

## i<sup>3</sup>sense

Intelligent, integrated and impregnated cellulose-based sensors for reliable bio based structures

<b>Programm / Ausschreibung</b>	COMET, COMET-Modul, COMET-Modul, 2. Ausschreibung	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.01.2022	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektaufzeit</b>	48 Monate
<b>Keywords</b>	engineering wood products, biobased composites, smart structures		

### Projektbeschreibung

Die Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks in möglichst vielen Bereichen unumgänglich, um die mit der Klimaänderung verbundenen Risiken zu mindern. Naturfaserverstärkte Verbundstoffe (NFC) und tragende Holzwerkstoffe sind eine nachhaltige Basis für eine neue Generation hochleistungsfähiger und umweltverträglicher Strukturmaterien. Die möglichen Anwendungen reichen von der Automobil- und Bauindustrie hin zur Erzeugung erneuerbarer Energien. Die Herausforderungen bei der Anwendung in diesen Bereichen sind hohe mechanische und hygrothermale Belastungen und resultierende Schäden, in vielen Fällen mit katastrophalen Folgen (Versagen von Windflügeln, tragender Gebäudeteile usw.). Daher sind frühzeitige Erkennung von Dehnungen und Spannungen, von Auswirkungen von Imperfektionen, die bei der Herstellung entstehen, von Feuchtigkeitsaufnahme und ähnliches, kritische Erfolgsfaktoren.

Das Ziel von i<sup>3</sup>Sense ist es, mit intelligenten, integrierten und imprägnierten Sensoren auf Zellulosebasis das volle Potenzial nachhaltiger Verbundwerkstoffe in einer Vielzahl von Anwendungen zu erschließen und sichere Alternativen zu herkömmlichen Systemen mit hohem Kohlenstoff-Fußabdruck anzubieten.

Holz und naturfaserbasierte Verbundwerkstoffe sind von Natur aus nachhaltig, sofern die Einschränkungen aufgrund von Umweltfaktoren wie Feuchtigkeitsaufnahme überwunden werden können. Im Holzbau wird dies derzeit nur durch die Einhaltung erheblicher Sicherheitsfaktoren und vereinzelt durch externe Sensoren in kritischen Bereichen erreicht. In dünnwandigeren NFC wirken diese Sensoren aber als Störfaktoren, die die Gesamtkonstruktion schwächen.

Zur Lösung dieser Herausforderung verfolgen wir einen radikal neuen Ansatz, der die nachhaltigen Materialien selbst (Holz, die Verstärkungsfasern und/oder die Matrix) zu einem implizierten Sensorsystem macht. Unser Ansatz ist, Veränderungen der Feuchtigkeit, der mechanischen Belastung und der Temperatur *in situ* zu messen, ohne die strukturelle Integrität der Hightech-Verbundwerkstoffe zu beeinträchtigen und so, die Lücke zwischen Nachhaltigkeit und Performance zu schließen.

Das Forschungsziel ist:

- Zu verstehen, wie hygrothermale und mechanische Spannungen die elektrischen Eigenschaften der Polymermatrix oder des Klebstoffs, des Verbunds und der verwendeten Materialien verändern,
- zu erforschen, wie diese Eigenschaften verstärkt (modifiziert) und ausgelesen werden können,
- dieses Wissen zu nutzen, um die Zustandsänderungen in Echtzeit zu erkennen,
- zu erforschen, wie die Modifikation mit der Matrix interagiert und die Eigenschaften verändert,

- so die strukturelle Integrität über lange Zeiträume zu überwachen.

Das internationale, junge Team hoch motivierte Wissenschaftler, unterstützt von renommierten Experten, wird diese hohen Forschungsziele erreichen und smarte Strukturmaterialien mit voll integrierten Sensorsystemen in einem nachhaltigen Ansatz entwickeln. Demonstratoren im Labormaßstab werden realisiert, die die Machbarkeit dieser Technologieplattform belegen. Die Systeme ermöglichen zudem eine nahtlose Integration in Industrie 4.0, die spätere Nutzung von Daten im Referenzarchitekturmodell wird bereits bei der Sensorentwicklung und -integration berücksichtigt. Ermöglicht durch die Interdisziplinarität des Teams wird dieser Aspekt berücksichtigt und Fragen der drahtlosen oder drahtgebundenen Schnittstelle frühzeitig berücksichtigt, um den Grundstein für nachfolgende Innovationen zu legen.

Die Beteiligung führender Unternehmen aus dem Holzbau, der Automobil- oder Luftfahrtindustrie unterstreicht die Bedeutung des Forschungsthemas, sichert die Verwertung der Ergebnisse und ebnet den Weg für naturbasierte Materialien in High-Tech-Anwendungen. Durch das Modul expandiert WOOD in neue wissenschaftliche Bereiche, ermöglicht neue Partnerschaften und schafft eine Basis für zukünftige Projekte.

## Abstract

Reducing the carbon footprint of engineered structures across scales will be pivotal in mitigating the risks associated with global warming. Natural fibre reinforced composites (NFC) and load-bearing wood composites are a sustainable base for a new generation of high performance structural materials with environmental compatibility. Potential applications are broad and span from automotive and construction industries to renewable energy production. Unresolved challenges when applied in these fields are exposure to extreme hygrothermal and mechanical stresses and resulting damage, in many cases with catastrophic effects (shattering of wind blades, collapse of statically important building parts etc.). This makes early detection of moisture induced excessive stress, the impact of minor imbalances created in manufacturing, and the like a critical success factor.

The aim of i<sup>3</sup>Sense is to unlock the full potential of sustainable composites in a wide range of applications and offer safe alternatives to traditional high carbon footprint systems with intelligent, integrated and impregnated cellulose based sensors.

Load-bearing wood and natural fibre-based composites are inherently sustainable, making this class of materials a natural choice for future high-performance structures if current limitations due to environmental factors such as moisture absorption can be overcome. In timber construction, this is currently only achieved by observing substantial safety coefficients and, sporadically, by means of external bulky sensors in critical areas. In the more delicate NFC, however, these sensors even more act as disruptive factors weakening the overall structure.

To solve this challenge, we will take a radically new approach that turns the sustainable materials themselves (wood, the reinforcing fibres and/or the matrix) into an imperceptible, embedded sensor system. Capable of measuring changes in humidity, mechanical stress and temperature in situ without adverse impact on structural integrity of the high-tech composites, our approach will allow us to close the gap between sustainability and performance.

The research goals are:

- To understand how hygrothermal and mechanical stresses change the electrical properties of the polymeric matrix or adhesive, the composite and the materials used,
- to explore how these properties can be used (modified) and read out,
- to use this knowledge to detect the changes in state in real time,
- explore how the modification interacts with the matrix and alters the properties,
- to monitor structural integrity over long periods of time.

With our international, young and highly motivated team of scientists, supported by renowned experts, we will succeed in meeting these high research goals, developing smart structural materials with fully integrated sensor systems in an all sustainable approach. In the living lab approach, the development is studied together with the user in a practice-oriented laboratory setting. Such smart systems moreover enable seamless integration into Industrie 4.0, the subsequent use of data and location in the RAMI (reference architecture model) will thus be already taken into account during sensor development and integration. Enabled by the strong interdisciplinarity of the team, we will also consider this aspect in the project, tackling issues of wireless or wired data interfaces at an early stage to lay the foundation for lasting innovation.

The participation of leading companies in wood construction, automotive or aviation industries underlines the importance of the research topic, ensures the utilisation of the results and paves the way for natural-based materials in high-tech applications. The module strengthens the expertise of the WOOD K plus composite and engineered wood teams, opens up the expansion of WOOD K plus into new scientific fields, enables new partnerships and creates a basis for future projects.

## **Projektkoordinator**

- Kompetenzzentrum Holz GmbH

## **Projektpartner**

- Mendel University in Brno
- FACC Operations GmbH
- Universität Linz
- Hendrickson Commercial Vehicle Systems Europe GmbH
- Universität für Bodenkultur Wien
- Papierfabrik Wattens GmbH & Co KG
- "Riedmann Markus" GmbH
- KremsChem Austria GmbH
- FunderMax GmbH
- AUDI Aktiengesellschaft
- ETH Zürich
- Kästle GmbH
- Stora Enso Wood Products GmbH
- Universität Bremen