

Dr. Dirk Berthold
Fraunhofer WKI
Göttingen, 24. April 2024

Neuartige Werkstoffe aus Holz und Produkte der Zukunft

Entwicklungen für ein biobasiertes Wirtschaftssystem

Intelligente Kreislaufnutzung nachwachsender Rohstoffe



Rohstoffe



Innovative Materialien



Nutzung



Recycling

Forschung mit Verantwortung - Nachhaltigkeit als Selbstverständlichkeit und mehr als 75 Jahren Erfahrung

Mission

Wir entwickeln Technologien, Produkte und bieten Lösungen für die verantwortungsvolle Nutzung nachwachsender Rohstoffe unter Berücksichtigung umweltbezogener Wechselwirkungen und zur nachhaltigen Verbesserung der Lebensqualität.



»Die größte Kunst wird in hiesigen Landen darin bestehen, den Anbau des Holzes so anzustellen, dass es eine kontinuierliche und nachhaltige Nutzung gebe.«

nach Hans C.
von Carlowitz,
1713



»Neue Wege müssen gesucht werden, um reduzierte Bestände an Starkholz durch die Nutzbarmachung minderwertigen Holzes zu ergänzen.«

Dr. W. Klauditz, 1946

Forschungsthema

Holzschäum

Neue (hybride) Werkstoffe: Holzschäum

Leichte Schäume aus 100% Holz sind bisher nicht verfügbar

Basierend auf

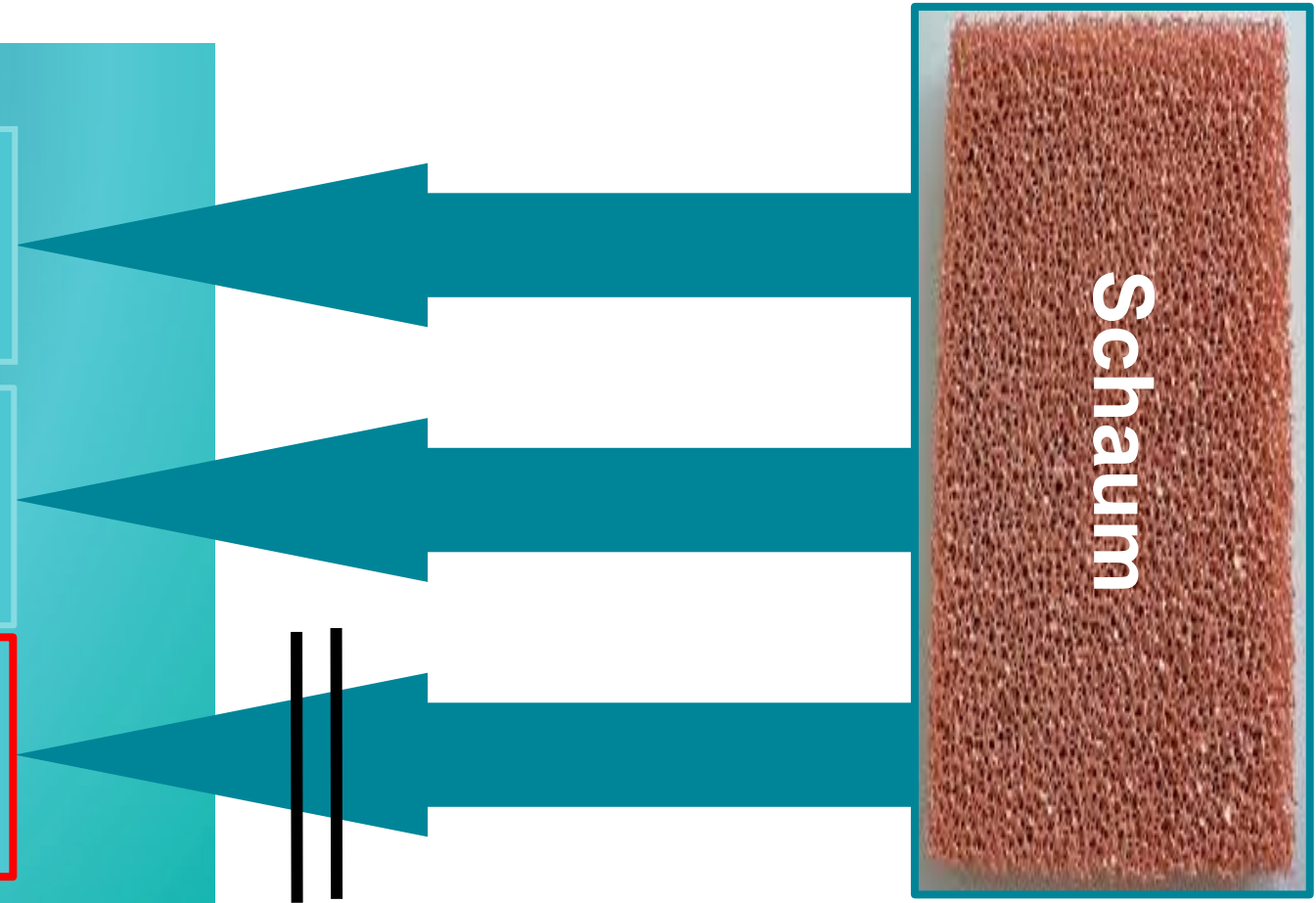
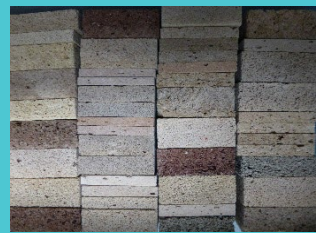
- Synthetisch:
PU, EPS



- Holzkomponenten:
Lignin, Cellulose...



- 100% Holz

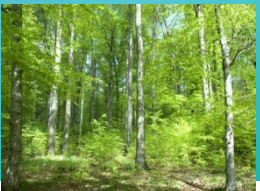


Neue (hybride) Werkstoffe: Holzschäum

Holzschäume werden durch Schäumen von Lignocellulose hergestellt

Lignocellulosen

- Nadelholz
- Laubholz
- Einjahrespflanzen
- Holzabfälle
- Durchforstungshölzer

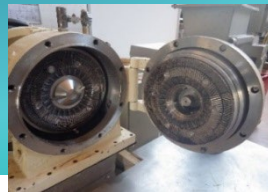


Holz Kahrs

Herstellung

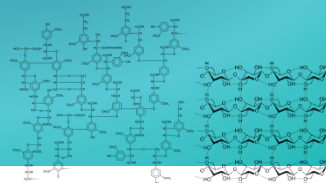
Desintegration

Hackschnitzel werden zu feinen Fasern zermahlen



Bindung

keine Klebstoffe, sondern holzeigene Bindungskräfte aktivieren



Schäumen

natürliche Additive durch einfaches Mischen



Formgebung

- In Formen gießen
- trocknen
- bearbeitbar wie Holz



Neue (hybride) Werkstoffe: Holzschau

Ökologischer Leichtbauwerkstoff mit einem großen Anwendungspotenzial



- Leichtbauwerkstoff aus 100 % Holz oder anderen lignocellulosehaltigen Materialien; keine synthetischen Bindemittel und somit keine gesundheitsschädlichen Emissionen
- geringe Dichten ($50-180 \text{ kg/m}^3$)
- offenporig und recycelbar
- Hohe Druckfestigkeiten und geringe Wärmeleitfähigkeiten
- Geringe Dickenquellung und hohe Schallabsorption
- Gemeinsame Überführung in eine industrielle Herstellung mit der Fa. Butterweck Holzstoffe GmbH & Co. KG
- Ab 2026 unter dem Namen Lignew am Markt

Lignew[®]
eco wood foam



Neue (hybride) Werkstoffe – ausgewählte Projekte

Holzbasierte Hybridbauteile | Projekte Woodpack und CelluPack

Verpackungen aus Lignocelluloseschäumen

Entwicklung einer nachhaltigen und druckfesten Verpackung aus Holzschäum

- Einsatz von Buche und geringwertigen Laubhölzern wie Pappel, Weide und Birke
→ ökologischer Waldumbau
- Einsatz von Maisspindeln und Maissilage
→ Einsatz alternativer nachwachsender Rohstoffe
- Schonung fossiler, endlicher Ressourcen

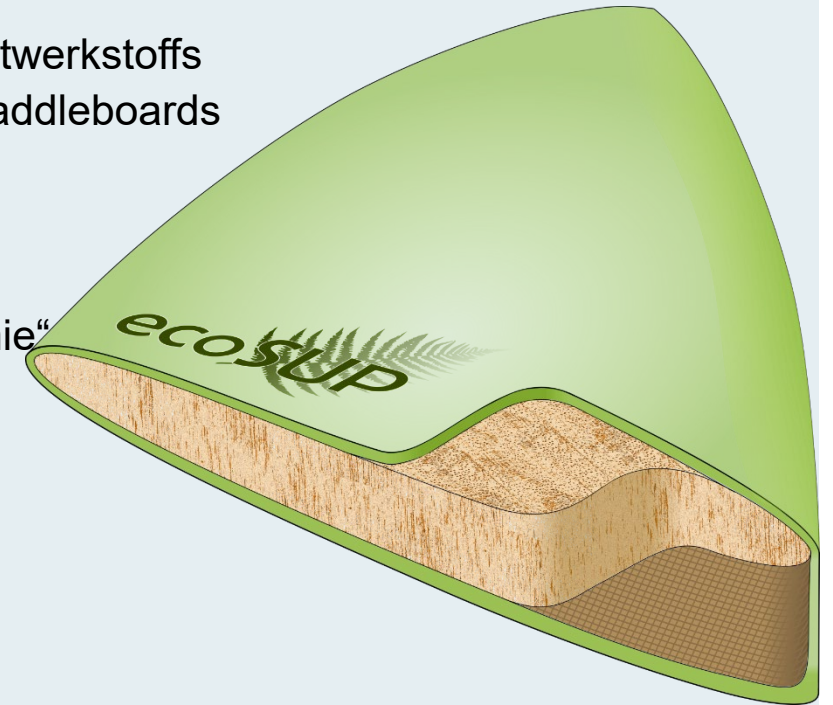


Neue (hybride) Werkstoffe – ausgewählte Projekte

Holzbasierte Hybridbauteile | Projekt EcoSUP

»EcoSUP«: Entwicklung eines biobasierten Hybridwerkstoffes aus Naturfaser-Biopolymer verstärktem rezykliertem Balsaholz für den Leichtbau und Anwendungsdemonstration in Form eines Standup Paddleboards

- Ziel des Vorhabens: Entwicklung eines 100% biobasierten Leichtbau-Kompositwerkstoffes und dessen beispielhafte Technologiedemonstration anhand eines Standup Paddleboards
- Projektpartner: TU Braunschweig, Pryde Group
- Machbarkeitsphase des Ideenwettbewerbs „Neue Produkte für die Bioökonomie“ im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung



Neue (hybride) Werkstoffe – ausgewählte Projekte

Holzbasierte Hybridbauteile | Projekt GreenFront

Nachhaltige Fassadenelemente aus Holzschaum und Textilbeton

- Herstellung nachhaltiger Fassadenelemente aus Holzschaum und Textilbeton
 - Sandwichelement für den Innenausbau oder für Gebäudefassaden
- Substitution von PUR- oder XPS-Schäumen
 - Holzschaum als vollständig biologischer Schaumkern
 - Dünnes Bauteilgewicht durch Textilbeton
- Weiterentwicklung der Prozessschritte vom Labormaßstab in technische Dimensionen



Holzschaumsandwich mit Textilbetondecklagen

Forschungsthema

Deckensystemmodule – Altbaumodernisierung von Zwischendecken

Motivation

Altbaumodernisierung von Zwischendecken

- Bei nachgiebigen oder beschädigten Zwischendecken
- Oft schlechte Zugänglichkeit für große Bauteilformate durch Tore, Türen, Fenster

Lösungsansatz: Module als Kleintafeln, weitestgehend holzbasiert

- Leichte Module in Möbelabmessungen sind manuell transportfähig durch Türen und über Treppen
- Fügetechnik essentiell, um verlorenen Werkstoffzusammenhalt wieder herzustellen
- Kombinierte Fügetechnik um alle Lastfälle abzubilden:

→ **Mechanische Verbindungen des Holzbaus: statische Traglast und widerstandsfähig im Brandfall**

→ **Strukturelle Heißklebetechnik: Aussteifung der Decke zur Scheibe, schnelle Montage, früh belastbar**

- Isolation (Wärme/Schall): Einsatz eines leichten Holzschaums ohne polymere Bindemittel
- Anwendungsforschung gefördert durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe FNR*

Kleintafeln, abgeleitet aus Großtafeln

- Kleintafeln in gleicher Holzrahmenbauweise aus Konstruktions-Vollholz (KVH) als Rahmen beplankt mit Holzwerkstoffplatten aus Spanplatten oder OSB
- Verbindungstechniken müssen den verlorenen Werkstoffzusammenhalt der Modularisierung kompensieren

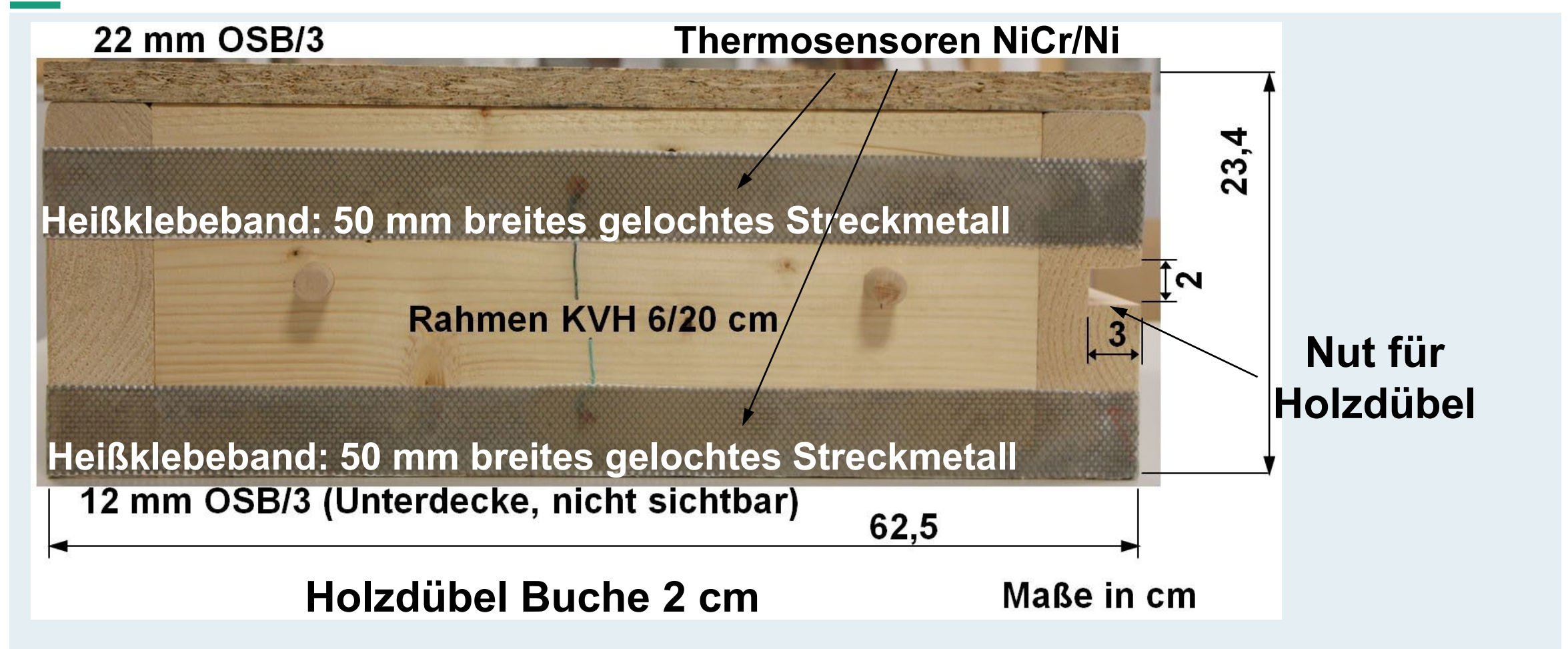
Lösungsansatz:

- Kombination mechanischer Verbindungen aus dem Holzbau mit struktureller Klebtechnik
- Klebtechnikansatz: elektrisch beheizbare Klebebänder für fertig ausgerüstete Module und schnellen Festigkeitsaufbau nach Abkühlen

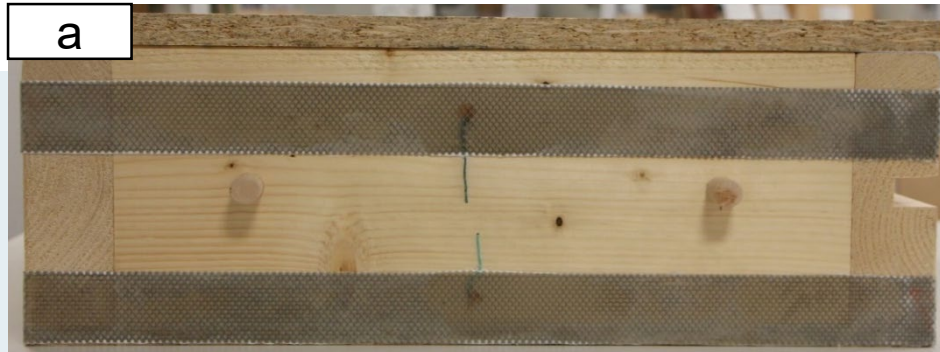


Modul 62,5 x 62,5 cm (Grundfläche): Füge-techniken Nuten und große Holzdübel statt Federn sowie zwei beheizte Klebebänder

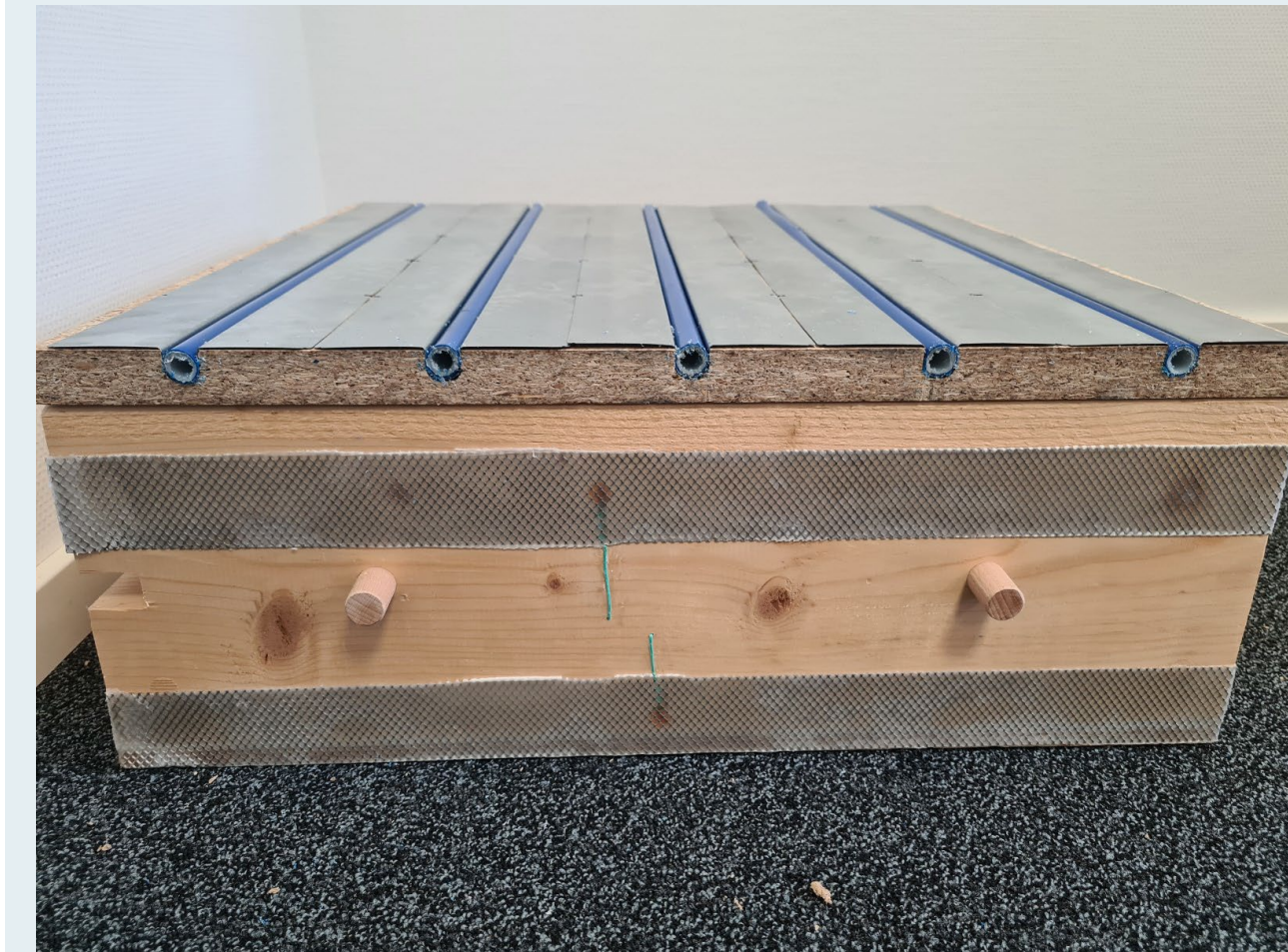
Kleintafel/Modul: Fügefläche, Details



Beispiel Großmodul (62,5 x 62,5 cm) - Rohversion



Modul mit Fußbodenheizung – Variante OSB



Forschungsthema

Windkraft und Recycling: Recycling von Rotorblättern, Rückgewinnung des Balsaholzes und Herstellung neuer Produkte

Prinzipieller Aufbau eines Rotorblattes

Rotorblätter von WEA sollten üblicherweise 20 Jahre halten, bevor sie ihr Lebensende erreichen

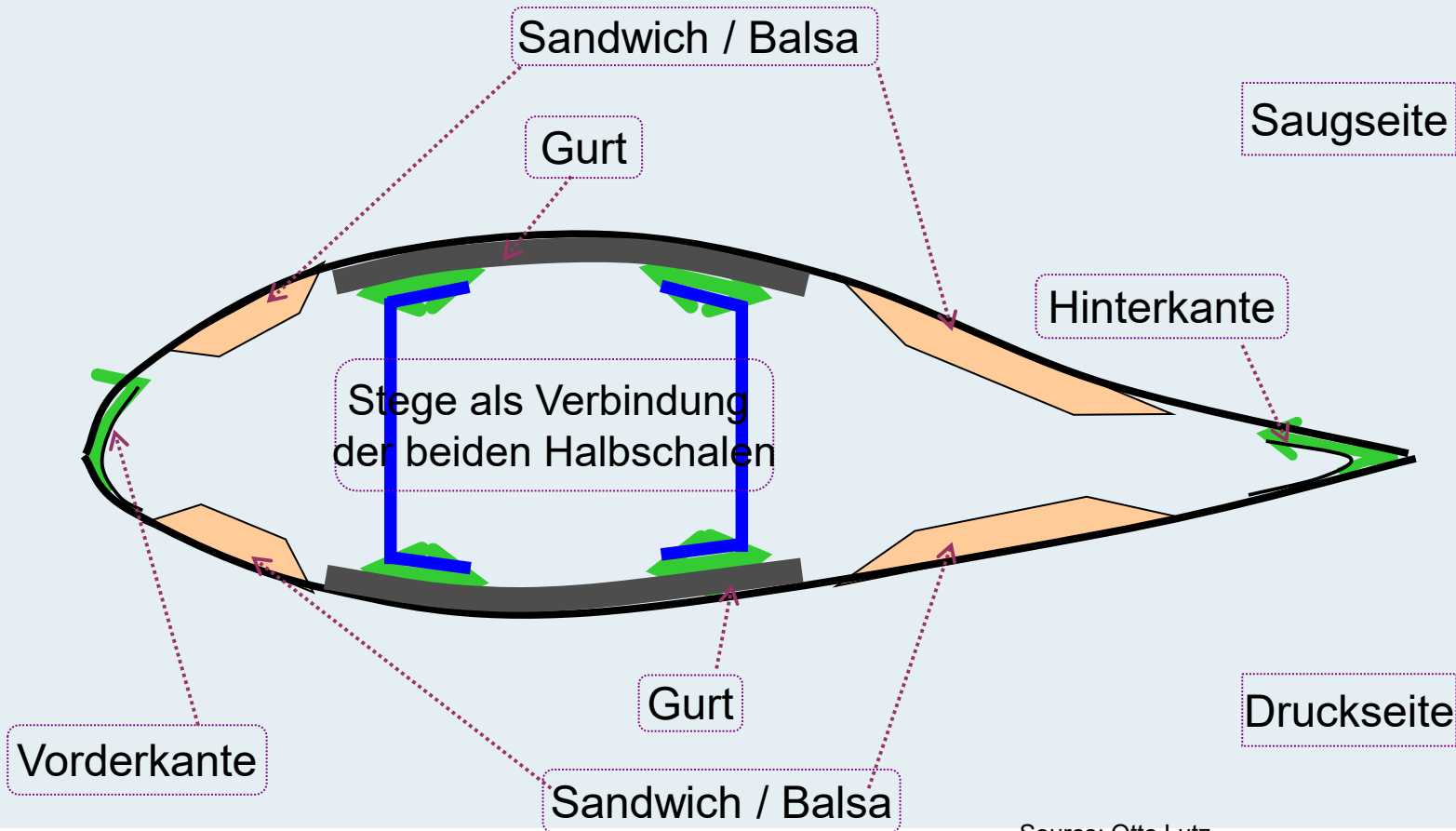


Source: FhG / Meinschmidt



Prinzipieller Aufbau eines Rotorblattes

Rotorblätter werden aus zwei vorgefertigten Halbschalen zusammengesetzt (Druck- und Saugseite)



Source: Otto Lutz

Zusammensetzung Rotorblatt

- Die größte Masse eines Rotorblattes besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK)

Rotorblatt Masse-%	Masse [kg]	
87,5	22.360	
5,5	1.400	
5	1.280	~8,5 m ³
2	510	
100	25.550	

Source: Haapala und Prempreeda, 2014

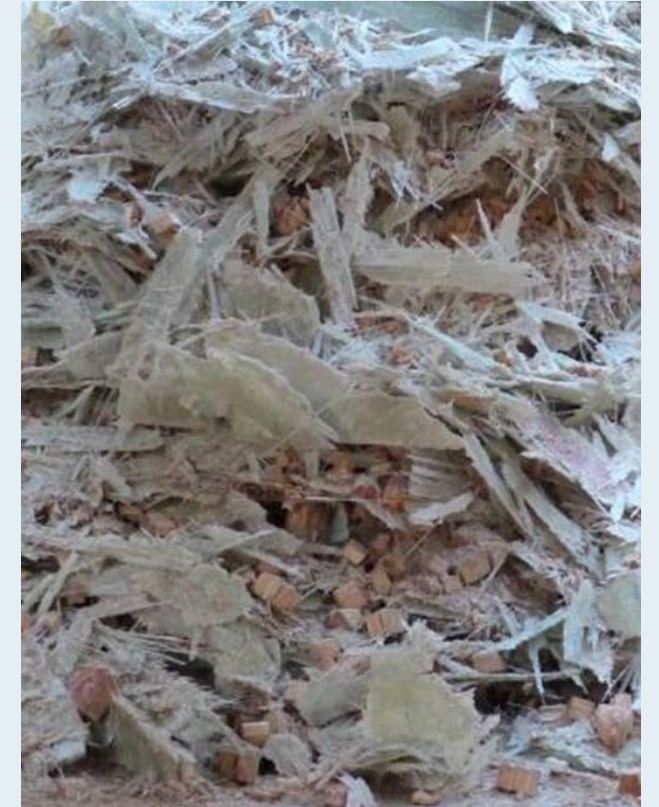
- Heute wird vermehrt PET Schaum statt des Balsaholzes als Kernmaterial für Rotorblätter eingesetzt. Auch dessen Dichte und Festigkeit sind mit denen des Balsaholzes vergleichbar

Recycling eines 80 m langen Blattes - Machbarkeitsversuch

Wasserstrahlschneiden und Schreddern



Titelbild: © Bild-Copyright



Source: FhG / Meinschmidt

Recycling eines 80 m langen Blattes - Machbarkeitsversuch

Separieren der leichten Schaum- und Balsaholzfraktionen vom schweren GFK mittels Schwimm-Sink-Technik



Source: FhG / Meinlschmidt

Zusammensetzung - Recyclingmaterial

Zur Verfügung stehendes Balsaholz, geschredderte Balsaholzschwarten (links), aus einem Rotorblatt rezykliertes, noch feuchtes Holz mit anhaftenden Harzresten (Mitte) und Industrieresthölzer (rechts)



Source: Fraunhofer WKI

Herstellung verschiedener Produkte aus Balsaholz

Nutzung des Industrierestholzes aus der Konfektionierung für Rotorblätter (Kitting)

Balsaholzfasern ohne
Glasfasergewebe

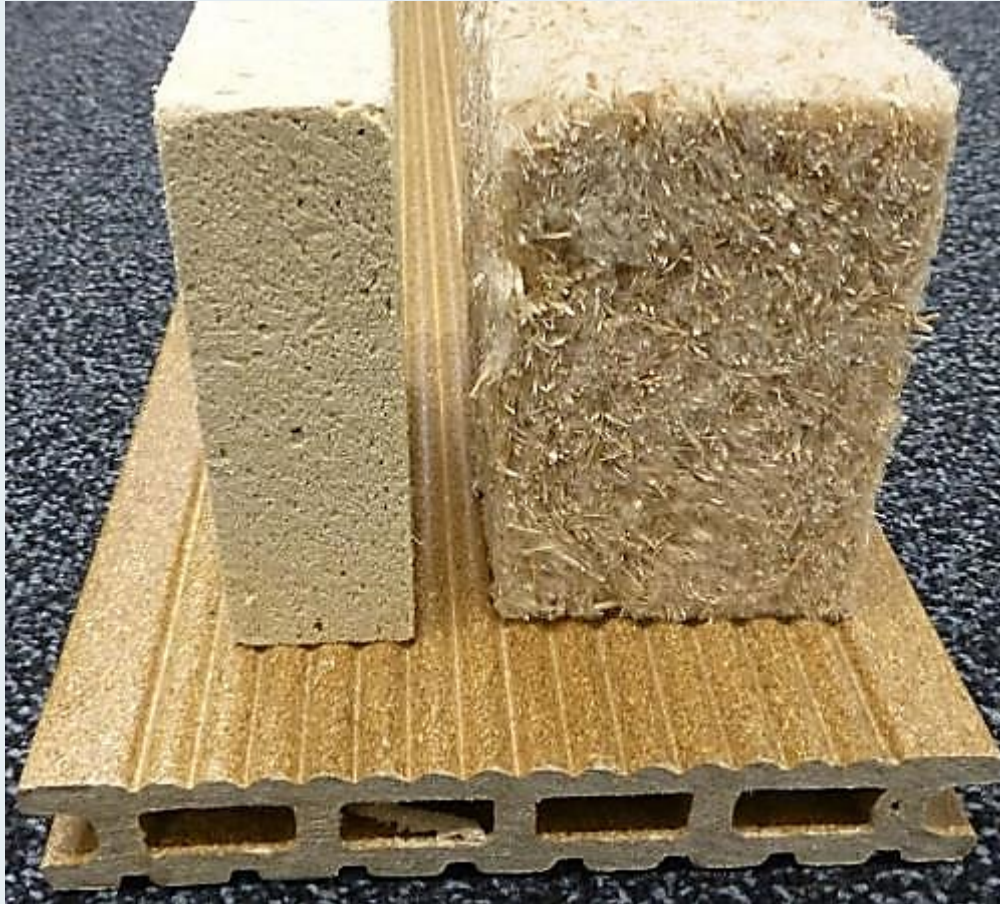


Balsaholzfasern mit
Glasfasergewebe



Ungesiebt,
mit feinen und
groben Partikeln

Herstellung verschiedener Produkte aus Balsaholz



Source: FhG / Meinschmidt

- Holzschaum
- WPC
- Holzfaserdämmmatten

Herstellung verschiedener Produkte aus Balsaholz

Produktion von Dämmstoffplatten und -matten aus Balsaholz und verschiedenen Klebstoffen



Balsa **mit** Glasfasern:

50, 100, 150, 200 kg/m³

10 % Desmodur 1520 A20

10 % I-Bond WFI 4370

Balsa **ohne** Glasfasern:

50, 100, 150, 200 kg/m³

10 % Desmodur 1520 A20

10, 7, 4 % I-Bond WFI 4370

Herstellung verschiedener Produkte aus Balsaholz

- In Zukunft können Rotorblätter eine gute Quelle für neue Balsaholzprodukte sein
- Die geringe Masse macht dieses Holz speziell interessant für Wärmedämmstoffe
- Die Wärmeleitfähigkeit ist aber weder von der Menge noch von der Art des Klebstoffes abhängig
- Von geringer Bedeutung ist die Fasergrößenzusammensetzung
- Nur die Dichte und die Ausrichtung der Fasern sind von entscheidender Bedeutung
- Wärmeleitfähigkeiten von $\lambda < 30 \text{ mK/Wm}$ sollten möglich sein

Fragen?



Dr. Dirk Berthold

Fraunhofer WKI
Bienroder Weg 54 E | 38108 Braunschweig

Telefon +49 531 2155-452
dirk.berthold@wki.fraunhofer.de

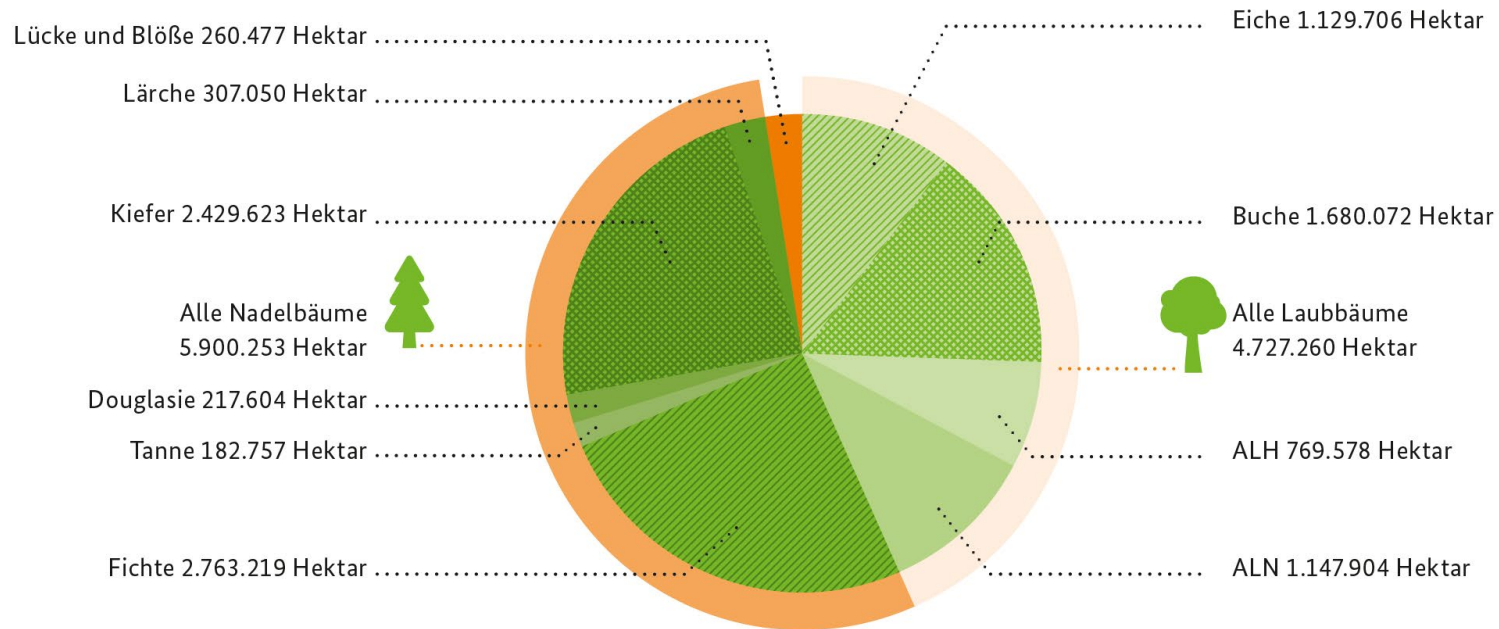
www.wki.fraunhofer.de

Forschungsthema

Buchen- bzw. Laubholz-Dämmstoffe

Ausgangssituation Holzvorkommen

Fläche der Baumartengruppen



Basis: Holzboden 10.887.990 Hektar, rechnerischer Reinbestand

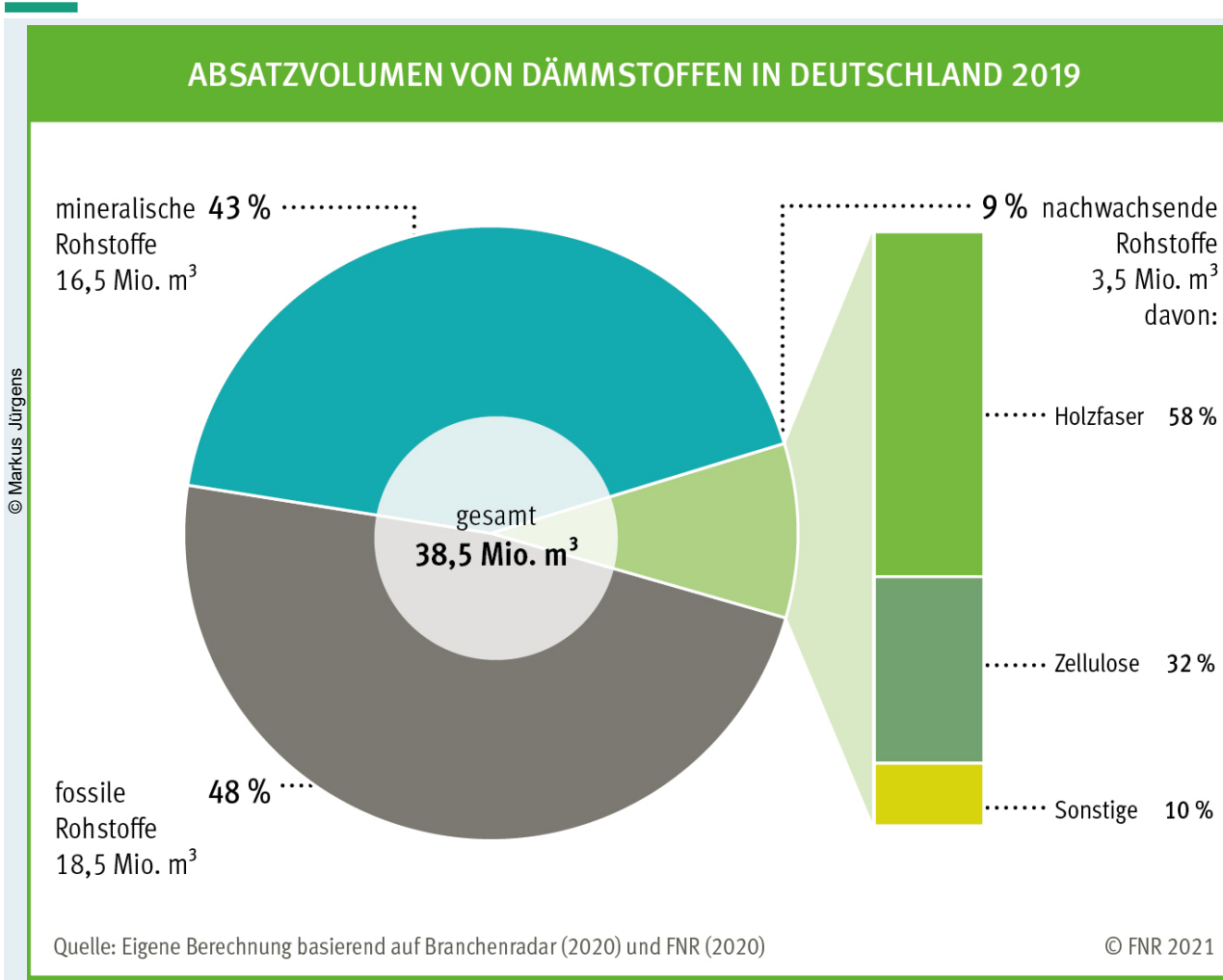
Fläche der Baumartengruppen (Quelle: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur, 2014)



- Letzten Jahre haben deutlich gezeigt, dass aufgrund der klimatischen Bedingungen und Schadereignisse enorme Probleme im Wald auftreten
- Zukünftig erwartet uns ein verändertes Rohstoffangebot

Ausgangssituation

Absatzvolumen von Dämmstoffen in Deutschland 2019

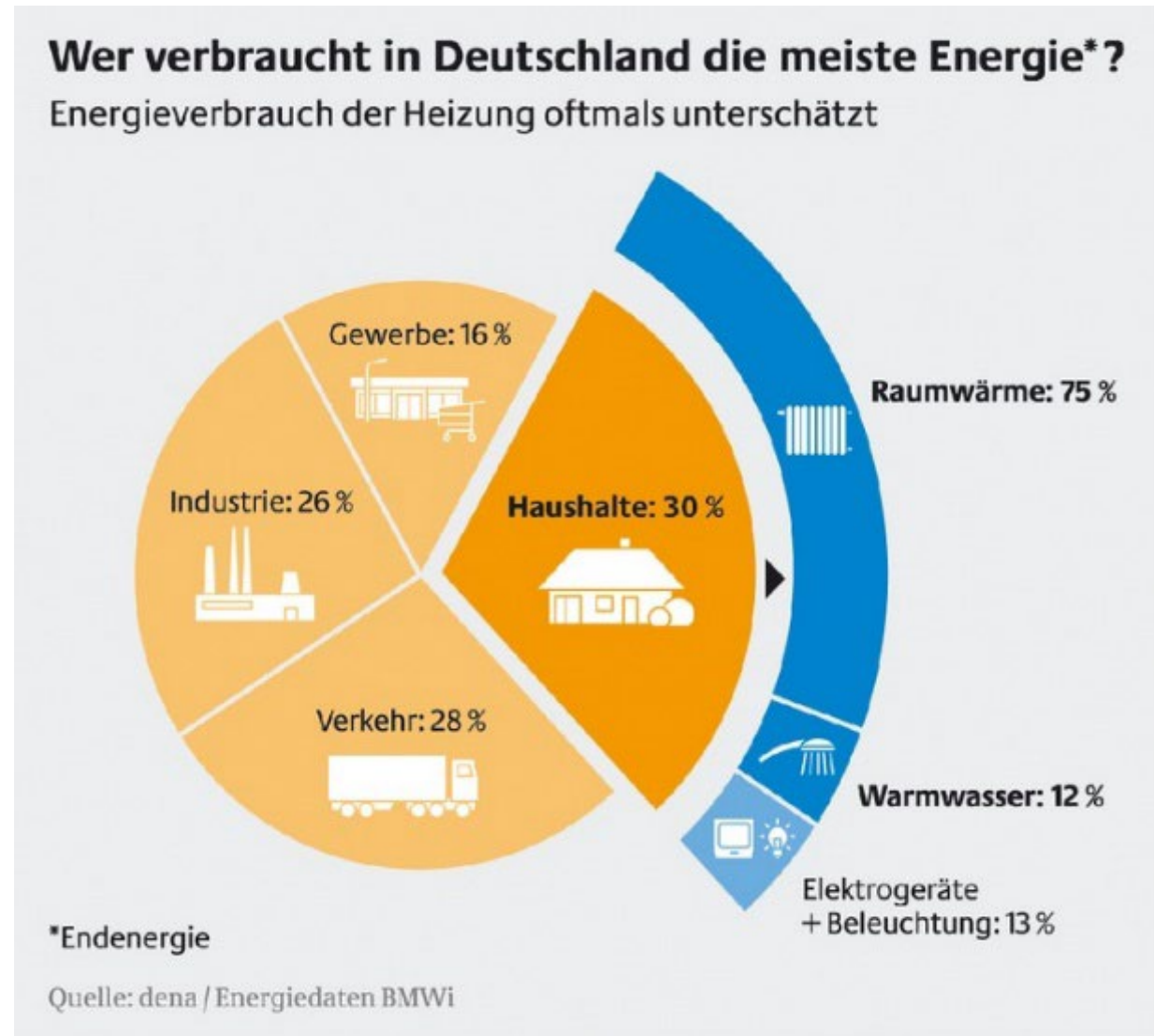


- Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen → 9 % (3,5 Mio. m³)
- Holzfaser → 58 % (nadelholzdominiert)
- Anpassung an das veränderte Rohstoffangebot: Buche als Rohstoff für Dämmstoffe

Ausgangssituation

Energieverbrauch

Verteilung des Energieverbrauchs auf die Segmente Gewerbe, Industrie, Verkehr und Haushalte. Dabei werden von den Haushalten ca. 75 % für Raumwärme benötigt.



Beispiel: Verbundprojekt: Aufbau einer Pilotanlage zur Nutzung und Evaluierung von Buchenholzfasern als Ziegel-Dämmstoff



Gesamtziel: Aufbau einer Pilotanlage zur Herstellung von Dämmstoffen auf Basis von Buchenholz sowie der begleitenden Forschungsaktivitäten

- Konzeptentwicklung und Bau einer Pilotanlage zur Holzfasermattenherstellung
- Machbarkeitsstudie zur Nutzung von Buchenholz zur Herstellung flexibler Dämmstoffe und Holzschäume bzw. Holzschäumgranulate als Füllstoff für Hohlziegel (lochbildabhängig und lochbildunabhängig)
 - Lokale Verfügbarkeit, Qualität und Menge „Buchenholz“
 - Ökonomische Aspekte wie z.B. Kosten Rohmaterialien, Herstellungskosten, etc.
 - Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt: Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Verarbeitbarkeit, Flammschutz, Hydrophobierung, etc.
 - Vergleich mit bestehenden Dämmstoffen
 - Optimierung der Holzschäum bzw. Granulatherstellung (Füllung lochbildunabhängiger Ziegel)
 - Alternative Herstellungsverfahren (Extruder, Ecopulser, Ballenreißer sowie Mischverfahren)

Ziel des Projektes

Teilziel: Herstellung von Dämmstoffen und Dämmmatten aus Buchenholz für die Füllung von Ziegeln



Ziele des Projekts

Brandprüfungen





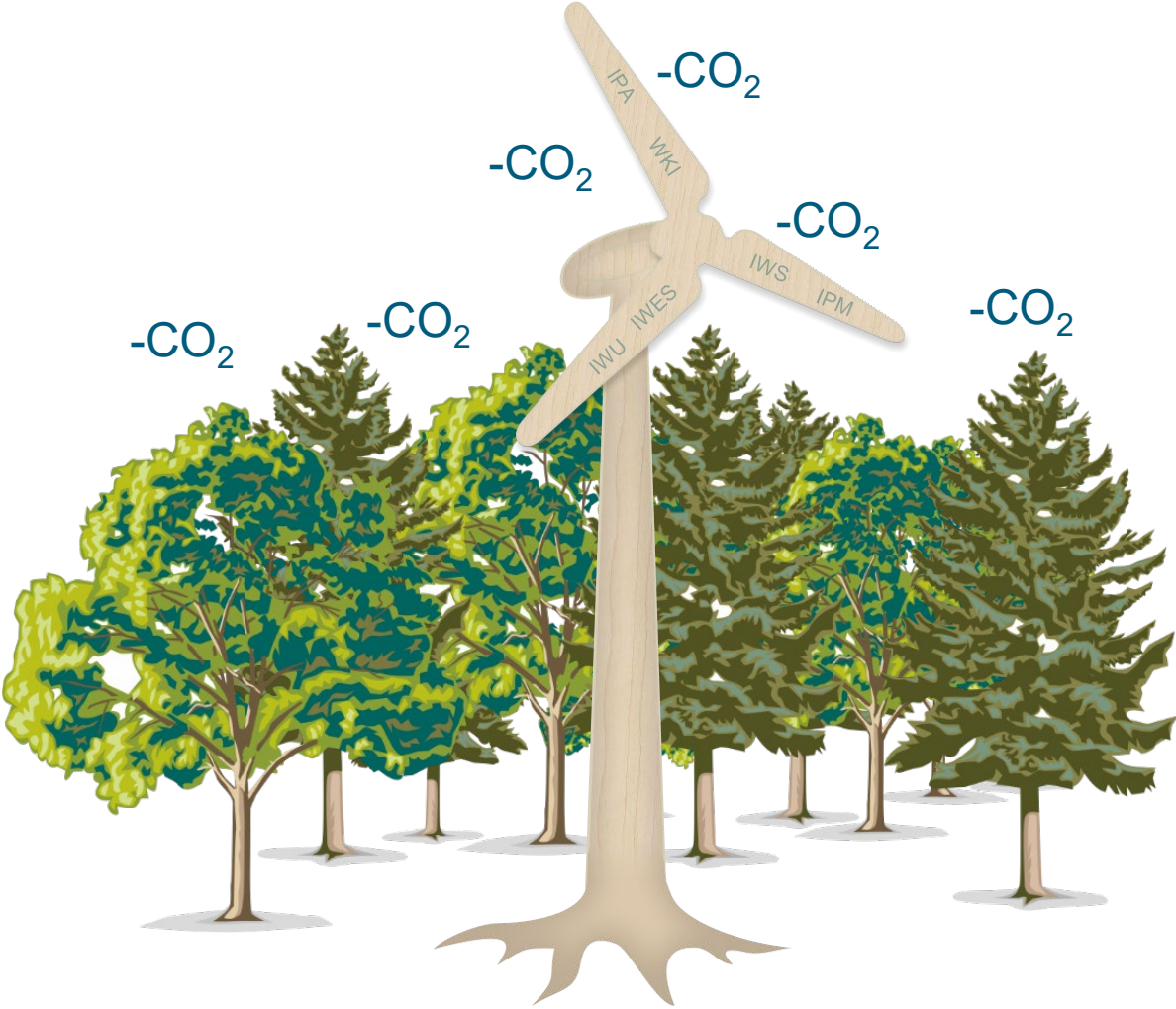
Bionisch inspirierte Holzhybridwerkstoffe für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft

Am Beispiel einer
neugedachten Windenergieanlage
»BionikReWin«

Green Deal

High-Tech Materialien für höchste
Anforderungen in der Bioökonomie

Zukunftsaussicht



Offen

BionikReWin und ROBINIAtower

Herausforderung und Ziele



Stand der Technik

Turmstrukturen für Windkraftanlagen bis 100 Meter in Schalen- bzw. Fachwerkbauweise mit **hohen Werkstoffeinsatz** und aufwendigen **bioziden Witterungsschutz**



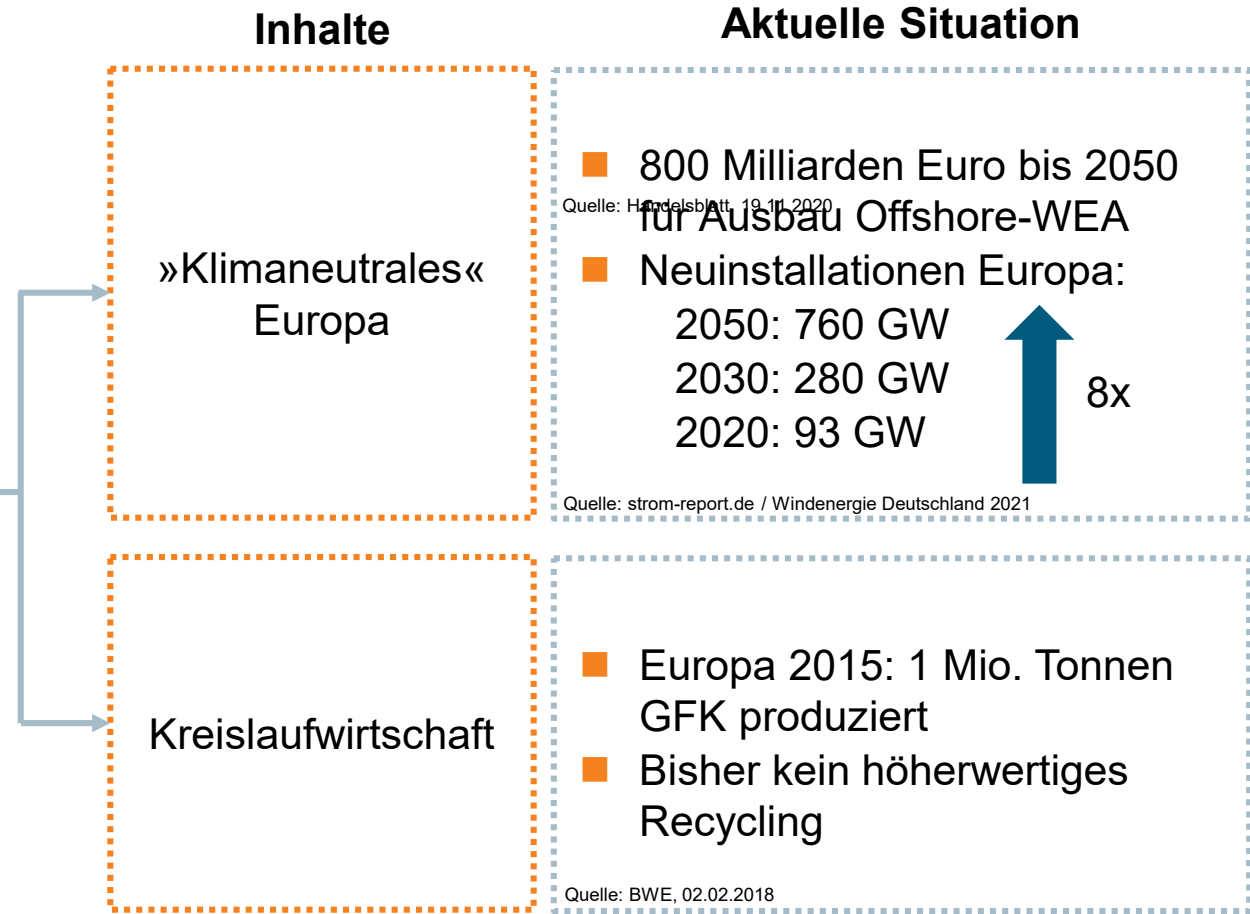
Ansatz „Fraunhofer-Projekte“

Bionisches Design mit **optimierten Werkstoffeinsatz** unter Verwendung von **hochfesten witterungsbeständigen Holz** ohne biozide Beschichtung

Bionisch inspirierte Holzhybridwerkstoffe für den Green Deal



Quelle: Cluster Ernährungswirtschaft Brandenburg



Unsere Lösung

Bionisch inspirierte Holzhybridwerkstoffe



Windenergieanlagen als Beispiel für Potential nachwachsender Rohstoffe

Windenergieanlage (WEA)



Materialmix

Stahl (Fundament / Turm)

- Onshore: ca. 10 % (ca. 240 t)
- Offshore bis 100 %: 1.500 t pro Anlage
- Pro Tonne Stahl zwei Tonnen CO₂

Beton (Fundament / Turm)

- Onshore: ca. 87 % (ca. 2.100 t)
- Pro Tonne Zement 600 kg CO₂

Verbundstoffe (Rotorblätter / Gondel)

- 2-3 % (60-70 t)

Quellen: Hintergrundpapier BWE: Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

Folgen bei Rückbau

**Deutschland: 30.000 WEA
6.000 vor Rückbau**

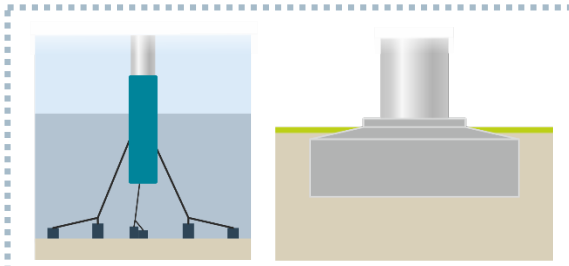
Recycling

- zu 80 - 90 % recycelbar (Stahl, Beton)
- Verbundwerkstoffe Rotorblatt / Gondel kaum zu recyceln
- Bis 2025 Verdopplung jährlicher Rotorblatt-Abfall von 25.000 t auf 52.000 t

Quellen: E2 Portal, Balkan Green Energy News / Tagesspiegel 05.04.2021

Mikro- und Nano-Bionik in der Hybrid-Materialentwicklung

Anwendung biologischer Prinzipien zum Erreichen hoher Zugfestigkeiten, Elastizitäten, Risssthemmung, etc.



Vorbild: Wurzelverankerung

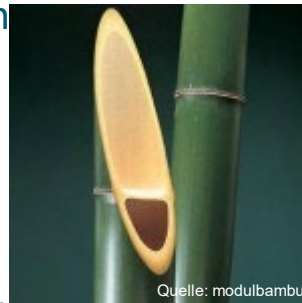


Quelle: Wikipedia, Claus Abelen

Ersparnispotential
Material 25%

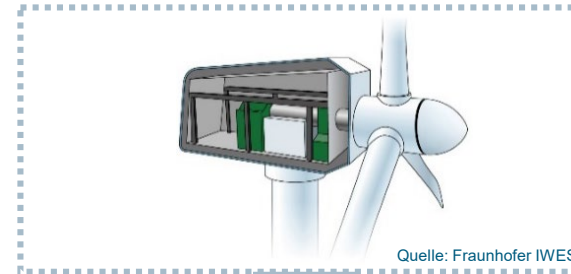


Vorbild: Schachtel-/techn.
Pflanzenhalm



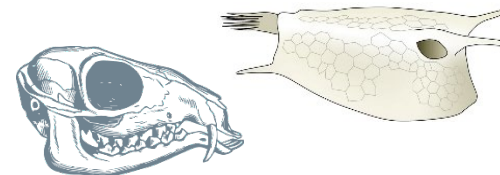
Quelle: modubambu

Ersparnispotential
Material 30%



Quelle: Fraunhofer IWES

Vorbild: Tierschädel sowie
Kofferrisch



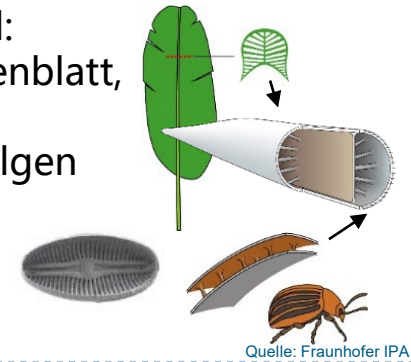
Quelle: Fraunhofer IPA

Ersparnispotential
Material 20%



Quelle: Fraunhofer IWES

Vorbild:
Bananenblatt,
Käfer,
Kieselalgen



Quelle: Fraunhofer IPA

Ersparnispotential
Material 10%

Potenzial: Verbesserte Eigenschaften um Faktor 3-100

Holzhybridwerkstoffe zu High-Tech-Materialien

Ansätze

Holz und
technische
Textilien



Beispiele



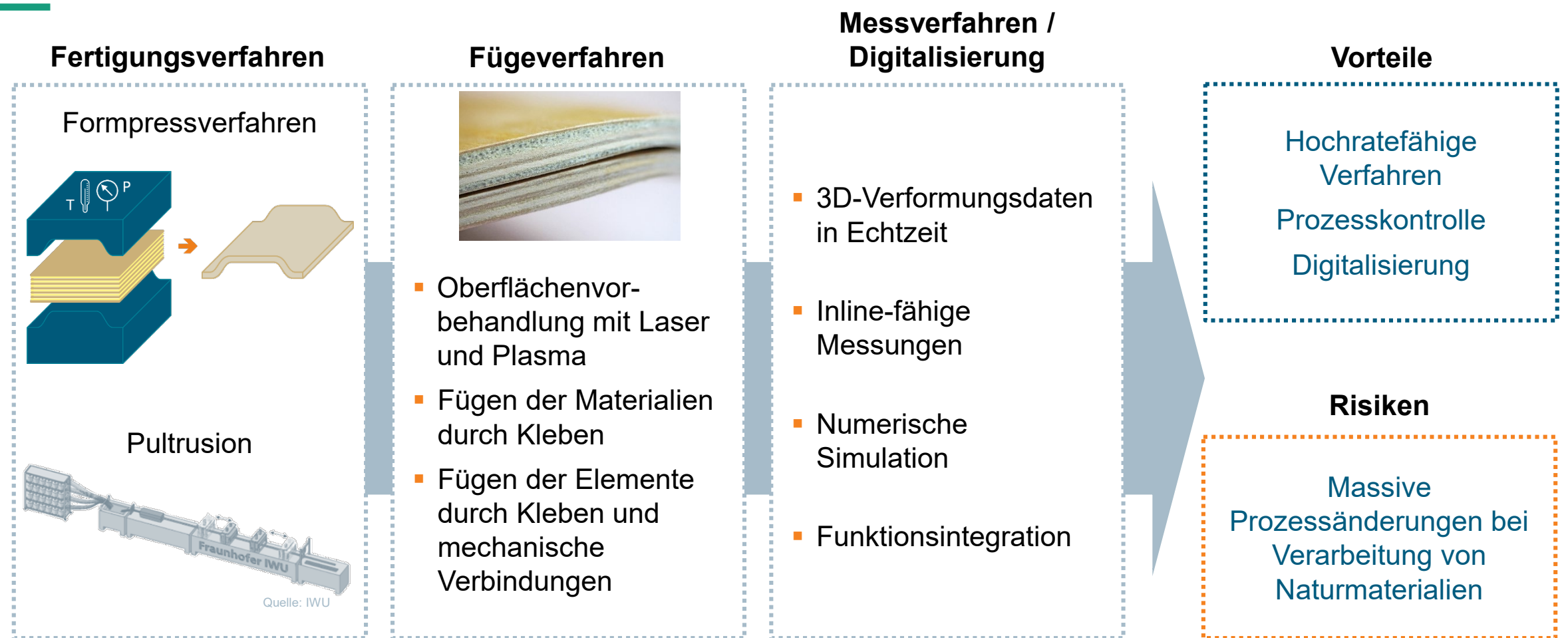
Vorteile

Ökologisch
Hohe Verfügbarkeit
Flexibel und stabil
Recyclingfähigkeit

Risiken

Hohe Anforderungen an
Fügetechnik
Dauerhaftigkeit

Skalierbare Fertigungs- und Fügeverfahren für hohe Akzeptanz



Recyclingkonzepte vervollständigen eine Kreislaufwirtschaft

