

# Neuartige, Sperrholz basierte, dimensionsstabile Schalungsplatten zur Anwendung für optisch anspruchsvolle Sichtbetonflächen

## Novel, Plywood-based, Dimensionally Stable Formwork Panels for Use in Visually Demanding Exposed Concrete Surfaces

### Projektleiter

Project leader:

Dirk Hohlfeld

### Projektbearbeiter

Person in-charge:

Dirk Hohlfeld

Rodger Scheffler

### Fördermittelgeber

Co-funded by:

BMW

### AUSGANGSSITUATION

Die Formgebung von Stahlbetonbauteilen erfolgt u. a. durch die Schalung. Wesentliche Anforderungen an Schalungssysteme ergeben sich aus statischen und betontechnologischen Randbedingungen. Häufig werden Schalungsplatten aus Baufurniersperrholz (BFU) eingesetzt. Vor dem Hintergrund, dass Betonflächen oft sichtbar bleiben und Sichtbeton bewusst als architektonisches Stilmittel eingesetzt wird, kommt der Qualität einer Schalhaut eine wichtige Bedeutung zu. Schwachpunkte stellen bei beschichtetem BFU die äußeren Deckfurniere und die Schmalflächen dar. Aufgrund von kleinen Beschädigungen in der Flächen- oder Schmalflächenbeschichtung kommt es in diesen Bereichen zu einem höheren Feuchteintritt in die Platte und somit zum Aufquellen der Deckfurniere bzw. Platte. Durch das ungleichmäßige Aufquellen der Deckfurniere entsteht eine Art Wellenmuster, der sogenannte „Rippling-Effekt“.

### ZIEL UND LÖSUNGSANSATZ

Ziel des Forschungsprojektes war es, das Quellverhalten von Schalungsplatten soweit zu verbessern, dass keine makroskopisch sichtbaren Aufquellungen der Schalhautoberfläche mehr entstehen und somit eine ripplingfreie Betonoberfläche erzeugt werden kann. Möglich werden sollte dies durch thermische und/oder chemische

### INITIAL SITUATION

Reinforced concrete components are shaped by formwork. Essential requirements for formwork systems result from static and concrete technological boundary conditions. Formwork panels made of construction veneer plywood (CVP) are often used.

In view of the fact that concrete surfaces often remain visible and exposed, concrete is deliberately used as an architectural means of style, the quality of a formwork shell is becoming increasingly important.

The weak points of coated CVP are the outer face veneers and narrow surfaces. Due to minor damage to the surface or narrow surface coating, moisture ingress into the board is higher in these areas, resulting in swelling of the face veneers or board. The uneven swelling of the face veneers results in a kind of wavy pattern, the so-called “rippling effect”.

### OBJECTIVE AND METHOD OF RESOLUTION

The aim of the research topic was to improve the swelling behaviour of formwork panels to such an extent that macroscopically visible swelling of the formwork skin surface no longer occurs and thus a ripple-free concrete surface can be produced. This was to be enabled by thermal and/or chemical modification of the veneers.

Modifikation der Furniere. Weiterhin sollte durch die Modifizierung der Furniere das Verschleißverhalten (höhere Oberflächenhärte) der Schalhaut verbessert sowie durch die geringere Hygroskopizität der Furniere die Verringerung der Tragfähigkeitseigenschaften mit zunehmendem Feuchtegehalt reduziert werden. Durch die Modifizierung der Furniere sollte eine neuartige auf Furniersperrholz basierte Betonschalungsplatte entstehen, deren Lebensdauer sich gegenüber herkömmlichen Sperrholz basierten Standardbetonschalungsplatten deutlich erhöht und das Eigenschaftsniveau für hochwertige Sichtbetonflächen erhalten bleibt bzw. verbessert wird.

#### **VORGEHENSWEISE**

Für die Versuche wurde Birkenfurnier verwendet. Das Furnier wurde thermisch und chemisch modifiziert und anschließend zu Schalungsplattenmustern verpresst.

Im entwickelten Prüfverfahren werden in die Schalhaut definierte Schäden eingebracht und diese anschließend einer Feuchtebeanspruchung ausgesetzt. Mit einem optischen Messsystem wird die Formänderung der Schalhautoberfläche erfasst und vermessen. Zur Untersuchung des Einflusses der Modifizierung der Furniere wurden an den Schalungsplattenmustern verschiedene mechanische Eigenschaften wie Biegung, Haftfestigkeit, Brinellhärte, Nagel- und Betonierverhalten, Dickenquellung nach Wasser-

Furthermore, the modification of the veneers was intended to improve the wear behaviour (higher surface hardness) of the formwork shell and, due to the lower hygroscopicity of the veneers, to reduce the decrease in load-bearing properties with increasing moisture content. The modification of the veneers was intended to produce a new type of concrete formwork based on veneer plywood, whose service life is significantly extended compared to conventional plywood-based standard concrete formwork and whose properties for high-quality exposed concrete surfaces are maintained or improved.

#### **APPROACH**

Birch veneer was used for the experiments. The veneer was thermally and chemically modified and then pressed into samples of formwork panels.

In the developed test procedure, defined damages are introduced into the formwork shell and subsequently exposed to moisture. By means of an optical measuring system the change in shape of the formwork shell surface is recorded and measured. To investigate the influence of the modification of the veneers, various mechanical properties such as bending properties, adhesive strength, Brinell hardness, nailing and concreting behaviour, thickness swelling after water storage, moisture content, density were determined on the formwork panel samples and then the rippling behaviour was investigated.

lagerung, Feuchtegehalt und Rohdichte bestimmt und anschließend das Ripplingverhalten untersucht.

## ERGEBNISSE

Die messtechnische Erfassung von Ripplingstrukturen erfolgte an einer Prüfapparatur mit einem VIC-3D-Bildkorrelationssystem. Die Feuchtebeanspruchung wurde mit einer Peristaltikpumpe realisiert. Anhand von zwei synchronisierten Bildern („Vic Snap“) wird ein 3D-Höhenprofil erzeugt. Aus diesen Bildern können die Quellungen im Bereich der Beschädigung gegenüber einer Referenzebene charakterisiert und visualisiert werden. Für die Verbesserung des Ripplingverhaltens von Schalungsplatten wurden zwei Möglichkeiten identifiziert: die thermische und die chemische Modifizierung auf Basis von Polyurethan. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Modifizierung der Decklagen ausreichend ist. Gegenüber unbehandeltem Sperrholz weisen die thermisch und chemisch modifizierten Varianten keine signifikante Verschlechterung der Biegeeigenschaften auf. Die Ergebnisse der Brinellhärte zeigen, dass es durch die PUR-Behandlung der Furniere zu einer Erhöhung der Härte um ca. 15 % gekommen ist.

Auch die ermittelten Haftfestigkeiten zeigen, dass die Behandlung der Furniere nicht zu einer Verschlechterung der Haftung zwischen Furnier und Phenolfilm führt. In Abb. 1 ist das Ripplingverhalten nach 23 Stunden bei einer Lagerung im Normalklima bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte an einer phenolhartbeschichteten unbehandelten Sperrholzplatte zu sehen. Dabei sieht man, dass die Feuchtigkeit in den Bereichen von Schälrisen einzel-

## RESULTS

Rippling structures were captured metrologically on a test apparatus with a VIC-3D image correlation system. The moisture exposure was achieved with a peristaltic pump.

Based on two synchronised images („Vic Snap“), a 3D elevation profile is generated. From these images, the swelling in the area of the damage can be characterised and visualised in relation to a reference plane.

Two possibilities were identified for improving the rippling behaviour of plywood: thermal and chemical modification based on polyurethane. Furthermore, it was found that the modification of the surface layers is sufficient to achieve an improvement of the rippling behaviour.

Compared to untreated plywood, the thermally and chemically modified variants show no significant deterioration in bending properties.

The Brinell hardness results show that the PUR treatment of the veneers has improved the hardness by approx. 15%.

The determined adhesive strengths also show that the treatment of the veneers does not lead to a deterioration of the adhesion between veneer and phenolic film. Fig. 1 shows the rippling behaviour after 23 hours of storage in a normal climate at 23 °C and 50% relative humidity on a phenol-coated untreated plywood board. It reveals that in the areas of rippling cracks of individual veneer layers, the moisture can penetrate very deeply along the rippling cracks and large areas of swelling are formed, resulting in the typical wave-like swelling. In the area of the defined damage to the formwork shell, an increase in panel thickness of approx. 0.83 mm occurs after 23 hours. Fig. 2, on the other

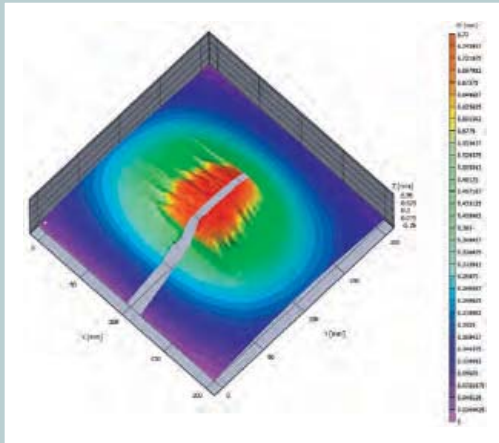


Abb. 1: Ripplingverhalten von unbehandeltem Sperrholz mit Phenolbeschichtung

Fig. 1: Rippling effect of untreated plywood with phenolic coating

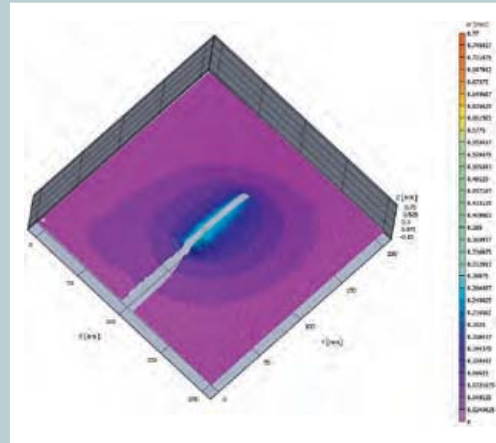


Abb. 2: Ripplingverhalten von Sperrholz mit thermisch modifizierter Decklage und Phenolbeschichtung

Fig. 2: Rippling effect of plywood with thermally modified top layer and phenolic coating

ner Furnierschichten entlang der Schälrisse sehr tief eindringen kann und großflächige Quellbereiche entstehen, die in den typischen wellenförmigen Aufquellungen resultieren. Im Bereich der definiert erzeugten Beschädigungen der Schalhaut kommt es nach 23 Stunden zu einer Zunahme der Plattendicke um ca. 0,83 mm. In Abb. 2 ist hingegen eine Sperrholzplatte mit Decklagen aus thermisch modifizierten Furnieren zu sehen. Bei dieser Variante wurden die Schälrisse zusätzlich durch die Kalibrierung verringert und damit kommt es nicht zu dem typischen Quellverhalten wie beim Referenzobjekt. Weiterhin ist bei der Variante mit modifizierten Decklagen festzustellen, dass eine um 50 % reduzierte Dickenquellung bei gleichen Lagerungsbedingungen auftritt und die maximale Zunahme der Plattendicke nur noch 0,38 mm beträgt.

Durch den optimierten Aufbau und die Modifizierung der Decklagen konnte eine Schalungsplatte mit sehr guten Eigenschaften entwickelt werden.

hand, shows a plywood panel with cover layers of thermally modified veneers. With this variant, the peeling cracks were additionally reduced by calibration. Thus the typical swelling behaviour as in the reference sample does not occur. Furthermore, in the variant with modified surface layers, it can be noted that a 50% reduction in thickness swelling occurs under the same storage conditions, and the maximum increase in panel thickness is only 0.38 mm.

By optimising the structure and modifying the surface layers, it was possible to develop a formwork panel with very good properties.