkohols (aus [4])

Laut Prof. C.A.S. Hill dominiert die erste Möglichkeit, da diese Verbindung stabiler ist (die Etherbrücken sind weniger stabil). Aus dem selben Grund, so wird vermutet, werden Polymere, die nach der Gleichung 2a gebildet werden, auch oft nach der Gleichung 2b teilweise abgebaut. Aus diesen Grundbausteinen könnten komplexere, dreidimensionale Strukturen zusammengesetzt werden, außerdem wird eine Verbindung mit dem Lignin vermutet. Gesichert ist dies jedoch nicht [2].

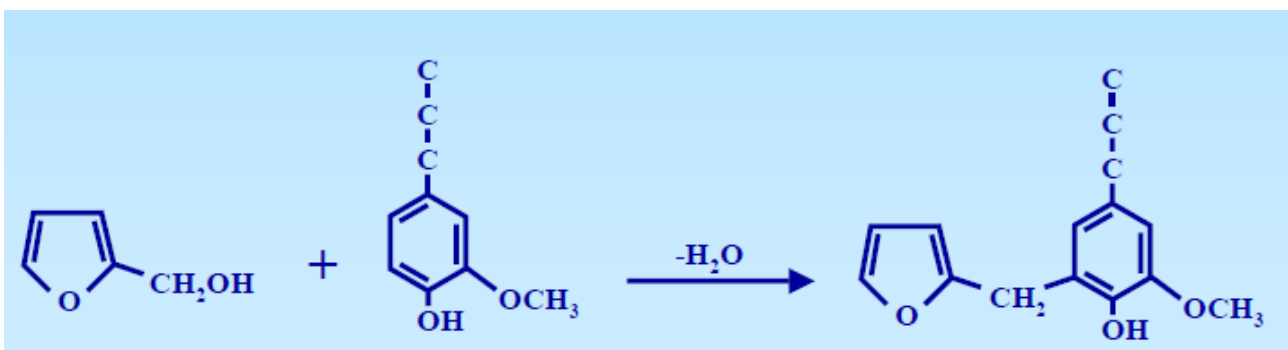


Abbildung 6: Mögliche Reaktion des Furfurylalkohols mit Coniferylalkohol, einem Ligninbestandteil, auch aus [4]

Damit die Polymerisation bei halbwegs niedrigen Temperaturen ablaufen kann, werden Katalysatoren benötigt, wozu verschiedene Substanzen geeignet sind. Zu Beginn der Entwicklung wurde vor allem Zinkchlorid (ZnCl_2) verwendet, was aber problematisch war, da die Materialeigenschaften, speziell die Härte und die Farbe, über den Holzquerschnitt verteilt nicht gleichmäßig waren. Prof. Marc Schneider und sein Team entwickelten einen Prozess, bei welchem das Holz zuerst mit dem Katalysator und erst anschließend mit Furfurylalkohol getränkt wurde [2].

Inzwischen werden Carbonsäuren (z.B. Zitronen- und Ameisensäure) sowie zyklische Anhydride verwendet [2, 4].

Um die Dauerhaftigkeit stärker zu verbessern, kann das Holz vor der Furfurylierung mit Borsäure vorimprägniert werden [2].

4 Eigenschaften des furfurylierten Holzes

Auf der deutschen Homepage wirbt Kebony sehr euphorisch – das Produkt sei umweltfreundlich, giftfrei und nachhaltig, ästhetisch, pflegeleicht und druckfest, hat eine lange Lebensdauer, sei widerstandsfähig und dimensionsstabil. Außerdem sei die Gesamtkonomie gut[9]. Abgesehen davon, dass diese Eigenschaften teilweise stark ineinander übergehen bzw. sich bedingen (wäre Kebony nicht widerstandsfähig, könnte es auch nicht langlebig sein) oder von persönlichen Geschmäckern abhängig sind (Ästhetik), sollten sie hinterfragt werden. Dies soll im folgenden getan werden – anhand der Werbebegriffe.

Umweltfreundlich, giftfrei und nachhaltig

Der Prozess der Furfurylierung an sich ist tatsächlich erst einmal vergleichsweise umweltfreundlich. Dr. Westin und Stig Lande (von der Firma WPT) haben 2004 umfangreiche Untersuchungen zu den Umwelteinflüssen des furfurylierten Holzes durchgeführt [2]. Dazu wurde ein Vergleich mit CCA-imprägnierten Holz angestellt, welcher das Ergebnis hatte, dass die negativen Umwelteinflüsse während der Herstellung und Lebensdauer aus der Furfurylierung wesentlich geringer sind als jene aus der CCA-Behandlung [4]. Die gasförmigen Emissionen aus furfuryliertem Holz sind sehr gering, das Schadstoffaufkommen bei der Verbrennung sogar geringer als bei nativem Holz [2].

Die Rohstoffe sind sehr vorteilhaft, da es sich bei Holz und, wenn organische Substanzen verwendet werden, auch bei den Katalysatoren um erneuerbare Ressourcen, beim Furfurylalkohol sogar um ein aufbereitetes landwirtschaftliches Abfallprodukt handelt. Von daher ist die Technologie auch nachhaltig.

Solange nicht mit Borsäure vorimprägniert wird, ist auch davon auszugehen, dass das Produkt weitgehend giftfrei ist. Von der Toxizität ist furfuryliertes Holz sogar vorteilhafter als unbehandeltes Kiefernholz [2]. Absolut kann das allerdings nicht gesagt werden, da es der Gesundheit sicher nicht zuträglich wäre, furfuryliertes Holz zu verzehren, allein schon wegen Resten an freiem Furfurylalkohol sowie Katalysatoren – denn bekanntlich ist ja jede Substanz in entsprechender Menge ein Gift.

Ästhetisch

Was der Einzelne als ästhetisch empfindet, kann bekanntlich sehr verschieden sein. Also ist es unmöglich, absolut festzulegen, ob furfuryliertes Holz ästhetisch ist. Aber auf jeden Fall hat es ein charakteristisches Aussehen – durch die Behandlung dunkelt das Holz je nach Behandlungsstärke mehr oder weniger stark nach – bei stärkster Behandlung wird es schwarz. Daher ist es für bestimmte Anwendungen, in welchen diese dunkle Färbung erwünscht ist, sehr gut anwendbar und kann mitunter Tropenholz ersetzen[2].

Andererseits ist gerade eine zu dunkle Färbung in vielen Bereichen unerwünscht und schließt die Verwendung von stark behandeltem Holz (z.B. Kebony 100) aus[4].

Pflegeleicht

Es wird postuliert, dass furfuryliertes Holz auch im Außenbereich 30 Jahre lang wartungsfrei ist und lediglich gereinigt werden muss[7]. Inwiefern dies wirklich so ist, kann selbstverständlich erst mit Sicherheit gesagt werden, wenn das Material lange genug auf dem Markt ist. Vielfältige Anwendung auch unter widrigen Umweltbedingungen[4, 7] sowie Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit sprechen allerdings dafür.

Druckfest

Laut Dr. Matts Westin kann durch die Furfurylierung von Holz eine Erhöhung der Härte um 12 Einheiten nach Brinell erreicht werden[4].

Die Kiefer hat natürlicherweise eine Brinellhärte von 19, Buche eine Brinellhärte von 34, ab 37 HB (HB = Härte nach Brinell) würde ein Holz als „sehr hart“ bezeichnet werden, ab 43 HB als „extrem hart“. In Räumen, wie Wohnzimmern oder Küchen, welche viel genutzt werden (analog sicher auch Geschäftsräume), sollte der Bodenbelag eine Härte von 38 HB nicht unterschreiten[10].

Eine Verbesserung der Härte um 12 HB wäre für die Kiefer immerhin eine Verbesserung um mehr als die Hälfte des Ausgangswertes auf 31 HB. Im Falle der Buche würde schon eine leichte Verbesserung von 4 HB die Eignung für Fußböden in stark genutzten Räumen bedeuten, eine Erhöhung um 12 HB auf 46 HB würde die Einstufung in die Spitzenkategorie „extrem hart“ bringen.

Anders sieht es jedoch mit der Elastizität des Materials aus. Sie erhöht sich durch die

Furfurylierung[2], was bedeutet, dass sich ein Bauteil aus furfuryliertem Holz bei gleicher Belastung stärker verformt als ein Bauteil aus nativem Holz. Das wiederum stellt einen Nachteil für die Verwendung an tragenden Bauteilen dar.

Lange Lebensdauer, Widerstandsfähigkeit

Die Lebensdauer eines Produktes wird durch die Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen Umgebungseinflüssen beeinflusst. Diese variiert je nach dem entsprechenden Einfluss.

Bei Holz und anderen organischen Materialien ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber biologischer Schädigung von besonderer Bedeutung. Es besteht kein Zweifel daran, dass furfuryliertes Holz im Allgemeinen widerstandsfähiger gegen biotische Einflüsse ist, als unbehandeltes Holz – die Forschungsgruppe um Dr. Matts Westin hat dazu umfangreiche Freilandversuche im schwedischen Simlångsdalen durchgeführt. Dabei wurde bei allen furfurylierten Versuchskörpern ein wesentlich geringerer Materialabbau beobachtet, als bei unbehandelten Proben. Jedoch hängt die Verbesserung der Dauerhaftigkeit stark von der Stärke der Behandlung ab. So wiesen die am stärksten behandelten Proben auch nach acht Jahren keine Fäulnis auf, während schwächer behandelte Sortimente in der Abbaugeschwindigkeit Hölzern ähneln, die mit Kupfer-Präparaten getränkt wurden [4].

Nach C.A.S. Hill ist diese Verbesserung bei Kiefer und Zeder stärker ausgeprägt als bei der Buche. Weiterhin schützt die Furfurylierung stärker gegen Weiß- als gegen Braunfäule [2].

Aber nicht nur gegen Fäule schützt die Behandlung mit Furfurylalkohol, sondern auch gegen tierische Schädlinge wie Termiten[2, 7], Insektenlarven und Meerestiere [7].

Negativ ist jedoch das Verhalten des furfurylierten Holzes gegenüber verschiedenen Arten mechanischer Beanspruchung. So verringert sich sowohl die Abrieb- und die Biegefestigkeit als auch die Zähigkeit, außerdem wird das Holz schlagempfindlicher [2].

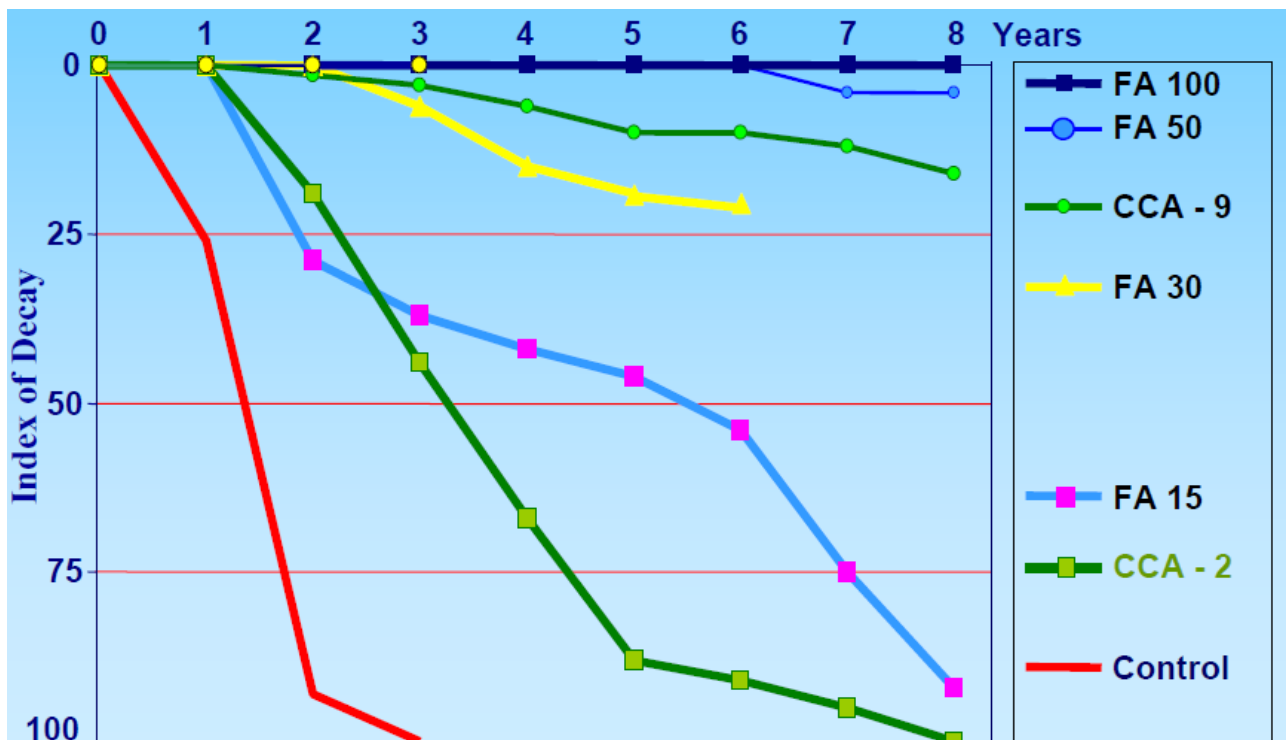


Abbildung 7: Abbauraten verschieden behandelter Hölzer (furfurylierte sowie mit Kupfer-Präparaten behandelte Sortimente) (aus [4/])

Dimensionsstabilität

Die Dimensionsstabilität wird auf jeden Fall verbessert – dem kann klar zugestimmt werden. Schon frühe Versuche (Stamm) zeigten, dass sie bei Behandlungen bis zu einer Gewichtszunahme (Weight Percentage Gain, WPG) von 50% zunimmt. Das Maß der Verbesserung, die Anti-shrink efficiency (ASE, zu deutsch etwa Anti-Schwind-Leistung), beträgt hierbei maximal 70% [2]. Dr. Westin et al. haben sogar ASE-Werte von bis zu 80% beobachtet [4].

Gesamtökonomie

Die Firma Kebony führt an: „Gute Haltbarkeit und lange Lebensdauer in rauem Klima. Es ist nicht nötig Oberflächenschutz o.ä. zum Erhalt der Produkteigenschaften einzusetzen. Die Pflege beschränkt sich auf die normale Reinigung.“(Zitat [9]).

Weiterhin: „Kebony hat einen höheren Preis als toxin-behandeltes Holz. Ist dafür aber auch etwa dreimal so lange haltbar. Die Lebensdauerkosten von Kebony betragen nur

etwa die Hälfte im Vergleich zu Kauf und Pflege von behandelten oder imprägnierten Hölzern. Tropische Hölzer, wie beispielsweise Teak, Mahagoni und andere gefährdete Holzarten sind in der Regel teurer als Kebony.“

Damit bringt das Unternehmen eingängige Argumente, die wahrscheinlich unmöglich widerlegt werden können. Über konkrete Preise bleibt Kebony jedoch verdeckt. Geschickt ist auch, dass als Konkurrenzprodukt lediglich HSM-behandelte Hölzer genannt werden und nicht diverse andere Holzmodifikationen. Von einer „guten Gesamtökonomie“ zu sprechen, ist immer relativ – es kommt auf den Vergleich und die Anforderungen der Anwendung an.

Kritisch zu betrachten ist, dass es bei einigen Holzarten, z.B. bei der Kiefer, nicht möglich ist, das Holz über den gesamten Querschnitt zu behandeln [7]. So bleibt der Kern unbehandelt. Hier kann natürlich eingewendet werden, dass der Kern ohnehin dauerhafter ist, als der Splint, jedoch ist er keinesfalls völlig geschützt, was ja auch dazu führen kann, dass imprägnierte Hölzer, wenn der Kern nicht mit getränkt ist, von innen her faulen. Analoges ist daher auch beim furfurylierten Holz denkbar.

5 Schlussbetrachtung

Im Großen und Ganzen stellt die Furfurylierung eine interessante und innovative Technologie dar. Einige Eigenschaften des Holzes können signifikant verbessert werden. Jedoch ist auch Kebony kein Wunderholz. Neben einigen Verbesserungen treten auch Verschlechterungen auf, so in der Abrieb- und Biegefestigkeit. Auch die erhöhte Elastizität kann nachteilig sein. Im Bauwesen dürften daher Schwierigkeiten bei der Verwendung von furfurylierten Hölzern entstehen. Weiterhin ist der technologische Aufwand recht groß.

Positiv ist in jedem Fall zu vermerken, dass als Ausgangsprodukte mit Holz und den organischen Katalysatoren erneuerbare Materialien und mit der Bagasse als Rohstoff für die Erzeugung des Furfurylalkohols sogar ein Abfallprodukt verwendet werden. Jedoch sollte nicht außer acht gelassen werden, dass es für die Bagasse erstens weitere sinnvolle Verwendungsmöglichkeiten gibt und sie zweitens an Orten anfällt, welche tausende Kilometer von den norwegischen Anlagen zur Furfurylierung von Holz entfernt sind. Auch wenn der Furfurylalkohol schon dort erzeugt wird, stellt sich die Frage, ob solch ein Transportaufwand für ein Produkt, das mit seiner Nachhaltigkeit wirbt, gerechtfertigt ist.

Für Anwendungen im Innenbereich, wo biotische Schädigungen unwahrscheinlich (aber selbstverständlich nicht unmöglich) sind und sich das hygroskopische Verhalten des Holzes im Rahmen hält (z.B. Möbelbau), ist die Sinnhaftigkeit einer verhältnismäßig aufwendigen Technologie wie der Furfurylierung fraglich. Wenn es lediglich um die Erzeugung besonderer Farbnuancen geht, kann ich aus eigener Erfahrung sagen, dass eine viel einfachere thermische Modifikation dies auch bieten kann.

Im Außenbereich liegen die Vorteile der Furfurylierung in vieler Hinsicht auf der Hand, hier sind allerdings auch andere Produkte, wie Accoya, Thermo- oder Dauerholz mit auf dem Markt.

Ein Alleinstellungsmerkmal des furfurylierten Holzes ist möglicherweise die Verwendbarkeit im Meerwasser – diese wird nach meiner Quellenlage von keiner der vorgenannten Alternativen behauptet [11, 12, 13]

Inwiefern Kebony eine wirkliche Konkurrenz zu anderen Holzmodifikationen darstellen kann, bleibt aus meiner Sicht fraglich, in den meisten Anwendungsfeldern erscheint mir die weitaus unkompliziertere und schon weiter verbreitete thermische Holzmodifizierung praktikabler, für tragende Konstruktionen eignen sich beide nicht[2, 14]. Speziell in Bezug auf die Dauerhaftigkeit im Meerwasser kann ich dem Taschenbuch der Holztechnik nur zustimmen: „Die Imprägnierung mit reinem Furfurylalkohol führt zu hohen Aufnahmemengen um 100% und damit zu hochpreisigen Nischenprodukten.“(Zitat [3]) – bei Sonderanwendungen sehe ich durchaus eine Berechtigung für dieses Modifizierungsverfahren, immerhin ist Kebony auch schon seit einigen Jahren erfolgreich auf dem Markt. In der Masse der Anwendungsfelder für Holzmodifikationen sehe ich andere Technologien an führender Stelle.

Anhang

A Literaturverzeichnis

- /1/ Lohmann, Ulf(Hrsg.): Holzlexikon, DRW-Verlag Leinfelden-Echterdingen 2003
- /2/ Hill, Callum A.S.: Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Process Wiley-Blackwell 2006
- /3/ Wagerführ, André; Scholz, Frieder (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik, Carl Hanser Verlag München 2012
- /4/ <http://www.bfafh.de/inst4/45/ppt/3furfury.pdf>, 20.04.2013
- /5/ <http://de.wikipedia.org/wiki/Bagasse>, 20.04.2013
- /6/ <http://www.kebony.com/de/?c=product&pp=3556>, 22.04.2012
- /7/ Der Zimmermann. Fachzeitschrift für Bildung und Praxis im Holzbau 1/2010
- /8/ <http://www.kebony.com/de/?c=product&cc=453>, 22.04.2012
- /9/ <http://www.kebony.com/de/?c=product&cc=447>, 26.04.2012
- /10/ <http://www.parkett-auktion.com/brinellhaerte-tabelle.html>, 04.05.2013
- /11/ <http://vimeo.com/59722601#t=242>, 08.05.2013
- /12/ <http://www.accoya.com/deutsch/>, 08.05.2013
- /13/ <http://www.firstwood.de/einsatzbereiche/einsatzbereiche.php>, 08.05.2013
- /14/ <http://www.firstwood.de/thermoholz/produkteigenschaften.php>, 08.05.2013

B Verzeichnis der Bilder

- Titelfoto: <http://www.tischlereibehn.de/Bilder/kebony8.jpg>
- Abbildung 1: http://de.academic.ru/pictures/dewiki/51/310px-Bagasse_dsc08999.jpg
- Abbildung 2: <http://structuresearch.merck-chemicals.com/cgi-bin/getStructureImage.pl?owner=MDA&unit=CHEM&product=804015>
- Abbildung 3: <http://www.eyeforspirits.com/wp-content/uploads/2011/04/Furfural.jpg>
- Abbildung 4: <http://www.tischlereibehn.de/Bilder/kebony5.jpg>
- Abbildung 5: aus /4/
- Abbildung 6: aus /4/
- Abbildung 7: aus /4/