

# Ligninbasierte Phenolharzsysteme zur Herstellung von Sandwichelementen für das Bauwesen (Verbundprojekt LIGNOSANDWICH)

Teilvorhaben IHD: Untersuchungen zur Verwendung von Buchenholz-Fasern für innovative Sandwichelemente

**Projektleiter**  
**Project Leader:**  
Andreas Weber

**Projektbearbeiter**  
**In-charge:**  
Andreas Weber

**Förderinstitution**  
**Funding Institution:**  
BMBF/BioEconomy

**Partner**  
**Partner:**  
Fraunhofer-Institut für  
Werkstoffmechanik Halle,  
HOMATHERM® GmbH,  
C3 Technologies GmbH

## Lignin-based Phenolic Resin Systems for the Manufacture of Sandwich Elements for the Building Industry (Joint Project LIGNOSANDWICH)

Partial Project IHD: Investigation into the Use of Beechwood Fibres for Innovative Sandwich Elements

### AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Durch den seit vielen Jahren laufenden ökologischen Waldumbau wird sich das Laubholzaufkommen in Deutschland mittel- und langfristig erhöhen, wobei bei Durchforstungen vor allem dünne und qualitativ minderwertige Sortimente anfallen, die sich für die Holzwerkstoffherstellung eignen würden. Diesem sich zukünftig weiter erhöhenden Buchenholzaufkommen sollte durch das Forschungsvorhaben Rechnung getragen werden.

Im Projekt sollte aus Buchenholz ein hochwertiges Verbundsystem für die Gebäudedämmung erzeugt werden. Dabei erfolgte die Nutzung des Buchenholzes bifunktional. Auf der einen Seite wurde das Holz zu hochwertigen Verstärkungsfasern mittels enzymatischer und physikalischer Verfahren aufgeschlossen und dann weiter zu Faservliesen verarbeitet. Auf der anderen Seite konnte über chemische Prozesse das im Holz vorhandene Lignin separiert und zur Gewinnung von Grundstoffen für Phenolharze genutzt werden. Diese biobasierten Phenolharze kamen als Matrixsystem für holzfaserverstärkte Verbundwerkstoffe zur Anwendung. Damit wurden dünne MDF als Decklagen für die Sandwichelemente hergestellt. Die Kombination dieser Decklagen mit einem ebenfalls phenolbasiertem und brandfesten Schaum lieferte ein hochwertiges

### INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

Due to the ecological forest restructuring that has been going on for years now, the volume of deciduous timber is going to increase mid-term and in the long run, whereas the thinning of forest will yield mainly thin and low-quality assortments that would be suitable for the manufacture of wood-based material. This beechwood volume that is going to increase steadily needed to be taken into account by the research project.

The project was to yield a high-quality composite system of beechwood for insulation purposes in buildings. Thereby, the beechwood was used bi-functionally. On the one hand, the wood was pulped in enzymatic and physical procedures to make high-quality reinforcement fibres and then processed further into fibre fleece. On the other, the lignin contained in the wood could be separated by chemical processes and used for obtaining basic matter for phenolic resins. These organically based phenolic resins were then used as a matrix system for woodfibre-reinforced composite materials. This helped to produce thin MDF as top layers of sandwich elements. The combination of these top layers with a likewise phenol-based and fire-resistant foam supplied a high-quality, novel composite system featuring load-bearing functions and heat insulation properties.

ges, neuartiges Verbundsystem, was tragende Funktionen und die Wärmeisolation beinhaltet.

Der Hauptschwerpunkt des Teilprojekts des IHD lag in der Bereitstellung von Buchenholz-Faserstoffen durch die Zerfaserung im Labor-Refiner des IHD unter Anwendung verschiedener Aufschlussbedingungen, sowie Untersuchungen zur Beleimung, Vliesbildung und Werkstoffherstellung unter Anwendung teilweise ligninbasierter Phenol-Formaldehydharze sowie der stofflichen Nutzung der cellulosehaltigen Faserrejekte aus dem Organosolv-Verfahren.

## ERGEBNISSE

Mit Hilfe des Organosolv-Verfahrens konnte der Rohstoff Buchenholz in Einzelkomponenten wie z. B. Fasern und schwefelfreies, niedermolekulares Lignin aufgeschlossen werden. Das Organosolv-Lignin wurde bei einem Klebstoffproduzenten als Komponente in phenolische Harzsysteme integriert.

Im IHD erfolgte die Herstellung von dünnen MDF als Decklagen für Sandwichelemente (Abb. 1) unter Anwendung von Phenol-Formaldehyd-Klebstoffen und ligninmodifizierten PF-Harzen. Diese Platten wurden verglei-



The main focus of the partial project of the IHD lay on providing beechwood fibre material by pulping in the laboratory refiner of the IHD by applying various pulping conditions. It also included investigations regarding gluing, fleece-making and material production by applying partially lignin-based phenolic formaldehyde resins and the material use of the cellulose-containing fibre rejects from the organosolv procedure.

## RESULTS

With the help of the organosolv procedure, the resource beechwood could be pulped to obtain individual components, such as fibres and sulphur-free, low-molecular lignin. The organosolv lignin was integrated by a glue manufacturer as a component in phenolic resin systems.

At the IHD, thin MDF were made as top layers for sandwich elements (Fig. 1) by applying phenolic formaldehyde glues and lignin-modified PF resins. These panels were characterised by comparing them regarding their physical-mechanical properties.

The processing of the lignin-PF resins was hassle-free. The MDF showed very high strength values as they are not common for

Abb. 1: Naturstoff-Komposit Paneele (Sandwichpaneele), hergestellt aus Naturfaservlies-Deckschicht und einem Kern aus Hartschaum, Naturstoffen oder anderen Materialien (Foto: C3Technologies GmbH)

Fig. 1: Composite panels of natural materials (sandwich panels), made of a natural fibre fleece top layer and a core of rigid foam, natural materials or other materials (Photo: C3Technologies GmbH)

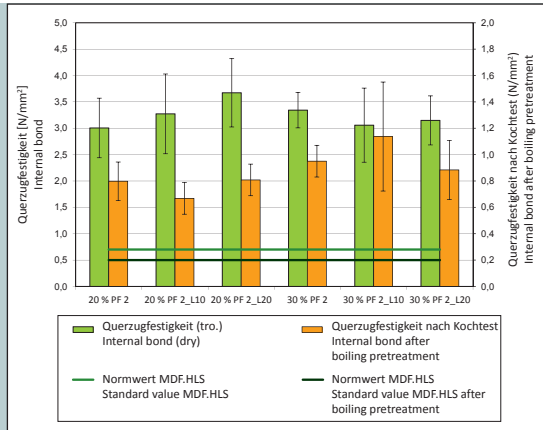


Abb. 2: Querzugfestigkeit (trocken und nach Kochvorbehandlung) von MDF unter Zugabe von 20 % bzw. 30 % PF- Harz PF 2 und PF 2 mit 10 und 20 % Organosolv-Lignin

Fig. 2: Internal bond (dry and after boiling pretreatment) of MDF by adding 20 % or 30 % PF resin PF 2 and PF 2 containing 10 and 20 % organosolv lignin

chend hinsichtlich ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften charakterisiert.

Die Verarbeitung der Lignin-PF-Harze erfolgte problemlos. Die MDF wiesen sehr hohe Festigkeitswerte, wie sie für Holzwerkstoffe nicht üblich sind, auf. Dies kann nicht nur auf die vergleichsweise hohen Klebstoffanteile von 20 % bzw. 30 %, wie sie für die Außenlagen von Sandwichelementen durchaus üblich sind, zurückgeführt werden.

Bei der Messung der Querzugfestigkeit nach Kochtest gemäß DIN EN 1087-1 wurden Werte gemessen, die die der Trockenquerzugprüfung noch überboten (Abb. 2). Es ist von PF-Harzen bekannt, dass eine Kochvorbehandlung die Platteneigenschaften positiv beeinflusst. Allerdings sind die Variationskoeffizienten auch größer als bei der üblichen Querzugprüfung von Holzwerkstoffen. Nur bei der Kochquerzugprüfung war ein Unterschied zwischen 20 und 30 % Festharzanteil festzustellen.

Die Biegeeigenschaften der MDF zeigten ebenso ein hohes Niveau weit über den Anforderungswerten von MDF-Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich (MDF.HLS). Die Dickenquellungswerte nach 24 h Wasserlagerung waren mit unter 10 % deutlich unterhalb der Normanforderungen. Mit 30 % Festharzanteil konnten die

wood-based materials. This cannot be traced back to the comparably high shares of glue of 20 % or 30 %, as they are certainly usual for top layers of sandwich elements.

Measurements of the Internal bond (IB) following the boiling test acc. to DIN EN 1087-1 yielded values that yet exceeded those of the dry IB test (Fig. 2). PF resins are well-known to positively impact the panel properties after boiling pre-treatment. However, the variation coefficients are greater than in the usual IB test of wood-based materials. A difference of between 20 and 30 % share of solid resin could be identified only in the IB boiling test. The bending properties of the MDF showed a similarly high level far beyond the required values for MDF panels for load-bearing purposes and for use in moist environments (MDF.HLS). The thickness swelling values after 24 h of water storage were below 10 %, thus being below normative requirements. At a 30 % share of solid resin, the low values could still be reduced. Also water absorption was reduced further.

In order to meet the strength requirements for top layers of sandwich elements, several modes of laying were applied. For that purpose, the project partner IMWS supplied several top layer materials (biaxial flax or needle fleece flax/hemp). They were applied both di-

niedrigen Werte nochmals abgesenkt werden. Auch die Wasseraufnahme verringerte sich.

Um die hohen Festigkeitsanforderungen an Decklagen der Sandwichelemente zu erfüllen, kamen weiterhin verschiedene Gelege zur Anwendung. Vom Projektpartner IMWS wurden hierzu verschiedene Decklagenmaterialien (Biaxial-Flachs bzw. Nadelvlies Flachs/Hanf) geliefert. Die Applikation erfolgte sowohl direkt beim Pressen, indem die Decklagen auf die vorgepressten Buchenfaser-Vliese gelegt wurden, als auch in einem zweiten Prozessschritt als nachträgliche Beschichtung. Die Platten wurden dem Projektpartner IMWS für eigene Messungen zur Verfügung gestellt.

In einem weiteren Versuch kam delignifiziertes Fasermaterial aus dem Organosolv-Verfahren als Teilsupstitut für Kiefernfasernstoff zur Anwendung. Das Material wurde zerfasert und zur Herstellung von dünnen Faserplatten eingesetzt. Die Eigenschaften (z. B. Querkzugfestigkeiten, Koch-Querkzugfestigkeiten, Dickenquellung) verschlechterten sich mit steigendem Anteil der Cellulose-Faserfraktion, aber die Werte waren immer noch höher als für Holzwerkstoffe üblich. Eine Ursache für die Abnahme der Festigkeiten ist darin zu sehen, dass der Staubanteil erheblich war und Staub bekanntlich den Klebstoffbedarf erhöht. Bei diesen Versuchen wurde die Klebstoffmenge aber konstant gehalten. Zudem zeigte das feinere Material ein anderes Verdichtungsverhalten, was zu abweichenden Rohdichteprofilen führte. Trotz Eigenschaftverschlechterung lag die Querkzugfestigkeit (mit und ohne Vorbehandlung) sowie die Dickenquellung nach 24 Stunden Wasserlagerung auf einem beachtlichen Niveau.

Die Projektergebnisse sind Basis für die gemeinsam im Verbundvorhaben entwickelten neuartigen buchenholz-basierten Sandwichwerkstoffe.

rectly during pressing by laying the top layers onto the pre-pressed beech-fibre fleece and, in a second process step, as subsequent coating. The panels were provided to the project partner IMWS for taking their own measurements.

In another test, delignified fibre material from the organosolv procedure was applied as a partial substitute for pine fibre material. The material was defibrated and used for making thin fibreboards. The properties (e.g., IB after boiling, thickness swelling (TS)) deteriorated proportionally to an increasing share of the cellulose fibre fraction, but the values were still higher than common in wood-based materials. One reason for the decrease in strengths can be seen in the fact that the share of dust was considerable, as dust is well-known for increasing the demand for glue. In these tests, however, the amount of glue was kept constant. Also, the finer material showed different compaction behaviour, which resulted in deviating density profiles. Despite deteriorating properties, the IB (with and without pre-treatment) and also the TS after 24 hours of water storage was at a remarkable level.

The project results form the basis for the novel beechwood-based sandwich materials developed together in the joint project.