

## LIFOMUL 3D

Lignin FOrmulations for MULtimaterial 3D printing of microneedle electrodes

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, 39. AS PdZ Transnationale Projekte M.ERA.NET	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.07.2022	<b>Projektende</b>	31.10.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	40 Monate
<b>Keywords</b>	3D-printing; stereolithography; biocompatibility; biomedical application		

### Projektbeschreibung

Der steigende Bedarf an Systemintegration, Programmierbarkeit und Adaptierbarkeit in den Materialwissenschaften benötigt die additive Fertigung, um struktur-funktionale Multimaterialien im Mikrometerbereich bereitzustellen zu können. Für die Deckung dieses Bedarfs hängt der zukünftige Erfolg der additiven Fertigung stark von der Fähigkeit ab die angesprochenen Materialien nachhaltig, im Sinne der Umwelt, und ökonomisch tragbar auf Basis von erneuerbaren Materialien zu fabrizieren. Zu diesem Zweck wird LIFOMUL 3D funktionelles Materialdesign mittels Projektions-Mikrostereolithography (P $\mu$ SL) auf Lignin-Basis umsetzen, dem zweithäufigsten natürlichen Polymer, welches in Tonnen als Nebenprodukt in der industriellen Celluloseverarbeitung vorkommt.

Statt nur als Additiv oder Füllstoff zu dienen, wird ein wahrlich Lignin-basiertes Photopolymer entwickelt, um konventionelle synthetische Materialien im 3D Druck zu ersetzen. Ziel ist es eine Objektgröße von unter 100  $\mu\text{m}$  zu erzielen, die Verarbeitungsparameter des Photopolymer, die Biokompatibilität und die elektrische Leitfähigkeit anzupassen und eine Anwendung zu untersuchen, die genau diesen Raum der Parameter nutzt: Elektrokardiographie- (EKG-) und Elektroenzephalographie- (EEG-) kompatible Mikronadelelektroden. Der Vorteil von Mikronadeln, im Vergleich zu etablierten Gel-Elektroden liegt in erster Linie in ihrer drastisch reduzierten Impedanz an der Haut-Elektroden-Grenzfläche. Durch das Ausschließen der Notwendigkeit einer Präparation der Haut und/oder der Anwendung gelartiger Elektrolyte, resultieren Mikronadel-basierte Trocken-Elektroden sowohl in erhöhtem Nutzerkomfort als auch in verbesserte Signalqualität und Langzeitstabilität. Der Arbeitsablauf erfolgt für die Materialentwicklung von der chemischen Modifikation von Lignin für die Licht-initiierte Photopolymerisation und der Untersuchung funktionaler Additive, um eine elektrische Leitfähigkeit zu erhalten, gefolgt von der Entwicklungstechnischen Anpassung an den 3D Drucks, was sich aus der Vielfalt der Ligninquellen (Kraft-, Aquasolv- Organosolv-Lignin), Viskosität, Molekulargewicht sowie Unreinheiten ergibt, was final zu Lignin-basierten funktionellen Multimaterialien führt.

Ein hochauflösendes P $\mu$ SL-System wird ebenfalls entwickelt und als Fertigungsplattform verwendet werden, was die Fabrikation von Mikronadeln mit bis zu 700  $\mu\text{m}$  Höhe und einer minimalen Fabrikationsgröße von 10  $\mu\text{m}$  (Absicht 3  $\mu\text{m}$ ) auf einem hohen Automatisierungsgrad erlaubt. Das Systemdesign wird Hybrid-Druck von zwei verschiedenen Materialien erlauben und beinhaltet einen Prozess zur Reinigung der gedruckten Strukturen bevor der Wechsel von einem zum anderen Material erfolgt. Das ermöglicht die direkte Herstellung und Anwendung der gedruckten Mikronadeln für EKG- und EEG-

Messungen ohne eine Nachbearbeitung (wie z.B. Metall-Aufdampfung), was einen hohen Energieverbrauch und die Verwendung von Metallen mit hohem Umwelteinfluss bedeuten würde.

Durch die Verfolgung dieser Ziele wird LIFOMUL 3D einen nachhaltigen Weg zur additiven Fertigung mittels P $\mu$ SL-Druck ebnen und gleichzeitig den Bedarf an struktur-funktionalen Polymermaterialien adressieren.

Bezüglich der Verwertung nach dem Projekt, werden die hoch kompetenten Industriepartner die in LIFOMUL 3D beteiligt sind die gesamte Wertschöpfungskette der additiven Fertigung abdecken: Design der Belichtungseinheit für hochauflösende P $\mu$ SL (‘IN-VISION’) und 3D-Druck (‘Alpin3D’). Außerdem wurden Interessesbekundungen (engl. letter of interests (LoI)) für die kommerzielle Verwertung der Ergebnisse aus LIFOMUL 3D in der Nachantragsphase von den Unternehmen 3DXS (funktionale Materialien), EnvisionTEC (3D Drucker) und Leonhard Lang GmbH (EKG Elektroden) unterzeichnet. Dadurch gewährleisten wir eine erfolgreiche Übersetzung von Projektergebnissen in die Kommerzialisierung und bringen die Vorteile der Technologie zum Endverbraucher. Zu Beginn wird LIFOMUL 3D zwischen dem TRL2 (Entwicklung Lignin-basierte Photopolymere) und TRL3 (P $\mu$ SL-Drucker) liegen. Ziel von LIFOMUL 3D ist es die Technologien im Labor zu validieren, um TRL 4 zu erreichen.

## Abstract

The increasing demand for system integration, programmability and adaptiveness in materials science requires additive manufacturing to provide structural-functional multi-materials with micron-scale resolution. The future success of additive manufacturing to address these demands will strongly rely on the ability to also fabricate these materials in an environmentally sustainable and economically viable fashion based on renewable materials. On this account, LIFOMUL 3D will implement functional material design via projection-microstereolithography (P $\mu$ SL) based on lignin, the second-most abundant natural polymer and accumulating as ton-scale byproduct of industrial cellulose production.

Instead of merely serving as additive and filler material, truly lignin-based resins will be developed to replace conventional synthetic material bases in 3D printing. The goal is to achieve sub-100  $\mu$ m feature sizes, biocompatibility as well as electrical conductivity, and explore an application that will utilize exactly this parameter space – the design of electrocardiography- (ECG-) and electroencephalography- (EEG-) compatible microneedle electrodes. The advantage of microneedles compared to established wet electrodes primarily lies in their drastically reduced skin-electrode impedance. By eliminating the need for skin preparation and/or the application of electrolytic gels, microneedle-based dry electrodes result in superior user comfort as well as signal quality and long-term stability. This is particularly relevant for specialty ECG and EEG applications such as long-term monitoring.

Regarding material development, the work flow will proceed from chemically modifying lignin for light-triggered photopolymerization and exploring functional additives to tailor electrical conductivity, over 3D printer development accounting for the variety of lignin sources (Kraft-lignin, Aquasolv-lignin, Organosolv-lignin) and intrinsic viscosities, molecular weights as well as impurities, ultimately leading to the design of lignin-based functional micro-multimaterials. As well, a high-resolution P $\mu$ SL system will be developed and used as manufacturing platform, allowing for fabricating microneedles with up to 700  $\mu$ m height and a minimum feature size smaller than 10  $\mu$ m, aiming for 3  $\mu$ m, at a high degree of automation. The system will be designed to permit hybrid printing of two different materials and incorporate a cleaning process of the printed structures before switching from one material to the next one. This will enable the direct fabrication and usage of the printed microneedles for ECG- and EEG measurements without requiring further post-processing (such as metal evaporation), which require a high energy consumption and the use of metals with high environmental impact. Pursuing these objectives, LIFOMUL 3D will path the way towards additive manufacturing via P $\mu$ SL printing that is sustainable and addressing the demand for structural-functional polymer materials at the same time.

Concerning post-project exploitation, the highly competent industrial partners involved in LIFOMUL 3D cover the entire additive manufacturing value chain: light engine design for high resolution P $\mu$ SL ('IN-VISION') and 3D printing ('Alpin3D'). Moreover, letter of interests (LoI) for the post-project commercial exploitation of the LIFOMUL-3D results have been signed by the companies 3DXS (functional materials), EnvisionTEC (3D printers) and Leonhard Lang GmbH (ECG electrodes). Thereby, we assure successful translation of project results into commercialization and to bring the benefits of the technology to the end user. At the beginning of the project, LIFOMUL 3D will be situated between TRL2 (lignin-based resins development) and TRL3 (P $\mu$ SL-printer). The goal of LIFOMUL 3D is to validate the technologies in lab environments to reach TRL4.

### **Projektkoordinator**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

### **Projektpartner**

- IN-VISION Technologies AG
- Fachhochschule Technikum Wien
- Alpin3D GmbH