



Biobasierte Innovationen aus Zeitz
und Mitteldeutschland

Dialoggruppe Fein- & Spezialchemikalien

15. August 2024, INNOVENT - Technologieentwicklung Jena



PIC – Pi Innovation Culture GmbH
360°-Service im Innovationsprozess



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Begrüßung & Vorstellungsrunde

Dr. Christine Rasche, Dialoggruppenleitung & Fraunhofer CBP



Agenda

- 10.00 **Innovent – Technologieentwicklung aus Jena**
Sabrina Hauspurg, Bereichsleiterin Biomaterialien Innovent e.V.
- 10.20 **Chancen und Herausforderungen proteinbasierter Bindemittel mit Fokus auf den Einsatz im Holzwerkstoffbereich**
Prof. Detlef Krug, Ressortleiter Werkstoffe Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH
- 10.40 **Green Adhesives – nachhaltige Klebstofflösungen von Jowat**
Dr. Hartmut Henneken, Leiter Forschungsdienste Jowat SE
- 11.00 **Einblicke in die Forschung zu biobasierten Klebstoffen**
Biobasierte Klebstoffe und die neusten Entwicklungen bei INNOVENT e.V.
Dr. Ronja Breitkopf, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Innovent e.V.
Der Werkzeugkasten der Natur: Proteinkleber als bioinspirierte Alternative
Dr. Constanze Zwies, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- 11.45 **Challenge: Nutzung von Reststoffen für die Klebstoffherstellung**
Dr. Christine Rasche, Geschäftsfeldleiterin Sustainable Chemistry Fraunhofer IGB
- 12.00 **Aktuelles aus dem BioZ Bündnismanagement**
Ronny Kittler, Projektmanagement BioZ
- 12.15 Diskussion, Rundgang und Netzwerken
- 13.00 Grillen

Innovent – Technologieentwicklung aus Jena

Sabrina Hauspurg, Bereichsleiterin Biomaterialien Innovent e.V.



INNOVENT

INNOVENT e.V.

TECHNOLOGIEENTWICKLUNG JENA

Mitglied der 

ZUSE-GEMEINSCHAFT

www.innovent-jena.de

Wissenschaftsstandort Jena

Seit 1994 forscht und entwickelt INNOVENT e.V. gemeinsam mit Partnern aus dem wirtschaftlichen und akademischen Bereich am **Wissenschaftsstandort Jena**.



Universitätsstadt

Jena ist jung! Fast $\frac{1}{4}$ der Bevölkerung sind Studierende. Mit 2 Hochschulen bietet die Stadt beste Studienbedingungen und Berufsaussichten.



Forschungsstandort

Kurze Wege und viel Know-how durch enge Vernetzung von Wirtschaft und zahlreichen Forschungseinrichtungen.



High-Tech-Zentrum

Jena liefert innovative Produkte in die ganze Welt, die hier in der Forschung ihren Ursprung hatten.



Innovent auf einen Blick



Mehr als
30 Jahre
F&E Erfahrung

Rund
80 Laufende F&E-
Projekte

5 Forschungs-
bereiche

Jährlich über
200
Industriepartner

137 Mitarbeiter



Oberflächentechnik

OFT



Primer & Chemische
Oberflächenbehandlung

PCO



Biomaterialien

BMA



Magnetische & Optische
Systeme

MOS



Analytik &
Werkstoffprüfung

ANA

Unsere Stärken im Fokus

Wir forschen und entwickeln für Unternehmen.
Seit über 25 Jahren teilen wir die Liebe zur Wissenschaft und die Begeisterung für Technologie, um Projekte von der Idee, über den Prototypen bis zur Anwendungsreife zu führen.



Forschungsleistungen

INNOVENT e.V. pflegt und fördert intensive Kooperationen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen.



Bisher 4 Ausgründungen

- SURA Instruments GmbH
- Matesy GmbH
- MEOX GbR
- Axon Innovations UG



Über 60 lebende Patentfamilien

In den Applikationsfeldern der Oberflächentechnologie von Glas, Metallen & Kunststoffen, der Medizintechnik, Optik & Mikrosystemtechnik



Über 580 F&E-Projekte in 5 Jahren

Über Förderprogramme von EU, Bund, Ländern und Stiftungen sowie direkte Industriemittel.

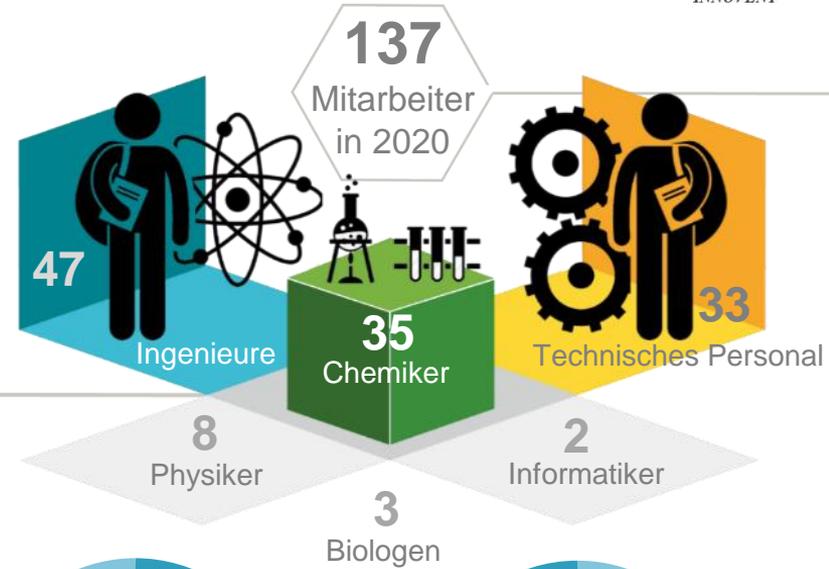
Unsere Erfolgsfaktoren

1,25
Mio. Euro
Investitionen
in 2020

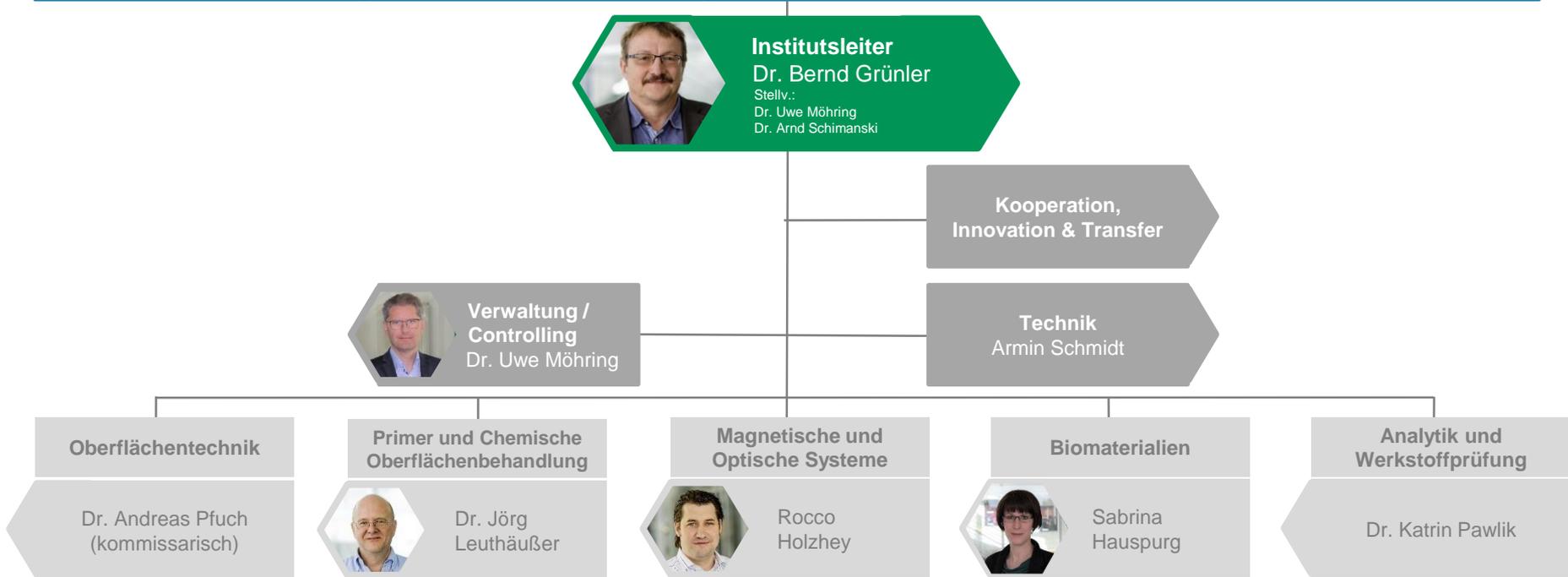
240
Aufträge für
Industrie-
partner in
2020

78
Laufende
Förderprojekte
in 2020

Auftrag-
geber aus
19
Ländern



Mitgliederversammlung und Vorstand INNOVENT e.V.



Der Bereich Biomaterialien – Das sind wir

“ Coming together
is the beginning.

Keeping together
is progress.

Working together...
is success.

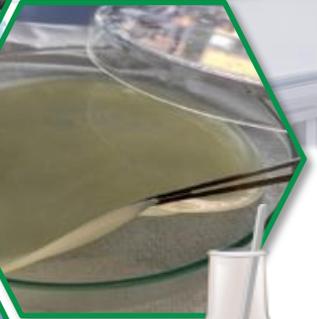
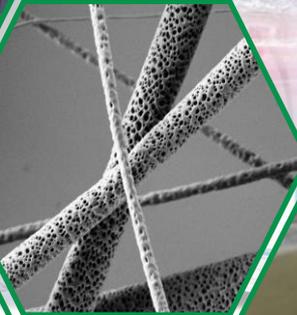
~Henry Ford



Chemie
Biologie
Material-
wissenschaft



13 WiMis
&
7 Techniker



Arbeitsschwerpunkte

- Polymersynthese und Syntheseoptimierung
- Biopolymerentwicklung/-modifizierung
- Entwicklung von Wirkstoffen und Reagenzien
- Polymerverarbeitung



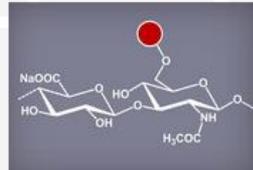
- Machbarkeitsstudien und Recherchen
- Chemische und biologische Prüfungen
- Molekulare Biologie
- Verfahrensentwicklung



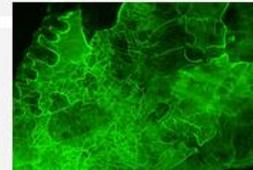
Polymere auf
Lactidbasis



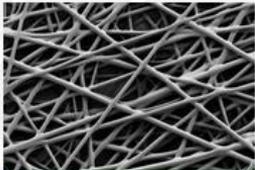
Biodegradierbare
Polyurethane



Funktionalisierte
Glycosaminoglycane



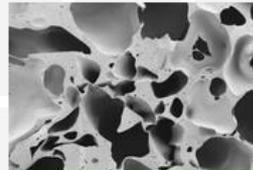
Polysaccharidderivate



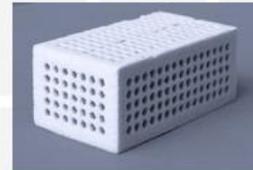
Elektrogesponnene
Vliese



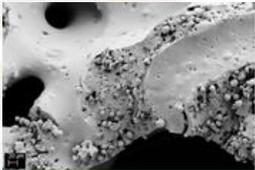
Hydrogele und Cryogele



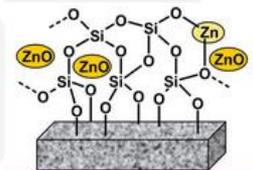
Resorbierbare Schäume



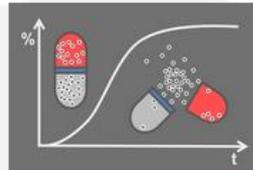
Materialien Additive
Fertigung



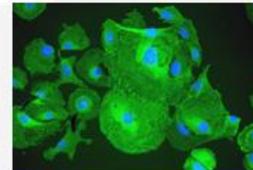
Hybridpolymere



Antibakterielle
Beschichtungen



Drug Delivery Systeme



Bioaktive
Beschichtungen

Anwenderprojekte
Auftragsforschung



Förderprojekte



Machbarkeits-
studien

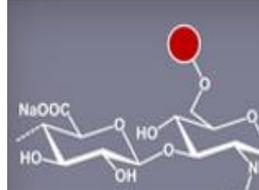




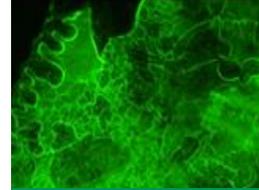
Naturstoffe



Hybridpolymere



Funktionalisierte
Glycosaminoglycane



Polysaccharid-
derivate



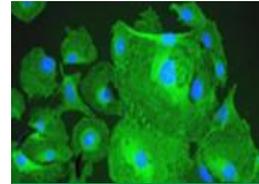
Bakterielle
Cellulose



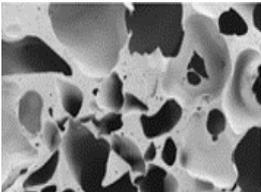
Mikroalgen



Biobasierte Klebstoffe



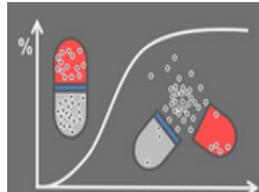
Bioaktive
Beschichtungen



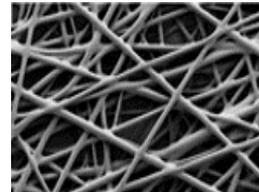
Abbaubare
Schäume



Hydrogele und
Kryogele



Drug-Delivery
Systeme



Electrospinning

Anwenderprojekte
Auftragsforschung



Förderprojekte

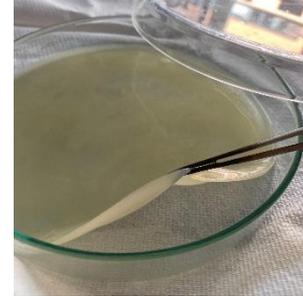


Machbarkeits-
studien



Entwicklung und Verarbeitung biobasierter Rohstoffe

- Bakterielle Zellulose
- Biosilikate (Mikroalgen)
- Biopolymere / funktionalisierte Biopolymere
(Chitin, Levan, Alginate, Chondroitinsulfate)
- Naturstoffe, Extrakterstellung aus Biomasse
(Pflanzen, Pilzen und Früchten)
- Öle
- Hydro-/Kryogele aus biol. Materialien



Bakterielle Zellulose



Asterionella formosa (Kieselalge)

Verwertung von Rest- und Nebenstoffströmen

- Biertreber und Durchlaufwasser
- (Weizen-)pülpe
- Melasse
- Naturfaserbasierte Reststoffe (z. B. Schäben)



© Henrik Pauly

Bestandteile der Hanfpflanze



© ForFarmers

Biertreber



© bhofack2/istock.com

Melasse



Verarbeitete Hanfschäben

Molekulare Mikrobiologie

- Stammentwicklung
(CRISPR/Cas, Homologe Rekombination,
Plasmidbasierte Veränderung)
- Gentechnische Arbeiten
- Biologische Testungen
- Produktoptimierung durch Mikroorganismen



Synthese



- 2 Syntheselabore
- SYNPROLAB Pilotlabor

(versch. Reaktortechnik, Ozon/O₂ - Generatoren, Vakuum-/Gefriertrocknung Synthesemikrowellen etc.)

Materialverarbeitung



- Elektrosinnanlagen
- Extruder (ab 5 g)
- Spritzgießmaschine
- Dosierroboter mit UV-Aushärtungseinheit

Biologie



Zellkulturlabor und S2 - Labor für biol. Prüfungen sowie Verfahrensentwicklung

(quant. Echtzeit-PCR, Microplate Reader, LSM, Chemocam, etc.)

Analytik



Analytische Möglichkeiten

- Strukturaufklärung
- Aufreinigung/Trennung
- Verlaufskontrolle etc.

(NMR 80 MHz, UV-VIS, FT-IR, HPLC, GPC, Flash MPLC/HPLC etc.)

Zellbiologische Untersuchungen

- Live/Dead-Assay, WST1[®]- und WST8[®]-Assay, CellTiter-Glo[®]-Test

Mikrobielle Methoden

- BacTiter-Glo[®]-Test, CFU-Bestimmung, Hemmhofstest

Bestimmung biochemischer Parameter

- Immunhistochemie

ELISA-Assays

DNA/RNA-Analytik

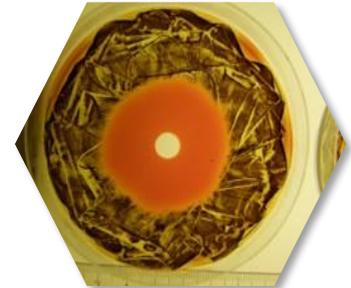
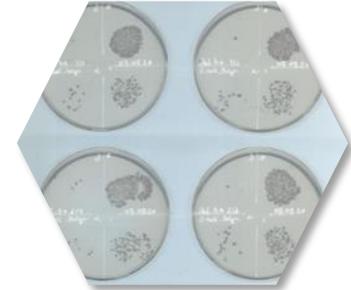
- PCR, RT-PCR

Proteinanalytik

- SDS-Page, Western Blot, Elektrophorese

Mikroskopie

- Auf-/Durchlichtmikroskopie, Fluoreszenz-Mikroskopie und konfokale Laserscanning-Mikroskopie



Synthesen, Scale-Up, Prozessoptimierung

- Überführung von Laborsynthesen in den kleintechnischen Maßstab
- chemische Prozessentwicklung
- Verfahrensoptimierungen
- Syntheseentwicklung
- Syntheseumsetzung nach spezifischen Kundenvorgaben

Aufreinigung und Analytik

- Großrotationsverdampfer
- Gefriertrocknungsanlage
- Vakuumtrockenschrank
- Präparative Flash- Chromatographie, HPLC
- Gelpermeationschromatographie
- Massenspektrometrie MALDI-TOF
- FT-IR (ATR), UV/Vis-Spektroskopie, NMR
- Viskosimetrie

Syntheseangebot

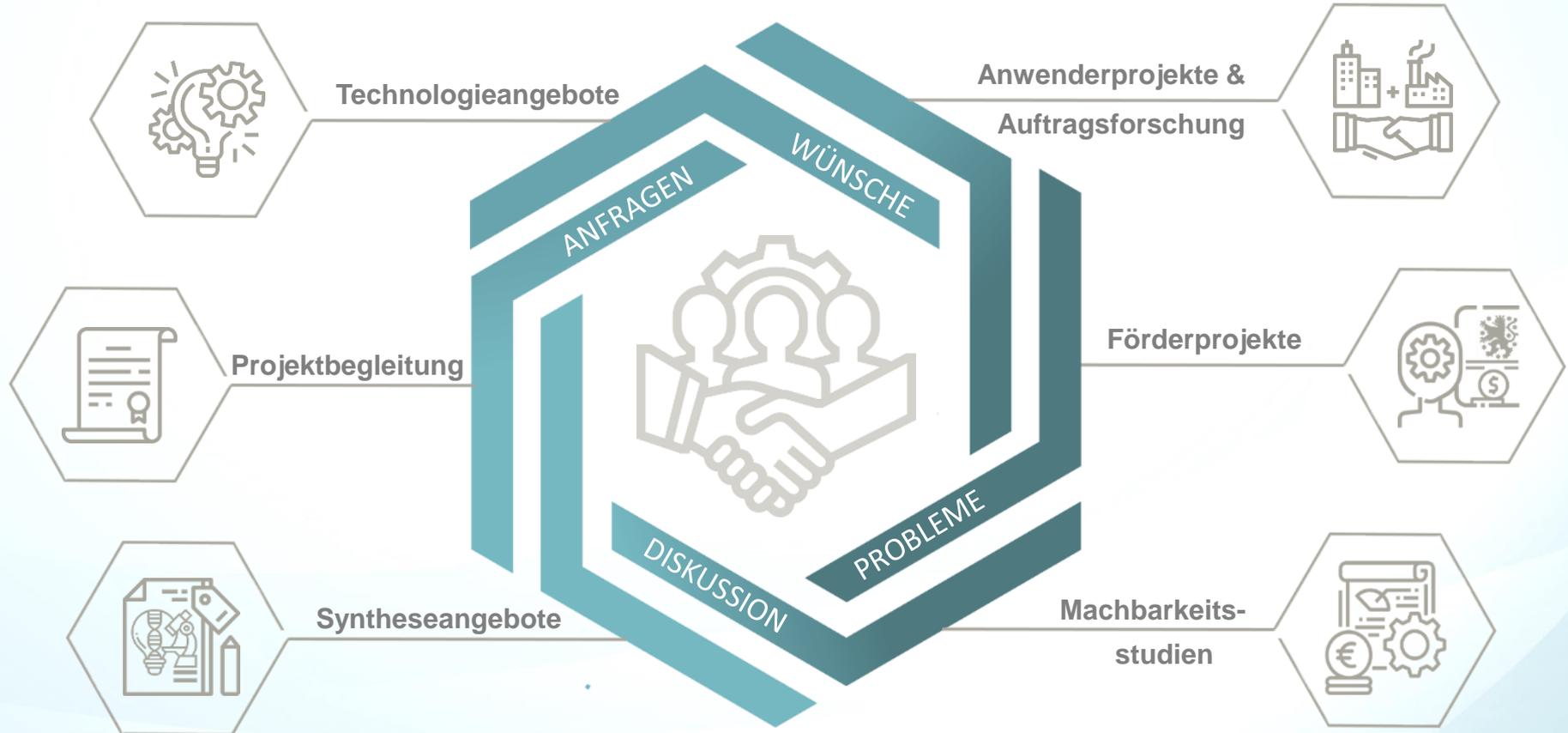
- Wirkstoffe
- Prodrugs
- Polymere
- Prepolymere
- Hybridpolymere
- Spezialchemikalien
- Biomaterialien



Verfügbare Reaktortechnik

- Edelstahl- u. Glasreaktor (6 l, 10 l)
 - Arbeitstemperatur -20 °C bis +150 °C
 - Arbeitsdruck bis 1,5 bar
 - inerter Synthesen unter Vakuum u. Schutzgas
- Parr Edelstahl-Druckreaktor
 - Volumen 2 l
 - Arbeitstemperatur -10 °C bis 350 °C
 - Arbeitsdruck bis 200 bar

Kooperationsangebot



Wir sind für Sie da!



Hauptgebäude und Technikum

(Prüssingstraße 27B, 07745 Jena)



INNOVENT

Technologieentwicklung Jena

Zweigstelle (Ilmstraße 18, 07743 Jena) Elektrochemie und Galvanik



Kontakt

Sabrina Hauspurg

Telefon: +49 (0)3641 282512

E-Mail: s.hauspurg@innovent-jena.de

www.innovent-jena.de

Follow us on:



Chancen und Herausforderungen proteinbasierter Bindemittel mit Fokus auf den Einsatz im Holzwerkstoffbereich

Prof. Detlef Krug, Ressortleiter Werkstoffe Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH

Proteinhaltige Bindemittel für Holzwerkstoffe Chancen und Herausforderungen

Prof. Dr. Detlef Krug

Holzwerkstoffe (HWS)

Vollholzwerkstoffe

- Brettschichtholz
(*engl. GLT*)
- Massivholzplatten
(*engl. SWP*)
- Brettsperrholz
(*engl. CLT*)
- Kreuzbalken
- Lamelliertes Holz
- Vorgefertigte
Elemente

Furnierwerkstoffe

- Furnierschichtholz
(*engl. LVL*)
- Sperrholz
(*engl. PLY*)
- Furnierstreifenholz
(*engl. PSL*)
- Spanstreifenholz
(*engl. LSL*)
- Furnierformteile

Spanwerkstoffe

- Spanplatte
(*engl. PB*)
- Oriented Strand
Board
(*engl. OSB*)
- Waferboard
- Strangpressplatte
- Scrimber
(*Quetschholz*)
- Spezialplatten
- Spanformteile

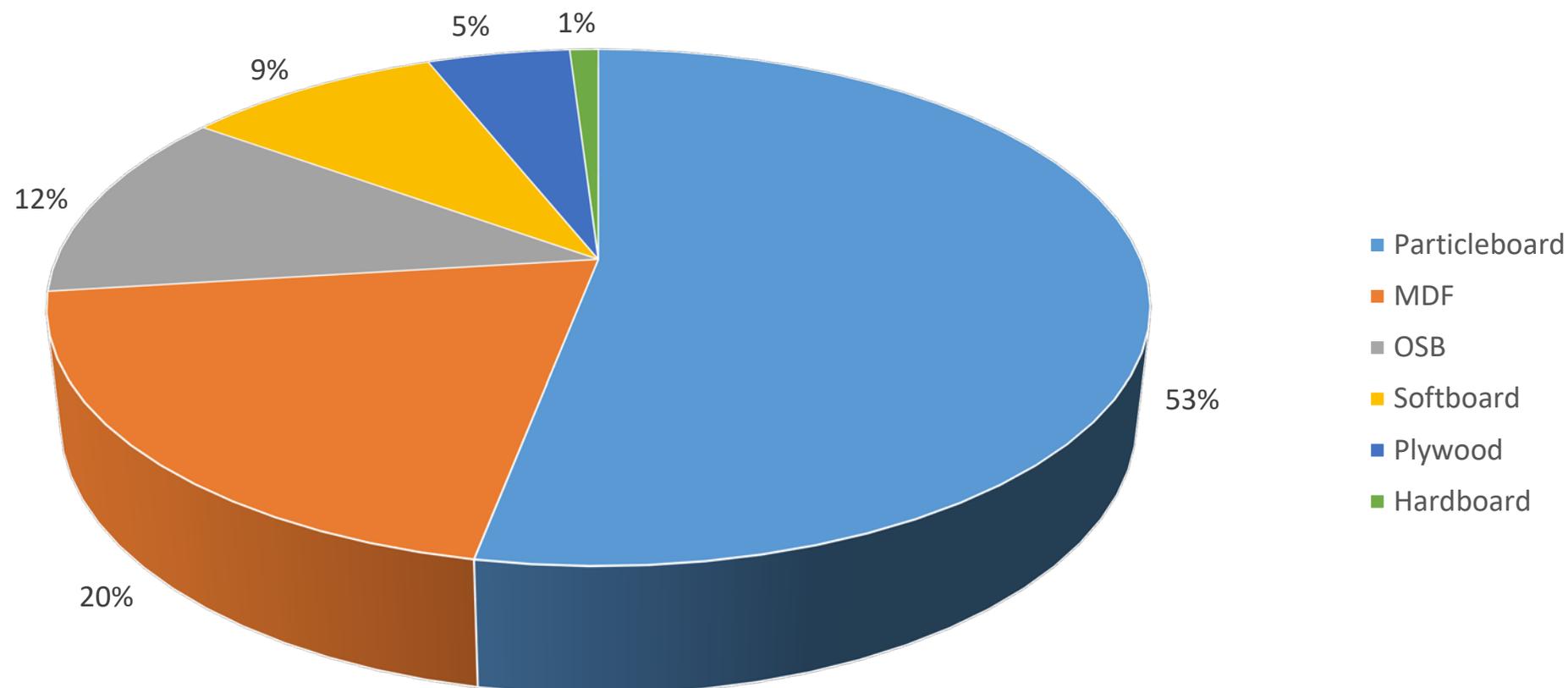
Faserwerkstoffe

- Mitteldichte
Faserplatte
(*engl. MDF/HDF*)
- Faserdämmstoffe
flexible Matten,
druckfeste Platten
(*Trockenverfahren*)
- poröse und harte
Faserplatten
(*Naßverfahren*)
- Faserformteile

Verbundwerkstoffe

- Holz-Polymer-
Werkstoff
(*engl. WPC*)
- Tischlerplatte
(Stäbchen- und
Stabsperrholz)
- Sandwichplatten
(mit Waben- und
Schaumkern)
- etc.

Holzwerkstoff-Anteile an Gesamtproduktion in EU (EPF-Länder) 2023

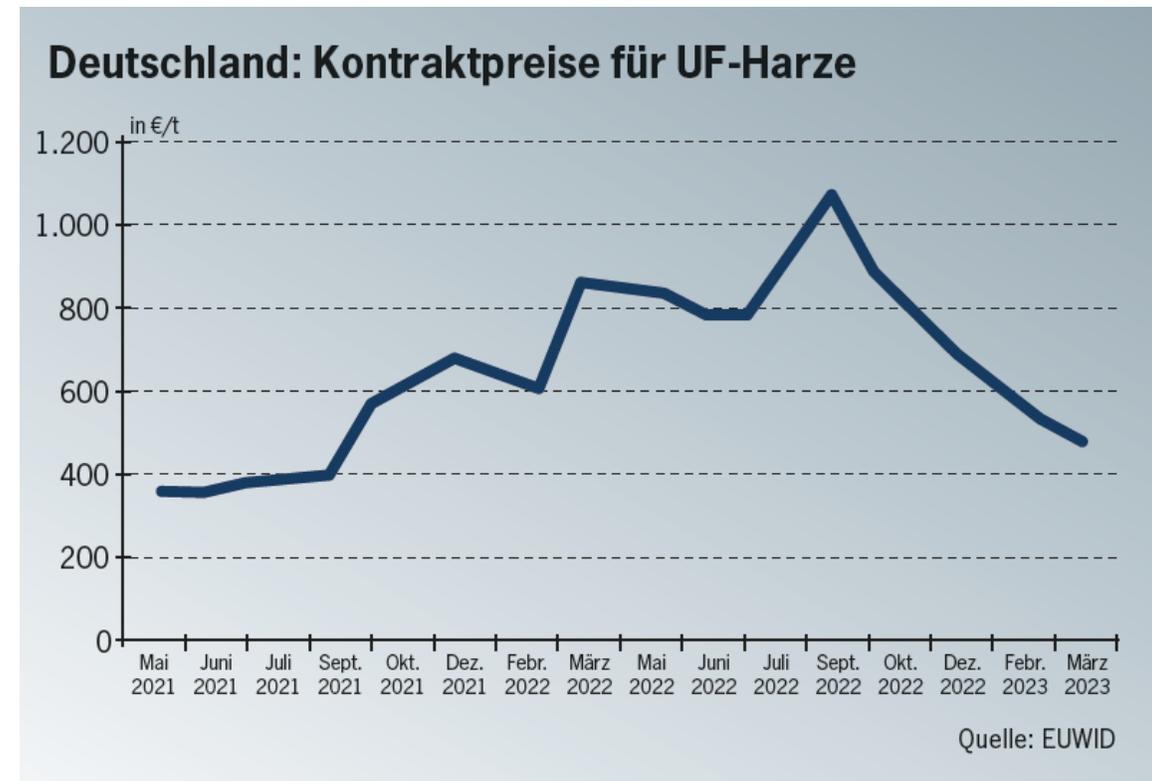


Quelle: EPF 2024

- Produktionsmenge HWS 2023:
EU: 56,5 Mio. m³ DE: 9 Mio. m³
- Annahme: 650 kg/m³ als durchschnittliche HWS-Rohdichte:
EU: 36,7 Mio. t Holz DE: 5,9 Mio. t Holz
- Annahme: 10 % durchschnittlicher Klebstoffanteil (bez. auf Holzmasse):
EU: 3,7 Mio. t Klebstoff DE: 0,6 Mio. t Klebstoff
- Klebstoffe i.d.R. erdöl-/erdgasbasierte, synthetische Produkte, wie
 - Harnstoff-Formaldehyd-Harze (**UF**),
 - Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harze (**MUF**),
 - polymere Diisocyanate (**pMDI**),
 - Phenol-Formaldehyd-Harze (PF)
- Biobasierte Klebstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe < 2 %

Quelle: EPF 2024

- Synthetische Klebstoffe mit vielen **Vorteilen:**
 - exzellente Reaktivität, definierte Eigenschaften für verschiedene Anwendungen, Verfügbarkeit und gleichbleibende Produktqualitätaber auch **Herausforderungen:**
 - Preissteigerungen,
 - steigendes Umweltbewusstsein und Verbraucher-Skepsis,
 - Baubestimmungen und aktuelle Gesetzgebungsregularien



Quelle: EUWID 2023

- EU 2014:
E1-Grenzwert $0,124 \text{ mg/m}^3$ für Formaldehyd aus HWS ausreichend,
aber Umstufung von Kategorie 3 (Substanzen, die krebserregend sein können) in Kategorie 1B
(wahrscheinlich beim Menschen krebserzeugend)
- EU 2023:
E0,5-Grenzwert $0,062 \text{ mg/m}^3$ für Formaldehyd festgelegt (Einführung bis 2026)
→ „Halbierung“ der Formaldehydabgabe
- Weitere europaweite Verschärfung des Grenzwertes auf $0,05 \text{ mg/m}^3$ in Diskussion
- REACH 2023:
Aufnahme von Melamin in Liste besonders besorgniserregender Stoffe (SVHC)
→ besondere Regeln für den Einsatz von Melamin:
 - bei Gewichtsanteil $> 0,1 \%$ Meldung an europäische Chemikalien Agentur (ECHA)
 - Info an industrielle Abnehmer

- **IKEA** bis 2030: Produkte ausschließlich aus erneuerbaren und recycelten Materialien, u.a. Einsatz konventioneller Klebstoffe um 40 % reduzieren, Altholzeinsatzquote von mind. 80 %
- IKEA fordert ab 27.11.2023 von Zuliefern die Verwendung formaldehydfreier Harze für die Verklebung von Furnieren (als Oberflächenmaterial auf HWS oder für Sperrholz)
- **Pfleiderer**: bis 2025 mind. 10 % Spanplatten unter Verwendung von Bioharzen
- **BASF**: Vermarktung biomassebilanzierter Leim- und Imprägnierharze, vollständiger Ersatz von Erdgas durch Biomethan für „Kaurit Zero“, Halbierung für „Kauramin Balance“ (erster Anwender SwissKronoGroup mit Bodenbelag „Corepel Evolution“)

- **EcoSynthetix** (technische Stärke + Vernetzer → „DuraBind®“-System)
 - ab 2016 mit IKEA (PB), mit SwissKrono für Möbel-PB („BE.YOND“-PB)
- **UPM** (UPM BioPiva™-Lignin-modifiziertes LF-Harz → „WISA BioBond®“-System)
 - ab 2017 LPF-Harz (mit 50 % Lignin) ab 2017 bei UPM Plywood für Sperrholzherstellung
 - LF-Harze (mit 100 % Lignin) seit 2022 im Labortest erfolgreich
- **Evertree** (Raps-/ Sonnenblumen-Ölpresskuchen mit Vernetzer → „GreenUltimate™“-System)
 - ab 2021 mit Panneauc Corrèze (MDF), mit Seripanneaux „PANTair“-PB
- **Sestec** (pflanzliche oder tierische Proteine)
 - ab 2022 mit Pfeleiderer → „GreenBond™“-System für Möbel-PB („OrganicBoard“)
- **Stora Enso** (Kraft-Lignin)
 - ab 2022 mit Koskisen → „NeoLigno® -System für Möbel-PB („Zero Furniture Board“-PB)
- **BASF** (Polylysin „Lycorit“ (synthetische Aminosäure), bei PB mit Vernetzer)
 - ab 2022 Industrierversuche bei MDF- und PB-Herstellern

Naturstoff

- Polyphenole
 - Lignin
 - Tannin
- Polyosen
 - Stärke
 - Hemicellulose
- Proteine
 - pflanzlich
 - tierisch

Synthetisch

- Formaldehydfreie Aminoplastharze
- Isocyanate
 - pMDI
 - EPI
- Polyvinylacetat (PVAc)
- Acrylate
- Epoxide

Anorganisch

- Wasserglas
- Zement
- Gips

Autoadhäsiv

- Oxidation von Holzinhaltstoffen
- Cellulose
- Aromaten, z. B. Lignin
- Polyosen
- Carbonsäure
- Akzessorische Inhaltsstoffe

Quelle: Pecher, Krug 2015: Stand formaldehydfreie Klebstoffsysteme. 5. Innovationsworkshop Holzwerkstoffe. Köln

Proteine als Bindemittel für Holzwerkstoffe - Beispiele

- 1887 (Hubbard): erste Spanplatte „künstliches Holz“ bestand aus Sägespänen (Reststoffen) und Blutalbumin (Proteinleim)
- bis Anfang des 20. Jahrhunderts: Glutinleim (Knochenleim) aus Gelatine verbreitetster Klebstoff für Holz, Papier, Leder und viele weitere Materialien (denaturiertes/hydrolysiertes Kollagen aus tierischem Bindegewebe)



Quelle: Simon Eugster, 10 May 2008 (UTC) - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4024487>

- Formulierung formaldehydfreier Proteinklebstoffe auf Basis
 - tierischer Proteine (u.a. Casein, Blut, Insektenzucht)
 - pflanzlicher Proteine (u.a. Soja, Weizen, Raps, Mais, Erbse, Ackerbohne)
- Verarbeitung als Pulver (i.d.R. Anlieferungszustand) oder Lösung (max. 30 % Feststoffgehalt, pH-Wert ≥ 9)
- Einsatz von Vernetzern zur Verbesserung der Eigenschaften
- Untersuchungen zur
 - Flächenverklebung von Lamellen und Furnieren (für SWP und PLY) sowie zur
 - Partikelverklebung von Fasern, Spänen und Strands (für MDF/HDF, PB, OSB)
- Optimierung der Fertigungstechnologien (u.a. Feuchte vor Pressen)

Kennwerte Pflanzenprotein-Bindemittel

		Bindemittelformulierung auf Basis			
		Weizenprotein	Sojaprotein	Rapsprotein	Maisprotein
Proteingehalt, bez. auf TS	%	78 - 86	80 - 85	65 - 72	62 - 68
pH-Wert der Lösung		≈ 10	≈ 12	≈ 12	≈ 13
Feststoffgehalt der Lösung	%	≈ 24	≈ 23	≈ 18	≈ 18
Löslichkeitsverhalten		gut	gut	befriedigend	ungenügend
Quellung im pH-Wert-Bereich der Formulierung		gering	gering	mäßig	sehr stark

PB mit Pflanzenprotein-Bindemitteln

- Variation Proteintyp:
 - Weizen
 - Soja
 - Raps
 - Mais

PB (1-S)
15 mm
12 % Proteinanteil
0 % Paraffin
34 s/mm
20 % Feuchte
160 °C



PB mit Pflanzenprotein-Bindemitteln

		Bindemittelformulierung auf Basis			
		Weizenprotein	Sojaprotein	Rapsprotein	Maisprotein
Rohdichte	kg/m ³	663	683	677	659
Biegefestigkeit	N/mm ²	16,5	14,9	12,2	9,5
Querzugfestigkeit	N/mm ²	0,73	0,46	0,30	0,29
Dickenquellung 24 h WL	%	21,1	30,9	31,3	36,2
Feuchtegehalt	%	11,6	11,1	10,7	12,0

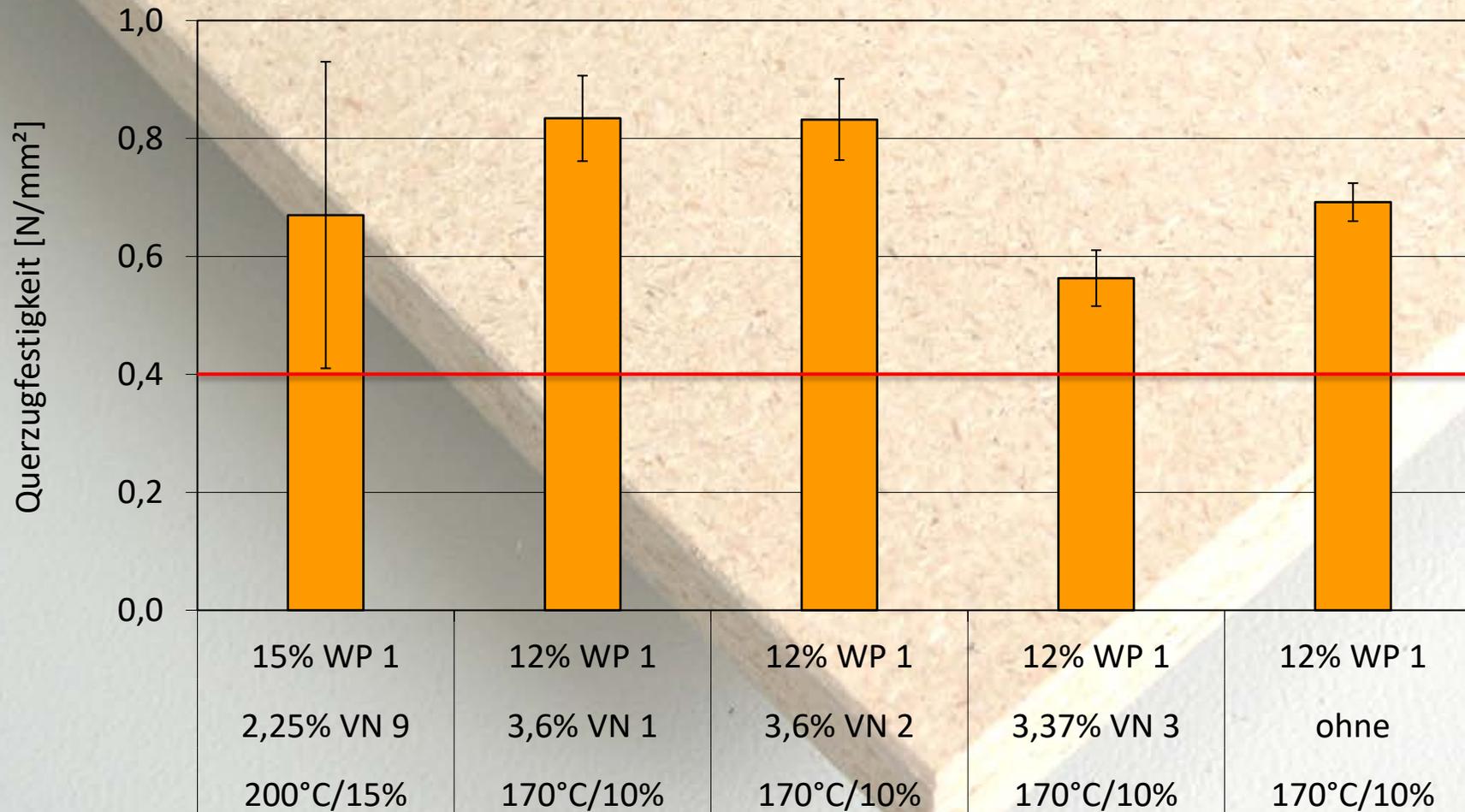
⇒ beste Ergebnisse mit Formulierungen auf Basis von Weizenprotein

PB mit Weizenprotein und Vernetzer

- Variation Vernetzertyp:
 - Vernetzer VN 1, 2, 3, jeweils auf Basis PAE
(PAE = Polyamidoamin-Epichlorhydrin)
 - Vernetzer VN 9 auf Basis PEGDE
(PEGDE = Poly(ethlyenglycol)diglycidylether)
- Variation Vernetzeranteil:
2,25 – 3,6 %

PB (1-S)
11,5 mm
750 kg/m³
0 % Paraffin
10/15 % WP1
25 s/mm
170/200 °C
10/15 % Feuchte

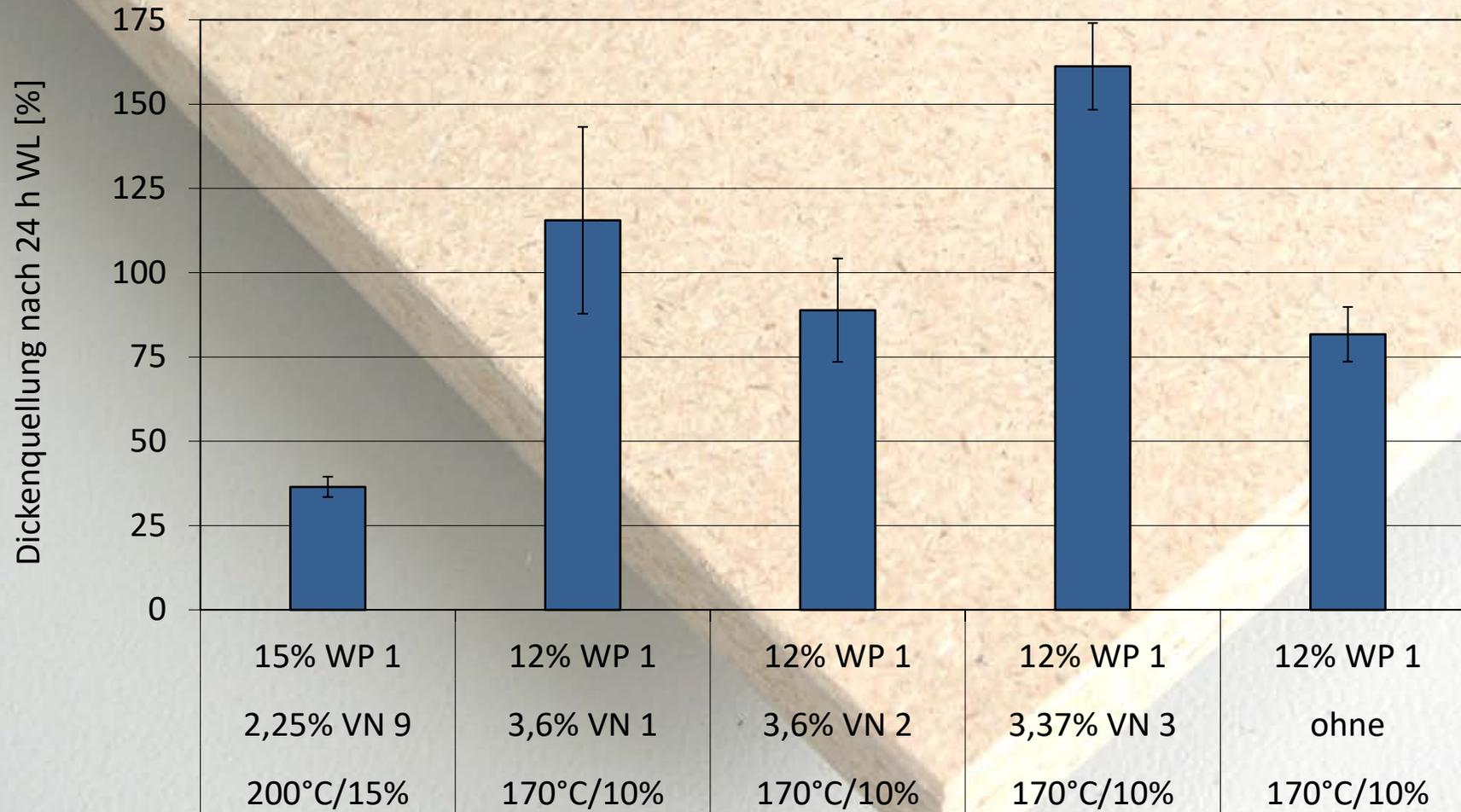
PB mit Weizenprotein und Vernetzer



PB (1-S)
 11,5 mm
 750 kg/m³
 0 % Paraffin
 10/15 % WP1
 25 s/mm
 170/200 °C
 10/15 % Feuchte

VN1, VN2, VN3, VN9

PB mit Weizenprotein und Vernetzer



PB (1-S)
11,5 mm
750 kg/m³
0 % Paraffin
10/15 % WP1
25 s/mm
170/200 °C
10/15 % Feuchte

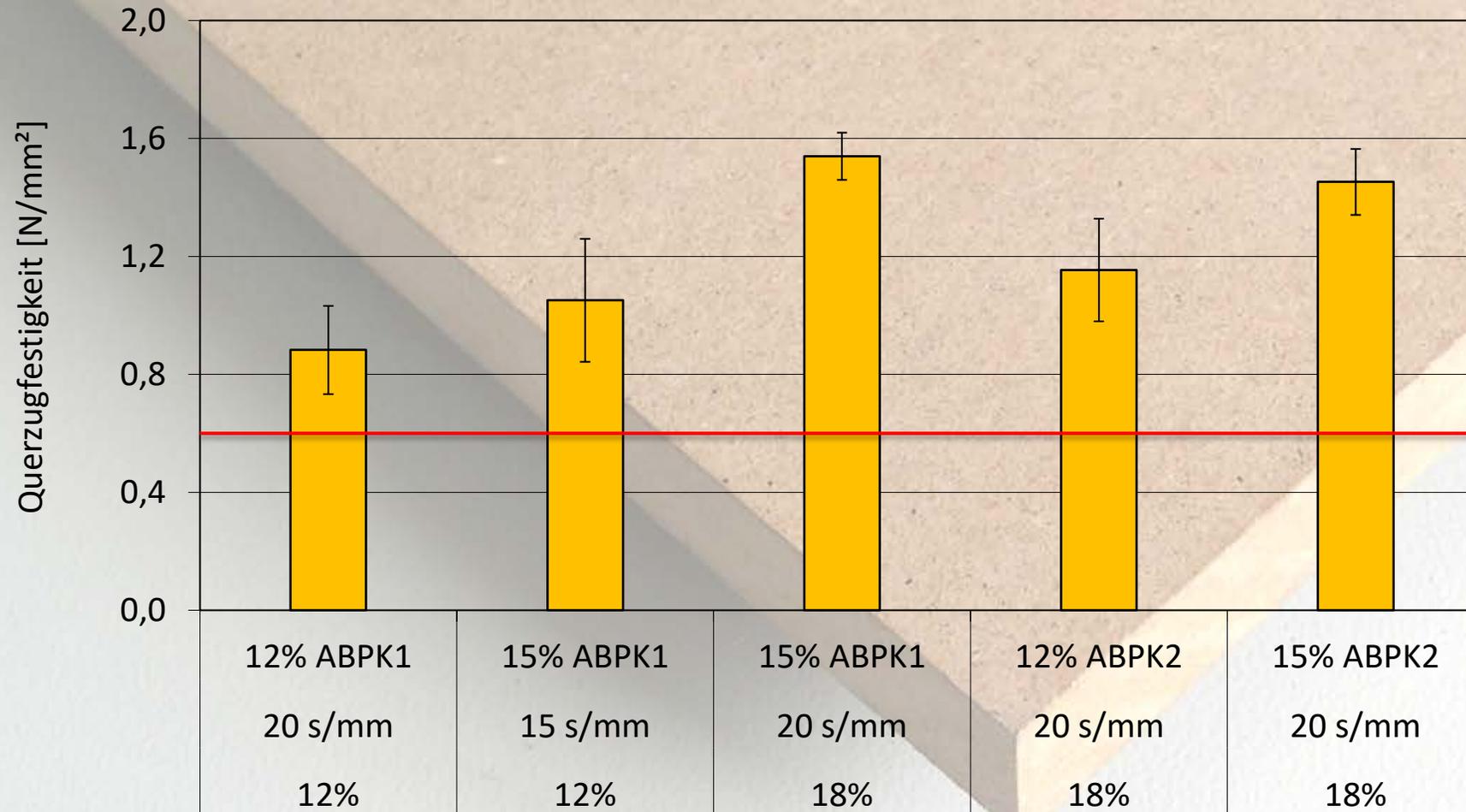
VN1, VN2, VN3, VN9

MDF mit Ackerbohnen-TPK

- Variation Bindemitteltyp:
 - ABPK1 (Ackerbohrentanninproteinkomplex F4W-2-3A)
 - ABPK2 (Ackerbohrentanninproteinkomplex F4W-2-Que)
- Variation Bindemittelanteil:
 - 12, 15 %
- Variation Feuchte vor Presse:
 - 12, 18 %

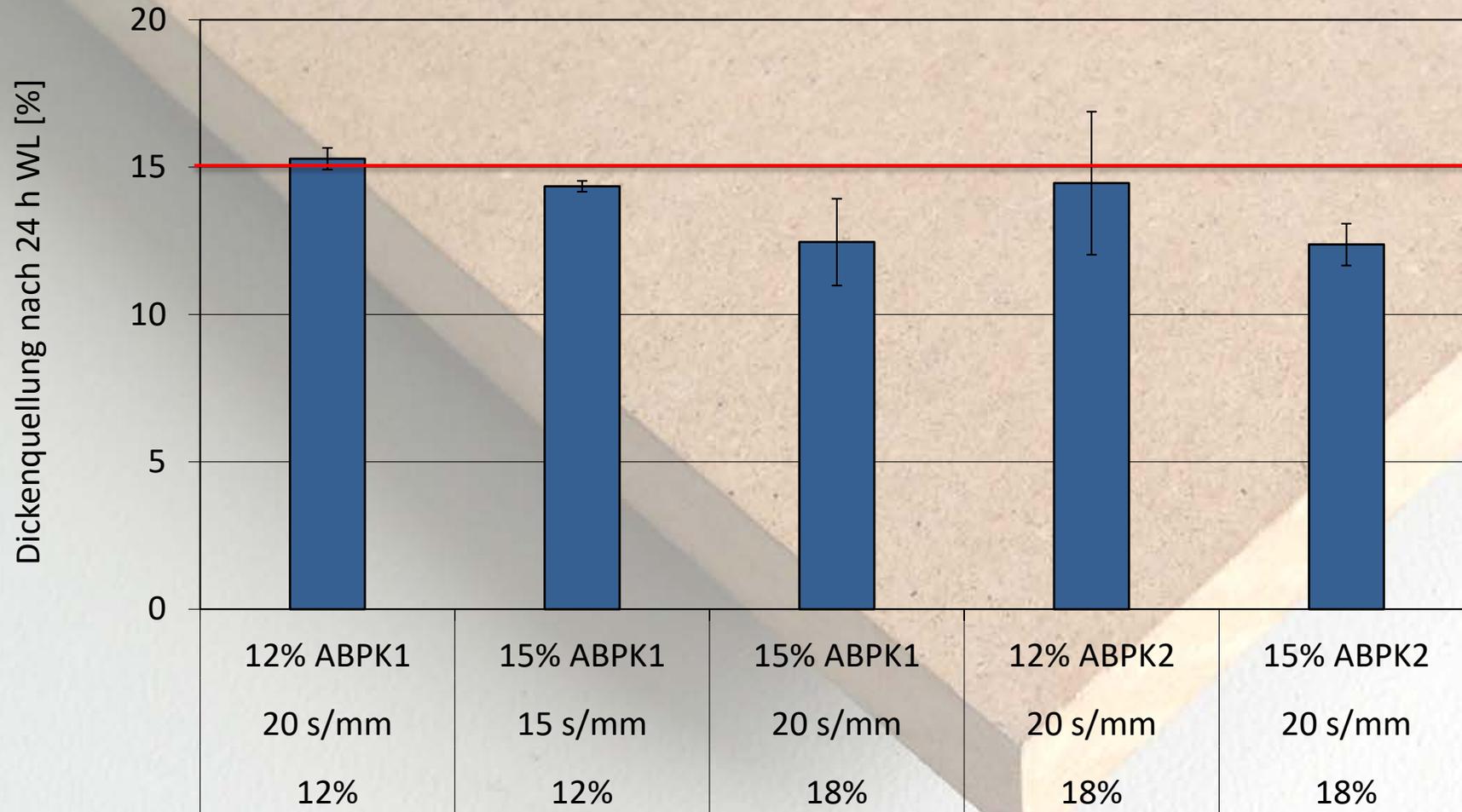
MDF (1-S)
12 mm
750 kg/m³
1 % Paraffin
15/20 s/mm
200 °C

MDF mit Ackerbohnen-TPK



MDF (1-S)
12 mm
750 kg/m³
1 % Paraffin
15/20 s/mm
200 °C
ABPK1, ABPK2
12, 18 % Feuchte

MDF mit Ackerbohnen-TPK



MDF (1-S)
12 mm
750 kg/m³
1 % Paraffin
15/20 s/mm
200 °C

ABPK1, ABPK2
12, 18 % Feuchte

- Herstellung proteingebundener Holzwerkstoffe möglich:
 - ⇒ höhere Feuchten vor Heißpressen vorteilhaft
 - ⇒ niedrige Feststoffgehalte ⇒ hohe Feuchten ⇒ lange Presszeiten
 - ⇒ sehr niedrige Formaldehydemission + Bindung von Formaldehyd aus dem Holz
- Einsatz von Vernetzern notwendig
 - ⇒ Reduzierung Prozesszeiten
 - ⇒ Verbesserung der Platteneigenschaften
- unterschiedliche Proteine auf pflanzlicher und tierischer Basis nutzbar

- Kenntnisse zu Rohstoffen (Proteingehalt, Nebenbestandteile, Löslichkeit)
- Proteine sollten (wasser-)löslich bzw. quellbar sein,
⇒ Protein- Denaturierung nicht vorab (z. B. durch thermische Behandlung bei Sprühtrocknung) sondern erst bei Plattenherstellung
- Suspensionen in sprühfähiger Viskosität (im Bereich von 300 – 600 mPas) mit hohem Feststoffgehalt ($\geq 50\%$) und ausreichender Lagerstabilität (Geruch als „Qualitätsmerkmal“)
- Einsatz geeigneter Vernetzer (u.a. Epoxide, Carbonsäuren)
⇒ Verzicht auf „kritische“ chlorhaltige Vernetzer (z.B. PAE)
- ausreichende Verfügbarkeiten (EU: 3,7 Mio. t Klebstoff, DE: 0,6 Mio. t Klebstoff)
- reproduzierbare Qualitäten
- Kosten/Preise?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**Institut für Holztechnologie Dresden
gemeinnützige GmbH
Zellescher Weg 24, 01217 Dresden
www.ihd-dresden.de**

Green Adhesives – nachhaltige Klebstofflösungen von Jowat

Dr. Hartmut Henneken, Leiter Forschungsdienste Jowat SE



BIOZ TREFFEN – GRÜNE KLEBSTOFFE
GREEN ADHESIVES – NACHHALTIGE KLEBSTOFFLÖSUNGEN

DR. HARTMUT HENNEKEN

15TH OF AUGUST 2024

NACHHALTIGKEIT BEI KLEBSTOFFEN

Direct & indirect emissions / Scope 1 & 2

Direct emissions (scope 1)

Emissions by energy source in t CO ₂	Detmold (Germany) 2021 / 2022	Elsteraue (Germany) 2021 / 2022	Buchrain (Switzerland) 2021 / 2022	High Point (USA) 2021 / 2022	Bandar Enstek (Malaysia) 2021 / 2022	Total 2021 / 2022
Natural gas	1,856.6 / 1,567.3	650.3 / 558.4	0.0 / 0.0	1,040.2 / 1,090.1	527.0 / 675.4	4,074.1* / 3,891.2*
Heating oil	0.0 / 0.0	43.8 / 35.9	52.9 / 46.9	0.0 / 0.0	0.0 / 0.0	96.7 / 82.8
Diesel	1,322.5 / 1,305.1	5.3 / 4.9	17.7 / 20.2	0.0 / 0.0	0.0 / 0.0	1,345.5 / 1,330.2
Gasoline	3.3 / 0.5	0.0 / 0.0	0.1 / 0.0	1.4 / 0.4	5.5 / 7.3	10.3 / 8.2
Total	3,182.3 / 2,872.9	699.4 / 599.2	70.7 / 67.1	1,041.6 / 1,090.5	532.5 / 682.7	5,526.5 / 5,312.4

Scope 1 & 2 emissions per ton adhesive:

~ 0,14 t CO₂-eq

* The total amount includes CO₂ as well as the equivalents from methane (CH₄) emissions.

Indirect emissions (scope 2)

Emissions by energy source in t CO ₂	Detmold (Germany) 2021 / 2022	Elsteraue (Germany) 2021 / 2022	Buchrain (Switzerland) 2021 / 2022	High Point (USA) 2021 / 2022	Bandar Enstek (Malaysia) 2021 / 2022	Total 2021 / 2022
Electricity	2,900.3 / 2,870.1	829.0 / 770.3	0.0 / 0.0	2,206.1 / 2,175.1	1,745.3 / 1,168.7	7,680.7 / 6,984.2

Product Carbon Footprint

Typical Product Carbon Footprint (PCF) Values for Industrial Adhesives

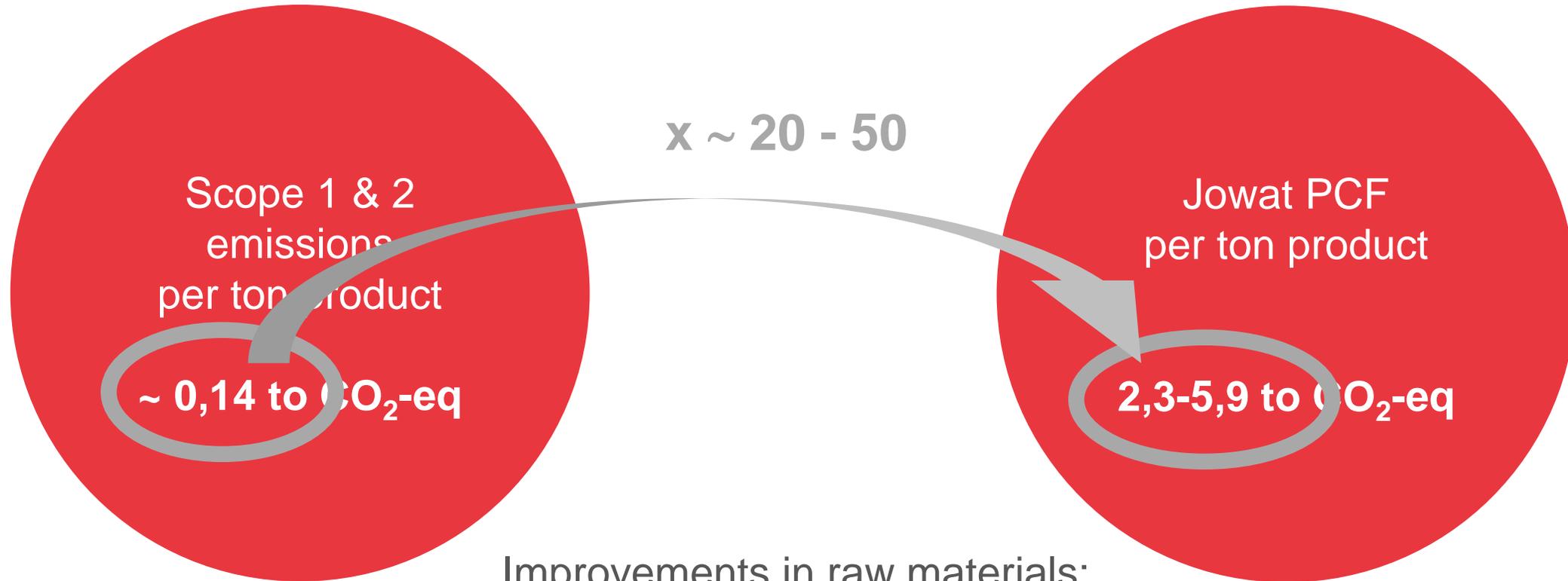


Product Group	Typical PCF Values in kg CO ₂ -eq/kg Product
Adhesives based on water-based Dispersions	1 – 3
Thermoplastic Hot melt Adhesives	2 – 5
Solvent Based Adhesives	2 – 5
Reactive Adhesives	4 – 10

Estimated Jowat PCF per ton adhesive

2,3 - 5,9 t CO₂-eq

Relation of impacts



Improvements in raw materials:
Biggest leverage factor regarding the
development of more sustainable adhesives.
(referred to their Carbon Footprint Value per ton)

Jowat
GREEN ADHESIVES



**Renewable
Raw Materials**



Healthy Living



**Occupational
Health and Safety**



**Resource
Conservation**

What are the possibilities?

New raw materials, based on polymers not used in “old-fashioned” petrochemical processes

Established raw materials, new production methods based on renewable feedstock

Bio-based

Recycled

CO₂-based

Focus (in this presentation): Biopolymers



Example: Hot melt Formulation

Example: Hot-melt adhesive



Adhesives contain numerous raw materials, often also different grades/ variations of one raw material class at the same time, to achieve the target properties:

- **Polymers** cohesion, elasticity, adhesion
- **Resins** adhesion, rheology
- **Waxes** setting properties, rheology
- **Fillers** cohesion, rheology, processing
- **Additives** oxidation stability, rheology
- **Polyols** adhesion, viscosity, hardness, cold flexibility, ...
- **Isocyanates** crosslinking, heat resistance, adhesion, ...
- ...

Raw materials with new chemical composition

Example: Hot-melt adhesive



- Replacement of each individual component means development effort and application trials
- Many classes of raw materials are
 - not yet available in bio-based form
 - only partially bio-based
 - offer less choice for achieving the target properties
 - are often expensive as bio-based raw materials
- Bio-based raw materials are important, but only one building block in the development of **fully sustainable** adhesives.



Real sustainability must be proven by life cycle assessments (LCA), “bio-based” is no guarantee!

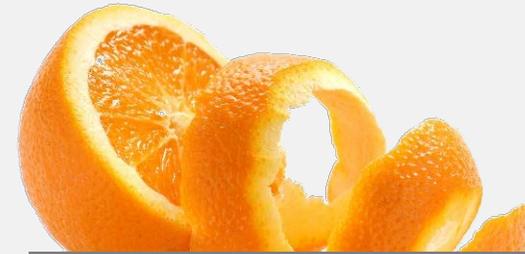
Established Bio-based Raw Materials



Tallharze



Kolophonium



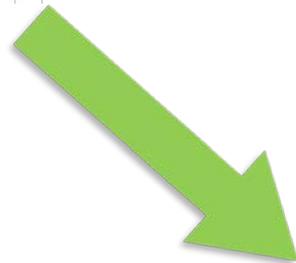
Terpenharze



Ethylacetat/ Lömis

Biobasierte Polyester

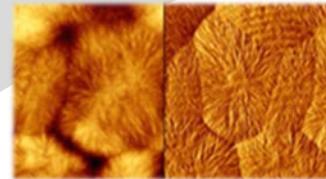
Biobasierte Polyester/ Polyesterpolyole sind neben den eben genannten Rohstoffen die bei Jowat meist eingesetzten Biopolymere



- Butandiol
- MEG/DEG
- Propandiol
- Succinic acid
- Sebacic acid
- Adipic acid

Polyester

kristalline Bausteine



Rohstoffe

Verfügbar aus biogenen Quellen

PU Dispersion

thermoaktivierbar

hohes MW
niedriger VOC



Klebstoff

effizienter Klebprozess
gute Performance und Beständigkeit
verbesserter Carbon Footprint



GROW: Examples



Jowatherm® GROW 853.20



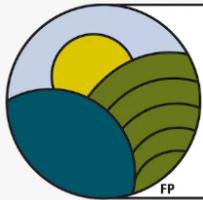
The sustainability of this adhesive has been verified and it has been awarded the DIN-tested biobased 20 – 50 % certification mark. In addition to its high content of renewable raw materials, the adhesive provides further benefits that make it particularly suitable for processing temperatures, low energy consumption and the optimisation of resources and the optimisation of the process. Jowatherm® GROW 853.20 is also characterised by its low viscosity, which prevents the waste of adhesive on machine parts.

Jowatherm® GROW 853.22



The very high content of renewable raw materials of more than 50%, makes this modern packaging hot melt adhesive ideal for companies that want to avoid the use of fossil-based raw materials as far as possible.

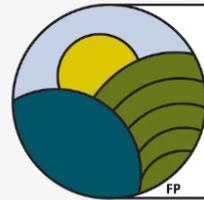
Jowatherm® GROW 853.40



**USDA
CERTIFIED
BIOBASED
PRODUCT**
PRODUCT 44%

Jowatherm® GROW 853.40 is characterised by very low stringing and clean adhesive cut-off, which prevents the waste of adhesive and the soiling of packaging and machine parts. The very high content of renewable raw materials makes this modern packaging hot melt adhesive ideal for companies that want to avoid the use of fossil-based raw materials as far as possible.

Jowatherm® GROW 853.45



**USDA
CERTIFIED
BIOBASED
PRODUCT**
PRODUCT 47%

Jowatherm® GROW 853.45 provides a wide range of adhesion that facilitates a reliable Bonding of difficult surfaces. In addition, its high flexibility at low temperatures benefits deep-freeze applications.

Jowatherm-Reaktant® GROW 657.40



Biobased PUR hot melt adhesive for edgbanding

- Wide range of applications
- Resistant to water and heat
- High-strength bonding results

Jowacoll® GROW 105.85



Biobased dispersion adhesive for wood bonding

- High water resistance
- High heat resistance
- Short pressing time in cold, hot and high-frequency presses



Jowatherm-Reaktant® GROW 631.20



Biobased polyurethane hot melt adhesive for sustainable textile lamination
Certified by independent institutes
Resource-efficient high-performance adhesive
Soft touch and high resistance to washing



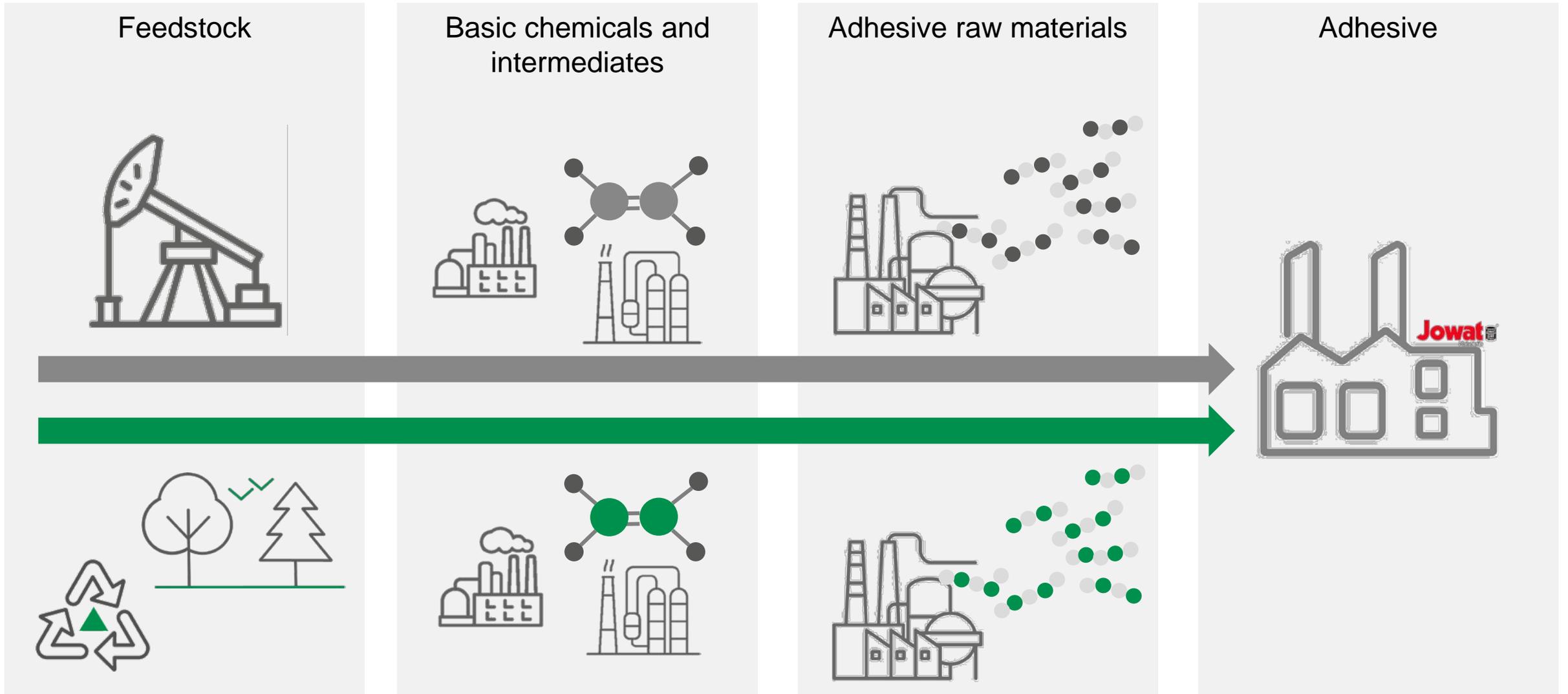
At present, higher bio-based shares do not meet Jowat's expectations of performance and cost-effectiveness

Mass Balance Approach

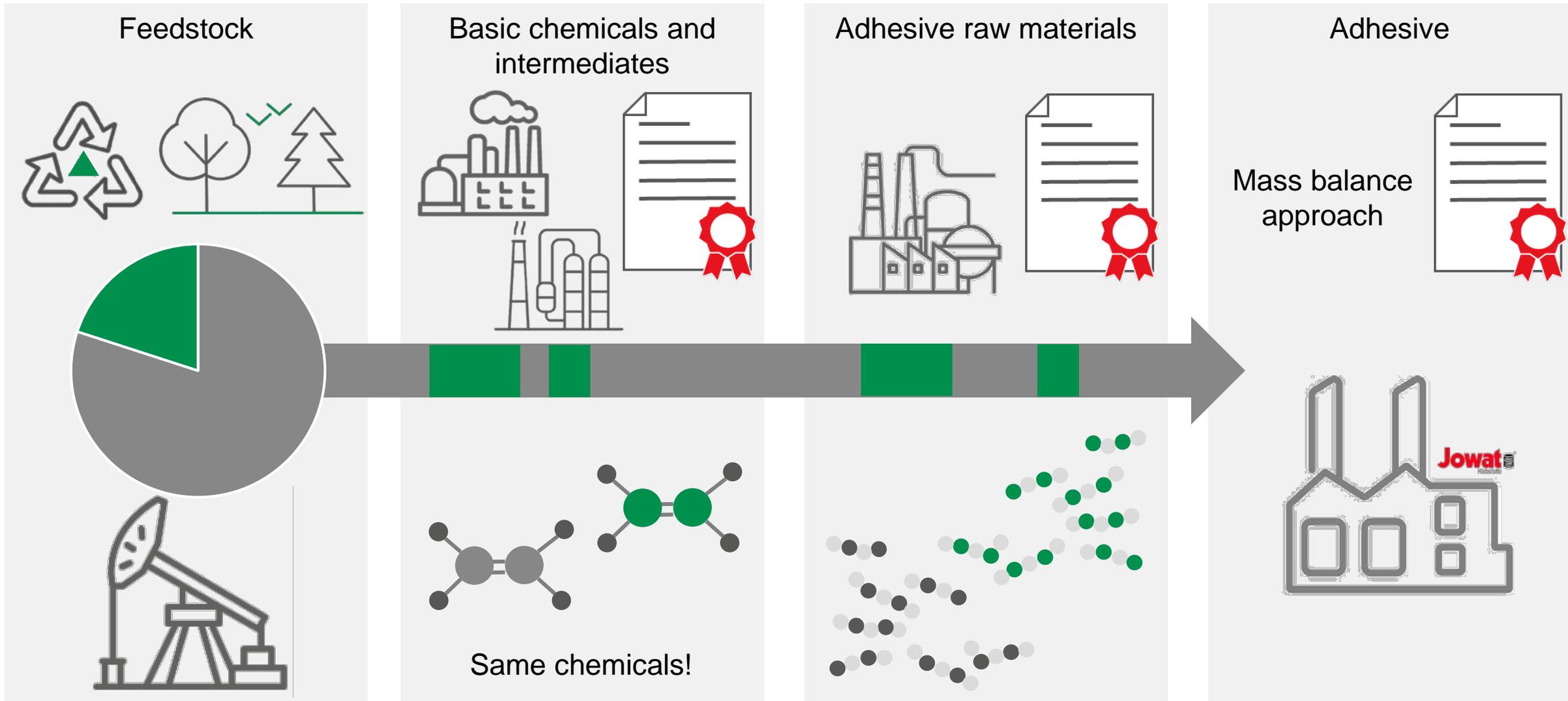
How could higher percentages than ~20-50% bio-based be realized?

How can the availability of recyclate-based raw materials be achieved?

Established, but renewable: Two material streams

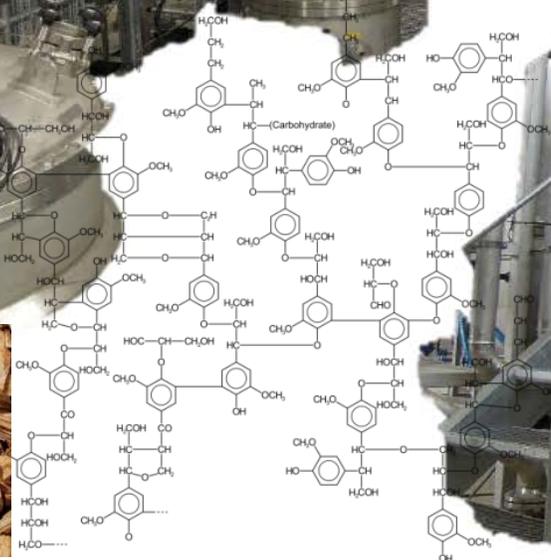
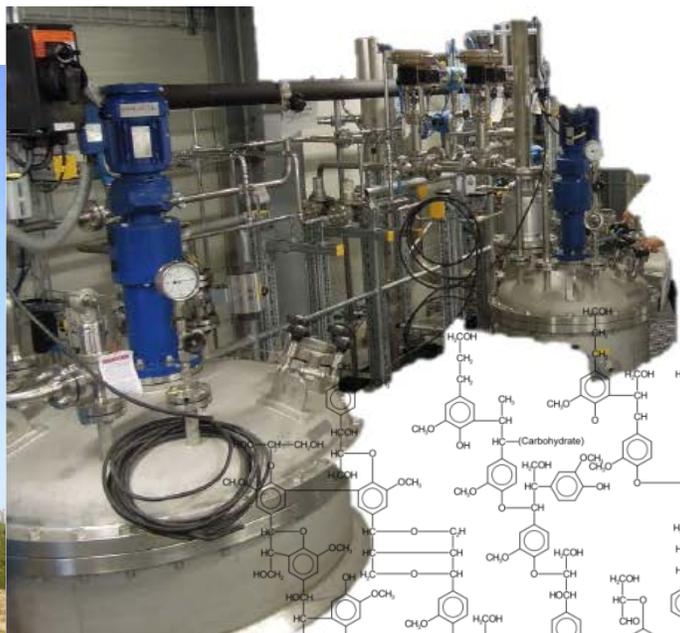


Established, but renewable: One material stream



PROJEKTE (BEISPIELE)

Lignin = Häufigstes Biopolymer



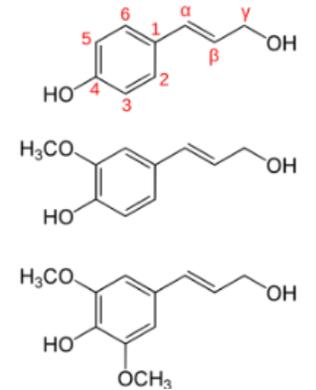
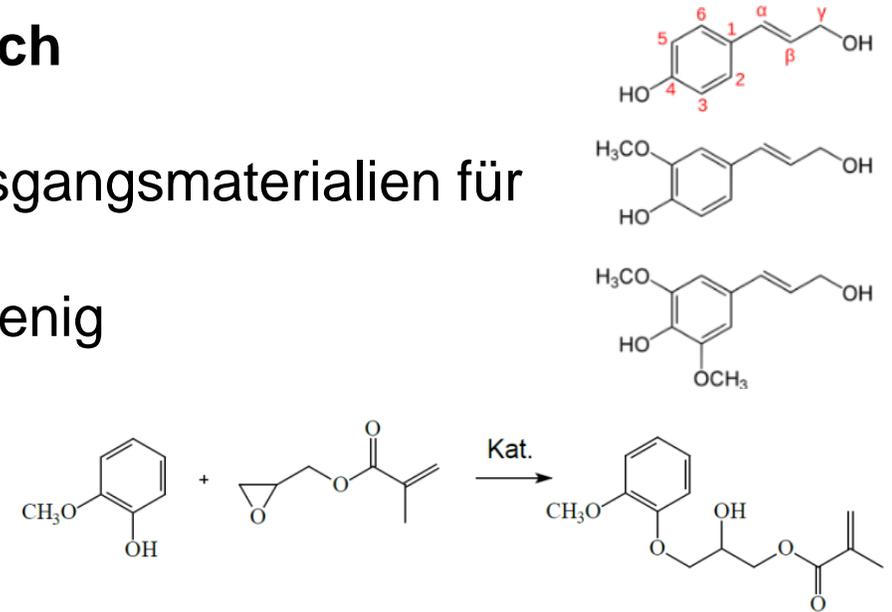
Diverse Projekte- bis heute technisch nicht erfolgreich

- Depolymerisation/Abbau von Lignin
- Chemische Modifikation/ Synthese um geeignete Ausgangsmaterialien für die Klebstoffformulierung zu erhalten
- Direkter Einsatz von Ligninfraktionen mit möglichst wenig Aufarbeitungsschritten

Ziele (Jowat):

- Co-Polymerisation Lignin basierter Monomere für wässrige Dispersionen
- Ersatz OH-funktionaler Rohstoffe in PUR Klebstoffen
- Ersatz von PVOH in Dispersionen
- (Reaktive) Füllstoffe

Fazit: Für Klebstoffanwendungen bei Jowat bislang keine Möglichkeiten (Jowat nutzt auch keine Phenolharze)



Increase efficiency of wood use

“Lignin”nutzung bei Jowat: Einsatz von Holzwerkstoffen ...



Hauptpartner

- ANiMOX GmbH
- Fraunhofer IVV
- Fraunhofer IFAM

Assoziierte Partner

- SWL Tischlerplatten Betriebs-GmbH
- BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH
- Roland Mills United GmbH & Co. KG
- Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan
- Bunge Deutschland GmbH

- Neuartige proteinbasierte Klebstoffe
- Modifizierung von Proteinen und ggfs. Kombination mit Stärke
- Wässrige Dispersionen
- Schmelzklebstoffe
- Wellpappeanwendungen
- Holz- und Möbelanwendungen (z.B. Sperrholz)

Partner

- RWTH Aachen - StartUp (in Gründung)

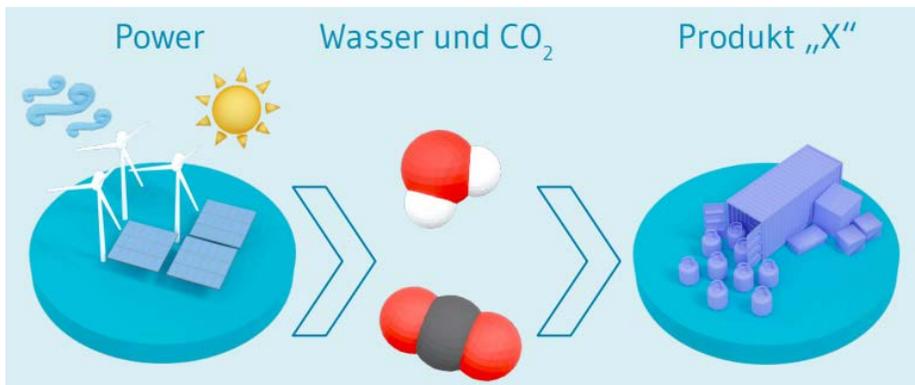
Demoprojekt „Power-to-Polymers“ als Teil des Kopernikus-Programms P2X

<https://www.kopernikus-projekte.de/>

KOPERNIKUS
»PROJEKTE
Die Zukunft unserer Energie

PTJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

- Kopernikus Ziel: "De-Fossilisierung" der chemischen Industrie & Strom aus erneuerbaren Energien zur Erschließung von Kohlenstoffkreisläufen
- "Power-to-Polymers"konzentriert sich auf die Entwicklung von neuartigen Bausteinen für die Polymerindustrie
- Para-Formaldehyd Präpolymere (pFA) und Polymethylenether Polyole (PME-Polyole) auf Basis von CO₂ und H₂ über Methanol und Formaldehyd als Zwischenprodukte
- JOWAT: Anwendungen und Produkte von pFA Prepolymeren und PME-Polyolen im Klebstoffsektor (hauptsächlich 1K Polyurethanklebstoffe)





Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



GEFÖRDERT VOM



PLA

01.07.10-31.03.13 Entwicklung eines auf Basis von Poly-L-Milchsäure hergestellten Haftklebstoffes

01.02.16-31.01.18 BioPSA: Haftschmelzklebstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe

01.09.22-31.08.25 PLA-PackGlue: Industrielle Herstellung und Anwendung von PLA-basierten Schmelzklebstoffen im Papier-Verpackungsbereich

Stärke

01.07.2016-31.12.2019 Dextriplast: Entwicklung von Biogenen Schmelzklebesystemen für medizinische Anwendungen

01.08.2022-31.07.2025 Bio-FolPack: Biogene Folien, Verbundklebstoffe und Verbunde aus Stärkeestern für Lebensmittelverpackungen

PHB

01.04.2017-31.03.2020 PHBKlebstoffe – neuartige Klebstoffe auf Basis von Poly-3-Hydroxybutyrat

Projektpartner

- Fraunhofer Umsicht
- UnaveraChemLab GmbH
- BellePapier GmbH

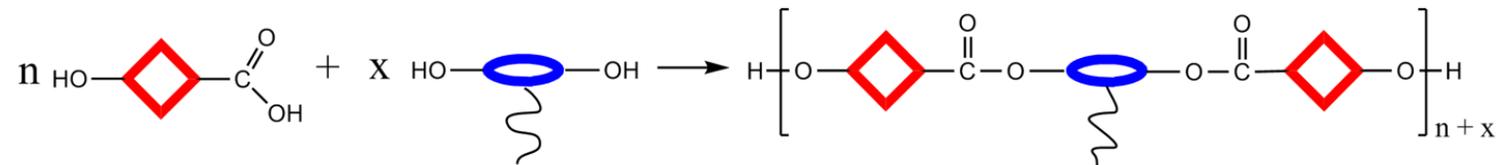
- Biobasierte Klebstoffe für die Verpackungsindustrie
- PLA-basierte Schmelzklebstoffe
- Entwicklung von Rohstoffen
- Klebstoffformulierung und Anwendungstests
- Untersuchung des Verhaltens beim Papierrecycling



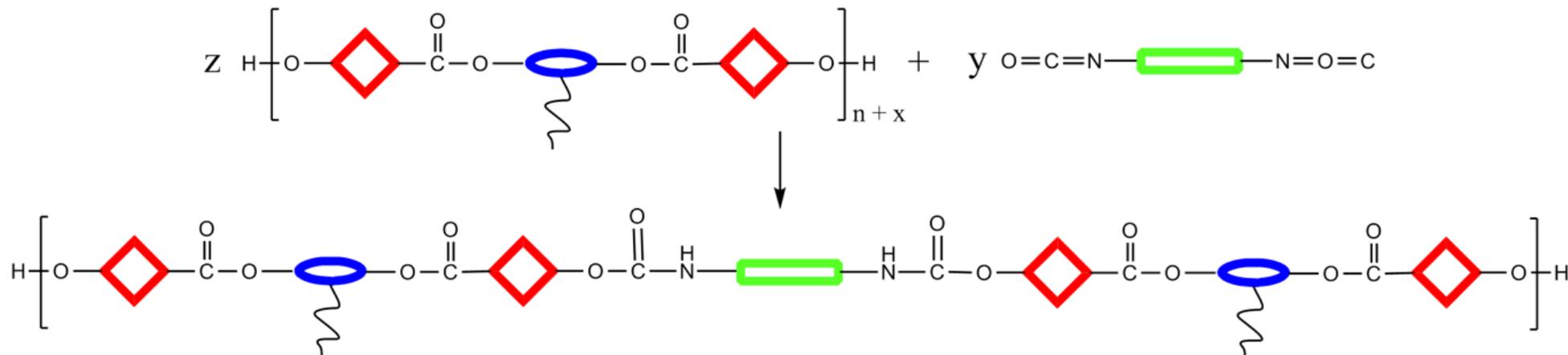
HM-PSA basierend auf PLA

Entwicklung PLA-basierter Polyesterurethane (PEU) seit 2010.

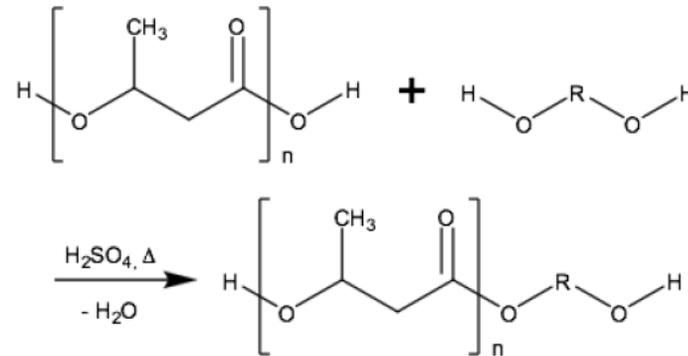
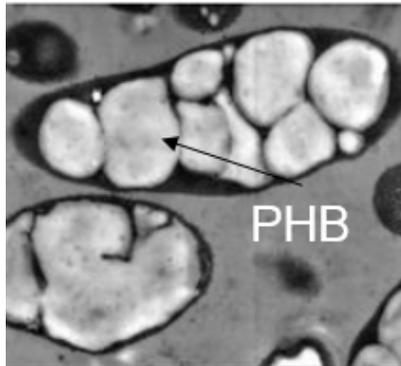
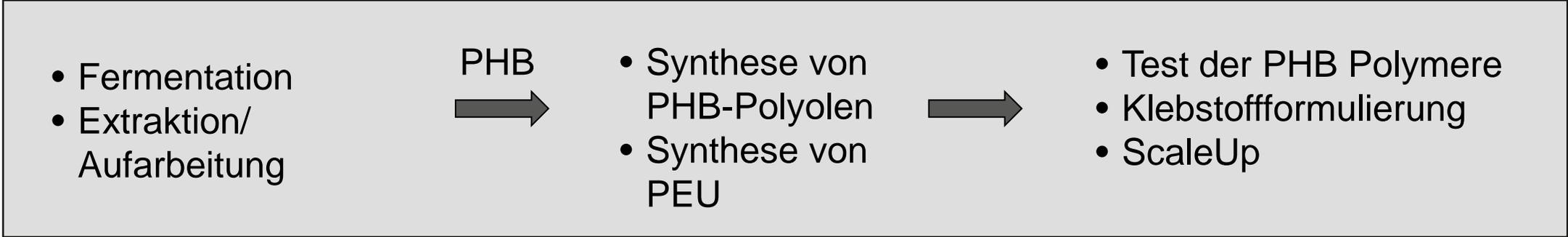
Ziel: HM-PSA der die Anforderungen verschiedener industrieller Anwendungen erfüllt und einen höchstmöglichen Anteil nachwachsender Rohstoffe enthält.



Idee: Synthese von OH-terminierter oligomerer Milchsäure und Kettenaufbau mit Diisocyanaten



PHB-basierte Klebstoffe



Vergleichbare Ergebnisse zum PLA Ansatz:

- Spröde → weich/elastisch
- Breites Adhäsionsspektrum
- „Feeling“: PHB etwas besser geeignet als PLA

Herausforderungen:

- Thermische Stabilität/Wärmestand
- Nachkristallisation

Projektpartner

- Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoffforschung Rudolstadt e.V.
- Interstarch GmbH
- Gerlinger Industries GmbH
- Papierfabrik Adolf Jass GmbH & Co. KG
- SE Tylose GmbH & Co. KG

- Biopolymere (in diesem Fall Stärke) als Ersatz für synthetische Polymere
- Maßgeschneiderte chemische Modifikation (Reaktion mit langkettigen Fettsäuren) der Hydroxylgruppen
- Stärkeester erhalten durch chemische Modifikation thermoplastische Eigenschaften
- Ziel: Folien und Klebstoffe aus thermoplastischen Stärkeestern für Lebensmittelverpackungen



Main partners

- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Fraunhofer ICT, Pfinztal
- nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH

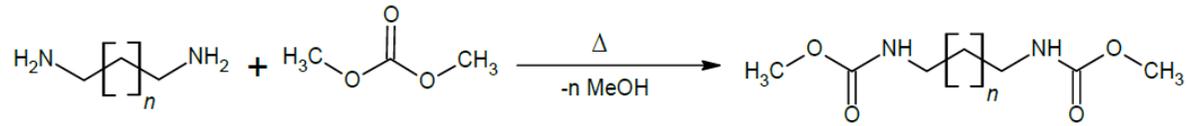
Associated partners

- Synthopol Chemie,
Dr. rer. Pol. Koch GmbH & Co. KG
- SILVATEAM S.p.a.
- LIGNOTREND Produktions GmbH

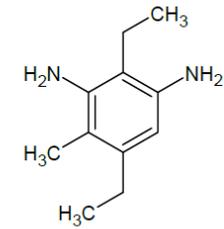
- Neuartige, 100% biogene, isocyanatfreie Polyurethan-Klebstoffe auf Wasserbasis (NIPU) aus kommerziellem Tannin
- Anwendungen im Bereich Holzprodukte
- Untersuchung der Klebeigenschaften
- Scale-up auf 750 KG Maßstab



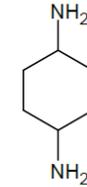
Fig. Different stages of Resin preparation-in visual stage



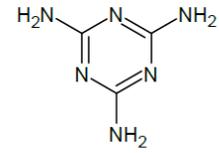
Biscarbamat-Synthese



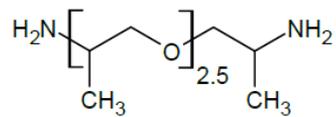
Diethyltoluoldiamine



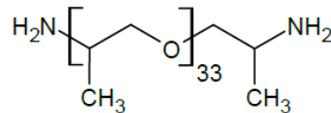
Cyclohexane 1,4-diamine



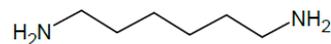
Melamine



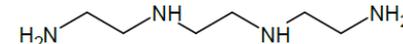
Jeffamine D-230



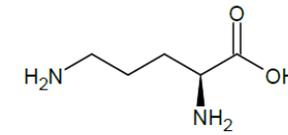
Jeffamine D-2000



1,6-Hexamethylenediamine

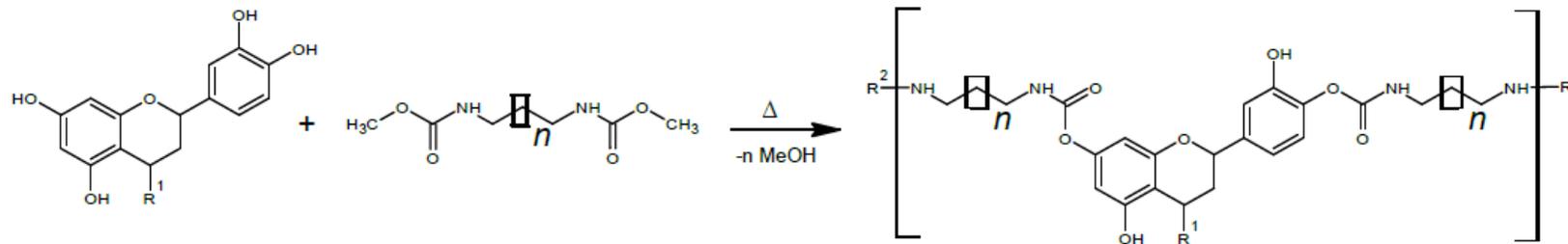


Triethylentetramine



L-Lysine

...und zahlreiche weitere Optionen auf der Aminseite



Kopolymerisation der Biscarbamat Monomere und Tannin

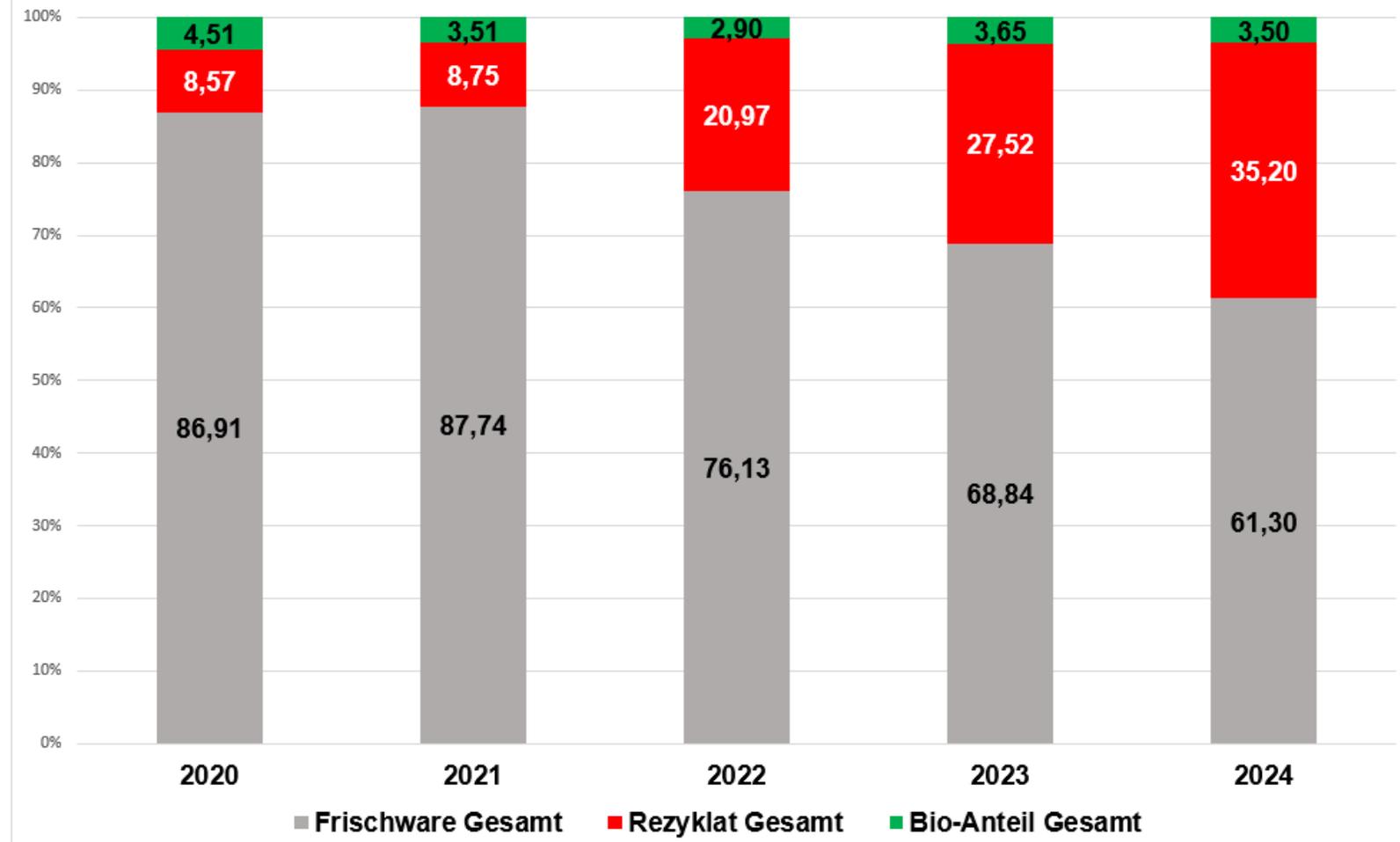
Erfolgsgeschichte aus Zeit

- Jowat hat ca. 100 lösemittelbasierte Produkte im Portfolio
- Fast 40 % werden in Elsteraue mit nachhaltigen Lösungsmitteln hergestellt



Von allen Klebstofftechnologien haben LMK momentan bei Jowat den größten Anteil nachhaltiger Rohstoffe

Anteil nachhaltige Lösemittel bezogen auf Aceton, EtAc, MEK und THF



- Klebstoffe können in vielen Teilbereichen nachhaltiger werden (Energieeinsatz, Verpackungen, Müllvermeidung,...)- bzgl. PCF sind aber die Rohstoffe entscheidend
- Seit Jahren wird an neuen biobasierten Polymeren geforscht
- Seit Jahrzehnten sind einige (wenige) biobasierte Rohstoffe am Markt etabliert
- Biobasierte Rezepturen sind oft zunächst nur zu niedrigen Anteilen biobasiert möglich
- Viele Neuentwicklungen zeigen technisches Potential, sind aber nach Projektende nicht marktverfügbar
- Rezyklat ist momentan noch sehr selten zu erhalten (Ausnahme Lösemittel)
- Neue Polymere/Rohstoffe haben es schwer sich kommerziell durchzusetzen; der Massenbilanzansatz könnte eine mögliche Lösung darstellen

Thank you!



Unsere Versprechen halten
Our Word is Our Bond

Jowat SE · Ernst-Hilker-Str. 10-14 · 32758 Detmold · Postfach 1953 · 32709 Detmold · Tel.: +49 (0) 5231 749-0 · info@jowat.de · www.jowat.com

Confidentiality notice: This document with all information contained must be treated as confidential and sole property of the Jowat SE. Receipt of this document or disclosure of its content will not justify a claim of rights in intellectual property. Without written consent of the Jowat SE, this document may not be duplicated or disclosed to a third party. This document and its content may only be used in accordance with the intended use. The statements contained in this document can not be interpreted as offer. They were made on the basis of the assumptions indicated and in good faith.

Biobasierte Klebstoffe und die neusten Entwicklungen bei INNOVENT e.V.

Dr. Ronja Breitkopf, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Innovent e.V.



INNOVENT

INNOVENT e.V.

TECHNOLOGIEENTWICKLUNG JENA

Biobasierte Klebstoffe und die neusten
Entwicklungen bei INNOVENT e.V.



ZUSE-GEMEINSCHAFT

www.innovent-jena.de

Klassische Klebstoffe

- basieren häufig auf petrochemischen Rohstoffen
- Nachteil: Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen, negativer Umwelteinfluss, biologisch nicht abbaubar
- Vorteil: Preiswert

Biobasierte Klebstoffe

- aus nachwachsenden Rohstoffen (Pflanzenölen, Stärke, Proteine, natürliche Polymere)
- Vorteil: Umweltfreundlichkeit, biologisch abbaubar, unabhängig von fossilen Rohstoffen
- Nachteil: Noch relativ preisintensiv, DOCH: Wirtschaftliches Potential der Kostensenkung

- Besteht aus A und B Komponente (Harz und Härter)
- Aushärtungsreaktion ab Mischung beider Komponenten
- Starke Haftung durch chemische Reaktionen wie Polyaddition, Polykondensation und Kettenpolymerisation
- Bsp.: Ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze), Epoxidharze (EP-Harze), Methylmethacrylatklebstoff, Fibrinkleber (Medizin)



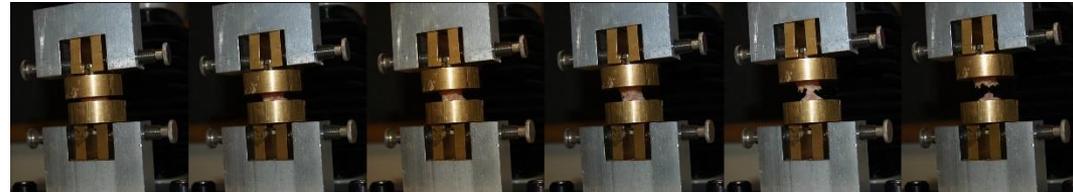
canva

Gewebeklebstoffe

- Polyesterurethan und Polyoxyethylenamin
- Erste Stufe: Klebungen an Kunstholz-Probekörpern (in isotonischer Kochsalzlösung)



Aufbringen der Gewebeproben auf Träger und anschließende Verklebung für Abreißversuch



Abreißversuch mittels Texture Analyzer (Bildserie)

Gewebeklebstoffe

- Zweite Stufe: Zytotoxizitätstests, OP-Simulationen an der Nasenscheidewand, Wangenschleimhaut, Wangenmuskulatur von Schweineköpfen



Eröffnete Nasenhöhle des Schweinekopfes mit teilweise wieder verklebten Schleimhautlappen



Freigelegte und verklebte Muskellappen der Wangenmuskulatur



Testungen an Schweinehaut

Knochenklebstoff

- Bioresorbierbar, polymerisierbare Polylactide mit Methacrylat-Endgruppen
- Finale Entwicklung: Härtung nach 1 min, finale Stabilität nach 24 h, biokompatibel

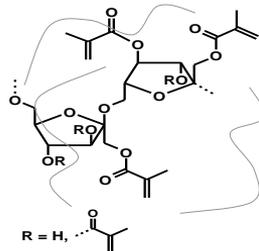


canva

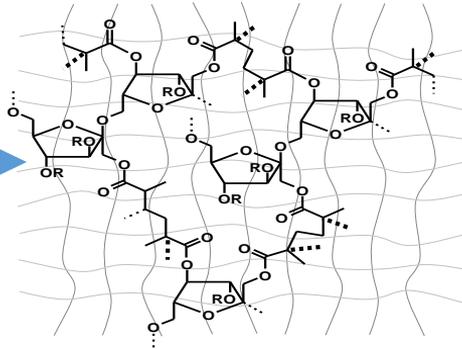


Levan-basierter Klebstoff

- Polysaccharid aus Fruktose-Einheiten
- Produziert von *B. subtilis*
- Levan-Methacrylate via Methacrylsäureanhydrid



Crosslinking



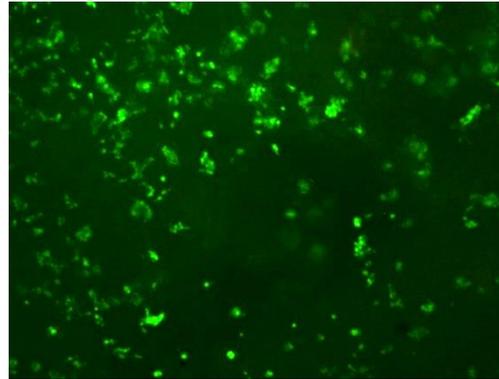
- Methacryliertes levan: 1 - 20 % (w/w) in H_2O
- 5 M Triethanolamin in H_2O
- 0.3 % (w/w) Eosin Y in Vinylpyrrolidon

Berg, Oner, Combie, Schneider, Ellinger, Weisser, Wyrwa, Schnabelrauch. Formation of new, cytocompatible hydrogels based on photochemically crosslinkable levan methacrylates. 2018

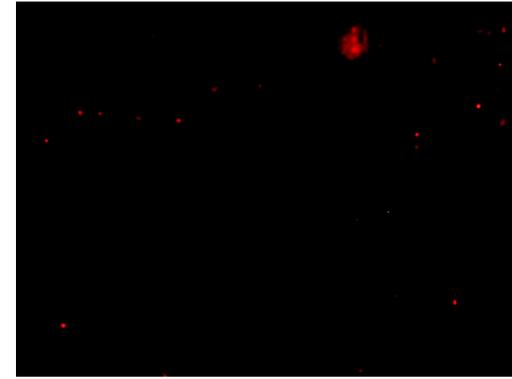
Levan-basierter Klebstoff

- Lebend/Tot Assay 3T3
Maus Fibroblasten
- Fluorescein Diacetat
(FDA)/GelRed™

→ keine Zytotoxizität



Green fluorescence of
living cells



Red fluorescence of
nuclei of dead cells

- Mischungen aus verschiedenen Polymeren, Harzen oder Additiven → Optimierung von Klebstoffen
- Anwendungen:
 - Automobilindustrie
 - Elektronik (gute thermische und elektrische Isolierung)
 - Medizinische Anwendungen (chirurgische Wundverschlüsse)
 - Verpackungsindustrie



<https://www.hausjournal.net/wp-content/uploads/klebstoffarten-tabelle.jpg>

Basis Biopolymere:

Vegane Blends:

diverse Stärken, Ligninsulfonate,
Alginate, Levan

→ Vorzugsweise z.B. für Indien

Nichtvegane Blends:

Gelatine, Chitosan

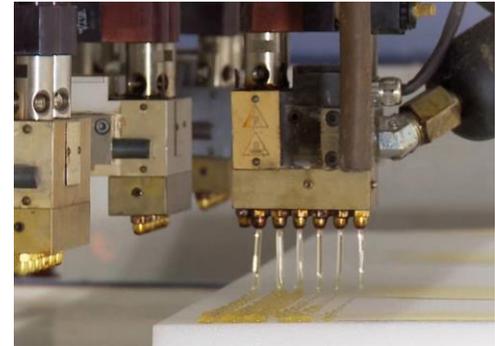


- Schmelzklebstoffe
- 150-200 °C, beim Abkühlen kommt es zur Bindung der Substrate
- Vorteile: keine Lösungsmittel, dadurch gesundheitlich unbedenklicher, umweltfreundlicher, kostengünstiger Transport und Lagerung
- DOCH: Großteil aus erdölbasierten Rohstoffen



canva

- Biobasierte Polymere, unabhängig von fossilen Rohstoffen, biokompatibel und atoxisch, biologisch und hydrolytisch abbaubar
- Potential Recycling zu vereinfachen, Beitrag zu nachhaltiger Kreislaufwirtschaft
- Papier-, Karton- und Verpackungsindustrie, Gesundheitswesen (Hygieneprodukte, Windeln), Transport (Automobilbau, Innenräume), Bauwesen, Elektronik, Holzbearbeitung
- Medizinischer Bereich als Alternative zu Nähten und Heftklammern



<https://fastfixtechnology.com>

Nutzung von Stärkeestern

Variation: Kettenlänge der Carbonsäuren,
Substitutionsgrad

Schmelzbereiche/Erweichungsbereich: 90 - 180°C

Verklebung von Papier, Glas, Holz und Metallen
möglich

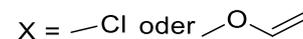
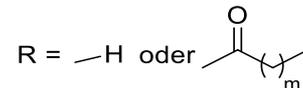
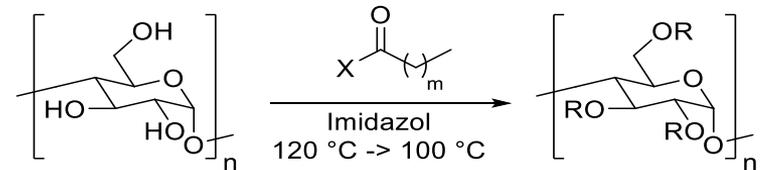
Einstellung von Zugkräften und Zugscherfestigkeiten
möglich

Zugscherfestigkeiten: 0,8 – 10 MPa

Vergleich CA – 6,5 MPa



Klebeschicht
100 - 150 µm



Nutzung von Levanestern

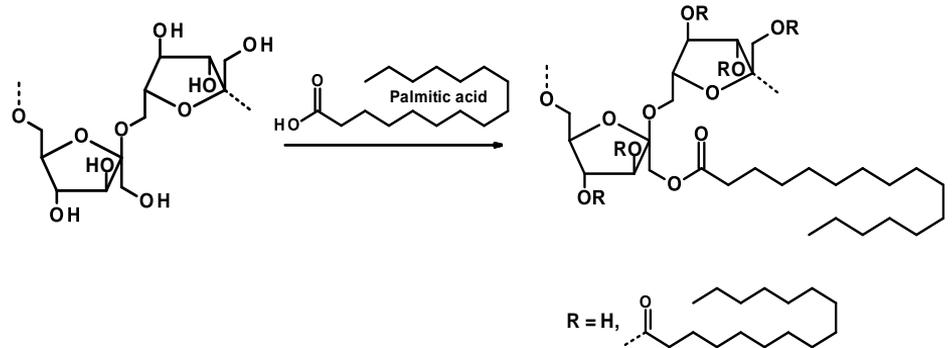
Variation: Kettenlänge der Carbonsäuren, Substitutionsgrad

Schmelzbereiche/Erweichungsbereich: 55 - 160°C

Verklebung von Papier, Glas, Holz und Metallen möglich

Einstellung von Zugkräften und Zugscherfestigkeiten möglich

Zugscherfestigkeiten: 0,06 - 2,02 MPa



Neu: Polyurethan/Harnstoff – Klebstoffe (85 % biobasiert)
Proteinbasierte Blends (70-100 % biobasiert)

Zusammenfassung:

Innovent besitzt ein breites Portfolio an biobasierten Klebstoffen für die Verklebung von Glas/Glas, Glas/Metall(Alu), Holz, Papier sowie ausgewählten Kunststoffen.

Die Eigenschaften der Klebstoffe können durch Variation der Herstellungsparameter eingestellt werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



SO ERREICHEN SIE UNS



Hauptgebäude und Technikum

(Prüssingstraße 27B, 07745 Jena)



INNOVENT

Technologieentwicklung Jena

Zweigstelle (Ilmstraße 18, 07743 Jena) Elektrochemie und Galvanik



Kontakt

Sabrina Hauspurg

Telefon: +49 (0)3641 2825-12

E-Mail: s.hauspurg@innovent-jena.de

www.innovent-jena.de

Follow us on:



Der Werkzeugkasten der Natur: Proteinkleber als bioinspirierte Alternative

Dr. Constanze Zwies, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg



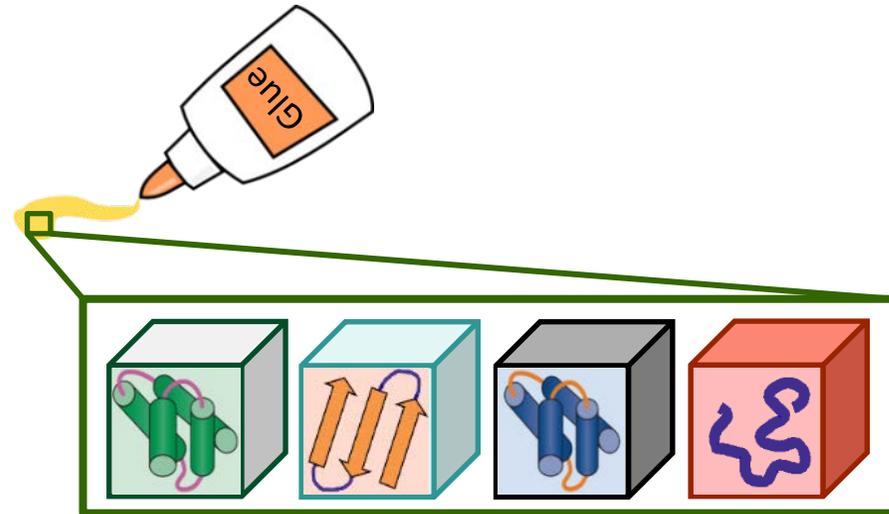
Der Werkzeugkasten der Natur: Proteinkleber als bioinspirierte Alternative



Dr. Constanze Zwies

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät I
Institut für Pharmazie

Aufarbeitung biotechnischer Produkte (AG Pietzsch)
constanze.zwies@pharmazie.uni-halle.de





Von der Biochemie zu den Materialwissenschaften



(Foto: Markus Scholz)





MLU – AG Pietzsch

Rekombinante Proteine und Basischemikalien für die Pharma-, Lebensmittel- und Materialindustrie



Prof. Dr. Markus Pietzsch

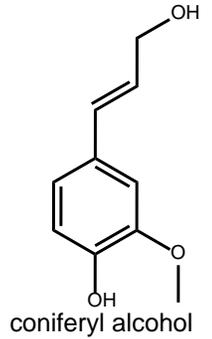


Maßgeschneiderte Proteine:

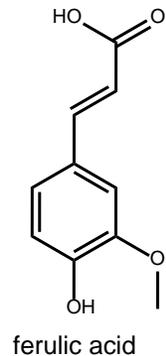
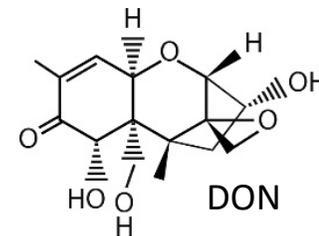
- Therapeutische Proteine (Tropoelastin)
- Designer Proteine als Proteinkleber

Enzyme:

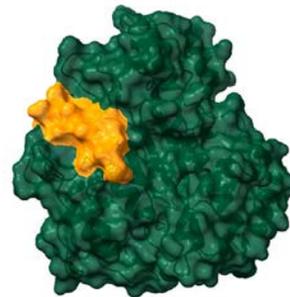
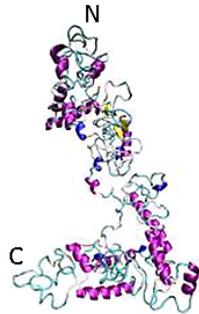
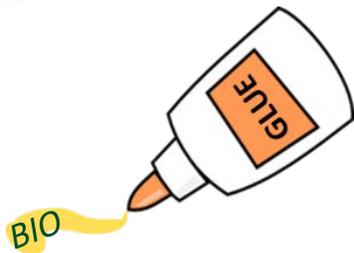
- Thermostabile Transglutaminase
- Reinigung oder *bottom up* Synthese:



- Phenylpropanoide (bottom-up)
- Deoxynivalenol (Abbau)



Protein design





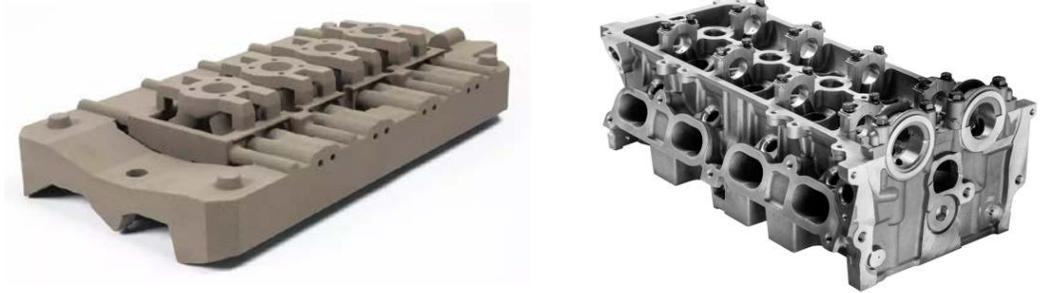
Sand - eine wertvolle Ressource



[1]

- Globale Sandknappheit
- Weltweite Nachfrage steigt (weltweit ca. 50 Mrd. t) [4]

Rohstoff in der Gießerei-Industrie



Sandgussform für einen Zylinderkopf aus Phenolharz Bindemittel [2, 3]

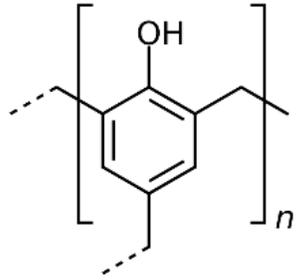


[1] www.deutschlandfunk.de/sand; [2] www.voxeljet.de/3d-druckloesungen/casting-sandguss/; [3] www.istockphoto.com/; [4] www.wwf.de/ein-begehrter-rohstoff-sand;

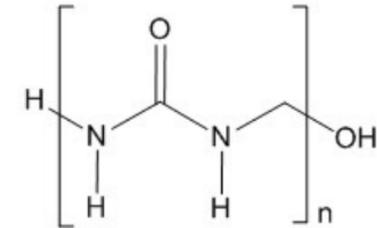


Synthetische Bindemittel

Phenol-Formaldehyd (PF)



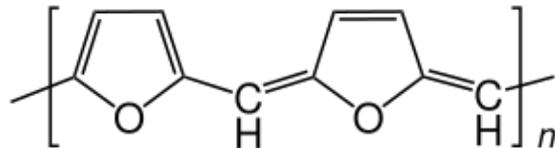
Urea-Formaldehyd (UF)



Herausforderungen

- Erhöhter **CO₂-Ausstoß**
- Freisetzung von CH₂O (**kanzerogen**) [1]
- Recycling schwierig; **Umweltprobleme** bei Entsorgung [2]

Furanharz (FA-Harze)

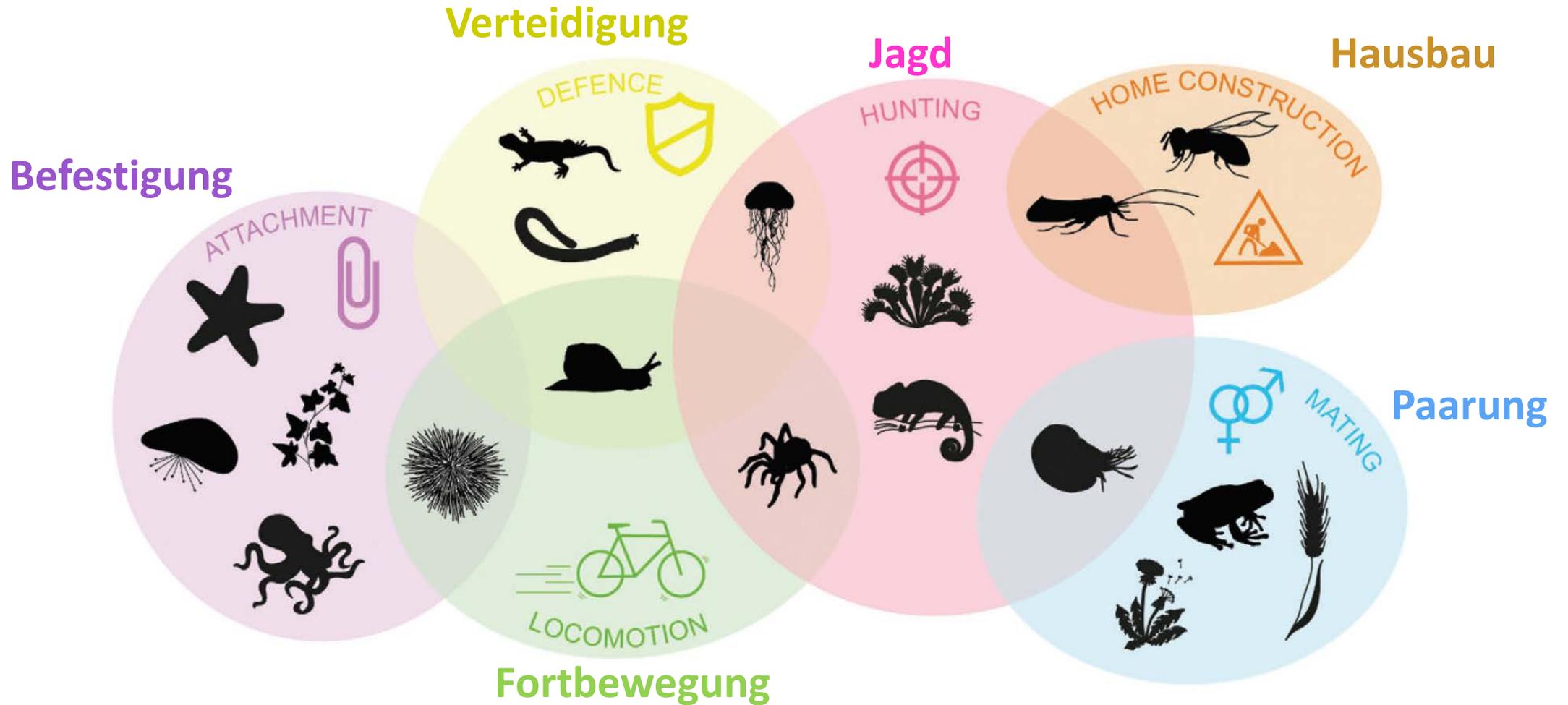


[1] National-Toxicology-Programm. (2011); [2] www.bundeswehr.de/resource/geopolitische-information





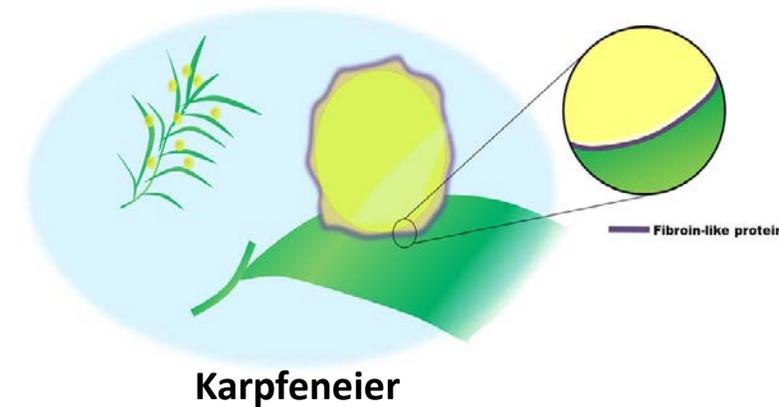
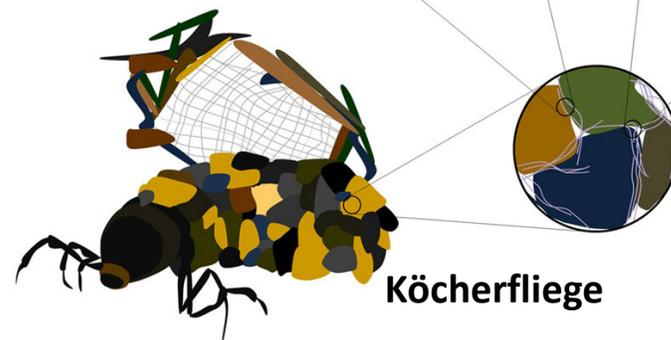
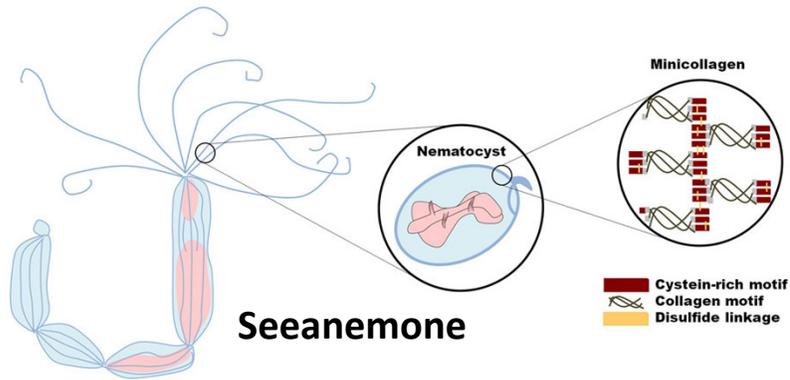
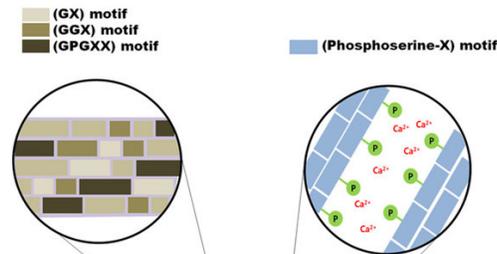
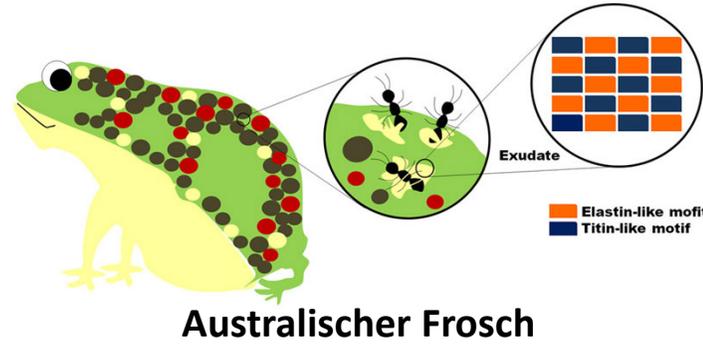
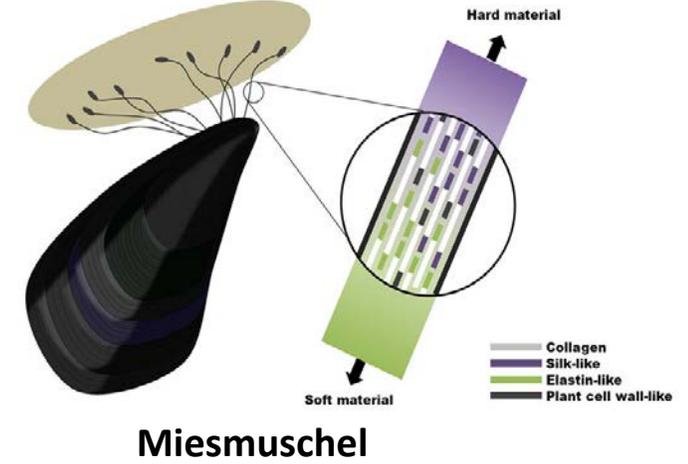
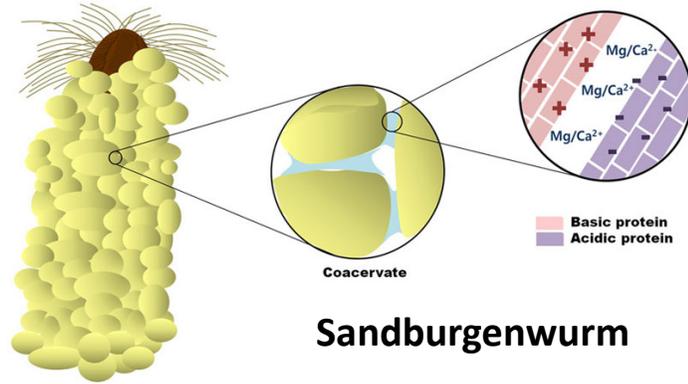
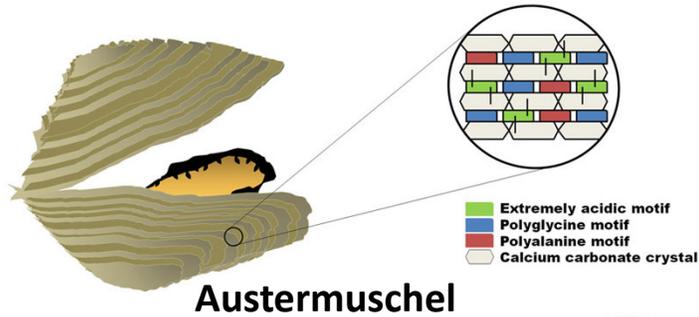
Bioadhäsion als Werkzeug der Natur



[1] Heinritz, Ng, Scheibel, 2023, *Advanced Functional Materials*



Adhäsive Proteine

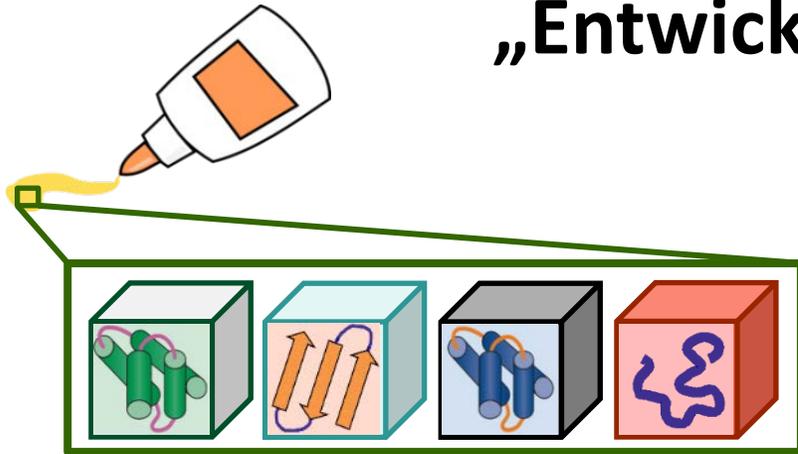


Yang et al. (2014), *Biotechnology Journal*



Fokus Proteinkleber

„Entwicklung und Design von Bindemitteln auf Proteinbasis“



- ✓ **Nachwachsende Rohstoffe**
- ✓ **Senkung toxischer Verbindungen** von synthetisch verklebten Materialien [1]
- ✓ **Recyclebarer Protein-Kleber** (Kreislaufwirtschaft für Sandnutzung)



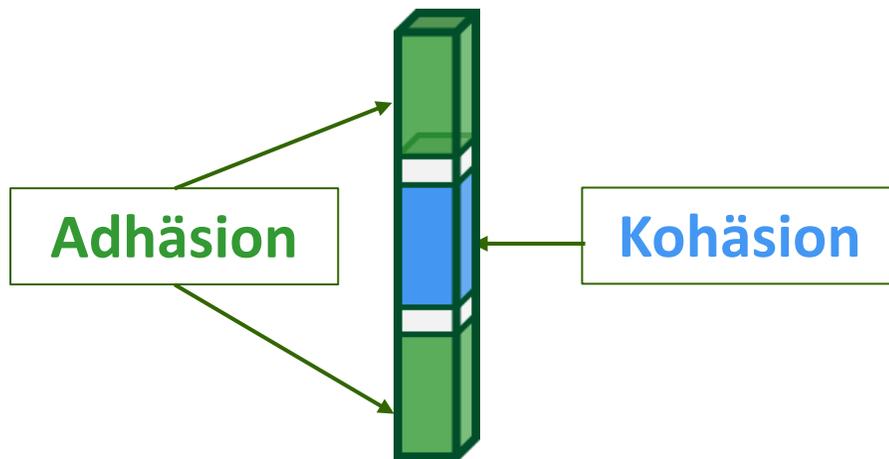
[2]

[1] Carvalho et al. (2012), *Formaldehyde: chemistry, applications and role in polymerization*; [2] www.evers.de



Design Parameter

Definition: Klebstoff nach DIN EN 923 =
*Nichtmetall, dessen Klebkraft durch eine gute Kombination
aus **Adhäsion** und **Kohäsion** bestimmt wird* [1]



→ Design eines **Protein-basierten Klebstoffs**
aus **adhäsiven** und **kohäsiven**
Proteinsequenzen

[1] Müller (2015), Klebstoffe - Benennungen und Definitionen; Deutsche Fassung EN 923;



Protein Design

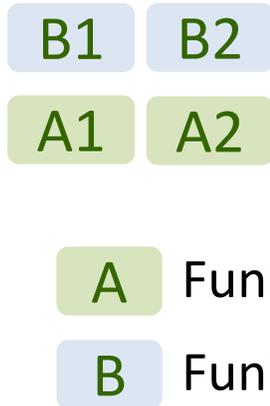
Biotechnologisches Design bio-inspirierter Materialien



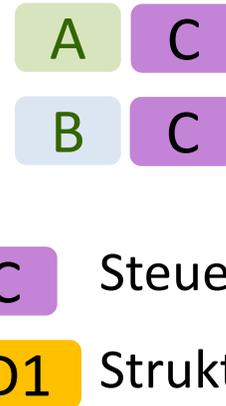
Kombinatorisches Design



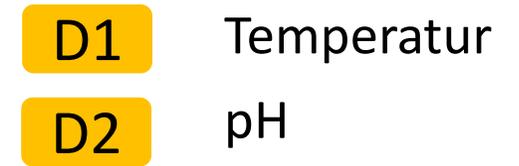
Chimäre



Funktionalisierung



Dynamische Systeme

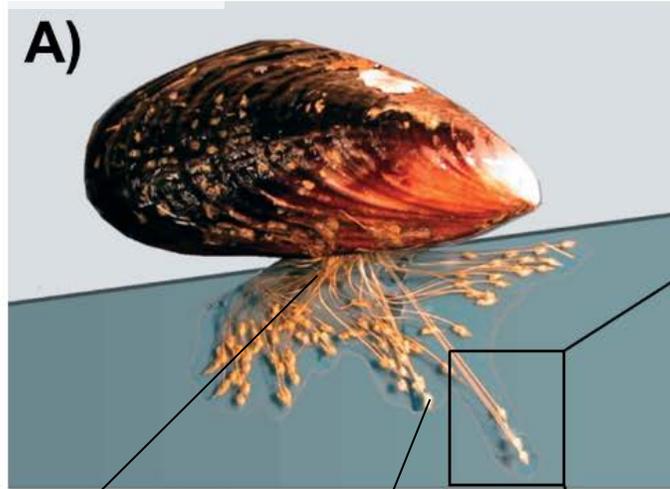
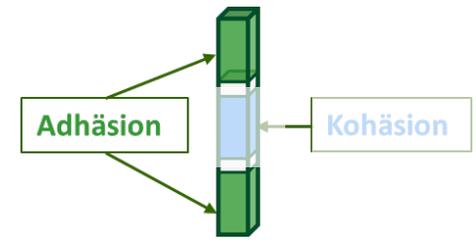


→ **Post-translationale Modifikationen**
z.B. durch den Einsatz von Tyrosinase

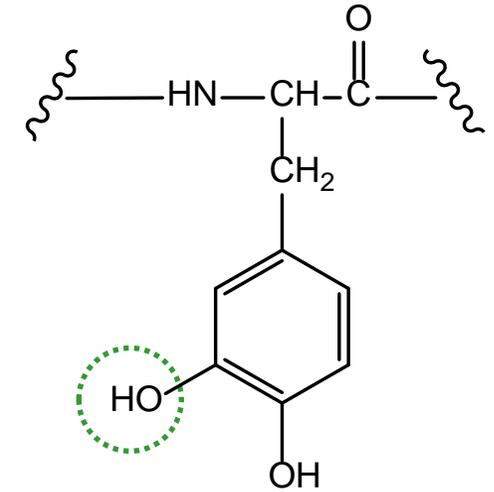
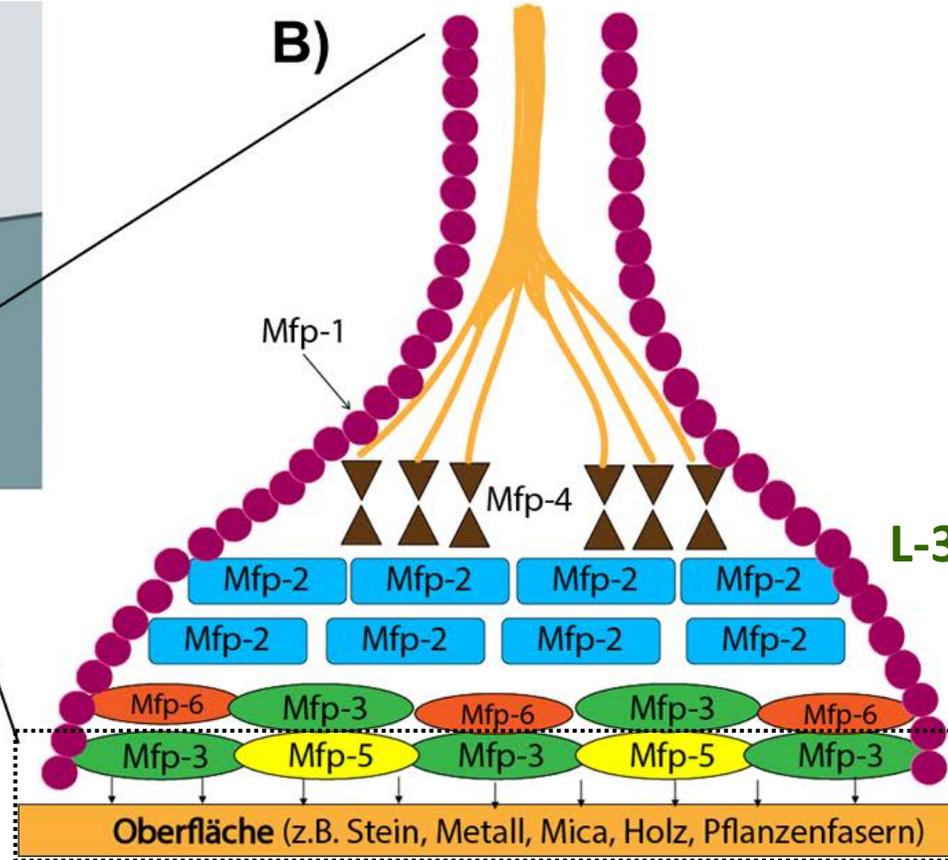
[1] Dinjaski und Kaplan (2016), *Current opinion in biotechnology*; Baker (2019), *Protein Science*; Zhou et al. (2020), *Proceedings of the National Academy of Sciences*



Adhäsion: Miesmuschel



Mica
Bündel von Fäden
Klebrige Plaques



20 – 30 mol%

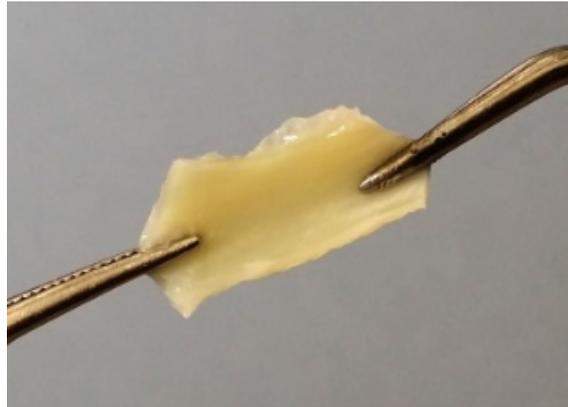
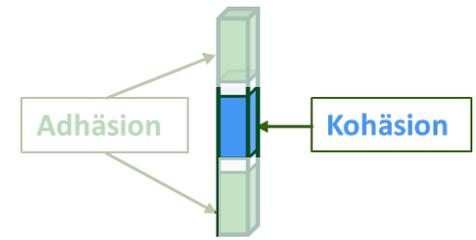
L-3,4-Dihydroxyphenylalanin
(Peptidyl-DOPA)

[2]

[1] Lee et al. (2011), *Annual review of materials research*, [2] modifiziert nach Waite (2017), *Journal of Experimental Biology*



Kohäsion: Elastin-ähnliche Sequenzen



[2]

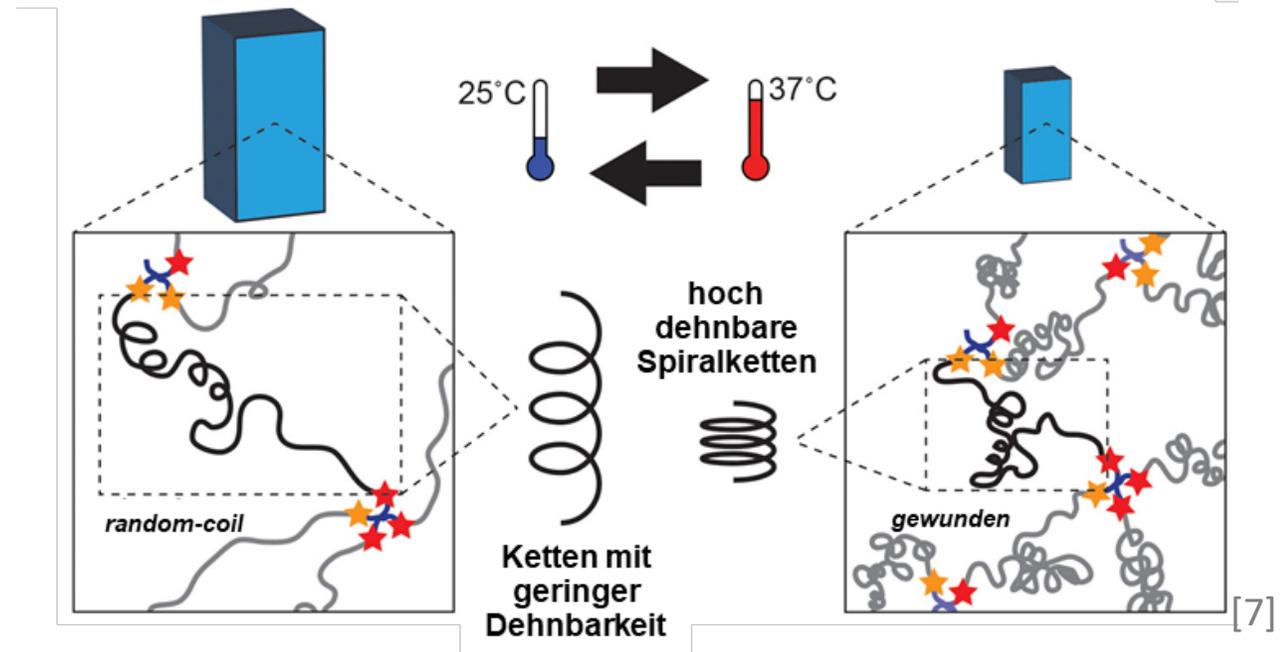
Elastin **Elastizität und Belastbarkeit** vieler Gewebe [1]

- Tropoelastin (TE) → lösliche Vorstufe von Elastin [3]

- Repetitives Motiv: **(VPGVG)_n** [4]

- **Thermoresponsives Element** [5]

→ Übergang *random-coil* zu inter- & intramolekularen Interaktionen bei einer **anpassbaren Übergangstemperatur (T_t)** [6]



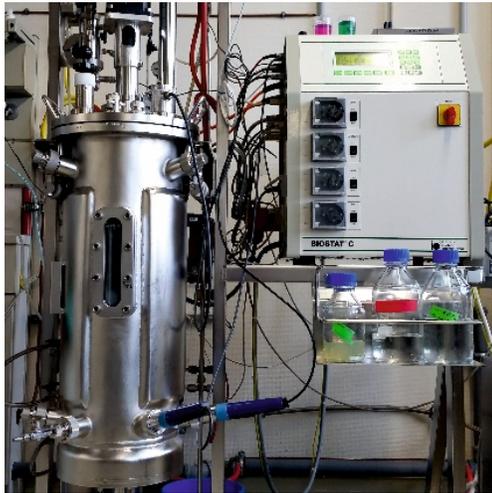
[7]

[1] Partridge (1963), *Advances in protein chemistry*; [2] ©Christian Schmelzer; [3] Schmelzer und Duca (2022), *The FEBS Journal*; [4] Venkatachalam und Urry (1981), *Macromolecules*; [5] Lee et al. (2000), *Advanced Materials*; [6] Girotti et al. (2004), *Macromolecules*; [7] Desai et al. (2016), *Biomacromolecules*



Produktion der Designer-Proteine

Fed-Batch-Fermentation

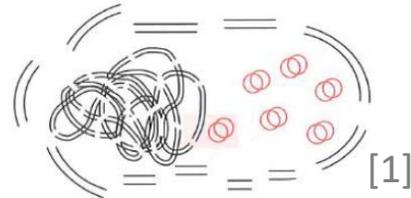


E. coli, 15 L Terrific broth Medium
pH 7.0; 37 °C; pO₂ ≥ 30 %

Zellaufschluss Mechanisch



Enzymatisch



Proteinreinigung IMAC

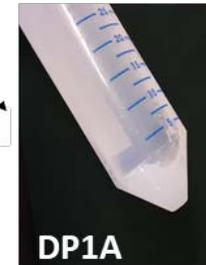


Ni(II)-Sephrose-Excel-Säule [2]

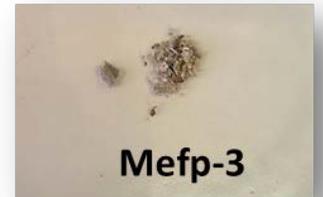
Inverse transition cycling (ITC)^[3]



↑ T = 40°C
t = 30 min
40°C
↓ T = 4°C



Lyophilisation

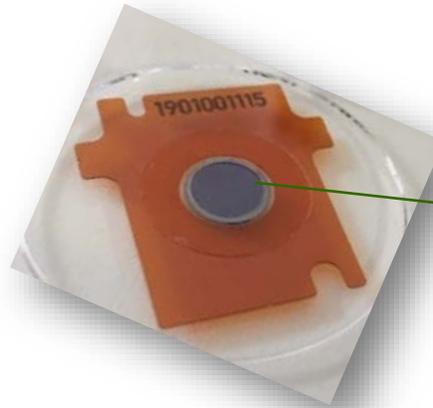


[1] www.mikrobiologie.hhu.de; [2] <https://cdn.cytivalifesciences.com>; [3] Meyer und Chilkoti (2002), *Protein-protein interactions*, IMAC – Immobilized metal affinity chromatography, ITC – Inverse transition cycling



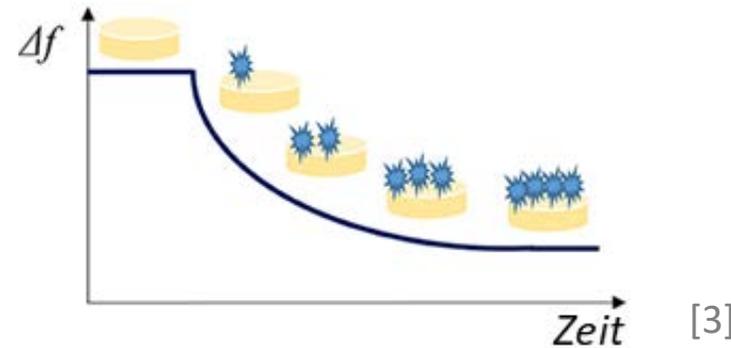
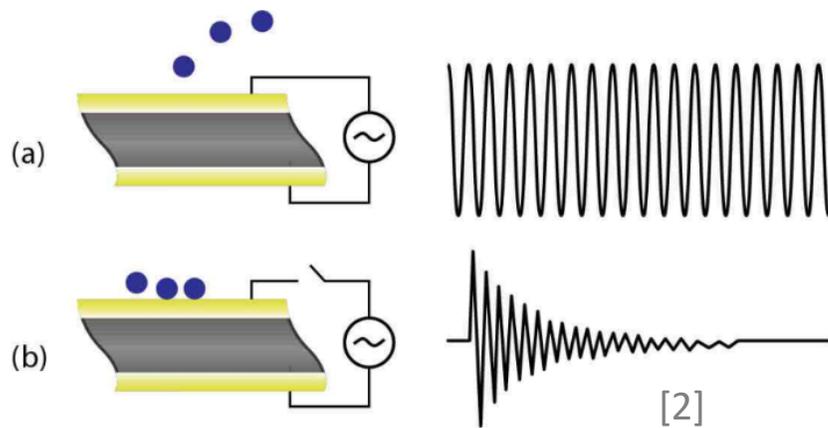
Messung der Proteinadsorption

Quarzkristall-Mikrowaage mit Bestimmung des Dissipationsfaktors (QCM-D)



SiO₂ beschichteter Quarzsensoren
(A = 0,38 cm²)

Prinzip

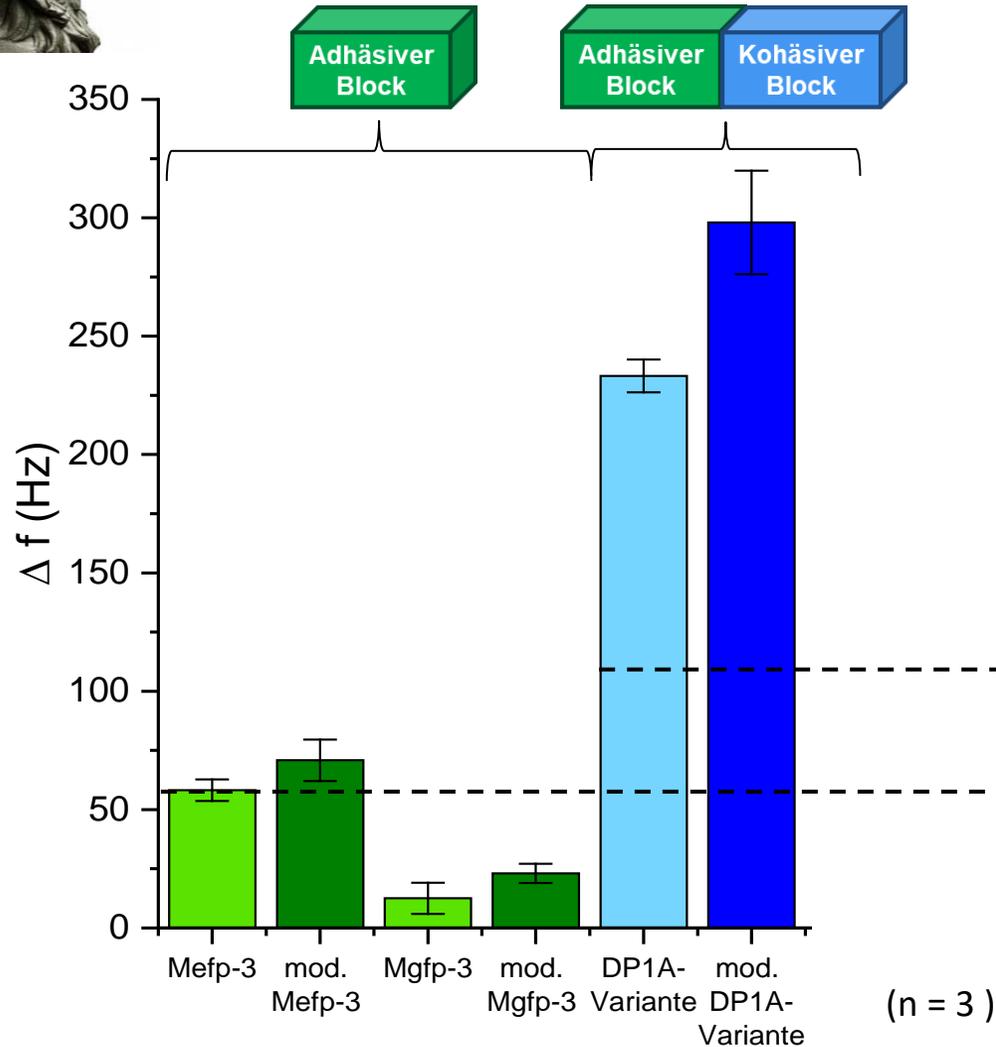


Proteinmenge: 0.2 – 0.5 mg

[1] www.3T-analytik.de, [2] www.nanoscience.com/techniques/quartz-crystal-microbalance, [3] Tonda-Turo et al. (2018), *Frontiers in bioengineering and biotechnology* 6



Adsorption an SiO₂-Oberflächen



- Stärkere Adsorption der hydroxylierten Proteine (DOPA-Modifikation)
- Stärkere Adsorption der DP1A-Variante (Kombination aus **adhäsiven** und **kohäsiven** Proteineinheiten)

Silaffin-ELP₁₂₀ (110 Hz) [2]

mod. Mefp-1 (58 Hz) [1]

DP1A-Variante als vielversprechender Kandidat

Mfp-3 – Muschelfußprotein-3, [1] Höök und Kasemo (2001), *Analytical Chemistry*; [2] Li et al. (2018), *Biomacromolecules*



Messung der Zug-Scher-Kräfte

Zwick Universalprüfmaschine



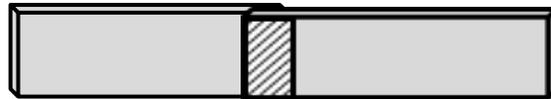
Micaplatte (SiO₂)



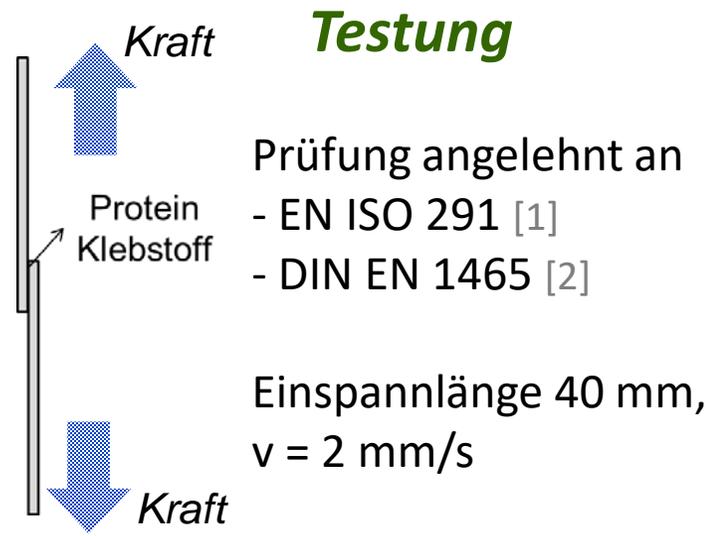
Proteinapplikation



Konditionierung



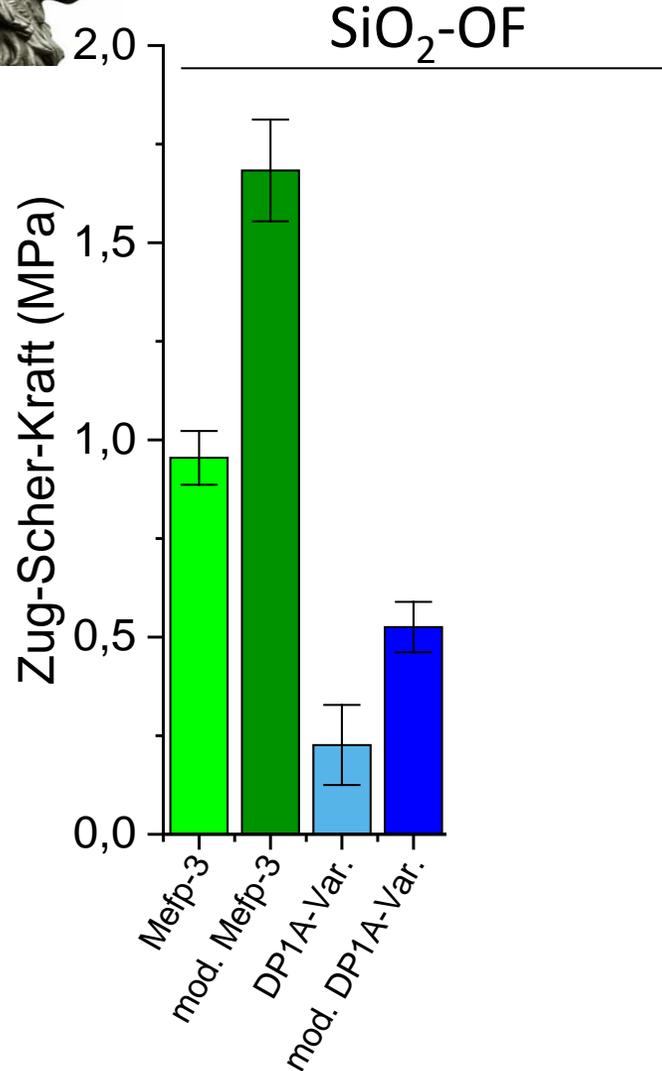
Proteinmenge: 40 mg



[1] www.zwick.de, [2] CEN. (2008), DIN EN ISO 291: 2008-08-Kunststoffe; [3] DIN, e. V. (2009). DIN EN 1465:1995-01

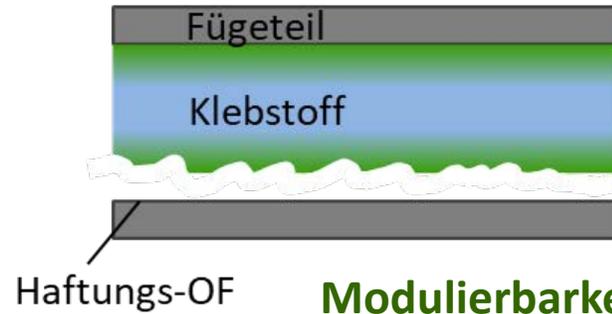


Zug-Scher-Kräfte der Proteine

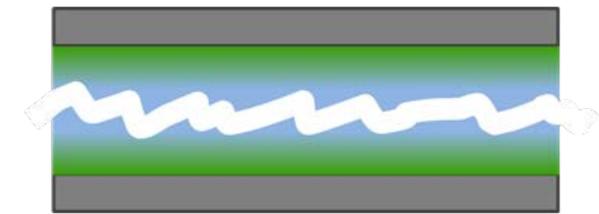


Bruchbildbeurteilung

Adhäsionsbruch



Kohäsionsbruch



Modulierbarkeit der Klebstoffeigenschaften!



DP1A-Variante



mod. DP1A-Variante



mod. Mefp-3



Blend 1:2

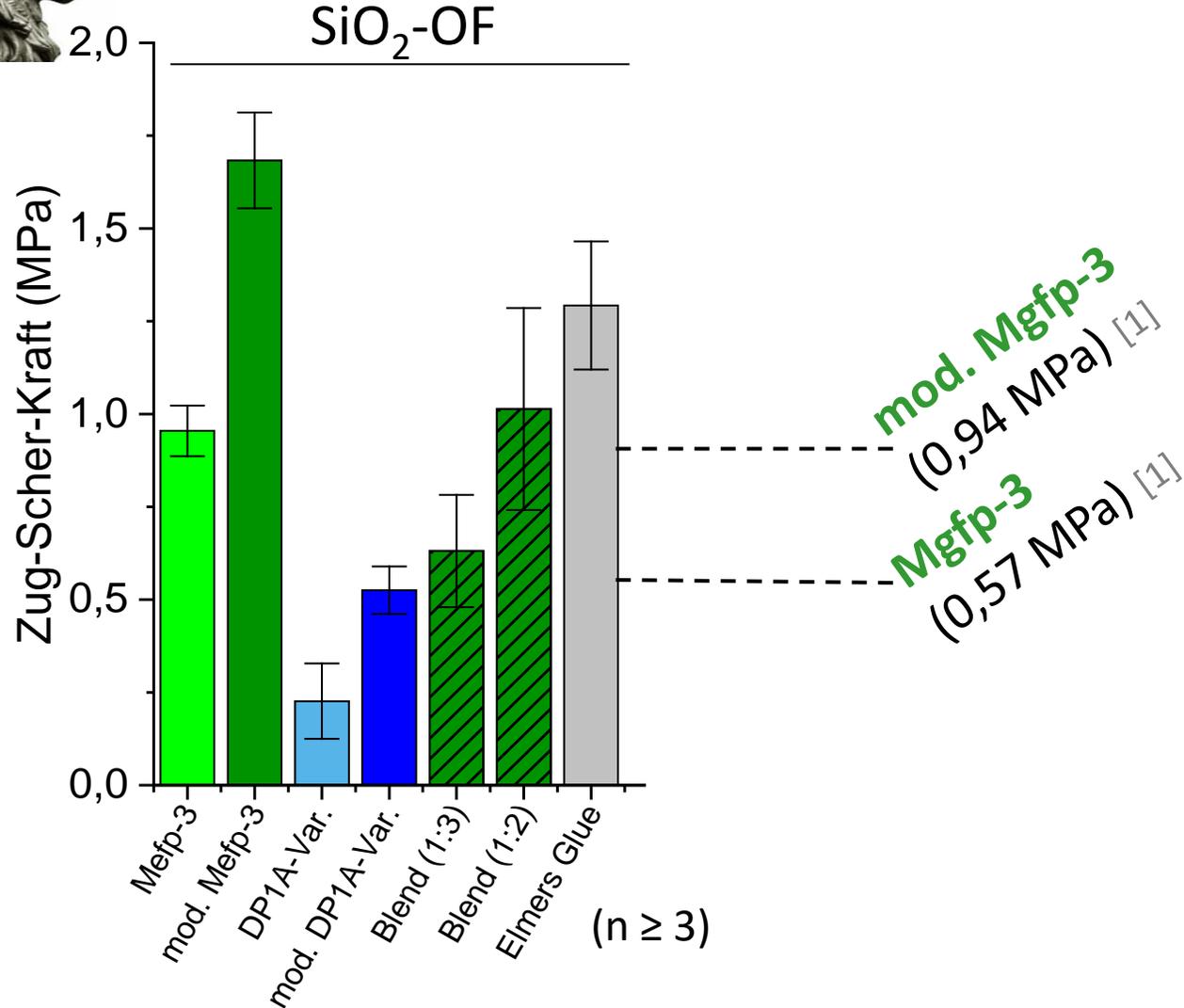
(n ≥ 3)

"Blend" – Mischung aus **mod. DP1A-Var.** und **mod. Mefp-3**

Mefp-3 – Muschelfußprotein-3 aus *Mytilus edulis*; OF – Oberfläche



Zug-Scher-Kräfte der Proteine



- Stärkere Klebkraft der hydroxylierten Proteine (DOPA-Modifikation)
- **Mod. Mefp-3** ähnlich starke Zug-Scher-Kräfte wie **kommerzieller Klebstoff**
- Kombination der Protein-Blöcke erlaubt **Modulierbarkeit der Klebstoffeigenschaften**

Mefp-3 – Muschelfußprotein-3 aus *Mytilus edulis*; OF – Oberfläche; Al – Aluminium; “Blend” – Mischung aus mod. DP1A-Var. und mod. Mefp-3 [1] Yang *et al.* (2013), *Biofouling*; [2] Jenkins *et al.* (2017), *Macromolecules*; [3] Brennan *et al.* (2017), *Biomaterials*



AUSBLICK



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-SA](#)



Wie geht es weiter?

→ Innovation team (B5) – Designer-Proteine

5 köpfiges Team als
Teil des **European Center of Just Transition Research
and Impact-Driven Transfer (JTC)**



- Forschungsbasierte/praxisorientierte Lösungen für die Bedarfe der **Bergbaufolgerregion Mitteldeutsches Revier**



→ Transfer- und Gründungsorientierung



SACHSEN-ANHALT



EUROPÄISCHE UNION

EFRE

Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

HIER INVESTIERT EUROPA
IN DIE ZUKUNFT UNSERES LANDES.

www.europa.sachsen-anhalt.de

www.jtc.uni-halle.de



Innovation team (B5) – Designer-Proteine



Dr. Constanze Zwies



Dr. Adrian Hautmann

**Designer-Proteine (B5)
nach Bedarf**

Werkstoffbereich

Biomedizinischer Bereich



PhD 2

**Protein-basierte
Bindemittel für Holz**

**Protein-basierte
Bindemittel für Sand**

**Designer Proteine mit
bioaktiven Peptidmotiven**



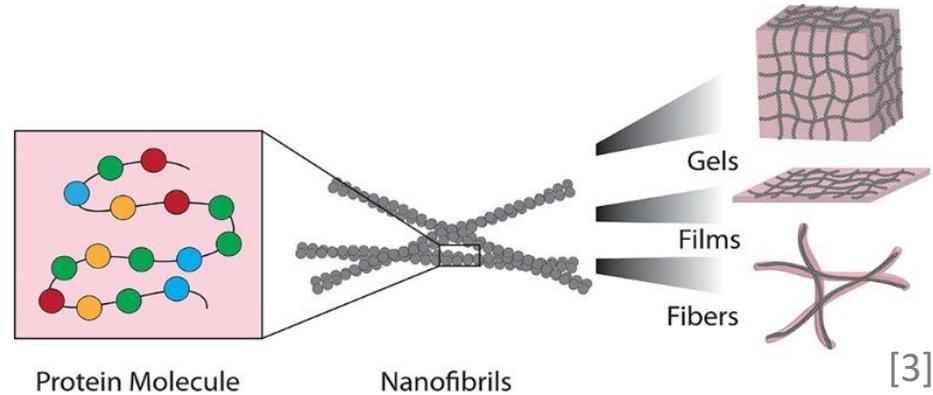
MSc. Martin
Schütze



[1]



[2]



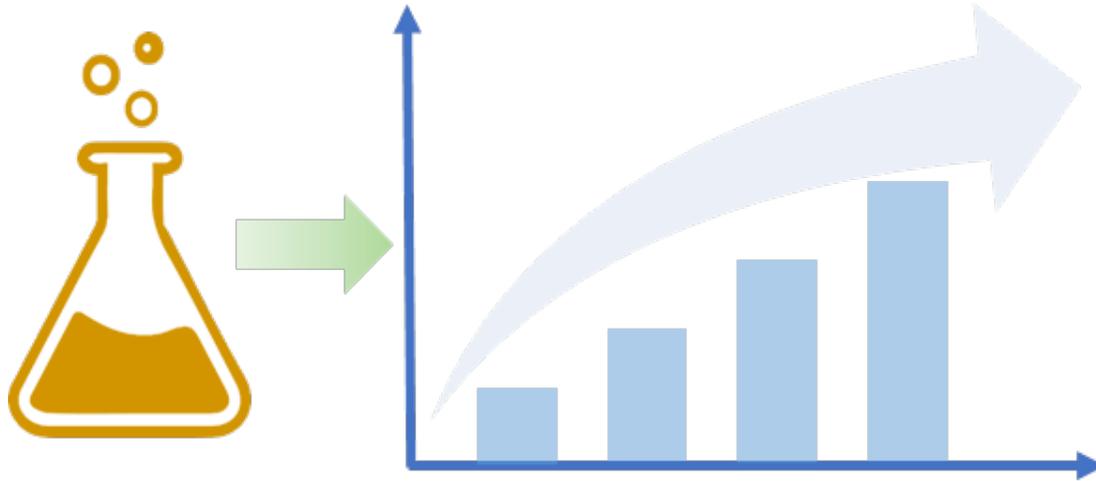
[3]

[1] www.leyendecker.de; [2] www.evers.de; [3] Shen et al., 2021, From protein building blocks to functional materials. *ACS nano*, 15(4), 5819-5837

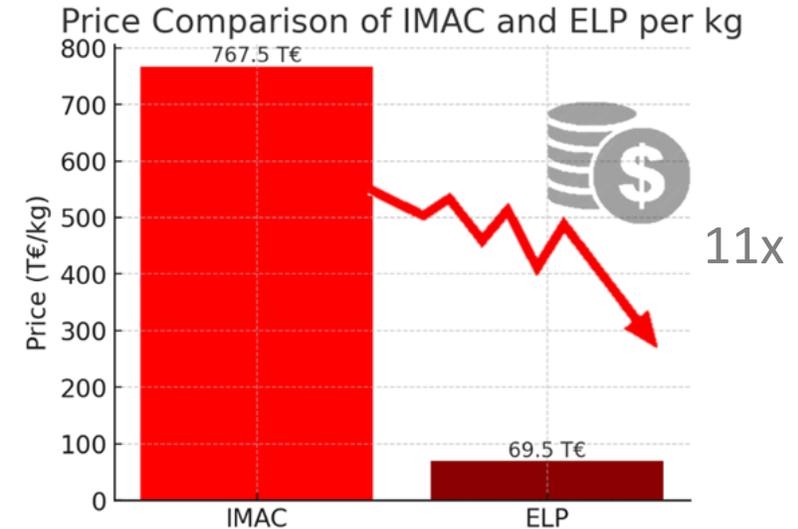


Aktuelle Fragestellungen

Upscale



Kostenreduktion



- **Kompositkleber** (Mischung mit weiteren Biopolymere)
- **Quellungseigenschaften**
- **Anforderungen an Reinheit**
- **Erprobung weiterer Stimuli abhängiger Peptidsequenzen**
(Modulation der Klebeeigenschaften)





**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**

[1] www.csmonitor.com/Science

Challenge: Nutzung von Reststoffen für die Klebstoffherstellung

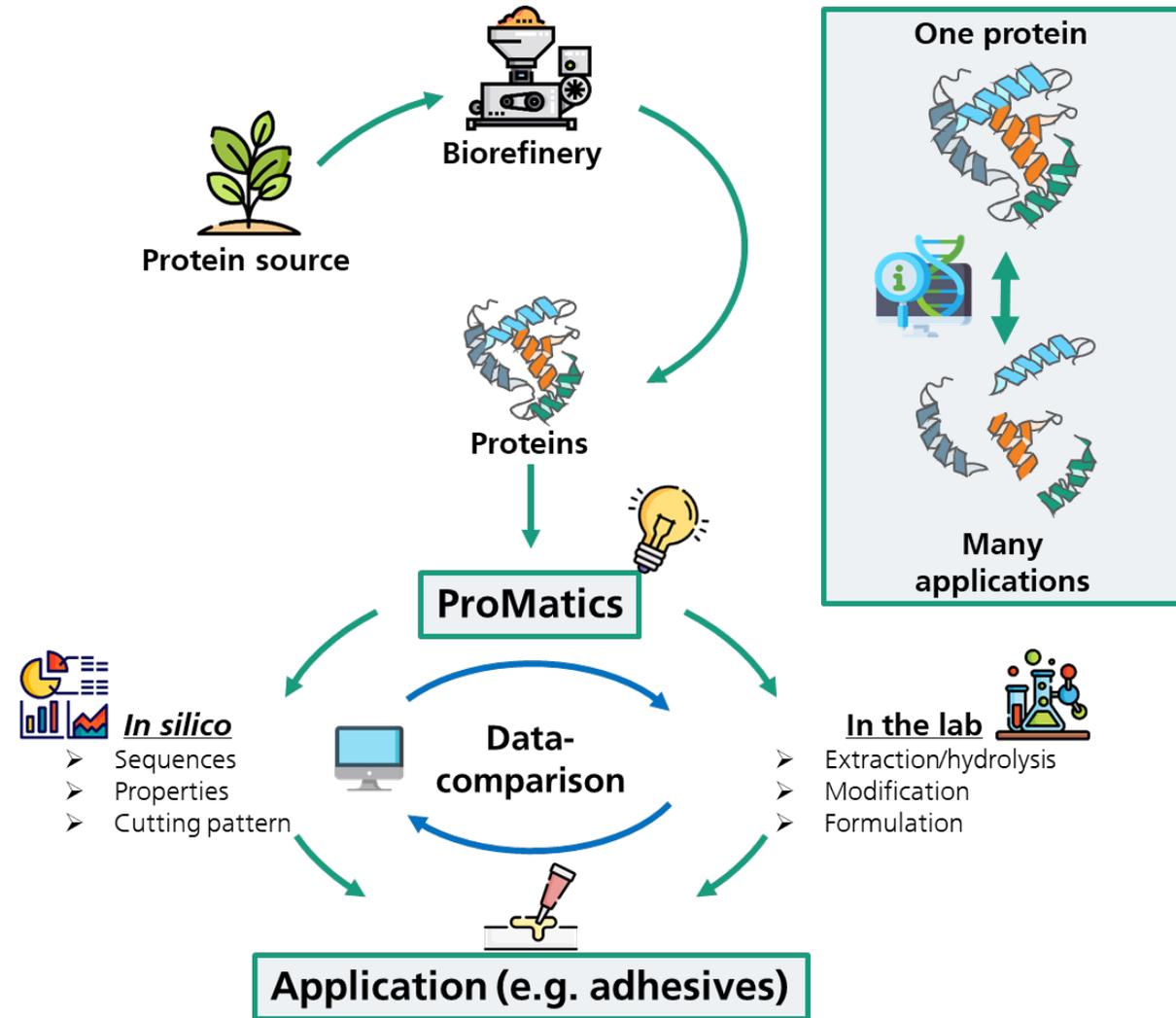
Dr. Christine Rasche, Geschäftsfeldleiterin Sustainable Chemistry Fraunhofer IGB

ProMatics

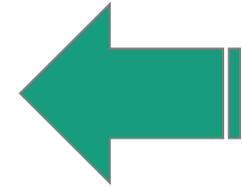
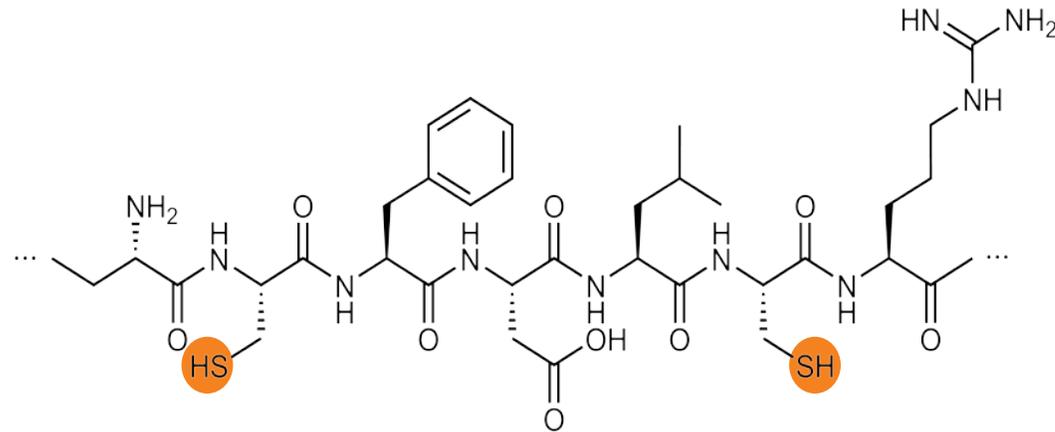
Concept

Technical proteins for material applications

- Steered valorization of (residual) proteins
- Alignment of bioinformatics and lab data
- Learning platform
 - protein properties <-> suitable application



Peptides from Chicken Feather Keratin as polythiol building blocks



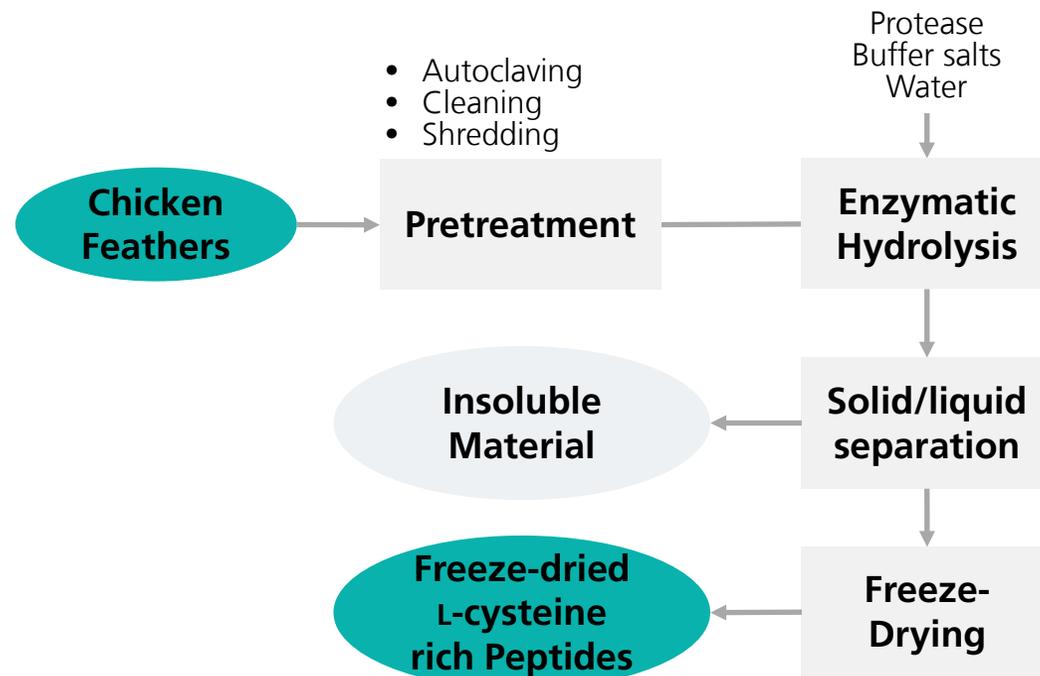
	NH ₂ — L-cysteine-rich region	β-favouring region	C-terminal region — COOH
Sequence (CFK1)	MS C FDL C RP C GP T PLANS C NE P C	VRQ C QDSRVVIQPS PVVVTLPGPILSSF PQNTAA	GSSTSAAVGSILS EEGVPISSGGFGI SGLGSRFSGRR C L P C
Amino acids	23	34	41
Molecular weight	2,458.86 Da	3,605.17 Da	3,944.41 Da
Amount of L-cysteins	5 (21.7%)	1 (2.9%)	2 (4.9%)



Image (right): Joao Estevo Andrade de Freitas - <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=view&id=85259> Uploaded to the EN wiki by Chris 73, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=181821>
 Image (above) Reproduced from A. Schieder et al, doi: 10.1039/D3SU00269A, with permission from the Royal Society of Chemistry.

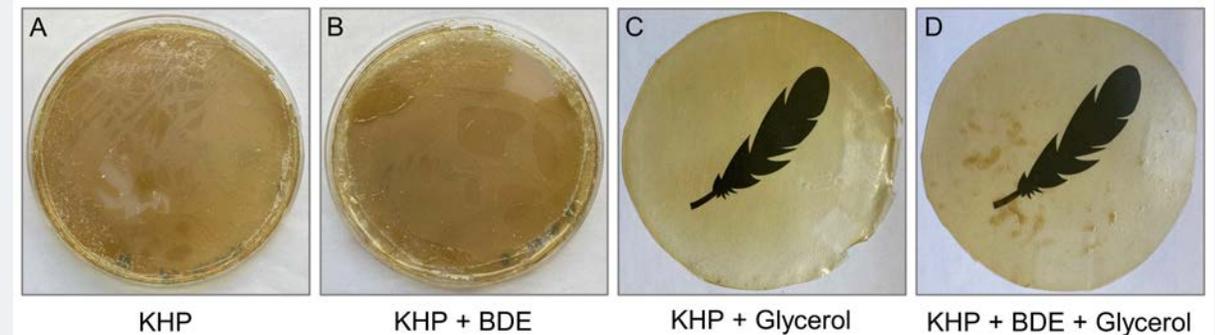
Peptides from Chicken Feather Keratin as polythiol building blocks

Process development and upscale



Application tests

Keratin Hydrolysis Peptide-films with crosslinker 1,4-Butanediol diglycidyl ether and / or plasticizer glycerol



- ✓ New biocatalytic method for decomposition of chicken feathers under mild conditions without harsh chemicals or multi-step processes
- ✓ Peptides can be used to produce protein films without further purification
- ✓ The new process paves the way for various applications and the development of functional materials

Images: Reproduced from A. Schieder et al, doi: 10.1039/D3SU00269A, with permission from the Royal Society of Chemistry.

Aktuelles aus dem BioZ Bündnismanagement

Ronny Kittler, Projektmanagement BioZ

Aufbau einer bundesweiten Datenbank „Skalierungsanlagen“

TransBIB – Transfernnetzwerk zur Beschleunigung der industriellen Bioökonomie



Förderprogramm Industrielle Bioökonomie



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Job (Partner CLIB):

Inventarisierung möglichst aller zugänglichen Skalierungsanlagen Industrie, Lohnproduktion, Technika, Pilotanlagen



Ziel:

- Sichtbarmachung
- Nutzbarmachung
- Projekt- / Kundengenerierung

Einladung zur TransBIB Workshop-Reihe „Zertifizierung biobasierter Produkte“

Herausforderung: Der „Zertifikate- Dschungel“



Wie kann ich betriebliche Informationen nutzen?



Wo kann ich in Austausch treten mit meinem Branchenumfeld?

Ziele der Workshop-Reihe

- ✓ Austausch der Herausforderungen & **Good-practices** von Zertifizierungsprozessen mit Industrie und Zertifizierern
- ✓ **Erfassung Ihrer Bedarfe** für eine „Informations- und Transparenzplattform“ als Wegweiser im bestehenden Zertifizierungs-dschungel
- ✓ Gemeinsame **Erarbeitung von Lösungen** zur Erleichterung von Nachhaltigkeitszertifizierungen



29.09.
13-15 Uhr,
online



Anmeldung mit MS Forms, oder unter <https://forms.office.com/e/YsbGn8jrJV>

BioZ Terminkalender 2024

