

# Entwicklung eines Sperrholzes auf Basis formaldehydfreier anorganischer Bindemittel

## Development of a Plywood on the Basis of Formaldehyde-free Inorganic Bonding Agents

### Projektleiter

#### Project leader:

Dr. Christoph Wenderdel

### Projektbearbeiter

#### Persons in-charge:

Martin Direske,  
Hans Dieter Neumann

### Fördermittelgeber

#### Funded by:

BMW i (INNO-KOM-Ost)

### AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Für die Verklebung von Furnieren werden nach dem aktuellen Stand der Technik überwiegend Aminoplastharze auf Basis von Formaldehyd eingesetzt (UF-, MUF-, PF-Harze). Sowohl bei der Herstellung als auch in der Anwendung kann aus den Platten Formaldehyd emittieren. Mit der Änderung der EU Verordnung 1272/2008 (CLP-V) erfolgte die Klassifizierung von Formaldehyd als erbgutschädigend und beim Menschen wahrscheinlich krebserzeugend. In der Folge ist davon auszugehen, dass die Grenzwerte bzgl. der Emission von Formaldehyd weiter verschärft werden.

Anorganische Bindemittel, wie Portlandzement, stellen eine kostengünstige und in großem Umfang verfügbare Alternative zu Formaldehyd-haltigen Klebstoffen dar. In der Holzwerkstoffindustrie ist der Einsatz von Zement bereits in Zusammenhang mit Partikeln erprobt und vor allem in Form von Zement-gebundenen Spanplatten (Cement-bonded particle board = CBPB) verbreitet.

Ziel des Projektes war es, mit Hilfe von Portlandzement Furniere zu einem leistungsfähigen Lagen-Holzwerkstoff zu verbinden. Dabei sollte der neu entwickelte Werkstoff die Vorteile der bereits bekannten Produkte Sperrholz und CBPB in sich vereinen. Auf Seiten des Sperrholzes sind das vor allem die mechanischen Eigenschaften sowie die geringe Rohdichte und auf Seiten der CBPB die unterschiedliche Beständigkeiten (biologisch, chemisch, thermisch) und die sehr geringe Formaldehydemission.

### INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

According to the state of the art, aminoplast resins based on formaldehyde (UF, MUF, PF resins) are in common use. In both the manufacture and the application, formaldehyde may emit from the panels. By changing the EU Regulation 1272/2008 (CLP-V), formaldehyde has been classified as genetically harmful and probably carcinogenic for humans. Consequentially, it must be assumed that the limit values regarding the emission of formaldehyde will continue to aggravate. Inorganic bonding agents, such as Ordinary Portland cement (OPC), represent a reasonable and widely available alternative to formaldehyde-containing adhesives. In the wood-based materials industry, the application of OPC for bonding wood particles is widely-used mainly in the form of cement-bonded particle boards (CBPB).

The objective of the project was to bond veneers with the help of OPC to make an efficient layered wood-based material. Thereby, the newly developed material was expected to merge the benefits of the already well-known products of plywood and CBPB. On the part of plywood, these are mainly its mechanical properties as well as its low density and, on the part of CBPB, the various resistances (biological, chemical, thermal) and their very low formaldehyde emission.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Vor der eigentlichen Herstellung von Zementgebundenem Sperrholz (Cement-bonded Ply-wood = CBPly) wurde eine Reihe von Voruntersuchungen durchgeführt, mit denen zum einen das Verbundverhalten von Furnier und Zement geprüft und zum anderen die Parameter zur Steuerung des Wasserhaushalts vor der Verpressung und Aushärtung bestimmt wurden.

Das Verhältnis von Wasser zu Zement (W/Z-Wert) ist entscheidend für die Hydratation des Zementleims in der Fuge zwischen den Furnieren. Mit der Nutzung von Lignocellulosen in Kombination mit Zement muss neben dem Wasser des Zementleims auch immer die Feuchte des Holzes in die Berechnung mit einfließen. Daraus ergibt sich

## SUMMARY OF THE RESULTS

Prior to the actual manufacturing of cement-bonded plywood (CBPly), a series of preliminary tests were performed, with which the bonding behavior of veneer and OPC was tested on the one hand, and, on the other, the parameters of controlling the water balance was determined prior to pressing and curing.

The ratio of water and cement (W/C-) is decisive for the hydration of the cement paste in the glue joint between the veneers. By using lignocelluloses in combination with cement, it is always the wood moisture – apart from the water in the cement paste – that must enter into the calculation. This results in the so-called effective water-cement value (eW/C). For calculating the contribution of

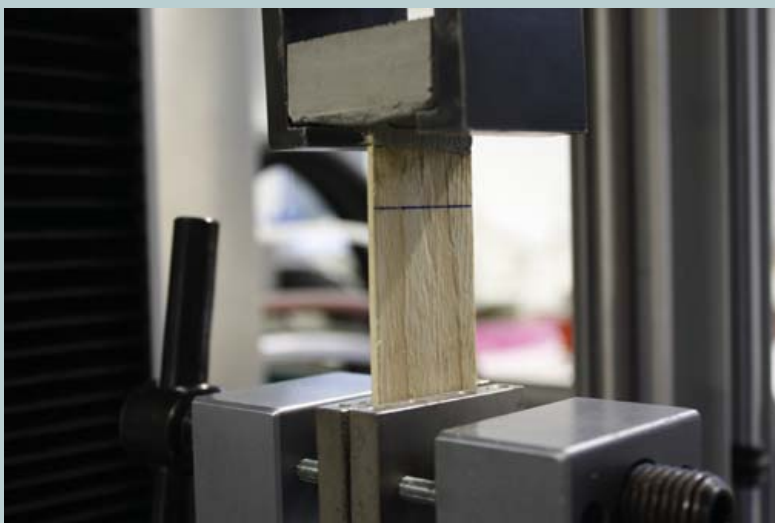


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Ermittlung der Verbundqualität von Furnier und Zement (Pull-out-Test)

Fig. 1: Test setup to determine the bonding quality of veneer and cement (pull-out test)

der sogenannte wirksame Wasser-Zement-Wert ( $wW/Z$ ). Zur Berechnung des Beitrages der Holzfeuchte zum  $wW/Z$  wurde die ausgepresste Wassermenge unterschiedlich feuchter Furniere bei unterschiedlichem Pressdruck bestimmt. Mit zunehmender Furnierfeuchte, jedoch unabhängig vom Pressdruck, steigt die Wasserabgabe in die Leimfuge. Mit der entstandenen Berechnungsformel des  $wW/Z$  konnten die Hydrationsbedingungen kontrolliert variiert werden.

Als weitere Kenngröße wurde der Holz-Zement-Verbund in Form der maximalen Auszugskraft beim Auszug von Furnierstreifen aus einer Zementmatrix bestimmt und bewertet (Abb. 1). Eine steigende Furnierfeuchte und eine beschleunigte Aushärtung bei 65 °C wirkten sich negativ auf den Verbund aus. Der Einsatz von Natronwasserglas als Modifikationschemikalie führte zu einer wesentlichen Verbesserung des Verbundes. Außerdem wurde beobachtet, dass dünnere Furniere zu einem besseren Verbund führen, was unter anderem mit dem Schwindverhalten des Furnieres erklärt werden kann.

Die labortechnische Herstellung von CBPLY basiert zum Großteil auf der Fertigung von CBPB. Das mechanisch/physikalische Eigenschaftsprofil liegt annähernd im Mittel zwischen Sperrholz und CBPB (Abb. 2). Die hohe Zugfestigkeit der Furniere wirkt sich positiv im Vergleich zu CBPB aus, während sich die geringe Zugfestigkeit der Zementleimfuge im Vergleich zu Sperrholz negativ auswirkt. Die Differenz zwischen Sperrholz und CBPLY ist bei der Biegefestigkeit größer als beim Biege-E-Modul. Hier wirkt wohl die Versprödung des Holzes infolge des alkalischen Angriffs durch den Zement.

the wood moisture to the  $eW/C$ , the forced-out water quantity of differently moist veneers was determined at varying pressing forces. With an increasing veneer moisture, but independent of the pressing force, the water release to the glue joint rises. The hydration conditions could be varied in a controlled way with the help of the obtained calculation formula of the  $eW/C$ .

As another parameter, the wood-cement bond was determined and evaluated in the form of the maximum extraction force by pulling out veneer strips from a cement matrix (Fig. 1). An increasing veneer moisture and accelerated curing at 65 °C had a negative effect on the bond behavior. The application of sodium silicate as a modifying chemical agent led to substantial enhancement of the bond. Besides, it was observed that the thinner the veneers are peeled the better the composite was, which may, among other things, be explained by the shrinking behavior of the veneer.

The lab-scale manufacturing of CBPLY is largely based on the manufacturing of CBPB. The mechanical- and physical property profile ranges approximately between plywood and CBPB (Fig. 2). The high tensile strength of the veneers has a positive effect as compared to the CBPB, while the low tensile strength of the cement-glue joint in contrast to plywood reacts negatively. The difference between plywood and CBPLY is larger regarding bending strength than the MOE (modulus of elasticity). In the latter respect, it is certainly due to the brittling of the wood resulting from the alkaline attack by the cement.

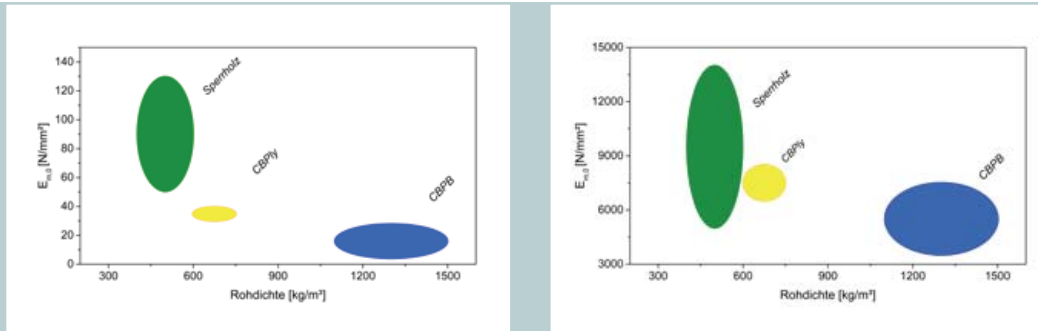


Abb. 2: MOR (links) und MOE (rechts) von CBPly im Vergleich zu Sperrholz und CBPB

Fig. 2: MOR (left) and MOE (right) of CBPly compared to plywood and CBPB

Die Brandbeständigkeit von CBPly ist im Vergleich zu Sperrholz erhöht. Die Gesamtwärmefreisetzung und der Gesamtmasseverlust liegen bei CBPly um ein Drittel unter dem von MUF-gebundenem Sperrholz. Nach der Cone-Kalorimeter-Methode kann CBPly theoretisch in die Baustoffklasse B (EN 13501-1) eingestuft werden. Somit wird der Einsatz in Gebäudeklasse 4 und 5 ohne weitere Schutzmaßnahmen möglich.

Mit dem Projekt wurde die Realisierbarkeit der Herstellung von anorganisch gebundenen Lagenholzwerkstoffen am Beispiel von CBPly exemplarisch aufgezeigt. Das Eigenschaftsprofil des neuen Holzwerkstoffs vereint eine Vielzahl positiver Eigenschaften der bekannten Holzwerkstoffe Sperrholz und CBPB. Mit weniger als 0,2 mg/100 g Formaldehydemission, schwerer Entflammbarkeit und Klassifizierung als F20/E70 (EN 636) bei faserparalleler Biegung besteht die Möglichkeit, Sperrholz verstärkt in speziellen Anwendungsbereichen u. a. im Holzhochbau zu etablieren.

The resistance to fire of CBPly, as compared to plywood, is increased. The total heat release and the total mass loss of CBPly are about one third below the MUF-bonded plywood. According to the Cone-Calorimeter Method, CBPly can theoretically be graded in Building Material Class B (EN 13501-1). This allows its application without any further protective measures in Building Classes 4 and 5.

The project showed the feasibility of manufacturing inorganically bonded layered wood-based material by example of CBPly. The characteristic profile of the new wood-based material unites a multitude of positive properties of the well-known wood-based materials plywood and CBPB. With its formaldehyde emission being lower than 0.2 mg/100 g, low flammability and classification as F20/E70 (EN 636) at fibre-parallel bending, the possibility opens up to use plywood increasingly in special applications, such as in structural timber engineering.