

# Funktionalisierte Coatings auf Basis der Plasma- und Flammtechnologie für Holz im Außenbereich

## Functionalised coatings based on plasma and flame technology for timber in outdoor applications

### Projektleiterin

#### Project leader:

Kordula Jacobs

### Projektbearbeiter

#### Person in charge:

Dr. Tobias Meißner (IHD),  
Dr. Sven Gerullis,  
Dr. Andreas Pfuch  
(INNOVENT)

### Fördermittelgeber

#### Co-funded by:

BMWK

### Projektpartner

#### Project partners:

INNOVENT e. V.  
Technologieentwicklung  
Jena,  
Osmo Holz und Color  
GmbH & Co. KG,  
Reincke Naturfarben  
GmbH,  
Tigres GmbH,  
Sura Instruments GmbH,  
Topas GmbH

### AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Holzkonstruktionen und -bauteile im Außenbereich werden in der Praxis meist mit biozidhaltigen Imprägnierungen und Beschichtungen behandelt, die einen Schutz gegen holzerstörende Pilze und Bläuepilze (Holzschutzmittel) sowie Schimmelpilze, Algen und Bakterien (Beschichtungs- bzw. Filmschutzmittel) gewährleisten. Hauptwirkstoffe sind dabei organische Verbindungen, darunter Carbamate wie Jodpropinyl-N-butylcarbamate (IPBC), sowie Triazole wie Propiconazol und Tebuconazol. Deren Verwendung wird durch die europäische Biozidgesetzgebung zunehmend begrenzt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, derzeit verwendete Wirkstoffe durch weniger toxische und umweltgefährdende Substanzen bzw. durch Nutzung anderer Wirkprinzipien des Materialschutzes zu substituieren.

Ziel des Kooperationsvorhabens war die Entwicklung umweltschonender Holzschutzbeschichtungen für bewitterte Holzkonstruktionen und -bauteile auf Basis funktionalisierter Plasmabeschichtungen sowie der entsprechenden Applikationstechnologien. Die neuen Beschichtungssysteme sollten für Holzbauelemente und -produkte anwendbar sein, die der Bewitterung ausgesetzt sind und bei denen eine erforderliche Schutzapplikation üblicherweise mit einem Oberflächenverfahren erfolgt, wie z. B. industriell gefertigte Holzfenster und -türen, Fassadenbekleidungen sowie Sicht- und Lärmschutzwände, aber auch Produkte, die überwiegend vor Ort bzw. im verbauten Zu-

### INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

In practice, structures and components of wood for use in outdoor areas are usually treated with biocide-containing impregnations and coatings that provide protection against wood-destroying fungi and blue stain fungi (wood preservatives) as well as moulds, algae and bacteria (coating and film preservatives). The main active ingredients are organic compounds, including carbamates, such as iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC), and triazoles, such as propiconazole and tebuconazole. Their use is increasingly being restricted by European biocide legislation. This results in the need to replace currently used active substances with less toxic and less environmentally hazardous substances or by utilising other effective principles of material protection.

The objective of the cooperation project was to develop environmentally friendly wood protection coatings for weather-exposed timber structures and components based on functionalised plasma coatings and the corresponding application technologies. The new coating systems should be applicable for timber construction elements and products that are exposed to weathering and for which the required protective application is usually carried out using a surface process, such as industrially manufactured timber windows and doors, façade cladding as well as privacy and noise barriers, but also products that are predominantly treated on site or in the installed state, such as decking, bridge components, balconies, carports or playground equipment.

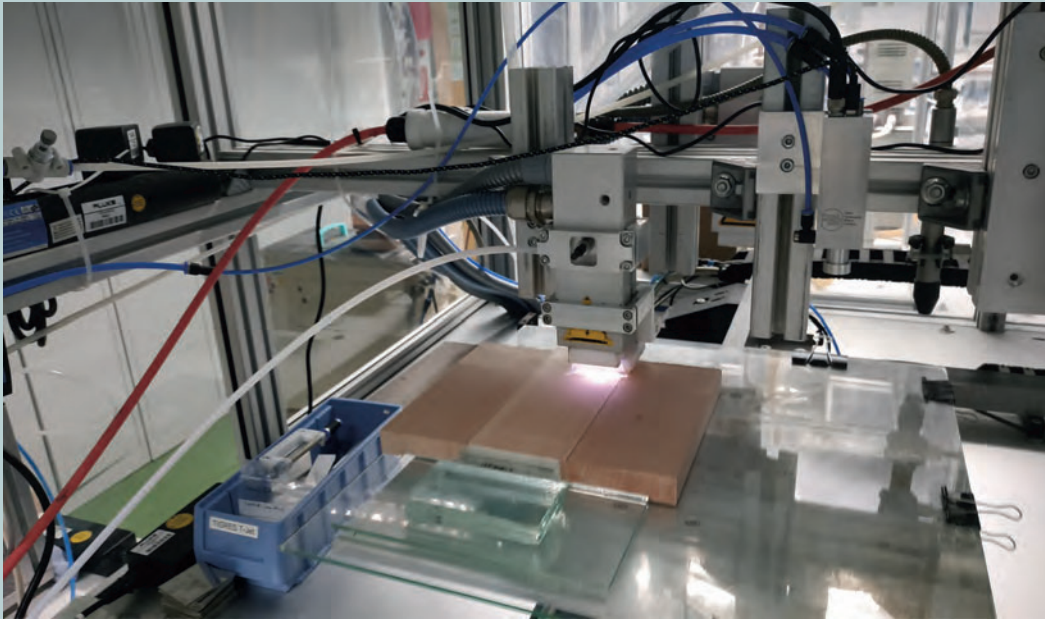


Abb. 1: APPCVD-Plasmabeschichtungssystem mit T-JET (Fa. Tigres)

Fig. 1: APPCVD plasma coating system with T-JET (Tigres)

stand endbehandelt werden, wie Terrassenbeläge, Bauteile von Brücken, Balkone, Carports oder Spielplatzgeräte.

#### VORGEHENSWEISE

Die APPCVD-Technologie (Atmospheric Pressure Plasma Chemical Vapour Deposition) wurde eingesetzt, um Plasmadünnschichten von ca. 300 nm auf Basis einer Siliziumoxidmatrix auf Kiefernholz zu erzeugen (Abb. 1). Zur Adaption des Plasmabeschichtungssystems auf großformatigere Bauteile wurden apparative Anpassungen vorgenommen, die eine Arbeitsbreite von 45 mm gewährleisten. Die Wirkstoffdotierung des Plasmas erfolgte durch direkte Eindosierung anorganischer Wirkstoffe (Silber, Kupfer, Zink). Hitzeempfindliche organische Wirkstoffe wurden indirekt über ein Remote-System eingebracht (IPBC, Tebuconazole, Thymol, Chitosan). Die fungizide Wirksamkeit von Plasmadünnschichten mit unterschiedlichen Wirkstoffkombinationen und -konzentrationen wurde in Screeningtests mit ausgewählten holzverfärbenden Bläuepilzen, Schimmelpilzen

#### APPROACH

APPCVD technology (Atmospheric Pressure Plasma Chemical Vapour Deposition) was applied to produce plasma thin films of approx. 300 nm based on a silicon oxide matrix on pine wood (Fig. 1). In order to adapt the plasma coating system to larger components, equipment modifications were made to ensure a working width of 45 mm. The active ingredient dosage of the plasma was carried out by direct dosing of inorganic active ingredients (silver, copper, zinc). Heat-sensitive organic active ingredients were introduced indirectly via a remote system (IPBC, tebuconazole, thymol, chitosan). The fungicidal efficacy of plasma thin films with different combinations and concentrations of active ingredients was investigated in screening tests with selected wood-discolouring blue stain fungi, moulds and wood-destroying basidiomycete fungi. The favoured plasma composite coatings were used for the modification of blue stain-resistant coating systems based on a fungicidal IPBC-containing impregnation (as priming) and an unpigmented topcoat.

und holzerstörenden Basidiomycota-Pilzen untersucht. Die favorisierten Plasmakompositschichten wurden für die Modifizierung bläuewidriger Beschichtungssysteme eingesetzt, die auf einer fungiziden IPBC-haltigen Imprägnierung (Grundierung) und einer unpigmentierten Deckbeschichtung basierten. Modifizierte Beschichtungen wurden ohne Imprägnierung konzipiert, in weiteren Varianten wurde der Biozidgehalt der Imprägnierungen um jeweils 50 % und 75 % reduziert. Die Witterungsbeständigkeit und Bläueresistenz der originalen und modifizierten Beschichtungsvarianten wurden anschließend vergleichend untersucht.

## ERGEBNISSE

Plasmakompositschichten mit organischen Wirkstoffdotierungen zeigten in Screeningtests mit Bläuepilzen, Schimmelpilzen und holzerstörenden Pilzen keine signifikante Wirksamkeit. Dies betraf sowohl die konventionellen Holzschutzmittelwirkstoffe IPBC (Carbamate) und Tebuconazol (Triazol) als auch die alternativen Biozidwirkstoffe Thymol (natürlicher Bestandteil des Thymianöls) und Chitosan (Polyaminosaccharid). Deutliche Hemmwirkungen gegen Bläuepilze traten bei Plasmadünnschichten mit den anorganischen Wirkstoffen Kupfer, Silber und Zink auf. Diese wurden in Form von Metallsalzen eingebracht. In die Schichten eingebrachte Kupfer- bzw. Silber-Nanopartikel zeigten hingegen keine signifikanten Effekte. Als Vorzugsvariante für den Beschichtungsaufbau wurde deshalb eine Plasmakompositschicht unter Verwendung von Cu/Ag/Zn-Salzen festgelegt.

Modified coatings were designed without impregnation; in other variants, the biocide content of the impregnations was reduced by 50 % and 75 % respectively. Resistance of the original and modified coating variants to weather and blueing were then analysed comparatively.

## RESULTS

In screening tests with blue stain fungi, mould fungi and wood-destroying fungi, plasma composite coatings with organic active ingredients showed no significant efficacy. This applied to both the conventional wood preservative active ingredients IPBC (carbamate) and tebuconazole (triazole) as well as the alternative biocidal active ingredients thymol (natural component of thyme oil) and chitosan (polyaminosaccharide). Significant inhibitory effects against blue stain fungi occurred with plasma thin films containing the inorganic active ingredients of copper, silver and zinc. These were introduced in the form of metal salts. Copper or silver nanoparticles introduced into the coatings, on the other hand, showed no significant effects. A plasma composite layer using salts of copper, silver and zinc was therefore determined as the preferred coating structure.

As expected, the two original blue stain-resistant coating systems with IPBC/tebuconazole and IPBC/propiconazole showed a distinctive protective effect after artificial weathering and blue stain testing with regard to the prevention of surface blueing and the depth of the blue stain-free zone below the surface. When the biocidal impregnations

Die zwei originalen bläuewidrigen Beschichtungssysteme mit IPBC/Tebuconazol bzw. IPBC/Propiconazol zeigten nach künstlicher Bewitterung und Bläueprüfung erwartungsgemäß eine ausgeprägte Schutzwirkung in Bezug auf die Vermeidung der Oberflächenverblauung und die Tiefe der bläuefreien Zone unterhalb der Oberfläche. Bei Ersatz der bioziden Imprägnierungen durch die metallsalzdotierten Plasmakompositsschichten verringerte sich die Wirksamkeit deutlich, war jedoch immer noch sehr hoch im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen, die nur eine Deckbeschichtung aufwiesen. Bei Kombination von Imprägnierungen mit halbiertem Biozidgehalt und Plasmakompositen zeigte sich im Hinblick auf die Oberflächenverblauung eine gleich gute Wirksamkeit wie bei den originalen Beschichtungssystemen. Damit wurde gezeigt, dass der Einsatz von Plasmakompositen mit Metallsalzen eine deutliche Biozidreduzierung in bläuewidrig ausgerüsteten Beschichtungssystemen ermöglicht. Durch weitere Optimierung der Beschichtungskomponenten und Formulierungen könnte möglicherweise ganz auf organische Wirkstoffe verzichtet werden.

were replaced by the plasma composite coatings with copper, silver and zinc, the effectiveness was significantly reduced, but was still very high compared to the untreated controls, which only had a topcoat. When impregnations with halved biocide content and plasma composites were combined, the effectiveness with regard to surface blueing was just as good as with the original coating systems.

This showed that the use of plasma composites with metal salts permits a significant reduction in biocides in blue stain-resistant coating systems. By further optimising the coating components and formulations, it may be possible to dispense with organic active ingredients altogether.