

# Entwicklung hydrophobierter Buchenholzkanteln für Bauelemente im Außeneinsatz (Fenster und Türen)

## Development of hydrophobic beech wood scantlings for construction elements in outdoor use (windows and doors)

### Projektleiterin

#### Project leader:

Dr. Christiane Swaboda

### Projektbearbeiter

#### Person in charge:

Rodger Scheffler

### Fördermittelgeber

#### Co-funded by:

BMWK (INNO-KOM)

### Projektpartner

#### Project partners:

Hobum Oleochemicals GmbH

### AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Bauelemente mit Rahmenkonstruktionen aus Holz (wie z. B. Fenster, Außentüren, Fensterläden, Fassadenbekleidungen) sind im Vergleich zu Produkten aus Kunststoff und Aluminium besonders starkem Wettbewerb ausgesetzt. Bei der Verwendung von Holz werden die feuchteabhängigen Eigenschaften (Quellen/Schwinden, Verformung, Rissbildung, biologische Dauerhaftigkeit) als problematisch angesehen. Insbesondere heimische Holzarten sind nicht sehr feuchtigkeitsbeständig oder in nur unzureichender Menge verfügbar. Dem gegenüber dürfen immer weniger feuchtigkeitsbeständige Holzarten (z. B. Tropenhölzer), die sich gut für den Fensterbau eignen, in die europäische Union eingeführt werden, sodass die Vergütung einer heimischen Holzart eine besonders wirtschaftliche Alternative darstellt. Aufgrund des Waldumbaus in Deutschland wird insbesondere das Angebot an Rotbuchenholz in den kommenden Jahren weiter steigen.

Projektziel war daher die Entwicklung eines Vergütungsverfahrens für Rotbuchenholz (unbehandeltes Rotbuchenholz nach DIN EN 350 (2016) nicht dauerhaft) für den Einsatz in maßhaltigen Bauelementen im Fenster- und Türenbau.

### INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

Construction elements with frame structures of wood (such as front doors, shutters, façade cladding) are – compared to products of plastics or aluminium – particularly severely exposed to competition. When using wood, the moisture-dependent characteristics (swelling/shrinkage, deformation, cracking, biological durability) are considered as troublesome. Especially domestic wood species are not very resistant to moisture or they are not available in sufficient quantity. In addition to that, fewer and fewer moisture-resistant wood species (e.g., tropical timber), which are very well suited for window-making, are allowed to be imported into the European Union, which means that upgrading the quality of a domestic wood species represents a particularly economical alternative. Thanks to the restructuring of forests in Germany, the supply of especially European beech or common beech (*Fagus sylvatica*) will keep growing in the years to come.

The goal of the project therefore was to develop a quality finishing process for wood of the common beech (untreated common beech acc. to DIN EN 350 (2016), non-permanent) for use in dimensionally stable structural elements in the manufacture of windows and doors.

## VORGEHENSWEISE

Zentraler Ansatzpunkt war die Entwicklung eines Hydrophobierungsverfahrens für Buchenholzlamellen mittels strahlenvernetzender naturbasierter Pflanzenöle zur Verbesserung der natürlichen Dauerhaftigkeit, des Quell-/Schwindverhaltens und mechanischer Eigenschaften. Das beinhaltete die Entwicklung einer applizierfähigen Tränkmitelrezeptur auf Basis kationisch härtender naturbasierter Epoxide mit niedriger Viskosität und gutem Kriechverhalten sowie eine Tränktechnologie im Vakuum/Druckverfahren, mit der auch größere Querschnitte homogen behandelt werden können. Dem schloss sich die Entwicklung eines Aushärteverfahrens mittels Gammastrahlen bei einem Kooperationspartner sowie der Nachweis der Eignung des derart vergüteten Holzes für nachfolgende Verarbeitungsschritte und die anschließende Nutzung im Fensterbau an.

## ERGEBNISSE

Durch Rezepturoptimierung gelang es, Varianten zu generieren, die bei geringer Strahlendosis ein Optimum an Aushärtung gewährleisten, um eine deutliche Verbesserung der Materialeigenschaften gegenüber naturbelassenem Rotbuchenholz bei gleichzeitiger Reduzierung der Versprödungsneigung zu gewährleisten.

## APPROACH

The central point of departure was the development of a hydrophobing process for beech lamellas by way of radiation-crosslinking bio-based vegetable oils to enhance natural durability, the swelling/shrinkage behaviour and mechanical properties. This included the development of an applicable soaking-agent formulation based on cationically curing bio-based epoxies of low viscosity and good creep behaviour, as well as an impregnation technology in the vacuum/pressure process, which is able to homogeneously treat larger cross-sections, too. This was followed by work at a cooperation partner to develop a curing process using gamma rays and to provide proof of the suitability of the wood treated in this way for subsequent processing steps and eventual use in window construction.

## RESULTS

Optimising the formulations helped to generate variants that guarantee optimum curing at low radiation dosage to ensure clearly improved material properties as contrasted to common beechwood, with simultaneous reduction in its tendency towards embrittlement.

Although this type of upgrading quality is not wood modification in the narrower sense,



Abb. 1: Gegenüberstellung der bewitterten (belichteten) Proben links mit den nicht bewitterten (belichteten Proben) rechts. Es wird deutlich, dass mit den vergüteten Proben (unten) messbare Farbänderungen auftraten, die aber geringer ausfielen als bei naturbelassenem Buchenholz

Fig. 1: Weather-exposed (light-exposed) samples, left, contrasted to samples unexposed, right. It clearly shows measurable changes in colour in the upgraded samples compared to less distinct changes in natural beechwood.

Obwohl es sich bei dieser Vergütungsart nicht um eine Holzmodifizierung im engeren Sinne handelt, werden Materialeigenschaften erreicht, die einen Einsatz im Fenster- und Türenbau erlauben und mit bereits zugelassenen modifizierten Hölzern wie Thermoholz oder Kebony konkurrieren können.

So werden neben reduzierten Quell-/Schwindeigenschaften eine Erhöhung der Festigkeitswerte und eine Verbesserung der Dauerhaftigkeitsklassen gegenüber Basidiomyceten von DC 5 auf DC 1–2 sowie eine Verzögerung des Wachstums von Bläuepilzen erreicht.

Das vergütete Holz kann mit herkömmlichen Holzbearbeitungsmaschinen mit Einstellungen und Werkzeugen für Harthölzer bearbeitet werden. Es kann weiterhin mit üblichen Produkten verklebt und beschichtet werden. Aufgrund der hydrophoben Oberfläche empfehlen sich jedoch ölige und lösemittel-

material properties are obtained that permit their use in window and door construction and can compete with already approved modified timber, such as thermally modified timber or Kebony.

So, apart from reduced swelling/shrinkage properties, an increase in the stability parameters and enhancement regarding durability classes against basidiomycetes from DC 5 to DC 1 - 2 and also a delay in the growth of blue rot are achieved.

The property-enhanced timber can be processed with conventional woodworking machines with settings and tooling for hardwoods. And it can also be glued and coated with common products. However, due to its hydrophobic surface, oily and solvent-based products are recommended. Flammability of the product is normal and complies with the guideline value for thermal conductivity in window construction

Prüfmaterial Sample material	Mittelwert des Trockenmasse- verlustes in % Mean value of dry mass loss in %	Median-Mittelwert des Trockenmasse- verlustes in % Mean value median of dry mass loss in %	Resultierende Dauerhaftigkeits- klasse DC Resulting durability class DC
Virulenz (25 x 15 x 5) mm <sup>3</sup> Virulence (25 x 15 x 5) mm <sup>3</sup>	28,7 ± 1,3	29,2	entfällt n.a.
Variante V3 ohne Auswaschung Variant V3 without leaching	3,6 ± 0,9	3,5	1
Variante V3 mit Auswaschung Variant V3 with leaching	4,0 ± 1,9	3,8	1
Variante V4 ohne Auswaschung Variant V4 without leaching	1,5 ± 0,4	1,5	1
Variante V4 mit Auswaschung Variant V4 with leaching	6,4 ± 1,1	6,5	2
Virulenz (20 x 17 x 5) mm <sup>3</sup> Virulence (20 x 17 x 5) mm <sup>3</sup>	27,1 ± 1,7	27,9	entfällt n.a.
Variante V2 ohne Auswaschung Variant V2 without leaching	2,8 ± 0,8	2,9	1
Variante V2 mit Auswaschung Variant V2 with leaching	11,2 ± 1,7	11,4	3

Abb. 2: Screening in Anlehnung an DIN EN 113-2:2021-02 mit Auswaschung, Prüfpilz: *Gloeophyllum trabeum*Fig. 2: Screening following DIN EN 113-2:2021-02 with leaching, test fungus: *Gloeophyllum trabeum*

basierte Produkte. Das Produkt ist normal entflammbar und hält den Richtwert für die Wärmeleitfähigkeit im Fensterbau trotz erhöhter Rohdichte ein. Die Summe emittierter Verbindungen liegt unterhalb des Grenzwertes nach AgBB.

In Bezug auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im größeren Maßstab ist eine Qualitätskontrolle des Beladungsgrades sowie des Grades der Aushärtung notwendig, da einige Materialeigenschaften, so z. B. die Wasseraufnahme, stark von der Ölverteilung und dem Aushärtegrad abhängen. Dennoch wurden bei geringeren Aushärtegraden trotz erhöhter Wasseraufnahme geringere lineare Schwindmaße festgestellt, die auf eine adsorbierende Wirkung des Ölpolymer durch bei der Epoxidringöffnungsreaktion entstehende, unvernetzt gebliebene Hydroxygruppen schließen lassen.

despite increased raw density. The total of emitted compounds is below the limit value according to AgBB.

With a view to the reproducibility of the results on a larger scale, quality control of the degree of loading as well as the degree of curing is necessary, as some material properties, such as water absorption, strongly depend on the oil distribution and the degree of curing. However, despite increased water absorption, lower linear shrinkage measures were found at lower degrees of curing, which hint at an adsorbing effect of the oil polymer by hydroxy groups that remained uncrosslinked during the epoxy ring-opening reaction.