

## functionalWOOD2print

3D-Druck von hochfesten Holz- & biobasierten Strukturwerkstoffen mit nachhaltig servicerbarer funktioneller Oberfläche

<b>Programm / Ausschreibung</b>	THINK.WOOD, THINK.WOOD Innovation, THINK.WOOD Innovation - Holz als Werkstoff/Holzbaustoff	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.04.2023	<b>Projektende</b>	31.12.2026
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	45 Monate
<b>Keywords</b>	Generative Fertigung von Holzwerkstoffen; Binder Jetting mit Holz- und biobasierten Werkstoffen; Postprocessing mit biobasierten Verschleißschutzbeschichtungen		

### Projektbeschreibung

Die additive Fertigung (AM, 3D-Druck) erweitert gegenüber konventionellen Verfahren signifikant die Design-Freiheiten und Individualisierung von Komponenten und Baugruppen. Zusätzlich verkürzt sie von der Produktentwicklung (Design-Demonstratoren / Prototypen) bis hin zur mittelgroßen Serienfertigung Herstellzeiten und -kosten.

Bislang fehlen aber technisch und industriell nutzbare AM-Prozesse für mechanisch ähnlich hoch wie Kunststoffe belastbare, zähe Werkstoffe aus Holz- und biobasierten Rohstoffen, welche z.B. auch aus Nebenprodukten der Holz- und papierverarbeitenden Industrie vielfältig und in großer Menge zur Verfügung stehen (Holzspäne, -mehl, Lignin). Gegenüber der Materialextrusion („Fused Filament Fabrication“) mit Nutzung derartiger Rohstoffe als Filamente für mechanisch kaum belastbare Design-Prototypen eignen sich speziell Pulverbett-basierte AM-Prozesse aufgrund generell signifikant größerer Bauräume, höherer Bauraten und vor allem keiner anschließend als Produktionsabfall zu entfernender Stützstrukturen sehr gut für industrielle Fertigung. Während Laser-basierte Prozesse („Selektives Lasersintern“) durch den lokalen hohen Energieeintrag rasch zur Schädigung von Holzfasern führen, umgehen Binder-Jetting-Prozesse (BJT) dies durch „selektives Verkleben“ mit einem über Düsen aufgebrauchte Bindemittel ("Tinte") innerhalb der aufgebrauchten Pulverlage mit jener darunter in den das Bauteil formenden Bereichen mit nur sehr geringem Wärmeeintrag zur Aushärtung (Vernetzung). BJT ist bereits unter Nutzung von z.B. reinen und Gips-gefüllten Polymeren bzw. zur Grünkörperherstellung von Metallsinterteilen in breiter Anwendung. Biobasierte BJT-Systeme für die Werkstoffmatrix (z.B. biobasierte Polymere), für die Verstärkungsfasern und -füllstoffe (z.B. Holzfasern / -mehl) sowie auch für die Bindemittel sind bislang in wissenschaftlicher Literatur kaum beschrieben und fehlen als Verfahrens-abgestimmte Rohstoffe am Markt. Ebenso fehlen abgestimmte biobasierte Infiltrationsharze, welche nach der Entnahme des Bauteils aus dem Pulverbett und Reinigung zur Schließung von offener Porosität und Erhöhung der mechanischen Eigenschaften verwendet werden. Weiterer Vorteil des BJT-Verfahrens ist die Nutzbarkeit unterschiedlicher über die Druckköpfe/-düsen aufgetragener Bindemittel zur Variation mechanischer und dekorativer Eigenschaften (Flexibilität, Farbe & Dekor) innerhalb der Bauteile.

Nachhaltiges Ökodesign für zukünftig aus Holz- und biobasierten Werkstoffen mittels AM gefertigter Produkte schließt aber auch die Funktionalisierung der Oberfläche für Langlebigkeit bzw. die Möglichkeit von Servicerung bzw. Austausch dieser für

die weitere Steigerung der Nutzungsdauer ein. Optimiertes Abrieb- und Verschleißverhalten ("Tribologie") können dabei kaum direkt mit AM realisiert werden, beispielsweise „Kratzbeständigkeit“ und Härte oder auch sehr niedrige Reibzahlen (Gleiteigenschaften) zur Werkstoffnutzung auch in bislang kaum durch Holzwerkstoffe abgedeckten Anwendungen wie Möbelbeschläge und -auszüge. Ebenso bedarf auch der Schutz vor Wasserdampfzutritt als Basis von mikrobiellem Holz-Abbau durch zu hohe Feuchte die Aufbringung von Schutzbeschichtungen.

Diese beiden technologischen Kernthemen für energie- und rohstoffeffiziente zukünftige Bauteile sind Entwicklungsziele von functionalWOOD2print, d.h.:

- Entwicklung von BJT-Werkstoff-, Anlagentechnologie und Fertigungsprozessen unter Anwendung überwiegend Holz- und biobasierter Rohstoffe und mit Fokus auf ähnlich hohe mechanische Eigenschaften (Festigkeit, Zähigkeit), wie sie mit SLS- als „Gold-Standard“ der Polymer-AM erreichbar sind

- Entwicklung einer Toolbox für „servicierbares“ bzw. austauschbares und auch dekorative Effekte ermöglichendes Oberflächen-Finishing für hohe und sehr langlebige mechanisch-tribologische Beständigkeit durch

- (1) direkte Applizierung von neuen biobasierten Gleitlacken mittels direkter (Sprüh-)Lackierung auf die AM-Oberflächen bzw.

- (2) Laminierung von hochflexiblen Biopolymer-Folien mit zuvor über Atmosphärendruck-Plasmabeschichtungsprozesse (APPD) im Rolle-zu-Rolle-Prozess aufgetragenen bzw. „eingeschmolzenen“ Gleitpartikel.

Nutzung der Folien-Laminierung und APPD zudem als Wasserdampf-Diffusionssperre durch aufgetragene Siliziumoxid-basierte nanoskalige Mehrlagenschichten für Anwendungen in höherer Feuchte.

- Entwicklung von biobasierten Trockenschmierstoff-Gleitpartikeln ausgehend vom Holzverarbeitungs-Nebenprodukt Lignin unter Nutzung von energieeffizienten katalytischen Niedrigtemperatur-Pyrolyse-Prozessen zur Bildung von (nano-)Kohlenstoffpulvern (Graphit, Graphen, etc.) als Ersatz von synthetischen MoS<sub>2</sub>, WS<sub>2</sub> und Teflon mit Umwelttoxizität bzw. von Graphit mit fossilem Ursprung

Herausforderungen liegen dabei generell in hoher Kohäsions- und Adhäsionsfestigkeit der Materialien in den Struktur- und Oberflächen-Kompositen, welche unter Anwendung von wissenschaftlich-technischen Untersuchungsmethoden vom Makro- bis in den Nano-Maßstab sowie Nutzung von überwiegend am Markt verfügbaren, biobasierten und bioverträglichen Grund- und Zusatzstoffen (Additiven) als Basis rascher wirtschaftlicher Umsetzbarkeit optimiert werden.

Entscheidend für eine derartige Material- und Prozessentwicklung ist die Abstimmung der Prozesse aufeinander sowie speziell der Entwicklung von Leitlinien für ein funktionszentriertes Ökodesign bzw. Konstruktion als Basis der Nutzung der Fertigungstechnologiekette. Dieses Ökodesign ausgehend von der Rohstoffauswahl schließt nicht nur die Servicierbarkeit sondern auch und mögliche Wechselwirkungen im Recycling (z.B. in Rezyklat-Holzfasertafeln) sowie das thermische End-of-Life ohne Emission toxischer Substanzen bei der Verbrennung ein.

Das Projekt functionalWOOD2print fokussiert dabei speziell auf die Entwicklung von Demonstratoren gemeinsam mit KMUs aus der holzverarbeitenden österreichischen Industrie in höchstqualitativen Anwendungsfeldern (Design und Möbelbau, Musikinstrumentenbau), welche nicht nur für die Erstellung der Leitlinien für die Technologieanwendung dienen, sondern auch für eine Technologieverbreitung z.B. bei Messen und im Kundenkontakt.

Die beteiligten Projektpartner decken dabei die Kernbereiche der gesamten Wertschöpfungskette ab, d.h.:

- Haratech mit dem „3D-Druckzentrum Austria“ als größter Kunststoff-AM-Lohndienstleister und -Serienfertiger in Ostösterreich und hoher Kompetenz in der Bauteilkonstruktion, Entwicklung und Anwendung von BJT-Prozessen und dem Anlagen-Retrofit für mittelgroße Serienfertigung
- Wood-Kplus als Partner im Bereich Holzwerkstoff-F&E, d.h. für die Auswahl und Optimierung der Rohstoffmischungen für BJT, für die Entwicklung katalytische Lignin-Pyrolyse, für eine biobasierte Gleitlackformulierung sowie für die Durchführung von mechanischer und struktureller Charakterisierung- und Prüftechnik speziell für Holzwerkstoffe
- JOANNEUM RESEARCH als F&E-Partner für die Entwicklung von APPD-Prozessen für die Biopolymer-Folienbeschichtung mit industrienahe Rolle-zu-Rolle-Technologie und großem Knowhow in der tribologischen Prüfung von Biomaterialien, Polymeren und Kompositen und der wissenschaftlichen Beschreibung der auftretenden Mechanismen
- Technoholz als Anwendungspartner im Bereich Design-Möbel- und -Ladenabau und
- Schmidt Harmonika als Anwendungspartner im Bereich höchstqualitativer Musikinstrumente.

Dieses Konsortium wird im Bereich von State-of-the-Art-Rohstoffen, dem Transfer der Oberflächenkonzepte auf industrielle Fertigung bzw. weiteren Anwendungsfeldern von assoziierten Projektpartnern unterstützt.

Finales Ziel von functionalWOOD2print sind optimierte Demonstratoren (d.h. TRL 4), wobei anschließend diese sowie auch die BJT- und Beschichtungs-Technologie für die industrielle Fertigung im Mittelserien-Maßstab hochskaliert werden. Durch den seit 20 Jahren erfolgreichen wirtschaftlichen Fokus von Haratech auf Auftrags-Bauteilkonzeption, Lohnfertigung und Anlagen-Retrofit für die In-House-Fertigung auch bei den Kunden wird die breite Nutzbarkeit der entwickelten nachhaltigen und energieeffizienten AM-Fertigungstechnologie ermöglicht.

## **Abstract**

Additive manufacturing (AM, 3D printing) significantly expands the design freedom and individualisation of components and assemblies in comparison to conventional processes. In addition, it shortens manufacturing times and costs from product development (design demonstrators / prototypes) to medium-sized series production. However, there is a lack of technically and industrially usable AM processes for tough materials with wood and biobased raw materials, which can withstand mechanical stresses similar to those of plastics, which are also available in large quantities from by-products of the wood and paper processing industry (wood chips, wood flour, lignin).

Compared to material extrusion ("fused filament fabrication") with the use of such raw biobased materials as filaments for mechanically hardly resilient design prototypes, powder bed-based AM processes are very well suited for industrial production due to generally significantly larger build spaces, higher build rates and, above all, no support structures that subsequently have to be removed as production waste. While laser-based processes ("selective laser sintering") quickly lead to damage of wood fibres due to the local high energy input, binder jetting processes (BJT) circumvent this by "selectively bonding" with a binder applied via nozzles within the applied powder layer. The binder forms in the layer and underneath layer a hard solid, forming the component, and requires only very low heat input for curing (cross-linking). BJT is already in widespread use, e.g. using pure and gypsum-filled polymers or for green body production of metal sintered parts. However, bio-based BJT systems producing a bio-based material matrix (e.g. bio-based polymers), reinforcing fibres and fillers (e.g. wood fibres / wood flour) as well as binders have hardly been described in scientific literature so far and are missing on the market as designated process raw materials. There is also a lack of coordinated bio-based infiltration resins, which are used

after removal of the component from the powder bed and subsequent cleaning and which close open porosity, increasing the mechanical properties. Another advantage of the BJT process is the usability of different binders of different mechanical and decorative properties (flexibility, colour & decor) applied via the print heads/nozzles.

Sustainable eco-design for future products manufactured from wood and bio-based materials using AM must also include an appropriate functionalisation of the surface for durability and the possibility of servicing or replacing, being the basis for further increased lifetime. Optimised abrasion and wear behaviour ("scratch resistance" as well as appropriate sliding properties for material use even in applications that have hardly been covered by wood-based materials so far, e.g. furniture fittings and pull-outs) can hardly be realised directly with AM. Likewise, protection against water vapour diffusion as start of microbial wood degradation due to excessive moisture also requires the application of protective coatings.

These two core technological topics for energy- and raw material-efficient future components are development goals of functionalWOOD2print, i.e.:

- Development of BJT material, equipment technology and manufacturing processes using predominantly wood and bio-based raw materials and focusing on similar high mechanical properties (strength, toughness) as achievable with SLS- as the "gold standard" of polymer AM.

- Development of a toolbox for "servicable" or exchangeable surface finishing, which also enables decorative effects, for high and very long-lasting mechanical-tribological resistance through

  - (1) direct application of new bio-based bonded coatings by means of direct (spray) coating on AM surfaces or

  - (2) lamination of highly flexible biopolymer films with previously applied, "fused in" slip particles via atmospheric pressure plasma deposition processes (APPD) in a roll-to-roll process.

vapour diffusion barrier coatings based on applied silica-based nanoscale multilayers for applications in higher humidity.

- Development of bio-based dry lubricant sliding particles starting from the wood-processing by-product lignin using energy-efficient catalytic low-temperature pyrolysis processes to form (nano-)carbon powders (graphite, graphene, etc.) to replace synthetic MoS<sub>2</sub>, WS<sub>2</sub> and Teflon with environmental toxicity and fossil-derived graphite, respectively.

The R&D challenges are found in achieving high cohesion and adhesion strength of the materials in the structural and surface composites, which are optimised using scientific and technical research methods from the macro to the nano scale as well as the use of biobased and biocompatible basic materials and additives with the focus on good availability on the markets.

Crucial for such a material and process development is the mutual adaptation of the processes and especially the development of guidelines for a function-centred eco-design or construction as a basis for the use of the production technology chain. This eco-design, starting from the raw material selection, includes not only the serviceability but also includes the analysis of possible interactions in recycling (e.g. in recycled wood fibre boards) as well as the impacts on the thermal end-of-life without emission of toxic substances.

functionalWOOD2print focuses specifically on the development of demonstrators together with SMEs from the Austrian wood processing industry in high-quality application fields (design and furniture, musical instruments), which not only serve to create guidelines for technology application, but also for technology dissemination, e.g. at trade fairs and in customer

contact.

The project partners involved cover the core areas of the entire value chain, i.e.:

- Haratech with the "3D-Printing Center Austria" as the largest plastic AM contract service provider and series manufacturer in Eastern Austria and with high competence in component design, development and application of BJT processes and plant retrofit for medium-sized series production.
- Wood-Kplus as a partner in the field of wood-based materials R&D, i.e. for the selection and optimisation of raw material mixtures for BJT, for the development of catalytic lignin pyrolysis, for a bio-based bonded coating formulation as well as for the implementation of mechanical and structural characterisation and testing technology especially for wood-based materials
- JOANNEUM RESEARCH as R&D partner for the development of APPD processes for coating of large-area biopolymer films with industry-oriented roll-to-roll technology and great know-how in tribological testing of biomaterials, polymers and composites
- Technoholz as application partner in the field of design furniture and shop fitting and
- Schmidt Harmonika as an application partner in the field of high quality musical instruments.

Further, the consortium is supported by associated project partners in the field of state-of-the-art raw materials, in the transfer of surface concepts to industrial production and in extension of the application fields.

The final goals of functionalWOOD2print are 3 optimised demonstrators (i.e. TRL 4), which will then be scaled up for industrial production on a medium-series scale, including BJT and coating technology. Haratech's 20-year successful commercial focus on contract component design, contract manufacturing and equipment retrofits for in-house manufacturing at customer sites, enables the broad usability of the developed sustainable and energy-efficient AM manufacturing technology.

### **Projektkoordinator**

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

### **Projektpartner**

- Kompetenzzentrum Holz GmbH
- HARATECH GmbH
- Schmidt Harmonikaerzeugung GmbH
- Technoholz GmbH