



[Laborgespräch VI]

Überraschung für Kenner

Modifiziertes Buchenholz für den Außeneinsatz – Von der Chemie der Zelle bis zum Produkt

„Wir wissen jetzt, dass es funktioniert,“ sagt Susanne Bollmus, „aber wir wissen noch nicht genau, wie und warum.“ Eben dies will die junge Holzwirtin noch erkunden – und mit ihr eine ganze Reihe von Forschern, die sich und ihr wissenschaftliches Streben derzeit der Modifizierung von Buchenholz verschrieben haben. Tauglich für den Einsatz im Freien soll es auf solche Weise werden, langfristig und ohne Belastung der Umwelt.

Dieses Ziel dürfte vor allem die Fachwelt überraschen – all jene, die stets gelernt haben: Buchenholz ist für den Außeneinsatz ungeeignet. Quillt und schwindet es unter dem Einfluss wechselnder Feuchtigkeit doch um rund 20 Prozent und damit weit stärker als die meisten anderen Hölzer, wird zudem von Fäulnispilzen besonders schnell angegriffen. Einzig für Bahnschwellen fand Buchenholz deshalb über lange Zeit Verwendung im Freien – in Teeröl getränkt und damit immun gemacht gegen zerstörerische Organismen. Inzwischen werden die Schwellen der Gleise aus Beton gefertigt, der ohne solch rabiaten Schutz auskommt. Die Einsatzmöglichkeiten für Buchenholz haben sich damit weiter verringert. Zugleich aber wächst der Anteil der Buchen in den heimischen Wäldern stetig, seit naturnahe Mischwälder zu den Favoriten der Forstwirtschaft erhoben wurden.

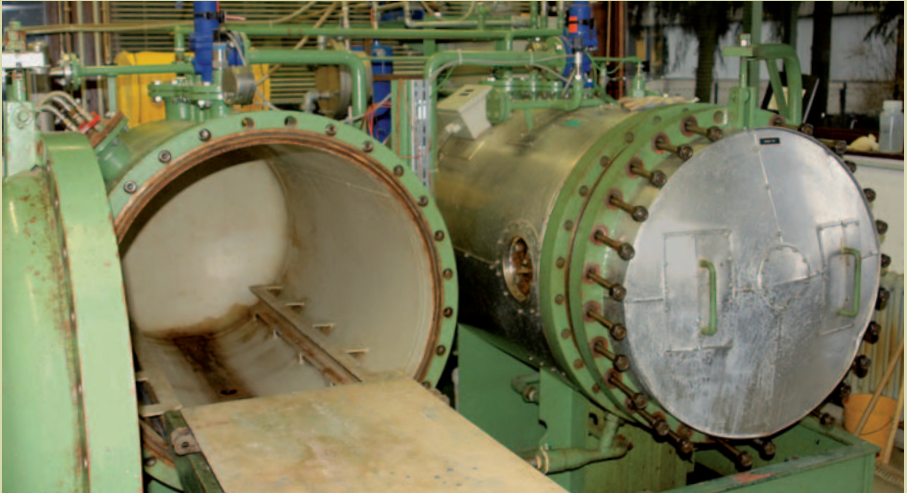
Schon in zwanzig Jahren wird Laubholz statt bislang 38 rund 48 Prozent der Holzernte ausmachen, weiß der Holzkundler Peter Rademacher. Vor diesem Hintergrund koordiniert er den Forschungsverbund „Innovative modifizierte Buchenholzprodukte“, in dem Wissenschaftler der Universität Göttingen neue Wege für die Verwendung von Buchenholz suchen. Begleitet und ergänzt wird ihre Arbeit unter anderem von Wissenschaftlern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, die die tatsächlichen Buchenholzvorräte und ihre Entwicklung erkunden. Wirtschaftswissenschaftler der Universität Mannheim untersuchen derweil die Marktlage, die Erwartungen und Wünsche der Kunden

und alles, was man über Märkte von morgen heute schon in Erfahrung bringen kann. Am Zentrum für Holzwirtschaft der Universität Hamburg werden zudem umfassende Ökobilanzen vom Wachsen des Baumes bis hin zum Recycling der hölzernen Produkte aufgestellt. Schließlich sind auch verschiedene Unternehmen beteiligt, wenn es gilt, die Ergebnisse der Wissenschaft in die Praxis umzusetzen.

Das Herzstück des Forschungsverbundes aber ist die Holzmodifizierung. Sie zählt zu den jüngsten Formen der Bearbeitung eines sehr alten Werkstoffs – und zu den Spezialitäten von Holger Militz, der die Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte der Universität Göttingen leitet. Drei Merkmale, so erläutert er, bestimmen letztlich die Eigenschaften des Werkstoffes Holz und seine Tauglichkeit für verschiedene Zwecke: Seine Dauerhaftigkeit, also die Resistenz gegenüber zersetzenden Pilzen, seine Dimensionsstabilität, also das Ausmaß des Quellens und Schwindens bei wechselnder Feuchtigkeit, und seine Festigkeit. Beim Vergleich verschiedener Hölzer zeigt sich bald, dass die europäischen Holzarten unter allen drei Aspekten eher am unteren Ende der Skala, die Tropenhölzer hingegen in aller Regel an ihrem oberen Ende rangieren. Das erklärt die Beliebtheit tropischer Hölzer – mit all ihren heftig diskutierten Folgen. Es erklärt zugleich, warum europäische Institute bei der Suche nach Technologien, mit denen sich die Eigenschaften von Holz verbessern lassen, weltweit die Führung übernommen haben.

Eine schon länger praktizierte Möglichkeit, zumindest die Dauerhaftigkeit zu verbessern, bieten Holzschutzmittel, mit denen Holz getränkt oder gestrichen wird. Sie haben jedoch einen bedeutsamen Nachteil: Einige der Substanzen, die den holzeretzenden Organismen das Leben schwer machen sollen, belasten auch die Umwelt in beträchtlichem Maße – und keine von ihnen verbessert die anderen Eigenschaften des Holzes. Weltweit sucht man deshalb nach Alternativen. Militz setzte dabei ganz systematisch an: an den Zellwänden des Holzes und ihren Bestandteilen Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Die Zellulosen und Hemizellulosen mit ihren freien Hydroxylgruppen bestimmen maßgeblich das Verhalten des Holzes. An ihnen können sich zum Beispiel Wassermoleküle anlagern, die das Holz quellen lassen – und wieder schwinden oder gar reißen, wenn sie sich bei Trockenheit von diesen Plätzen lösen. An ihnen greifen auch viele der holzerstörenden Pilze mit ihren zersetzenden Substanzen an. Kann man diese Hydroxylgruppen möglicherweise blockieren, so wie es manche Baumarten mit beständigerem Holz offenbar selber tun?

Gezielt suchte Militz nach Stoffen, die mit den Hydroxylgruppen der Zellwände reagieren. Zunächst, so sagt er, ist das reine Chemie. Hinzu kam ein genialer Gedanke: In der Textil-



Rund einen Kubikmeter Holz fasst die semi-industrielle Tränkungsanlage der Göttinger Forstwissenschaftler. Durch den Wechsel von Vakuum und Hochdruck lassen sich Balken von 8x8 Zentimeter ganz durchtränken.

industrie verwendet man zur Veredelung der Fasern eine ganze Reihe von Substanzen, die auch schon auf ihre Umweltverträglichkeit getestet sind, zum Beispiel solche, die Baumwolle bügelfrei, knitterfest und wasserabstoßend machen. Und da Baumwolle letztlich nichts anderes ist als Zellulose... – Die Lösung heißt DMDHEU und steht für „dimethylol dihydroxy ethylene urea“, eine wasserlösliche Substanz, die zugleich sehr begierig mit Hydroxylgruppen reagiert. Erste ermutigende Ergebnisse erzielten die Göttinger Forscher mit Kiefernholz. Das Holz von Fichten hingegen, das sich grundsätzlich kaum tränken lässt, widersteht der Chemikalie selbst unter Druck. Und die Buche?

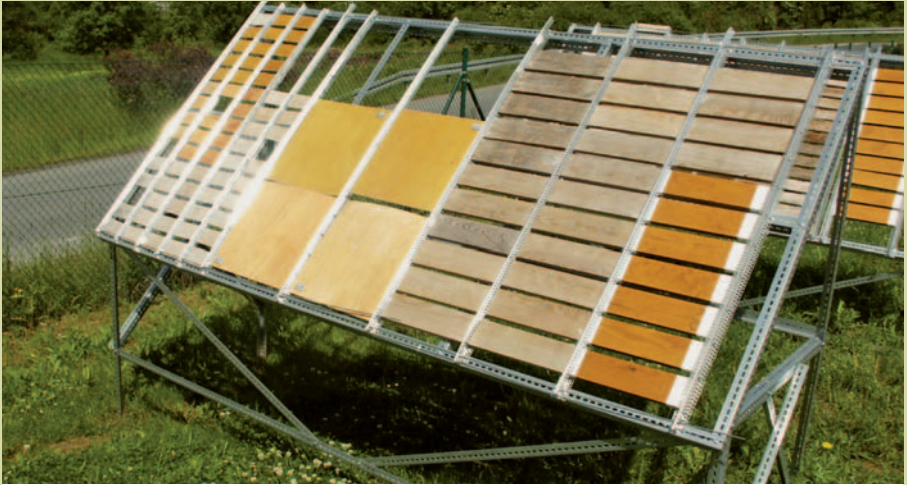
Selbstverständlich ist es keinesfalls, dass ein solches Verfahren sich auf andere Holzarten übertragen lässt. Zu stark unterscheiden sich die Hölzer in ihrer Anatomie und Chemie. So sind lange Reihen von Experimenten und viel Geduld nötig, um herauszufinden, ob und unter welchen Bedingungen die Substanz mit dem komplizierten Namen tatsächlich tief genug in das Holz eindringt. Dem Göttinger Institut stehen dafür Geräte im halbindustriellen Maßstab zur Verfügung, die jenen ähneln, die in der Holzindustrie für das Tränken von Holz verwendet werden. Durch einen Wechsel von Vakuum und Druck, so zeigte sich, kann man DMDHEU wirklich ins Innere von Buchenholz bringen. Mit zusätzlicher Hitze und Magnesiumchlorid als Katalysator lässt sich dann offenbar bewirken, dass sich die Moleküle untereinander oder auch mit der Zellwand vernetzen. Das beschreibt Peter Rademacher



Mit dem neuen Heißdampftrockner wird der zweite Schritt der Modifizierung, die Vernetzung der Moleküle, erreicht. Der Prozess muss exakt gesteuert werden – heiß genug sein für die Reaktion, ohne dass das Holz spröde wird oder reißt.

als das eigentliche Ziel der Behandlung und die Hoffnung der Forscher: Wenn es gelingt, die Hydroxylgruppen der Zellwand dauerhaft zu blockieren und das Holz gleichsam im gequollenen Zustand zu halten, gibt es dort keinen Raum mehr für eindringende Wassermoleküle. Dadurch bleibt das Holz formstabil – und auch holzabbauende Pilze könnten erheblich behindert werden. Bewitterungsversuche, die mit ultraviolettem Licht und Wasserberieselung die Prozesse im Freiland simulieren, zeigen Erfreuliches. Langfristige Tests im Freiland belegen ebenfalls, dass sich das modifizierte Buchenholz tatsächlich deutlich weniger verformt, kaum noch schwindet oder reißt. Dadurch halten sich auch schützende Lacke und Lasuren besser auf seiner Oberfläche.

Für den Angriff der zersetzenden Pilze ist Antje Pfeffer zuständig. Die gelernte Holztechnikerin hat zunächst im Holz- und Bautenschutz gearbeitet, bevor ihr Weg sie zurück in die Wissenschaft führte. Jetzt verfügt sie über ein großes Arsenal an standardisierten Prüfpilzen, die nach den Normen der klassischen Holzschutzmittel unter standardisierten Bedingungen auf behandeltes und unbehandeltes Holz angesetzt werden. Schließlich sollen ja alle Ergebnisse untereinander vergleichbar sein. Und damit die Pilze auch ausreichend vital und angriffslustig sind, dürfen die Kulturen nicht älter als vier Wochen sein, wenn sie mit dem Holz in Berührung kommen. So müssen sie immer wieder verjüngt und neu angesetzt werden. Acht bis sechzehn Wochen dauern die Versuche nach der Norm. Die Prüfungser-



Wind und Wetter, Sonne und Regen ausgesetzt zeigt modifiziertes Buchenholz, was in ihm steckt. Auch im langfristigen Bewitterungsversuch bleibt es erstaunlich gut in Form – im Gegensatz zu den unbehandelten Vergleichsbrettchen.

gebnisse des modifizierten Buchenholzes aber erfreuen dann nicht nur Antje Pfeffers Herz: Durch die Behandlung rückt das Buchenholz von der schlechtesten Dauerhaftigkeitsklasse V auf die Klasse I bis II, steht ebenbürtig neben Teak, Eukalyptus oder Robinie. Das bedeutet ohne Zweifel: Tauglich für den Einsatz im Freien – zumal sich diese Eigenschaft des Holzes selbst in vielen Auswaschungsversuchen nicht mehr ändern lässt.

Jana Gelbrich verfolgt das alles unter dem Mikroskop. Je nachdem, was sie sehen will, benutzt sie Auflicht oder Durchlicht, gefärbte oder ungefärbte Proben. Im Durchlicht etwa beobachtet sie die Aktivitäten holzerstörender Pilze an kleinen Hölzern, die draußen auf dem Versuchsfeld zur Hälfte im Boden steckten. Welche Pilze befallen die Proben? Welche Strukturen bauen sie als erstes ab? Wie sieht es bei behandeltem Holz aus? Wechseln die Pilze möglicherweise gar ihre Strategien? All diesen Fragen geht die diplomierte Forstwirtin an dünnen Schnitten nach. An entsprechend gefärbten Proben kann sie unter dem Mikroskop zudem erkennen, ob sich das DMDHEU im Lumen der Zelle befindet. Und sie merkt beim Herstellen der Schnitte deutlich, dass das Holz durch die Behandlung fester und damit zugleich spröder wird. Man kann es sogar hören, wenn sie beim Schneiden mit dem Mikrotom das Messer ansetzt. Diese Schnitte sind richtig schwierig herzustellen, sagt Jana Gelbrich. Selbst an einem solchen Punkt müsse man erst ein wenig forschen, um herauszufinden, wie man es am besten hinkriegen kann.



Von der Zelle bis zum fertigen Produkt: Unter dem Mikroskop lässt sich an einer gefärbten Probe verfolgen, wo sich das Vernetzungsmittel befindet.

Auch im größeren Maßstab ist die Festigkeit oder Sprödigkeit des modifizierten Holzes ein wichtiger Aspekt. Es ist immer problematisch, wenn man von der Natur optimal gestaltete Zellen verändert, erklärt Peter Rademacher. Man ist deshalb froh, wenn es gelingt, die Elastizität der Zellen etwa beizubehalten. Dazu muss der Vernetzungsprozess sehr behutsam gesteuert werden. Je heißer es geworden ist, umso spröder wird das Holz – und das ist für viele Anwendungen durchaus unerwünscht. Zeichnet sich Buchenholz doch gerade dadurch aus, dass es sich besonders gut formen lässt, ja es ist das Material schlechthin für sogenanntes Formholz, das in der modernen Möbelindustrie vielfältig Verwendung findet.

Das ist die Domäne von Andreas Kobrock. Er ist zuständig für technische Fragen bei der Firma Becker in Brakel, die Formholzteile für Möbelhersteller liefert und zu den Praxispartnern des Forschungsverbundes zählt. Tatsächlich werden hier inzwischen auch erste Produkte aus modifiziertem Buchenformholz hergestellt. Die Schwierigkeiten, sagt Kobrock, stecken dabei wie immer im Detail. Zunächst verlängert sich der Produktionsprozess um einen teuren Schritt, nämlich um das Tränken des Holzes. Dafür hat man inzwischen eigens eine Maschine entwickelt, die auch dies im Durchlaufverfahren erledigen kann. Dass die dünnen Schäl furniere ausreichend Belmadur aufnehmen, wie das DMDHEU mit Handelsnamen heißt, mag nicht besonders kompliziert erscheinen. Zu Unrecht. Tatsächlich erwies es sich als durchaus problematisch, den Prozess so zu steuern, dass der



Eine Stuhlserie für den Garten: Modifiziertes Buchenholz ist dauerhaft wie Teak oder Eukalyptus und besteht alle Proben im Freien.

Gehalt der Chemikalie nicht zu gering, aber auch nicht zu hoch ausfällt. Schwierig gestaltet sich zudem das Trocknen der Schälurniere. Da blickt die Firma zwar auf 70 Jahre Erfahrung zurück – getränkte Furniere aber gab es bislang nicht. Für sie müssen Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Durchlaufgeschwindigkeit und andere Stellgrößen so gesteuert werden, dass die Schichten nicht zu spröde werden und der entscheidende Schritt der Vernetzung erst beim Formen der Teile in der Presse einsetzt. Sonst brechen die modifizierten Furniere wie Glas. All diese technischen Fragen aber lassen sich lösen. Stolz kann Kobrock inzwischen die ersten Formholzstühle für den Garten zeigen.

Vor dem Göttinger Institut stehen außerdem seit gut einem Jahr Picknickbänke aus Buchenholz – und wirken fast wie neu. Kenner der Materie staunen zudem über die Prototypen von Fenstern und Haustüren, die im Eingangsbereich des Instituts aufgestellt sind. Erschien es doch bislang völlig abwegig, solche Produkte aus Buchenholz herzustellen. Kopfschütteln ist denn auch oft noch die spontane Reaktion, wenn die Modelle auf Fachmessen präsentiert werden, berichtet Peter Rademacher.

Während in der Praxis die ersten Produkte entstehen, ist die Wissenschaft durchaus noch mit sehr grundlegenden Fragen beschäftigt. Dockt das DMDHEU tatsächlich an den Hydroxylgruppen der Zellwand an und blockiert sie? Oder vernetzen sich die Moleküle beim

Gesprächspartner Susanne Bollmus, Dr. Peter Rademacher, Prof. Dr. Holger Militz, Antje Pfeffer, Jana Gelbrich, Andreas Kobrock [v. l. n. r.]



Erhitzen nur untereinander, so dass sie den Raum zwischen den Holzfasern füllen und dort gleichsam gefangen sind? Reagieren sie tatsächlich mit Zellulose oder auch mit Hemizellulose und Lignin? Diesen Fragen geht Susanne Bollmus nach und arbeitet dazu mit den chemischen Grundbausteinen des Holzes. Erst wenn man die Wirkungsweise wirklich genau kennt, sagt die engagierte Holzwirtin, kann man abschätzen, ob diese Form der Modifizierung auch für andere Holzarten in Betracht kommt und wie man den Prozess möglicherweise abändern müsste. Die Vorstellung ist schließlich sehr verlockend: Vielleicht brauchen auf solche Weise ertüchtigte heimische Holzarten bald den Vergleich mit Tropenholz nicht mehr zu scheuen – zumal die Eigenschaften tropischen Plantagenholzes bei weitem nicht an die ihrer Artgenossen aus den Urwäldern heranreichen. Es geht indes nicht nur um eine mögliche Alternative zum Tropenholz, es geht auch um eine Alternative zu herkömmlichen Holzschutzmitteln – und zwar mit einem Verfahren, für das man zusätzlich nur einen leistungsfähigen Trockner braucht. Die notwendige Tränkungsanlage haben sehr viele holzverarbeitende Betriebe schließlich schon. Doch selbst wenn das Verfahren sich nicht weiter übertragen lassen sollte, kann Holger Militz mit einer gewissen Befriedigung feststellen: „Wir haben auf diese Weise Buchenholz mit ganz neuen Qualitäten geschaffen – gleichsam Tropenholz aus heimischen Wäldern.“ Der Gewinner ist die Umwelt. In vielfacher Weise.

Impressum ■ **Herausgeber** Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Leipzig – **Ansprechpartner** Andreas Wernitze, MSc. | UFZ, andreas.wernitze@ufz.de – Dr. Peter Rademacher, pradema@gwdg.de, www.buchenholzmodifizierung.de – **Autor/Redaktion** Dr. Caroline Möhring, März 2008 – **Bildnachweise:** S. 3, 4, 6: Dr. Caroline Möhring, S. 5: Y. Xie, S. 7 Fa. Becker, Brakel – **Gestaltung** Metronom | Agentur für Kommunikation und Design GmbH, Leipzig – **Nächstes Laborgespräch** April 2008