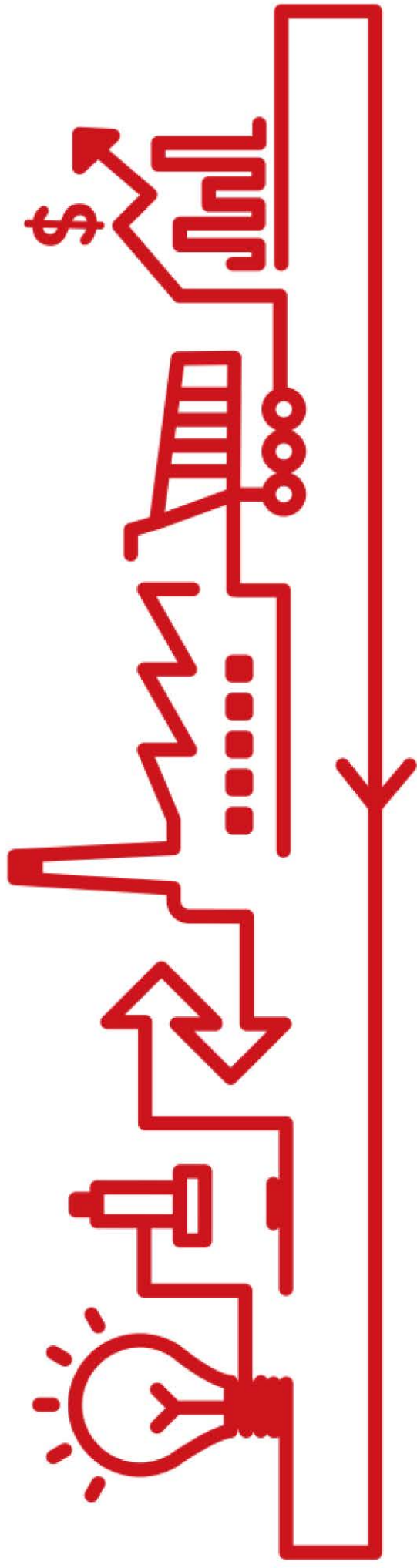


Willkommen
Welcome
Bienvenue



Materials Science and Technology

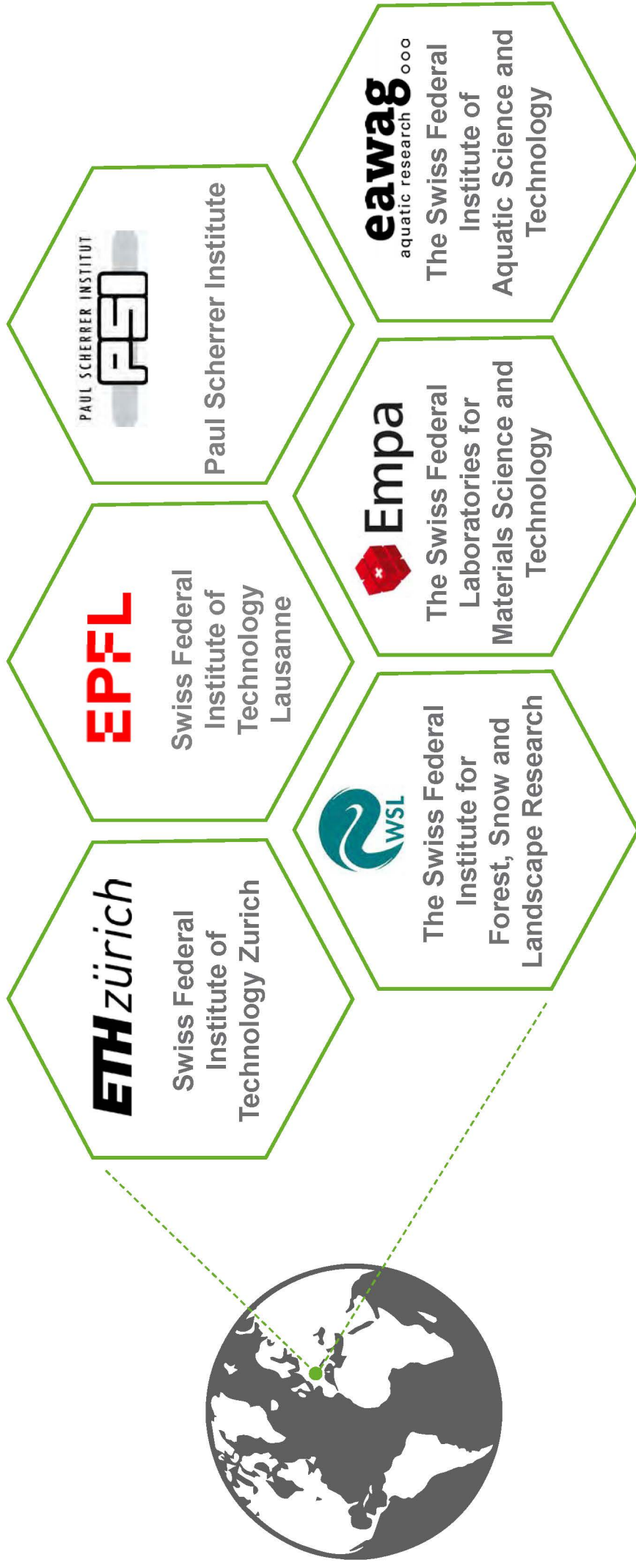


Empa – the place where innovation starts

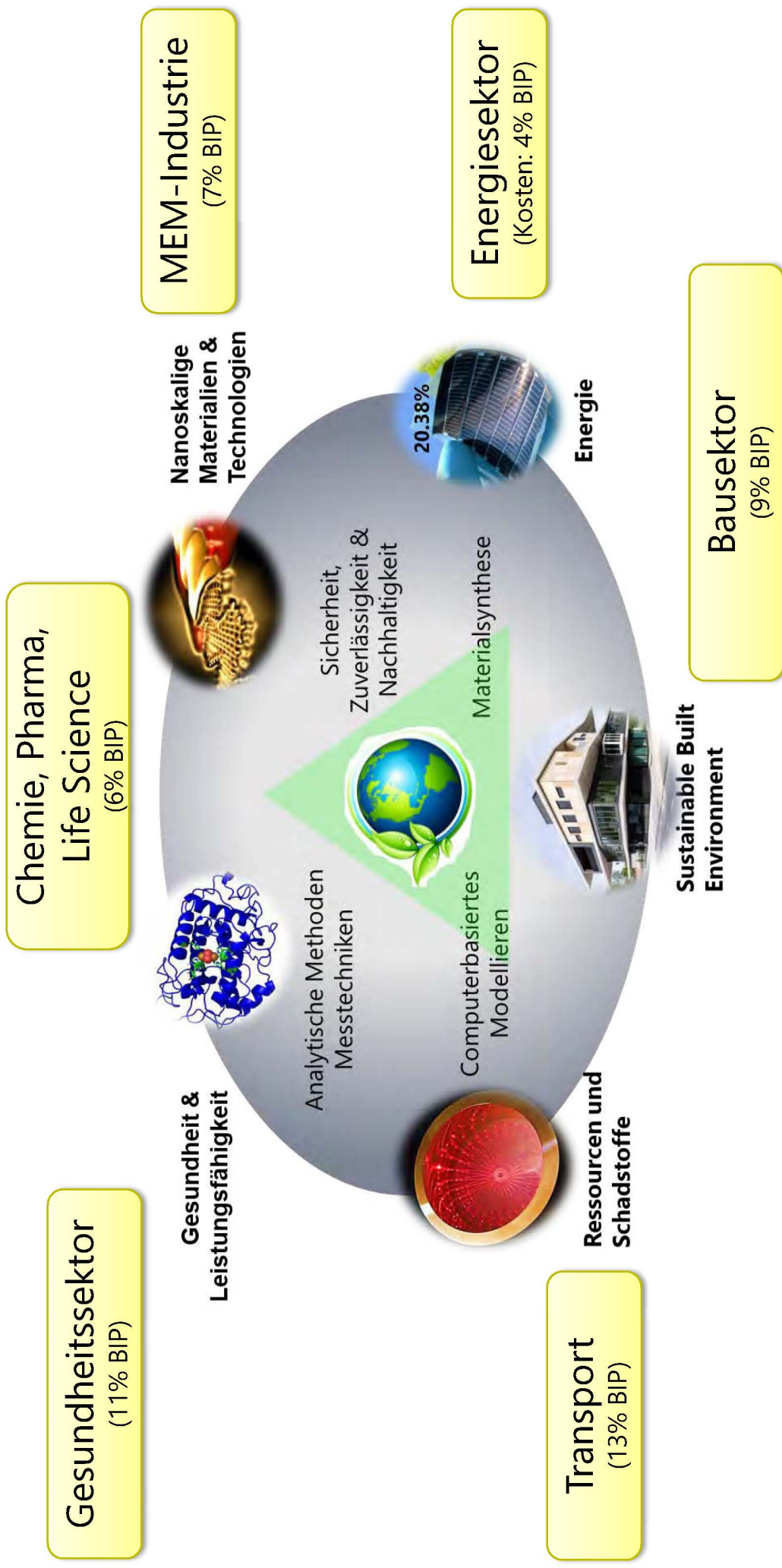
Holz als Hochleistungswerkstoff, 16. 03. 2022, NWG Vortragsreihe, St. Gallen

Dr. Tanja Zimmermann

ETH Bereich



Für die Zukunft der Schweizer Industrie



3 Standorte – eine Empa – «the place where innovation starts»

Netto Null Campus



Materials Science and Technology



Dübendorf



St. Gallen

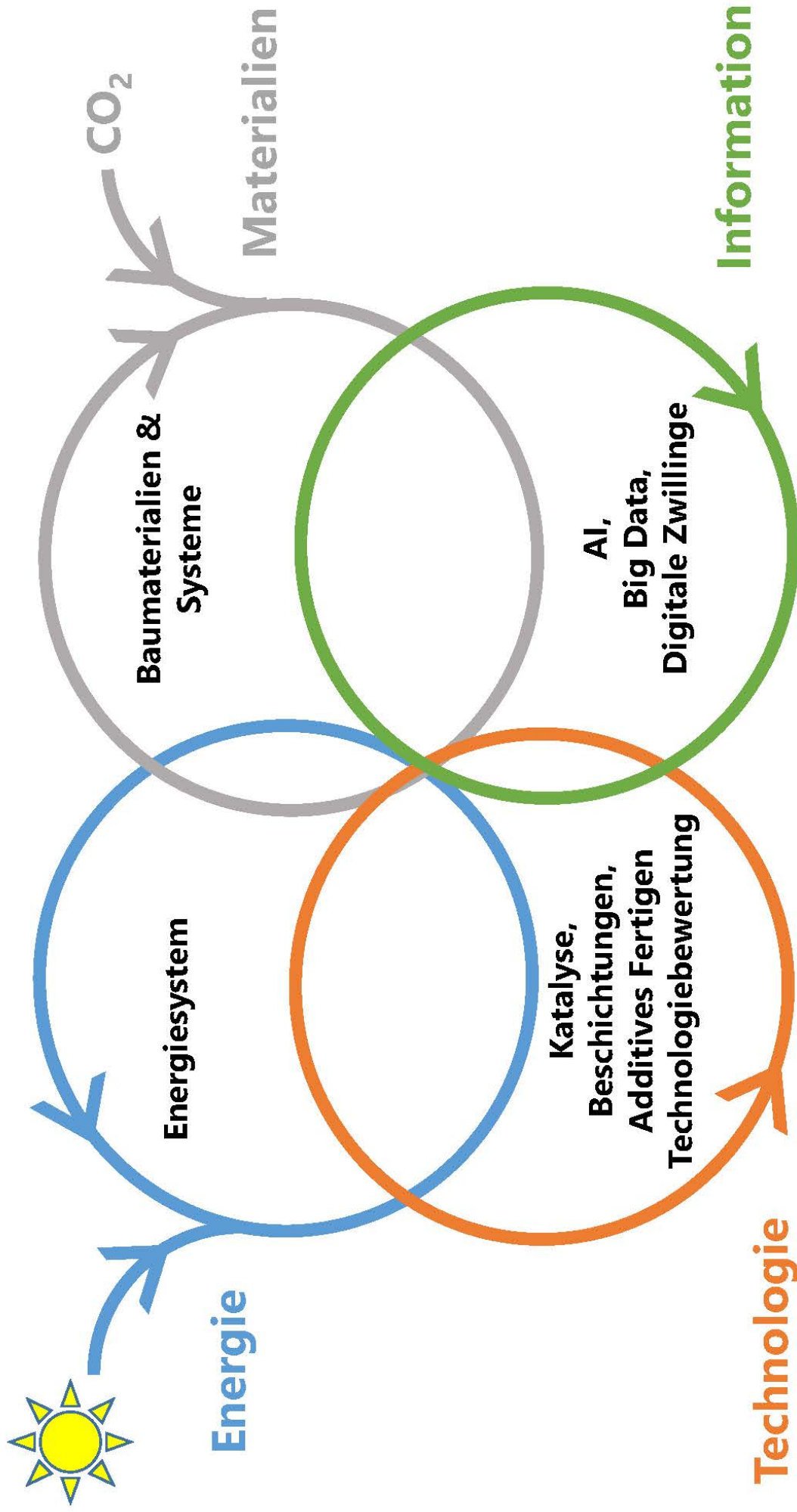


Thun

Empa's Kernkompetenzen



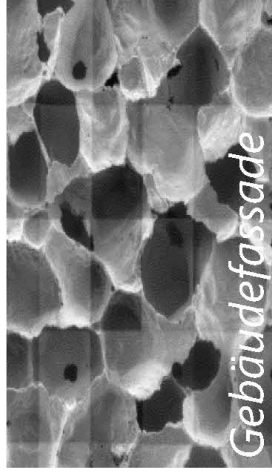
Materials Science and Technology



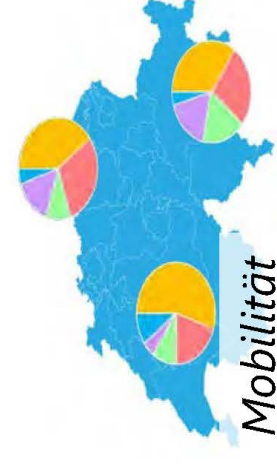
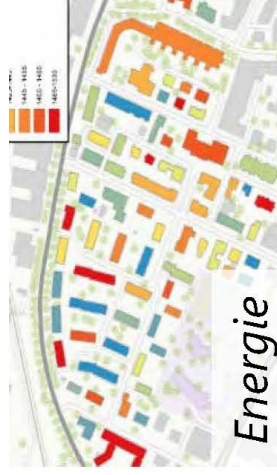
Unsere Stärken Richtung NettoNull und Wohlbefinden

umfassendes Basiswissen für eine ganzheitliche Betrachtung

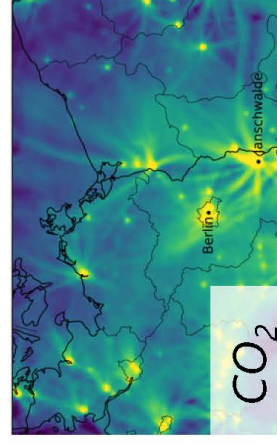
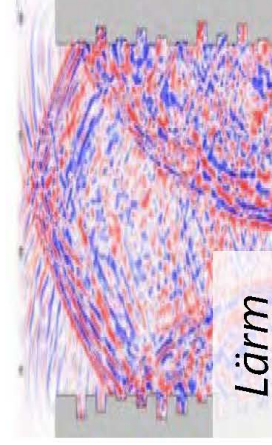
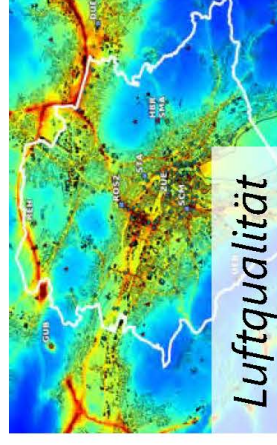
Materialien



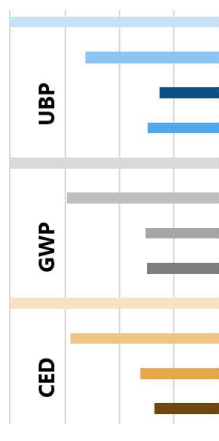
Systeme



Wohlbefinden



Bewertung

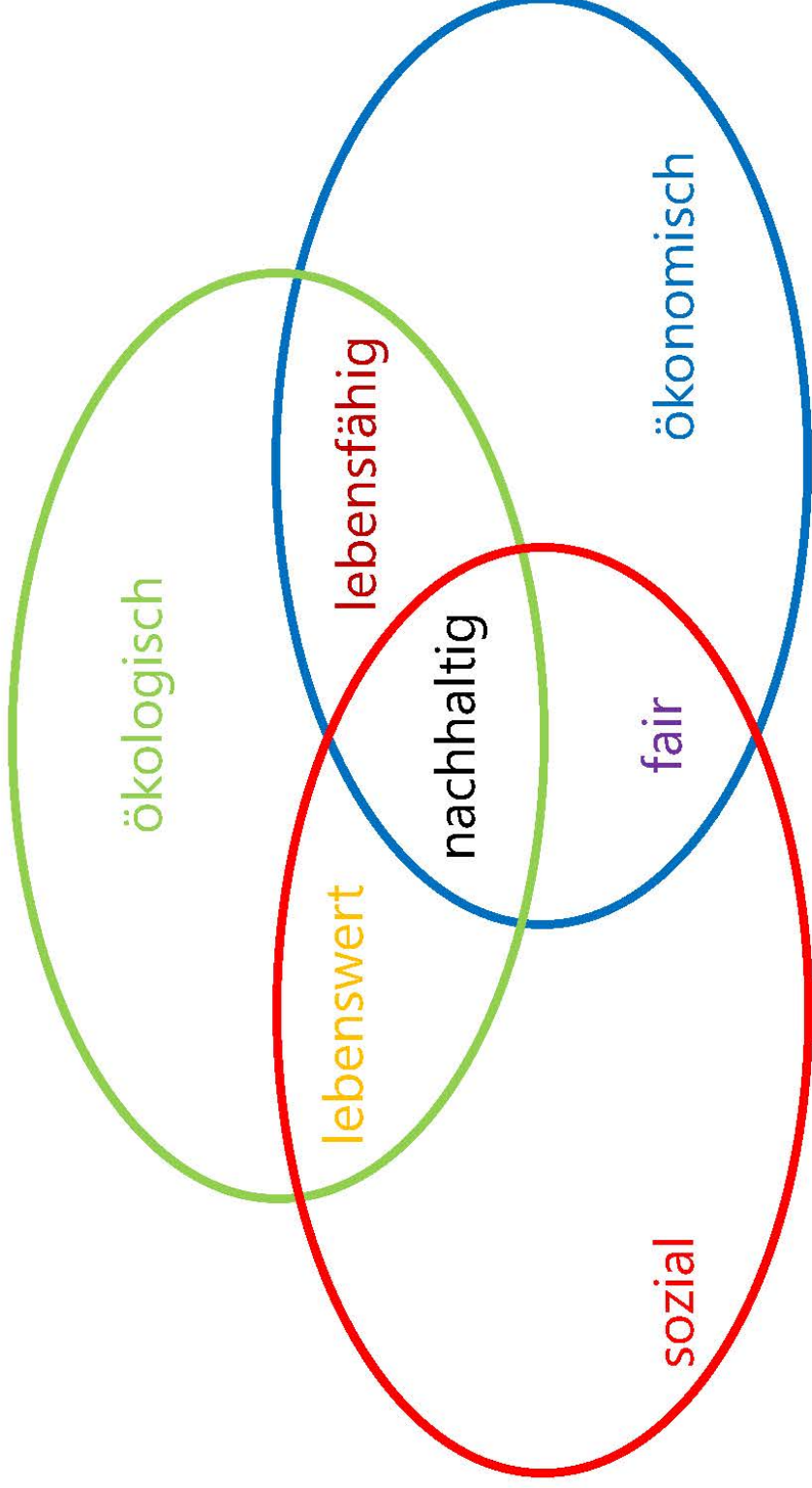


Reuse Recycling
Live Cycle

Bauindustrie

71 % des Materialverbrauchs in der CH

Mission Forschungsschwerpunkt Nachhaltiges Bauen:
Entwicklung von Materialien, Systemen und Technologien
für die nachhaltige Gestaltung, Erneuerung und Erhaltung
der bebauten Umwelt



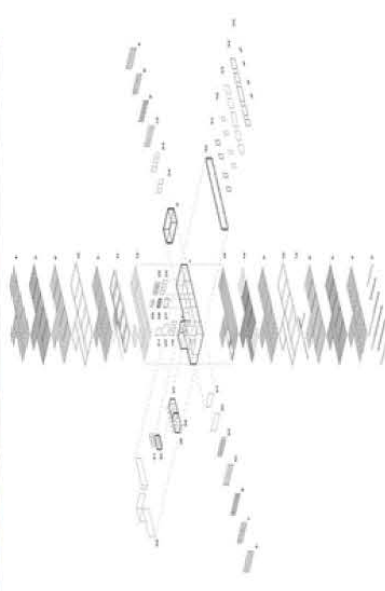
Was wäre wenn...

- Gebäudepark Schweiz: 381 t / Person
- Globales Bevölkerungswachstum: 2.6 Personen / sek
- Materialbedarf mit CH-Standard: 990 t / sek
59 Mio. t / Min
3.6 Mia. t / h
85 Mia. t / Tag

Dieser Bedarf kann nicht gedeckt werden ...

Ausgangspunkt:

Wenn wir 2030/2050 Netto 0 erreichen wollen, dann müssen wir in unserer Klimastrategie die Weichen jetzt stellen. Was wir jetzt bauen ist Bestand 2050 und muss kreislaufgerecht gebaut und rückbaubar sein. Bestehende Gebäude müssen konsequent modernisiert werden.



NEST Intro – Nachhaltiges Bauen

NEST |  Empa eawag
ETH ZÜRICH FORUM ST. GALLEN



Photo: Zooey/Braun, Stuttgart

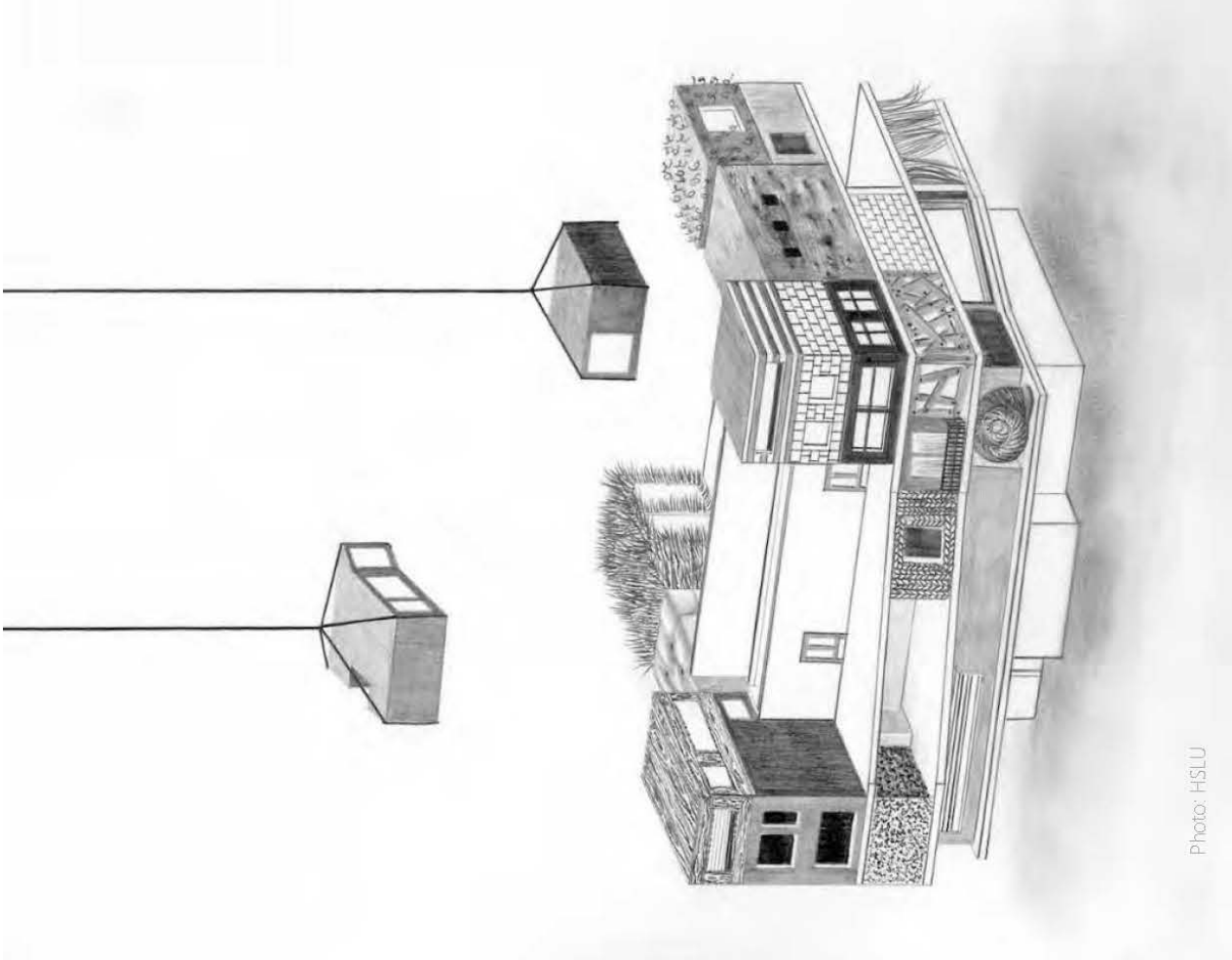


Photo: HSLU

NEST Intro

NEST beschleunigt den

Innovationsprozess im Bausektor.

In diesem modularen Forschungs- und Innovationsgebäude der Empa und der Eawag werden mit Partnern **neue**

Technologien, Materialien und Systeme unter **realistischen Bedingungen** erprobt, erforscht, verfeinert und validiert.

Die enge Zusammenarbeit mit Partnern aus Forschung, Industrie und öffentlicher Hand trägt dazu bei, **innovative Gebäude- und Energietechnologien schneller auf den Markt** zu bringen.

NEST Intro

NEST besteht aus einem **zentralen "Backbone"** und **drei offenen Plattformen**, auf denen einzelne Forschungs- und Innovationsmodule nach dem **"Plug-and-Play"-Prinzip** installiert werden können. In diesen Einheiten **leben und arbeiten Menschen**, die gleichzeitig als geschäftige **Experimentierlabore** fungieren.

NEST ist eine lebendige und atmende Forschungsumgebung, nicht wie ein Labor, sondern eine natürliche Umgebung zur Erforschung **neuer Materialien und Technologien in der Bauindustrie**.

NEST ist eine flexible und modulare Testumgebung mit sich **ständig weiterentwickelnden Einheiten und Konzepten**.

NEST ist ein starkes Instrument zur **Kommunikation von Gebäudeinnovationen mit den relevanten Stakeholdern** und ein echtes Leuchtturmprojekt.



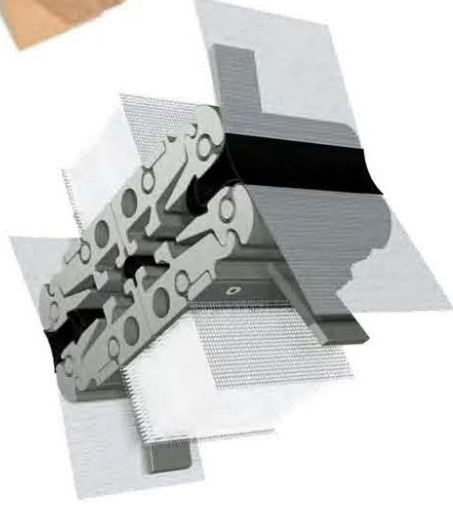
Photo: Roman Keller

NEST - UMAR unit – design for disassembly

- ## ■ 2050 ist heute im Bauwesen



Vor-Fabrikation



Verbindungstechnologien



Baumaterialien



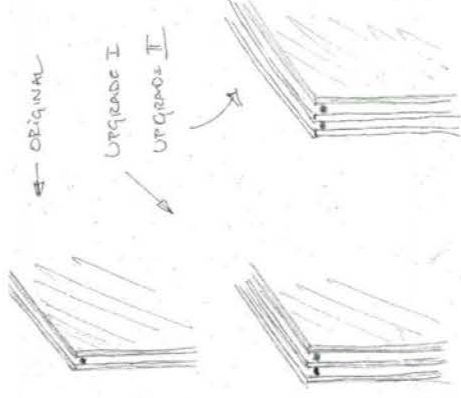
Materials Science and Technology

Data Management

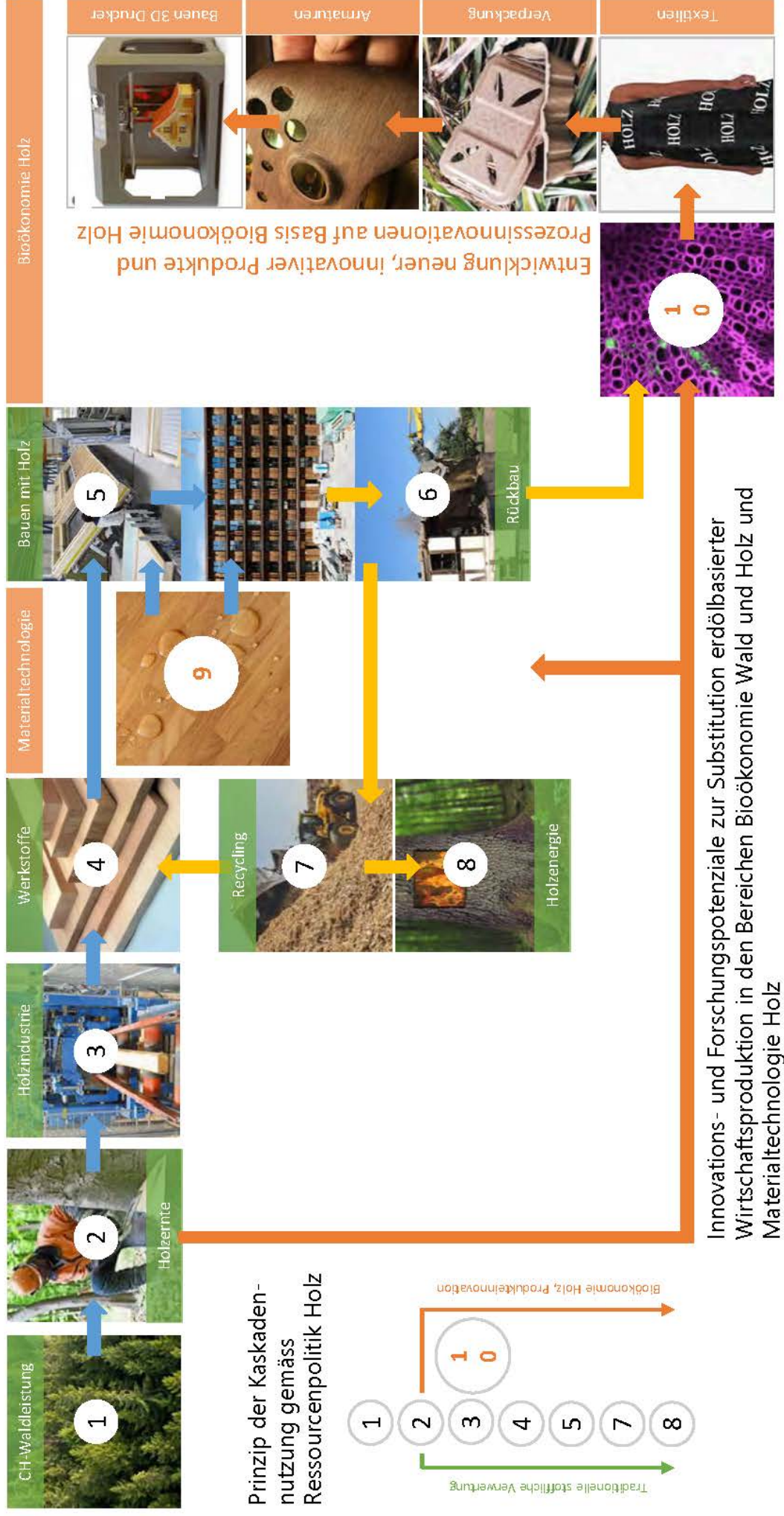


NEST - SPRINT unit – Wiederverwendung von Materialien

- **Reduktion von Baumaterialabfällen durch Kreislaufdenken**
flexibler, kosteneffizienter Büroraum unter Anwendung von **“reuse”** -
Prinzipien für die Planung & das Bauen

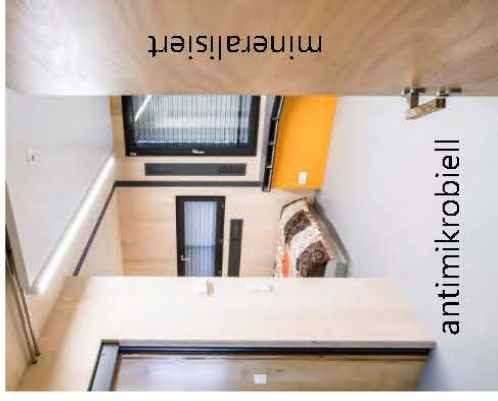


Systemlandkarte Kreislaufwirtschaft Wald und Holz Schweiz



NEST Vision Holz als Zwischenschritt in den Markt

- NEST Vision Wood als Zwischenschritt «science to market»
- Erweiterung des Anwendungsgebietes unserer nachhaltigen Ressource Holz
- **Nanocellulose auf dem Markt** @ <https://weidmannfibertechnology.com>



Forschung Abt. Ingenieur-Strukturen

Dr. René Steiger, Dr. Pedro Palma, Jonas Wydler

Zuverlässigkeit von Tragwerken, Verbindungen und Bauteilen

Tragwiderstand

- Festigkeit
- Stabilität



T. Ehrhart



T. Ehrhart

- Versagenswahrscheinlichkeit
- Festigkeitsortierung
- Robustheit
- Stabilität (Stützen und Tragwerke)
- NDE, NDT
- Bemessungsnormen (SIA, EC 5)
- Produktnormen, Prüfnormen

Gebrauchstauglichkeit

- Funktionstüchtigkeit
- Komfort
- Aussehen



R. Steiger

- Verformungen, Steifigkeit
- Schwingungen
- Steifigkeit von Verbindungen
- Langzeitverformungen (Kriechen)

www.empa.ch/web/empa/structural-engineering
rene.steiger@empa.ch ; pedro.palma@empa.ch

Dauerhaftigkeit

- Langfristige Zuverlässigkeit des Tragwiderstands und der Gebrauchstauglichkeit



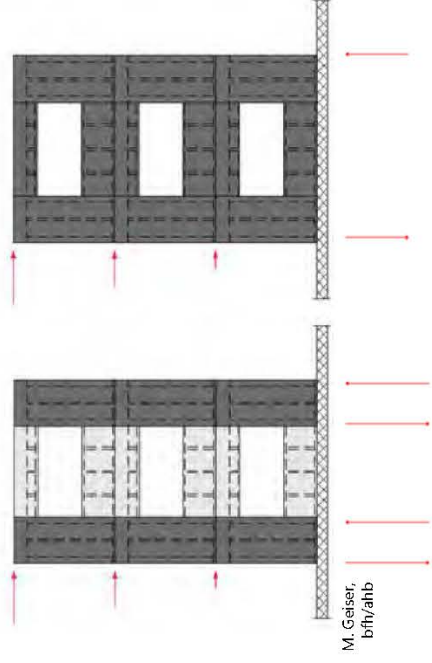
- Nutzung, Nutzungsänderung
- Nutzungsdauer
- Erhaltung von Tragwerken
- Verstärkung von Bauteilen
- Monitoring

Beispiele von aktuellen Forschungsprojekten

Holzrahmenbauwände mit grossen Öffnungen



P. Palma



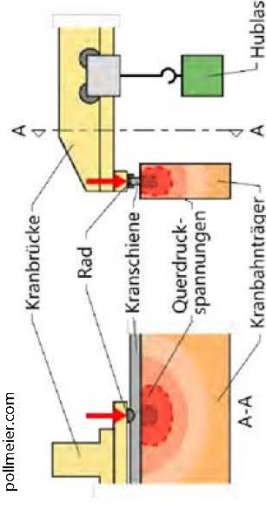
M. Geiser,
bfh/ahb

AP Holz-Projekt BFH/AHB, Empa, ETH

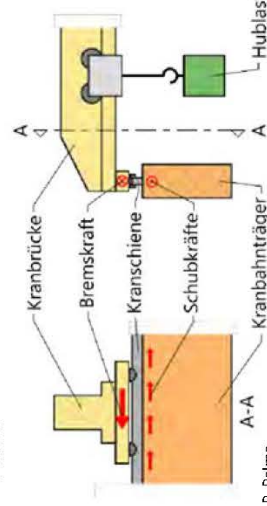
Kranbahnträger aus Holz



pollmeier.com



P. Palma



P. Palma

WHFF-CH-Projekt Empa, neue Holzbau AG, Gersag AG

Stabdübel-Verbindungen



ETH



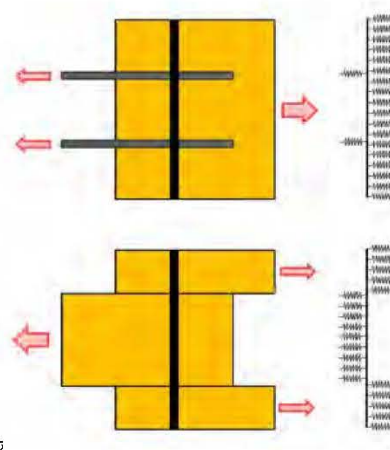
P. Palma



J. Wydler



J. Wydler



J. Wydler

SNF Projekt Empa, ETH

Unternutzte Buchenholzressourcen im Bauwesen

- Experimentelle Daten für die Normierung von Buchenbrettsperrholz als Baumaterial
- Umsetzung der Ergebnisse in der Schweiz und in Europa (**SIA**- und **EN**-Normen)

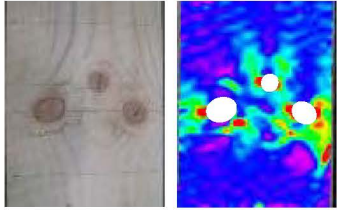
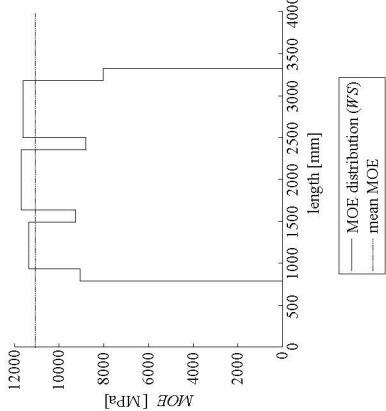


Anwendung in der Industrie
neueholzbau.ch und beer-holzbau.ch

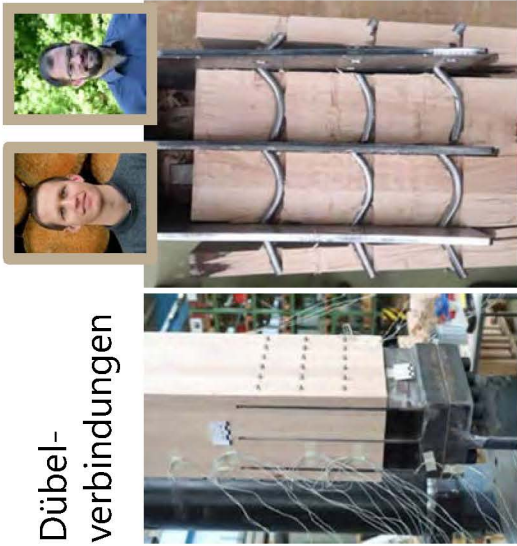


Konstruktionsholz/Verbindungen

ETH – Chair of Timber Structures – Prof. Andrea Frangi

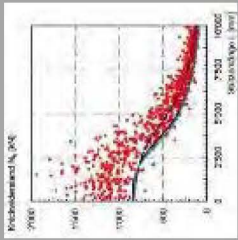
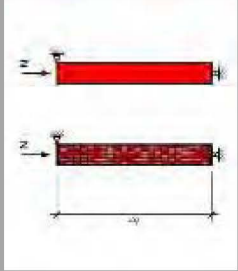
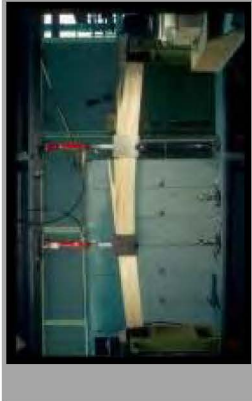


Zuverlässigkeit Leimholz

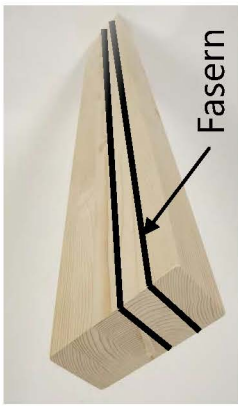


Dübel-
verbindungen

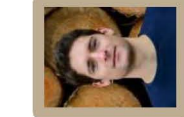
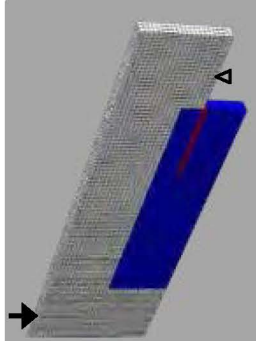
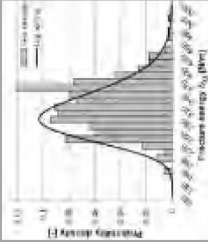
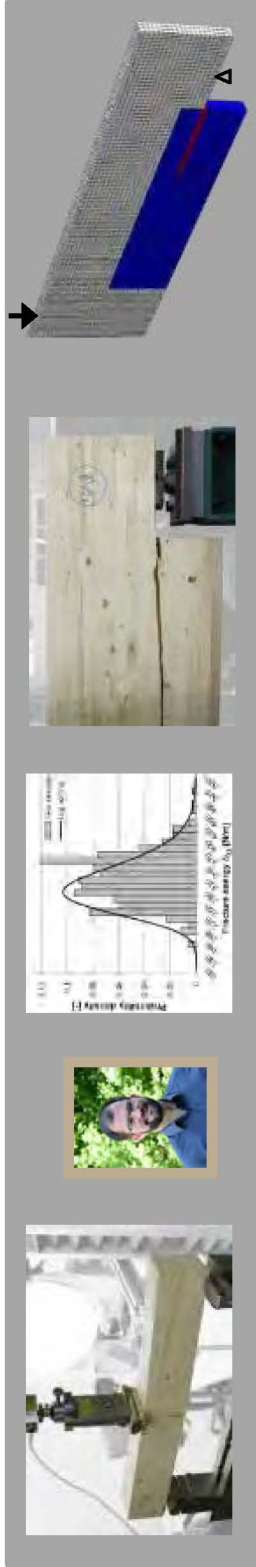
Stabilität von BSH-Stützen



Hochleistungs-BSH

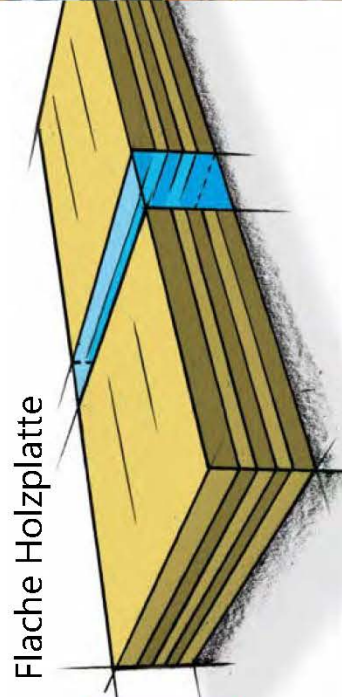
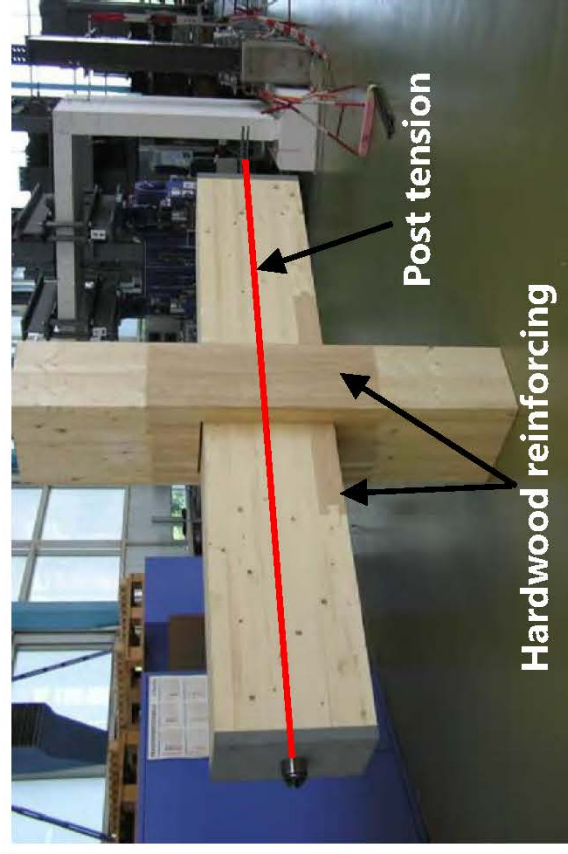


Gekerbte BSH-Balken

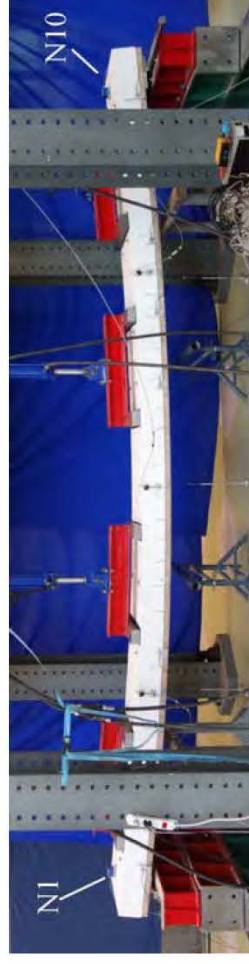
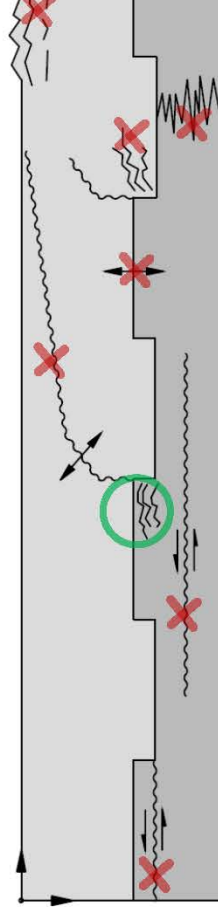


Innovative Holzstrukturen

Vorgespannter Holzrahmen



Holz-Beton-Verbundplatte mit gekerbtem Anschluss



Holz-Beton-Verbundplatte mit Mikro-Kerben



Innovative Holzstrukturen

Zweifach überspannte Holz-Beton-Verbundplatte

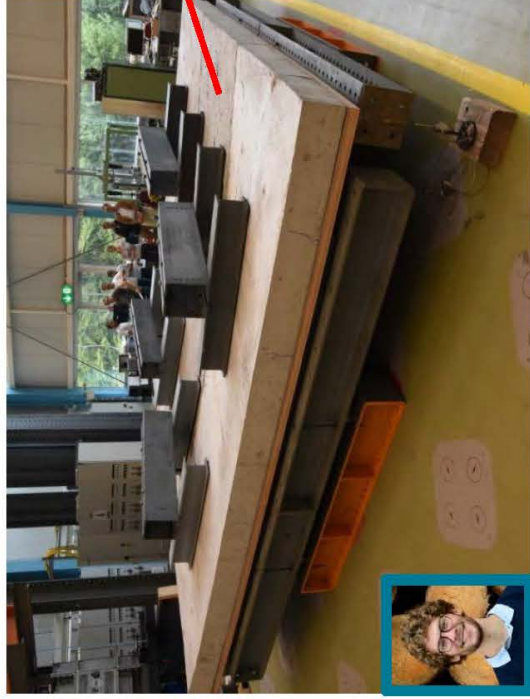


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Innosuisse - Swiss Innovation Agency



Push-out-Test



Plattentest



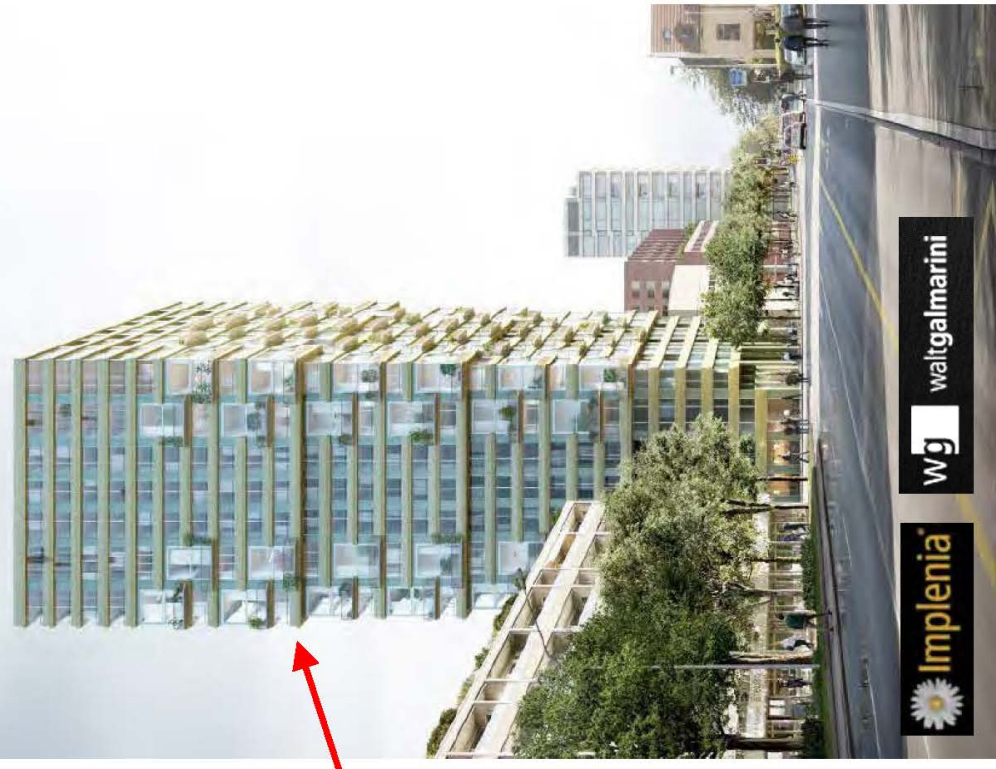
Biegeversuch



ETH zürich

Chair of Timber Structures

Project Pi (80m), Zug, Switzerland, 2023



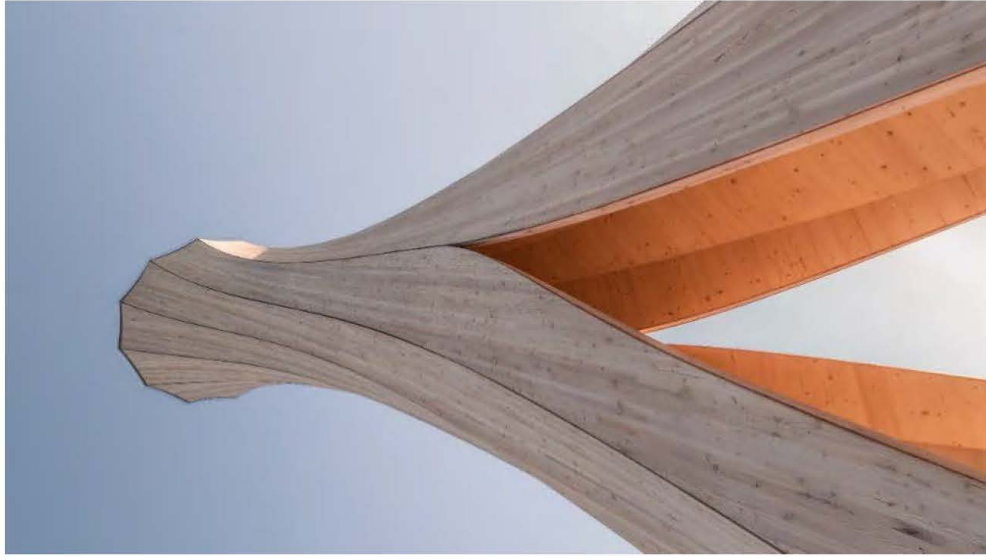
waltgalmarini

28.03.2022

22

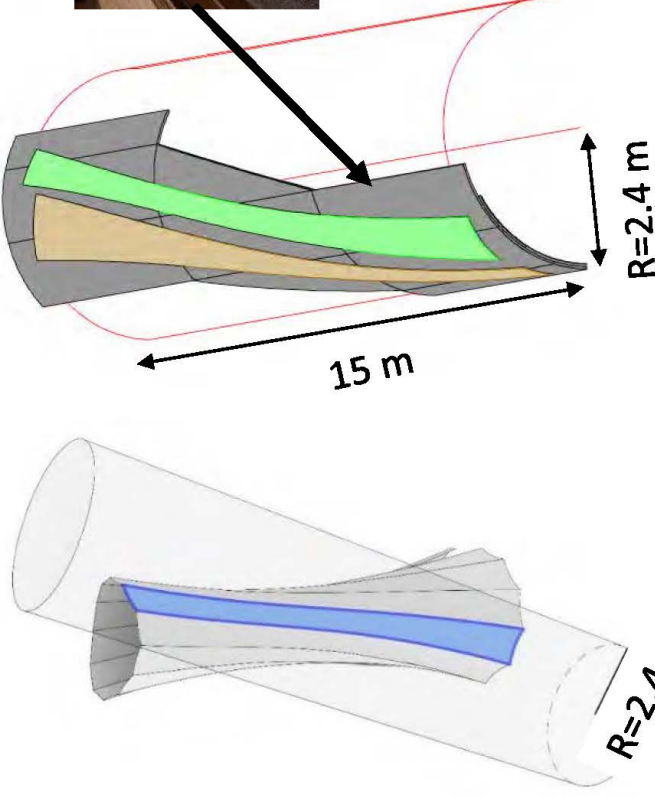
Innovative holzbasierte Materialien

Selbst-Formgebung durch Bilayer-Verformung



Urbach Tower

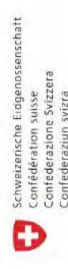
1 Bilayer:
5 m * 1.2 m



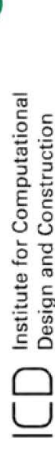
ETH zürich



Materials Science and Technology



Swiss Confederation
Innosuisse - Swiss Innovation Agency



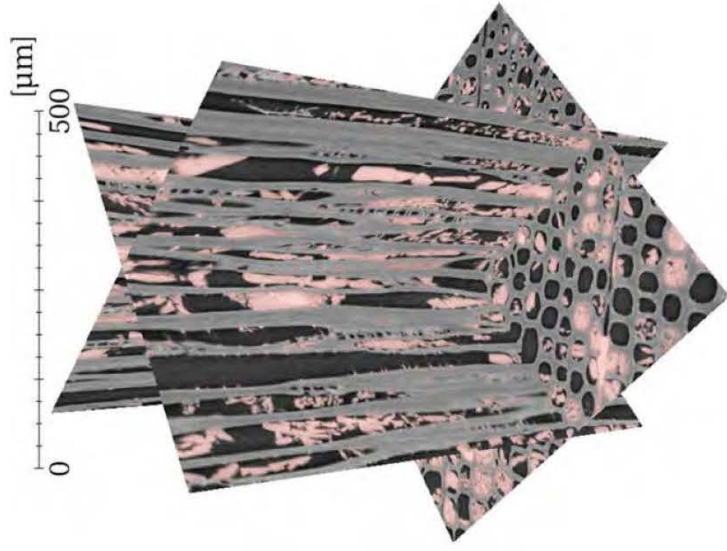
itke Institute of Building Structures
and Structural Design



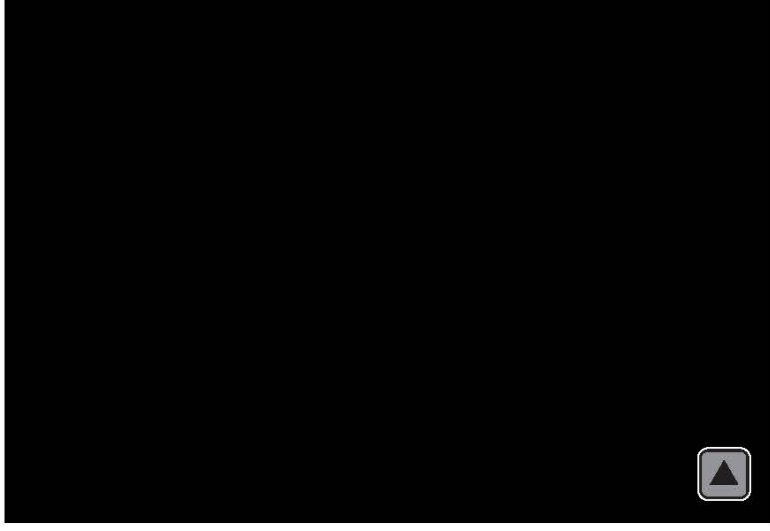
Innovative holzbasierte Materialien

Brandschutz

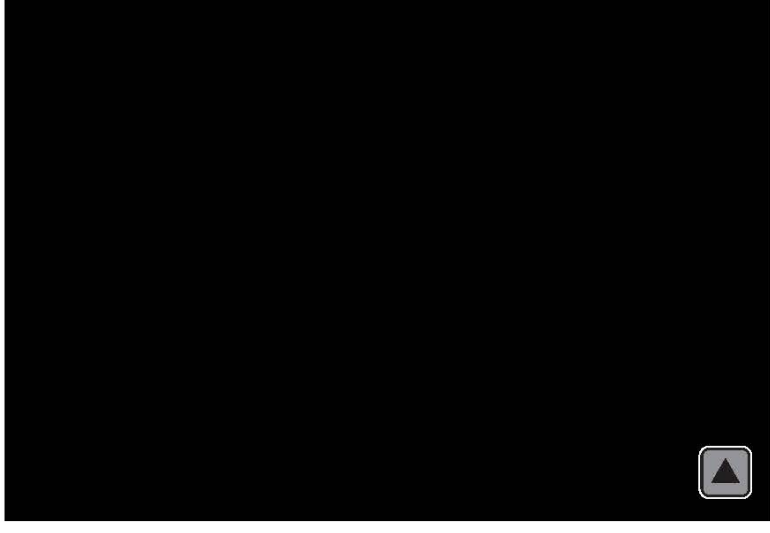
Holzmineralisation



Unmodifiziertes Fichtenfurnier



Modifiziertes
Fichtenfurnier



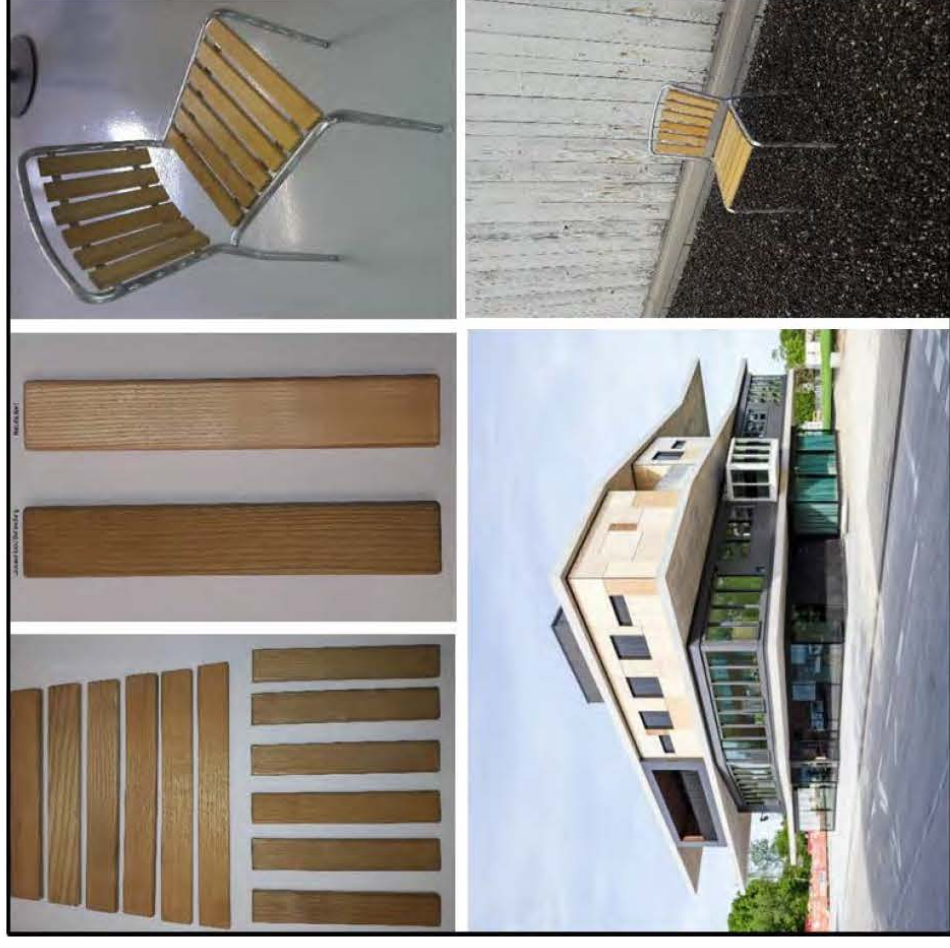
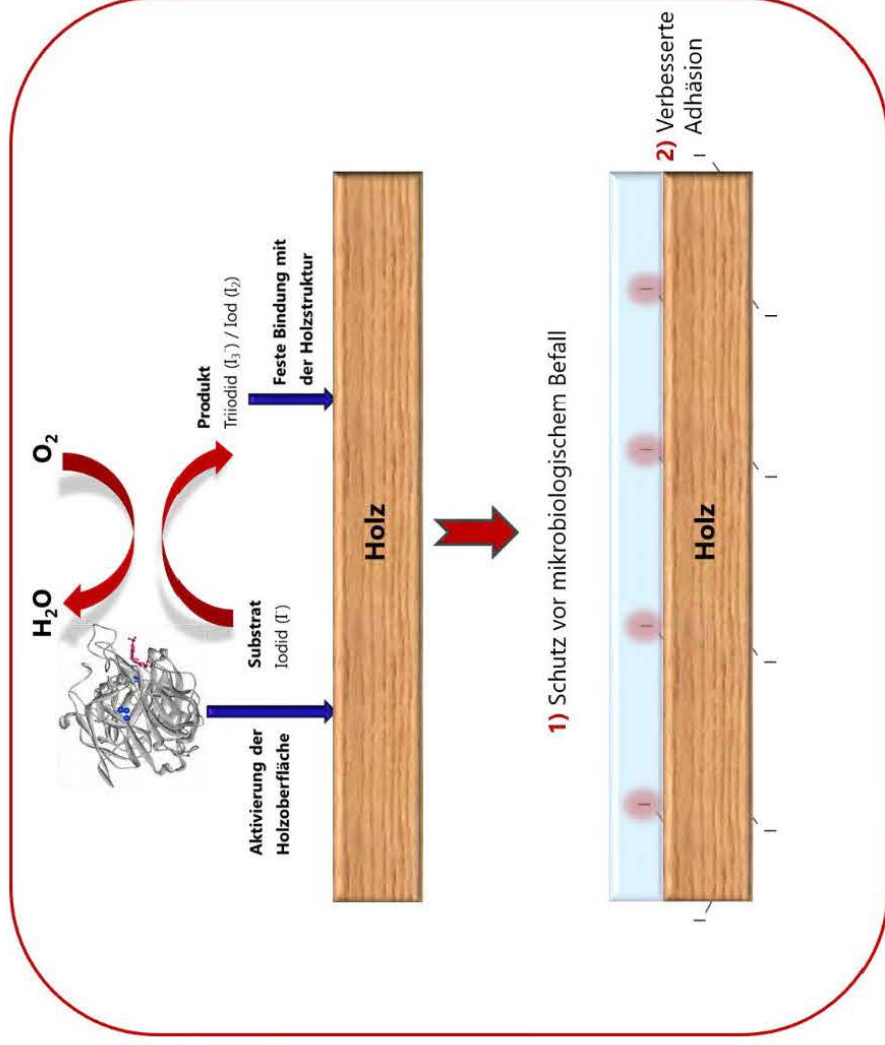
Guo et al. 2019 ACS Applied Materials & Interfaces

Innosuisse Projekt mit der Firma Schilliger (2018-2020)

WHFF 2019.11: Witterungsschutz Gartenmöbel



Projektpartner: Embru AG



Den Pilzen das Zeichnen beibringen

Tine Kalac & Francis Schwarze (Innosuisse & Technology transfer to Koster AG)



Wanduhrdemonstrator
(1 m Durchmesser)



Marmorholz



CHF 3000/m³

[Empa News](#)
[Science Magazine](#)



Empa logo und "Sunset-Demonstrator"

Thermische Isolation von Gebäuden

- Entwicklung von Materialien, Produktionsprozessen und Komponenten
- Hochleistungs-Aerogel-Materialien
- Dämmstoffe mit geringem ökologischen Fussabdruck (Recycling, Wiederverwendung)



Kohlenstoff-negative Dämmstoffe

- Biokohle-basierte thermische Isolationsmaterialien
- Abfallstoffe als Ausgangsmaterial:
- Konkurrenzfähige Isolationsleistung: **35-50 $\text{mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$**
- Nutzung & Wiederverwendung in Gebäuden, «end-of-life» als Bodenverbesserer
- Gesamtdauer C-Speicherung > **200 Jahre**
- Ersatz von konventionellen Isolationsmaterialien wie Polystyrol



totales Treibhausgas-
reduktionpotential
~**1.3 Mt CO₂-eq./y**

Wood Materials Science ETH und Empa (Prof. Ingo Burgert)

Hauptziele

Holz muss zentraler Bestandteil einer zukünftigen Bioökonomie sein

- Nachwachsende Ressource
- CO₂-Speicherung

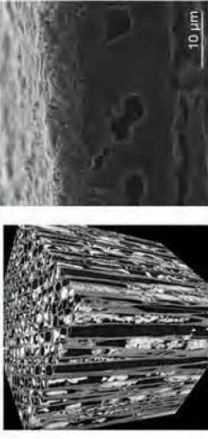
➔ **Performance durch Struktur**

➔ **Substitution von energieintensiven und klimaschädlichen Materialien**

Hauptaktivitäten

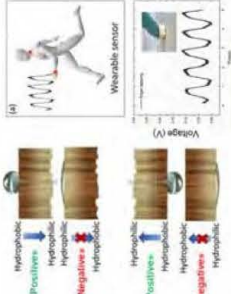
Enhanced Wood
New wood-based materials

- Surfaces
- Gluing
- Flame retardancy
- Wood-hybrids
- Durability



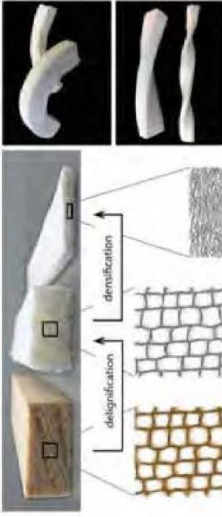
Functional Wood
Embedded functionality

- Sensing
- Optics
- Electronics
- Transport
- Separation
- Catalysis



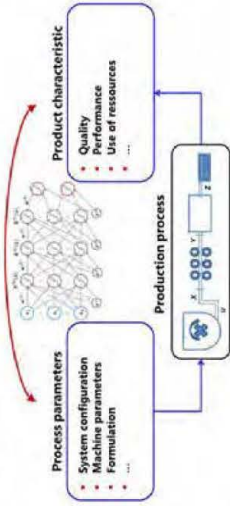
Cellulose Composites
High-strength biomaterials

- Mechanical performance
- Shaping of elements
- Densification
- Biobased matrix



Digital Wood
Machine learning techniques

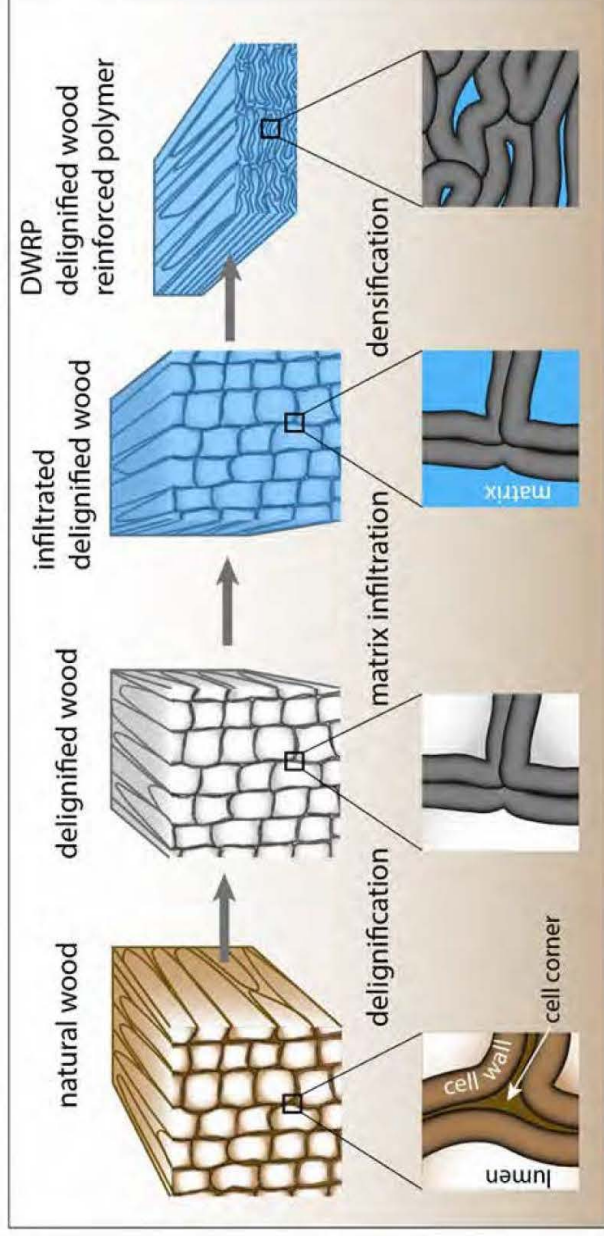
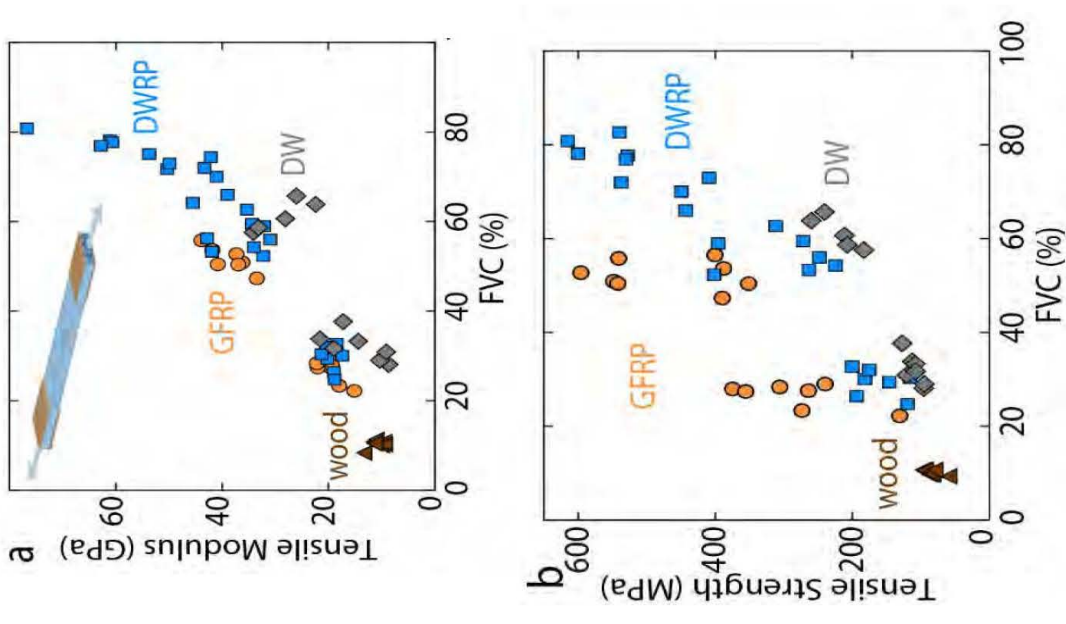
- Wood grading
- Process optimization
- Quality determination
- Resource efficiency



Zellulose-Materialien



Verdichtete Zellulose-Komposite (Epoxidharz-Imprägnierung)



Frey et al. (2018, 2019) ACS Applied Materials and Interfaces

Piezoelektrischer Nanogenerator aus Holz

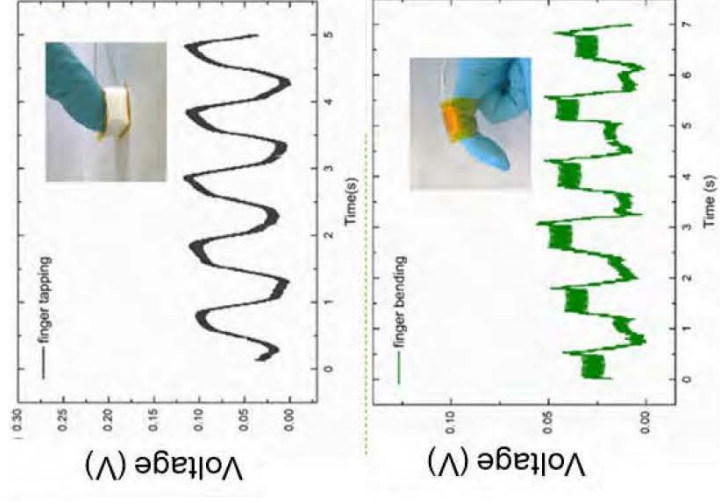
Jinanguo Sun, Javier Ribera, Francis Schwarze, Ingo Burgert et al.



Zelluloseschwamm



Demonstrator versorgt ein LCD Display mit Strom



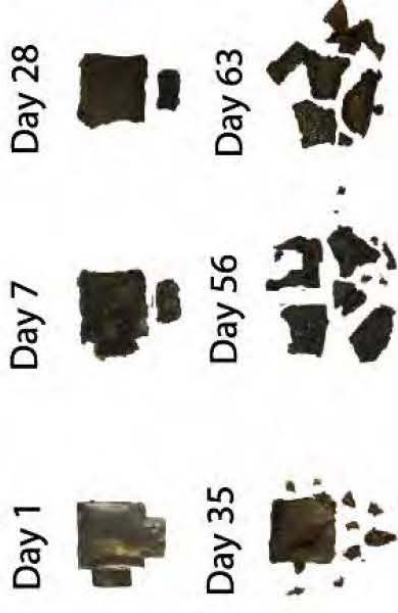
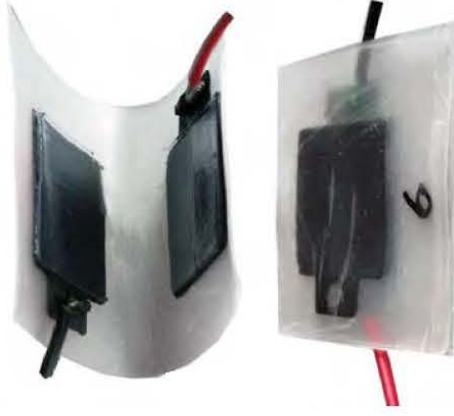
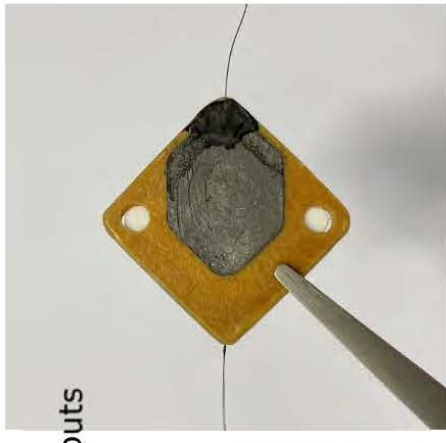
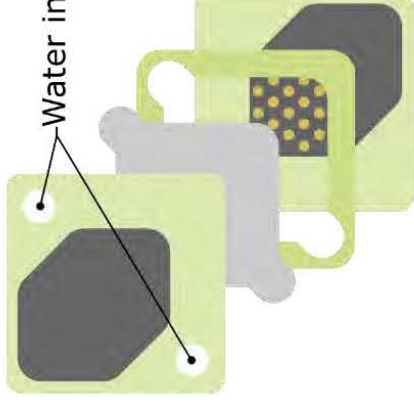
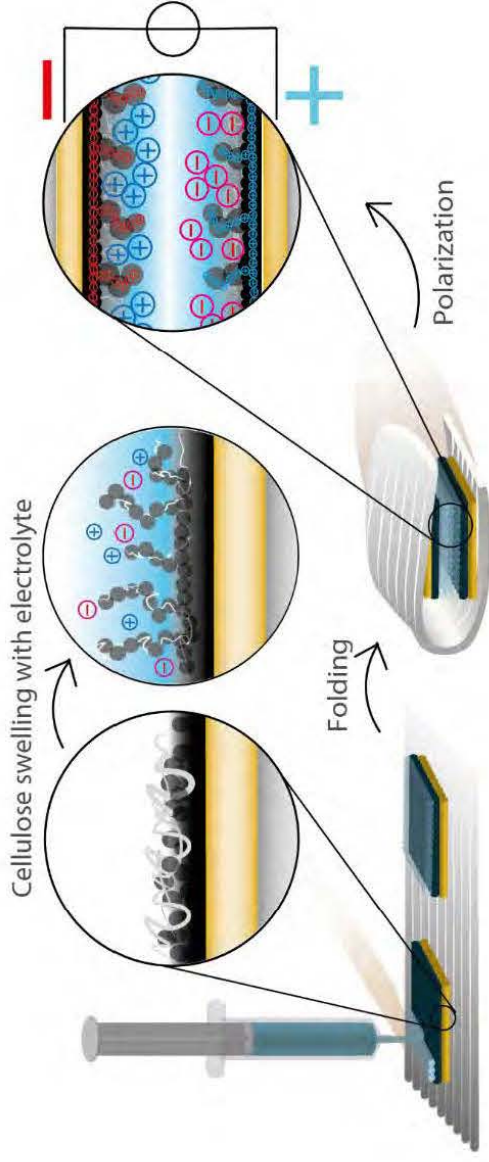
3D Drucken mit Zellulose aus Holzabfällen



Drucken von kompositerbaren Energiespeichern



Materials Science and Technology



kohlenstoffbasierter Superkondensator



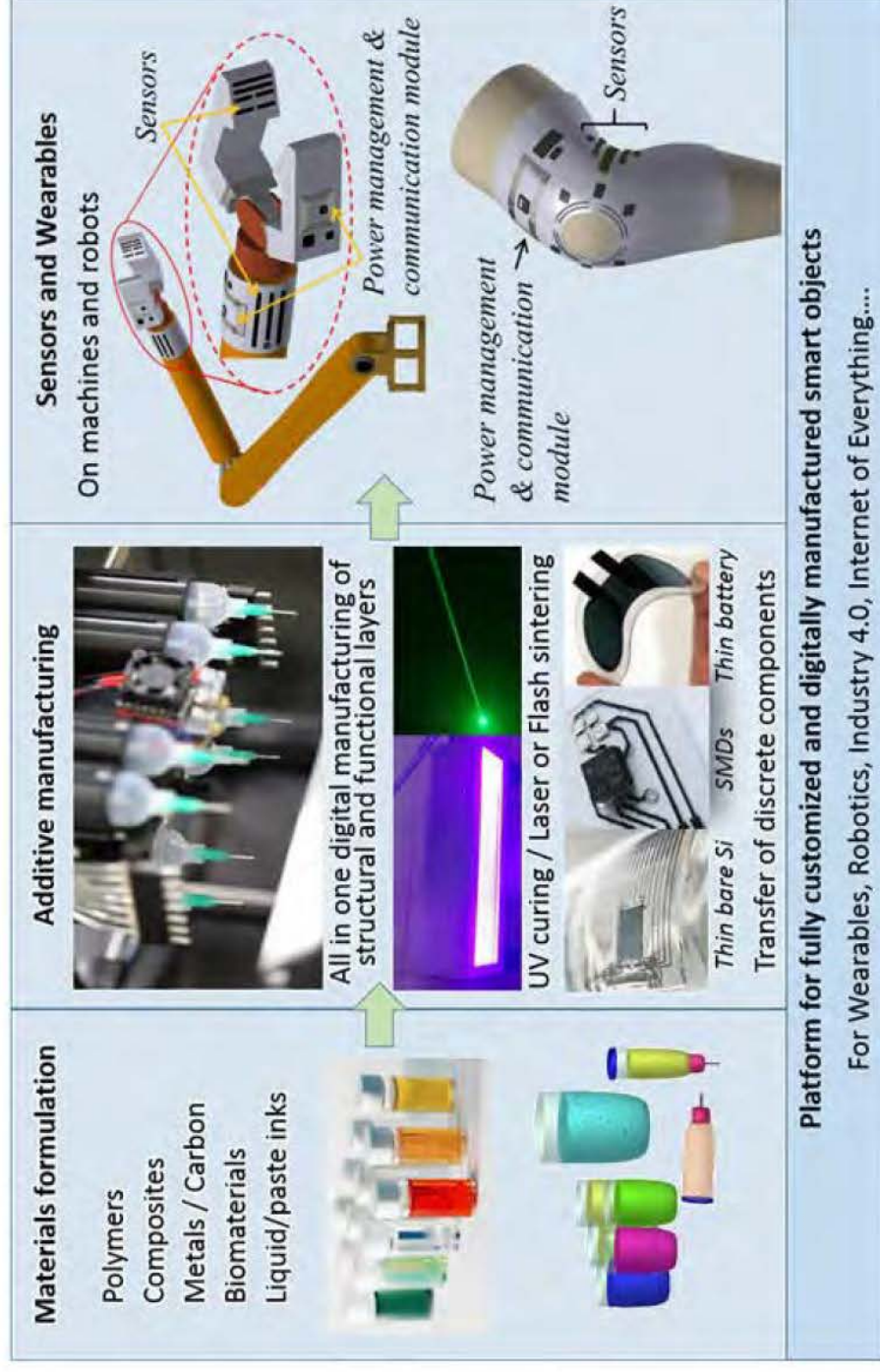
Wasser-aktivierte Zn-Luft-Batterie

Drucken von Prothesen mit integrierten Sensoren



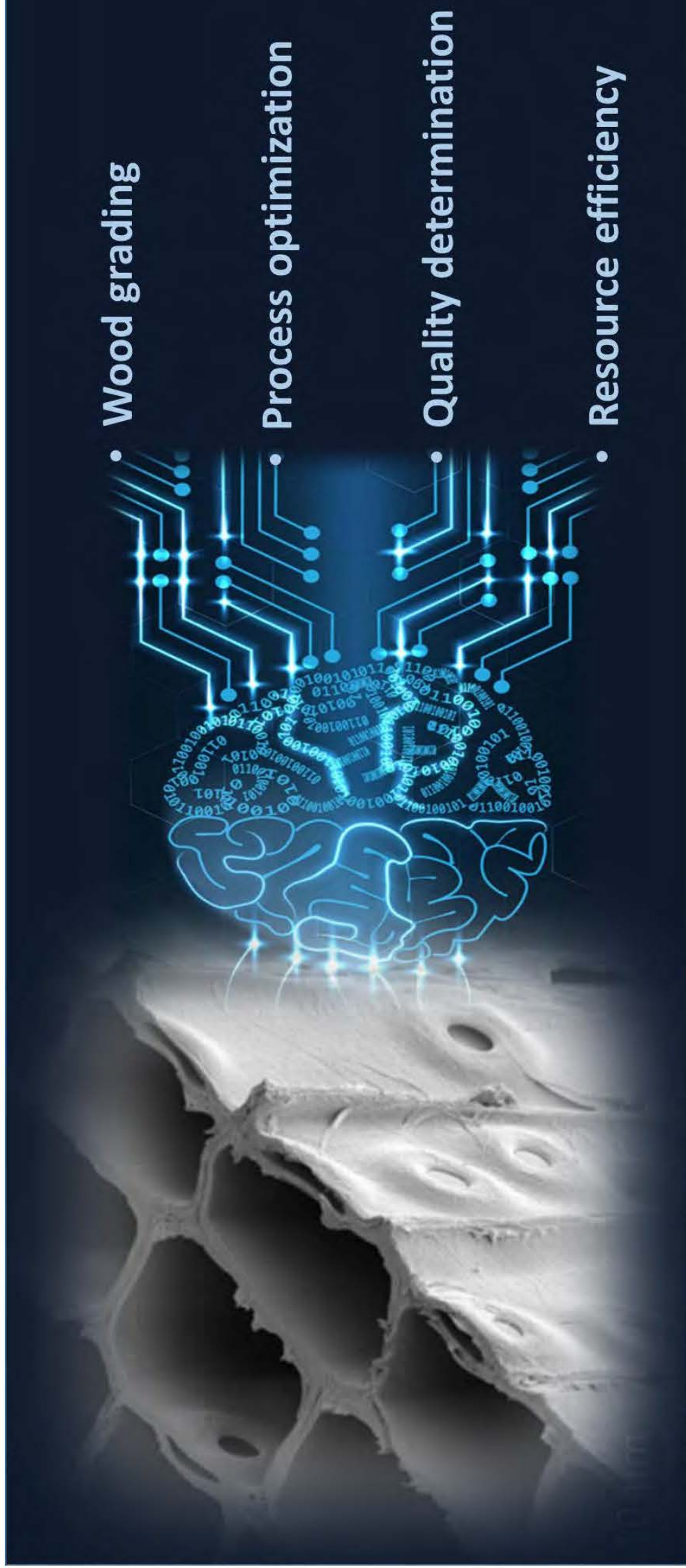
Konsortium:

EPFL: Danick Briand
Empa: Gilberto Siqueira
ETH: André Studart
CSEM: Sebastien Lani/Michel Despont



Ziel: Entwicklung eines Drucksystems für die Herstellung von tragbaren, digital gefertigten Sensoren in einem Fertigungsschritt

Machine Learning@WoodTec (Dr. Mark Schubert)



Lebensmittel

10% des Materialverbrauchs in der Schweiz CH

Lebensmittelabfälle und Kunststoffverpackungen



Ein Gemüseproduzent in der Schweiz hat etwa 30 % Abfälle aus seiner Produktion, die er nicht an Kunden verkaufen kann



In der Schweiz fallen jährlich 780,000t Kunststoffabfälle an.¹
430,000t davon sind Kunststoffe, die innerhalb des ersten Jahres nach Gebrauch entsorgt werden (hauptsächlich Verpackungen)

¹Plastik in der Schweizer Umwelt, EBP-Studie Bafu 2020

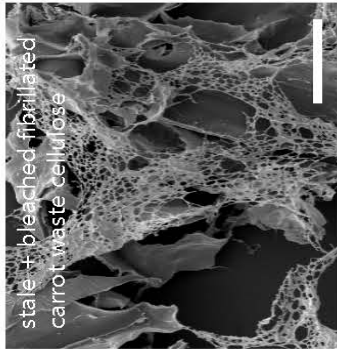
Lösung – Sprühverpackung aus Lebensmittelabfällen

Cellulose & Wood Materials Laboratory – direkte Industrieforschung



Empa

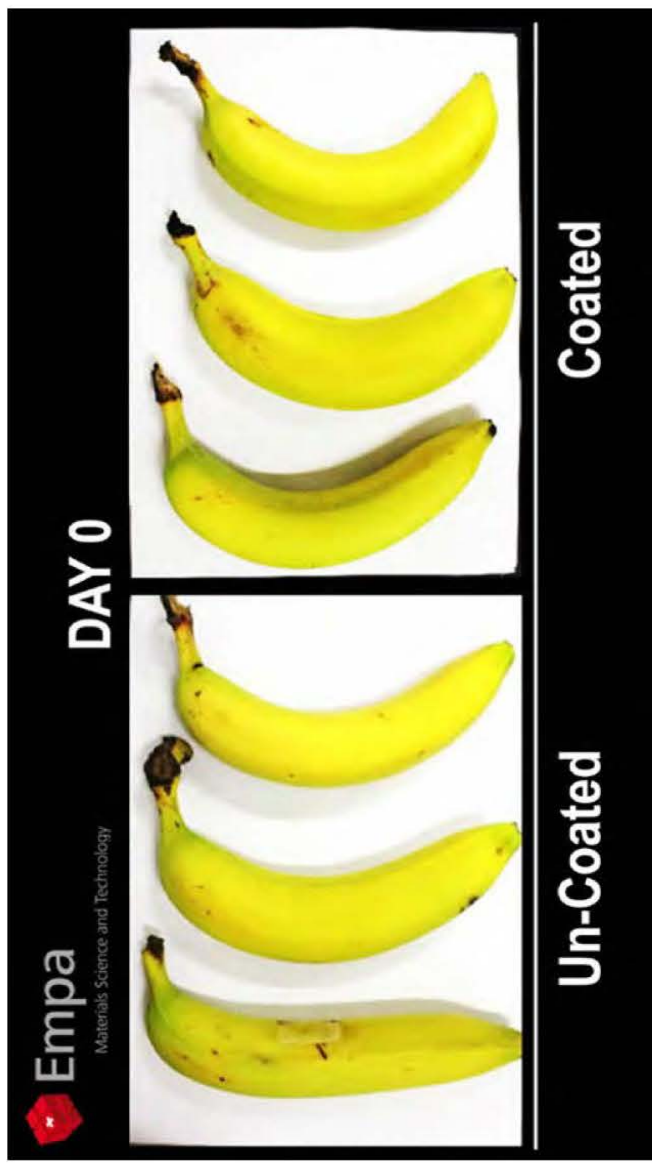
Materials Science and Technology



stale + bleached fibrillated
carrot waste cellulose



Atomizing Spray System;
fibrillated carrot waste
Cellulose in aqueous
suspension



5 days
prolonged
shelf life



Project partner Lidl, Grob Gemüsebau AG, patentiert, Innosuisse Umsetzungsprojekt läuft

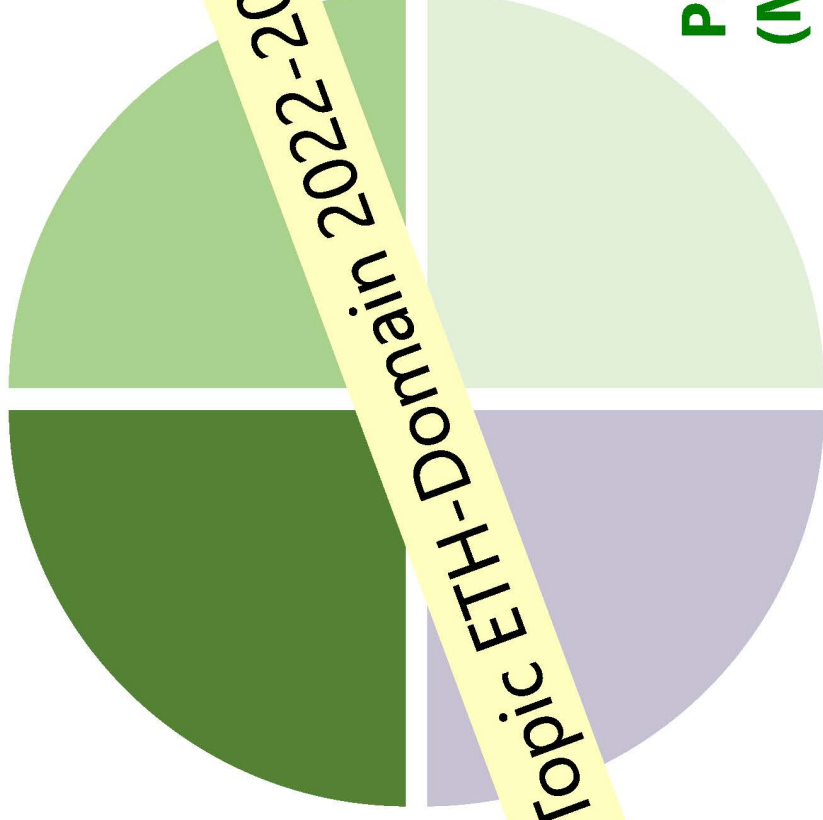
Netto Null

ETHzürich **EPFL**



**Avoid & Reduce
CO₂ Emissions**

**Remove &
Re-use CO₂**



RTTPs

CO₂-free Campus

**Prospective Assessment
(Monitoring, Modelling)**