

## WOODconduct

Nachhaltige elektr. Leiter & Isolatoren aus Holzreststoff für ShyTech-Funktionalisierung & Beheizung von Holzwerkstoffen

<b>Programm / Ausschreibung</b>	THINK.WOOD, THINK.WOOD Innovation, THINK.WOOD Innovation - Holz als Werkstoff/Holzbaustoff	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.09.2022	<b>Projektende</b>	31.08.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	katalytische Pyrolyse von Holzverarbeitungs-Reststoffen; strukturierte Atmosphärendruck-Plasmabeschichtung; bio-/Kohlenstoff-basierte Leiterbahnen auf Holzwerkstoffen; Shy-Tech-Funktionalisierung von Holzwerkstoffen; digitaler Zwilling von Holzwerkst		

### Projektbeschreibung

Smarte Holzwerkstoffe in der Innenarchitektur und im Möbelbau erfordern derzeit aufwendige Kupfer-Verdrahtung zur Stromversorgung der nach dem „Shy-Tech“-Konzept unsichtbar angebrachten Sensoren, Licht- und Display-Komponenten). Zudem kommen auch direkt auf die Holzbauteil-Rückseite aufgedruckte oder zuvor auf Spezialpapier-/Kunststofffolien aufgedruckte und anschließend auflaminierte Leiterstrukturen bzw. Leittextilien zur Anwendung. All diese Technologien zur „Elektrik“-Integration nutzen Metalle (Kupfer, Silber) als elektrische Leiter sowie auf fossilen Kohlenwasserstoffen basierende Polymere & Lacke für die elektrische Isolation (Kabelummantelung, Deckschichten auf gedruckten Leiterbahnen) und Bedruckbarkeit der Papiere. Mangelnde und äußerst schwierige Trennbarkeit bzw. Umwelttoxizität der großflächig aufgebrachten Strukturen bei der Verwertung am End-of-Life der Holz Möbel und -paneele führen zur stark verringerter Nachhaltigkeit des Biowerkstoffe Holz.

Ziel des industriellen Forschungsprojekts WOODconduct ist daher

- die Entwicklung alternativer Leiterbahn-Werkstoffe, -Verfahren und -Applikationstechnologien auf Holzwerkstoffen (Massivholz, Furnier/Sperrholz, Faserplatten) und darauf laminiertem Papier bis hin zu Demonstratoren (TRL 4)
- auf biologischer Rohstoffbasis (Holzverarbeitungs-Reststoffe und -Nebenprodukte, z.B. Lignin, Rinden)
- mit ökologischen Raffinationsprozessen dieser Bio-Rohstoffe bei niedrigen Temperaturen (katalytische Graphitierung / Pyrolyse) zu Kohlenstoff-Pulvern mit hohem Anteil an hoch-leitfähigem nanoskaligen Kohlenstoff (Graphen, Carbon-Nanotubes, nanokristalliner Graphit)
- mit anschließend Nutzung von ökonomisch anwendbarer Beschichtungsverfahren für die Materialsynthese zu strukturiert aufgebrachten Leiterbahnen. Dabei kommen Atmosphärendruck-Plasmaverfahren (APPD) mit Einbettung des Pyrolyse-Kohlenstoff-Pulvers in eine mechanisch flexible, die Feuchte-bedingte Holzquellung ausgleichende Matrix aus nanokristallinem und amorphem Kohlenstoff mit einfacher Steuerbarkeit der Leitfähigkeit über den Pulver/Matrix-Anteil (d.h. sehr hoch für Stromleitung, signifikant niedriger für Widerstandsbeheizung) zur Anwendung.
- Spezieller Fokus liegt auf industriell bei Fertigung und Montage einfacher Integration von State-of-the-Art-Elektronik und

auch zukünftiger biobasierter und biologisch abbaubarer Sensor-, Schalt- und Licht-/Anzeige-Elementen.

Hohe Nachhaltigkeit des betrachteten Gesamtsystems schließt dabei zudem die Weiterentwicklung von:

(1) nicht (umwelt-)toxischem Flammenschutz der Holz- und Papiersubstrate (durch Oberflächenbehandlung mit Ausbildung von flexiblen Silikon-Silikat-Kompositen) sowie

(2) biobasierten elektrischen Isolator-Beschichtungen (mit hoher Flexibilität und Kratzbeständigkeit durch Lignin in bio-TPU-Matrix) ein.

Das in allen adressierten F&E-Bereichen sehr erfahrene Projektteam besteht aus österreichischen Partnern, welche Innovations-Leader in Europa entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind: Ausgehend von Rohstoffen (Mondi) über Graphitierungs-Raffination (Wood-Kplus, Schunk) und Großflächen-Beschichtung (für Holzplatten und mit Rolle-zu-Rolle-Papierbeschichtung, JR & Inocon) erstrecken sich die Projektarbeiten hin zu Demonstratoren, d.h. der Anpassung des bzw. an den Holzwerkstoff- (EGGER), die Holzverarbeitung (Designmöbel-Fertiger technoholz) und die elektrische Kontaktierung. Entscheidend ist speziell für die industriellen Anwendungspartner ein neues Biowerkstoff-Konzept, das alle anzuwendenden Normen- und Standards im Flamm-/Brandschutz- und elektrischen Kleinspannungs-Bereich erfüllt. Zudem wird die für Möbel- und Innenarchitektur typische, sehr hohe Lebens-/Einsatzdauer der ökologischen Elektrik angestrebt, was durch umfangreiche Prozess- und Materialcharakterisierung von Makro- bis Nano-Ebene sowie Unterstützung durch Simulation im F&E-Prozess für die Materialmodellierung unterstützt wird, d.h.

- CFD-basierte Plasmasimulation für robuste APPD-Beschichtungsprozesse mit Erzielung höchster elektrischer Leitfähigkeiten durch Vermeidung von Oxidation im Plasma durch Kontakt mit Umgebungsluft über spezifisch für die Schichtmatrix-Synthese aus Kohlenwasserstoffen und gleichzeitiger Einbringung von Pyrolyse-Carbon-Partikel entwickelte Abschirmungen (Inertgas-gespülte „Shrouds“)
- (thermo-)mechanische FE-Simulation für ausreichend mechanisch flexible Leiterschichten auf unter Feuchteinfluss quellenden Holz(werkstoffen) mit Optimierung der
  - (1) deren Kontaktierung zu Elektronik und konventioneller Verdrahtung sowie zwischen Holzpaneelen in Nut-Feder-Systemen für großflächige Anwendung, sowie
  - (2) deren zyklische Belastbarkeit bei Niedrigtemperatur-Widerstandsbeheizung.

Die Nutzung der Ergebnisse ist mittelfristig in Designmöbel-Kleinserien bzw. langfristig in der Serienproduktion von Holzwerkstoffen geplant, wobei die Entwicklung von 2 Demonstratoren im Projekt mit einhergehender Definition von Leitlinien für Design, Konstruktion und die Einbettung in die Holzfertigung (z.B. Verklebung, Laminierung) optimale Basis für den Technologietransfer und zu den geplanten Patentanmeldungen darstellt. Entscheidendes Augenmerk liegt zudem in der Integration von Nutzeranforderungen (z.B. Art der Interaktions-Sensorik und Anzeige/Beleuchtung) und neuer, nachhaltiger, biobasierter Elektronik in die Demonstratoren, welche zudem das Kernelement für die mittelfristige industrielle Verbreitung z.B. auf Messen darstellen.

## **Abstract**

Smart wood-based materials in interior design and furniture construction currently require complex copper wiring to power the invisibly attached sensors, light and display components ("Shy-Tech") as well as large-area resistance heating. Additionally, also conductors, printed directly on the back of the wooden component or previously on special paper plastic foils with final lamination as well as conductive textiles are already in use in such applications. All of these technologies for

wiring integration require metals (copper, silver) as electrical conductors as well as fossil hydrocarbon-based polymers & varnishes for electrical insulation (cable sheathing, cover layers on printed conductors) and printability of the paper. Insufficient and extremely difficult separability as well as environmental toxicity of the large-scale structures at the end-of-life of the wooden furniture and panels lead to a strong reduction in the sustainability of the biomaterial wood.

The aim of the WOODconduct project is

- the development of alternative conductor structure materials, processes and application technologies up to demonstrators (TRL 4)
- based on biological raw materials (wood processing waste and by-products, e.g. lignin, bark)
- with ecological refining processes of these organic raw materials to carbon powders with a high proportion of highly conductive nanoscale carbon (graphene, carbon nanotubes, nanocrystalline graphite) at low temperatures (catalytic pyrolysis)
- using economically applicable high-rate coating processes for the synthesis of materials into structured conductor tracks on wood-based and paper surfaces. Planned is the R&D on atmospheric pressure plasma process (APPD), enabling an embedding of the pyrolysis carbon powder in a mechanically flexible matrix made of nanocrystalline-amorphous carbon. Flexibility of such a composite will enable compensation of moisture related wood swelling without conductor failure. Easy controllability of the conductivity is expected by the powder / matrix proportion (i.e. very high for current conduction, significantly lower for resistance heating)
- Main focus on industrial production and assembly requires easy integration in state-of-the-art electronics and also future bio-based and biodegradable sensor, switching and light / display elements.

The project team is highly experienced in all necessary R&D topics and consist of Austrian partners (i.e. innovation leaders in Europe, SMEs and general contractors), covering the entire value chain from raw materials (Mondi) to pyrolysis refining (Wood-Kplus, Schunk) and large-area coating (for wooden panels and roll-to-roll-paper coating, JR and Inocon) towards the manufacture of wood-based materials (EGGER) and designer furniture (technoholz). Decisive in the material development is the fulfillment of all applicable norms and standards in the flame / fire protection and electrical extra-low voltage area. Consequently, the high sustainability of the planned bio-based material system also includes the development of (1) non-(environmentally) toxic flame retardants for wood and paper substrates (surface treatment with the formation of flexible silicone-silicates materials) and (2) bio-based electrical insulator coatings (with high flexibility and scratch resistance thanks to lignin in bio-TPU matrix).

In addition, aim for the "ecological wiring" is a very long service life as typical for furniture and interior design. Consequently, the methodology of the project also implements extensive simulation and, for their validation, extensive process and material characterization from macro to nano level, i.e.

- CFD-based plasma simulation for robust APPD coating processes with the achievement of the highest electrical conductivity by avoiding oxidation in the plasma by ambient air via shields developed specifically for the layer matrix synthesis from hydrocarbons and the simultaneous introduction of carbon particles from pyrolysis (inert gas-flushed "shrouds")
- (thermo-) mechanical FE simulation for sufficiently mechanically flexible, optimally laterally structured conductor layers on wood (composite) materials for (1) their contacting (i) to electronics and conventional, copper-based wiring as well as (ii) in tongue and groove systems

between wooden panels as well as

(2) their cyclical thermal loading capacity by low temperature resistance heating.

The material models for the conductors and insulators on wood-based materials (solid wood, veneer / plywood, fiberboard) or paper, which are significantly improved by the simulation, support the definition of guidelines for design, construction and embedding in wood production (e.g. bonding, lamination) as well as the possibilities for the planned patent applications.

The decisive focus in the demonstrator development implements both user requirements (e.g. type of interaction sensors and display / lighting) and the integration of new, sustainable, bio-based electronics. These demonstrators are finally the basis for the decision to scale up to industrial production processes and a core element for medium-term industrial dissemination, e.g. at trade fairs, as planned after the project.

### **Projektkoordinator**

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

### **Projektpartner**

- R&D Consulting GmbH & Co KG
- Fritz Egger GmbH & Co. OG
- Technoholz GmbH
- Kompetenzzentrum Holz GmbH
- INO GmbH