

Biokomposite – Stärker als man glaubt!

Impuls-Talk

Zühlke – Sustainability Circle

Lucas Großmann





- 1 Das ibp - Steckbrief und Schwerpunkte**
- 2 Warum Biokomposite?**
- 3 Besonderheiten Biokunststoffe + Naturfasern**
- 4 Biokomposite**
- 5 Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen**
- 6 Anwendungsmöglichkeiten**

Das ibp – Steckbrief und Schwerpunkte



Name

Institut für angewandte Biopolymerforschung

Gründung

01.10.2018

Mitarbeiter

25

Standort

Hochschule Hof, 2 Technika, 2 Labore, 7 Büros

Berufung

Industrielle Forschung & Entwicklung, Wissenschaft

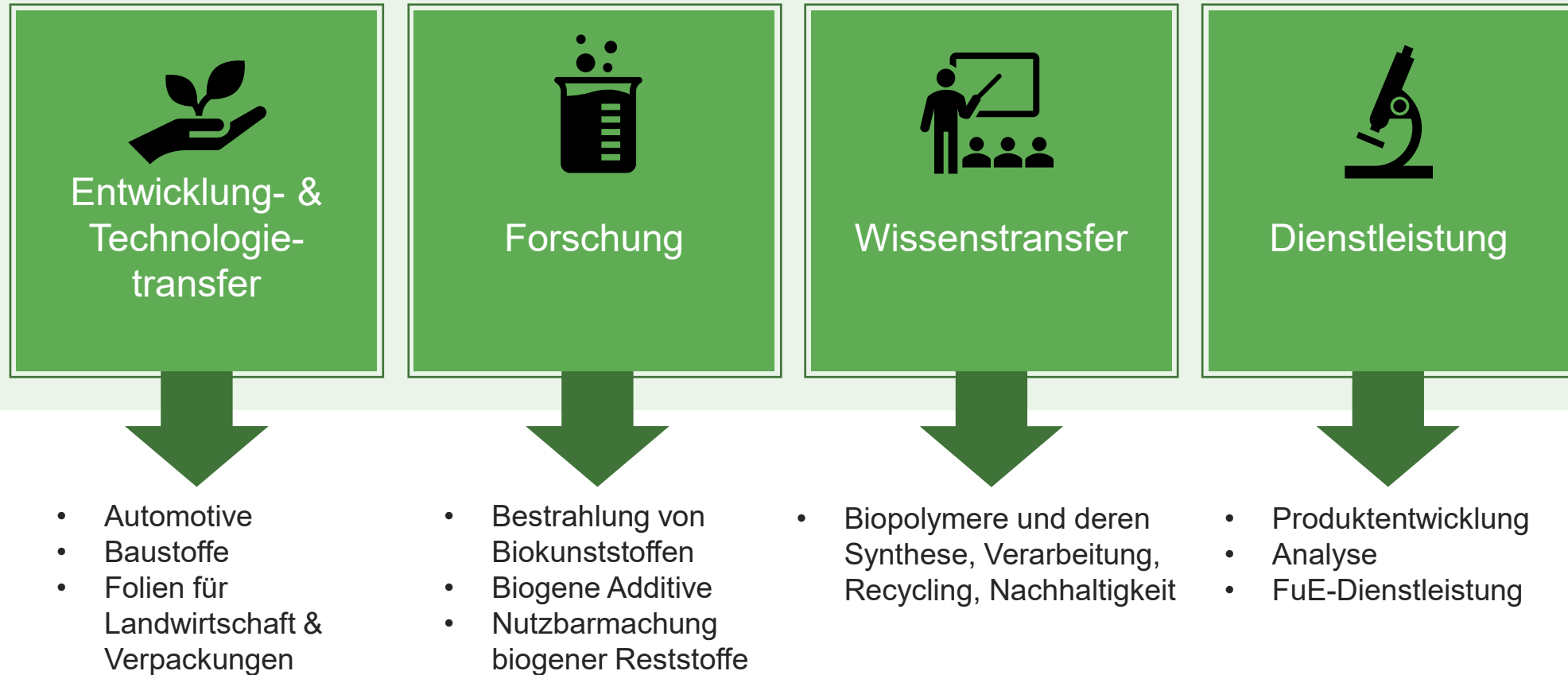
Kompetenzen

Biokunststoffe, Extrusion, Spritzguss, Thermoformen, Recycling

Projekte

16 laufende Projekte (Fördervolumen > 3 Mio. €)

Das ibp – Steckbrief und Schwerpunkte

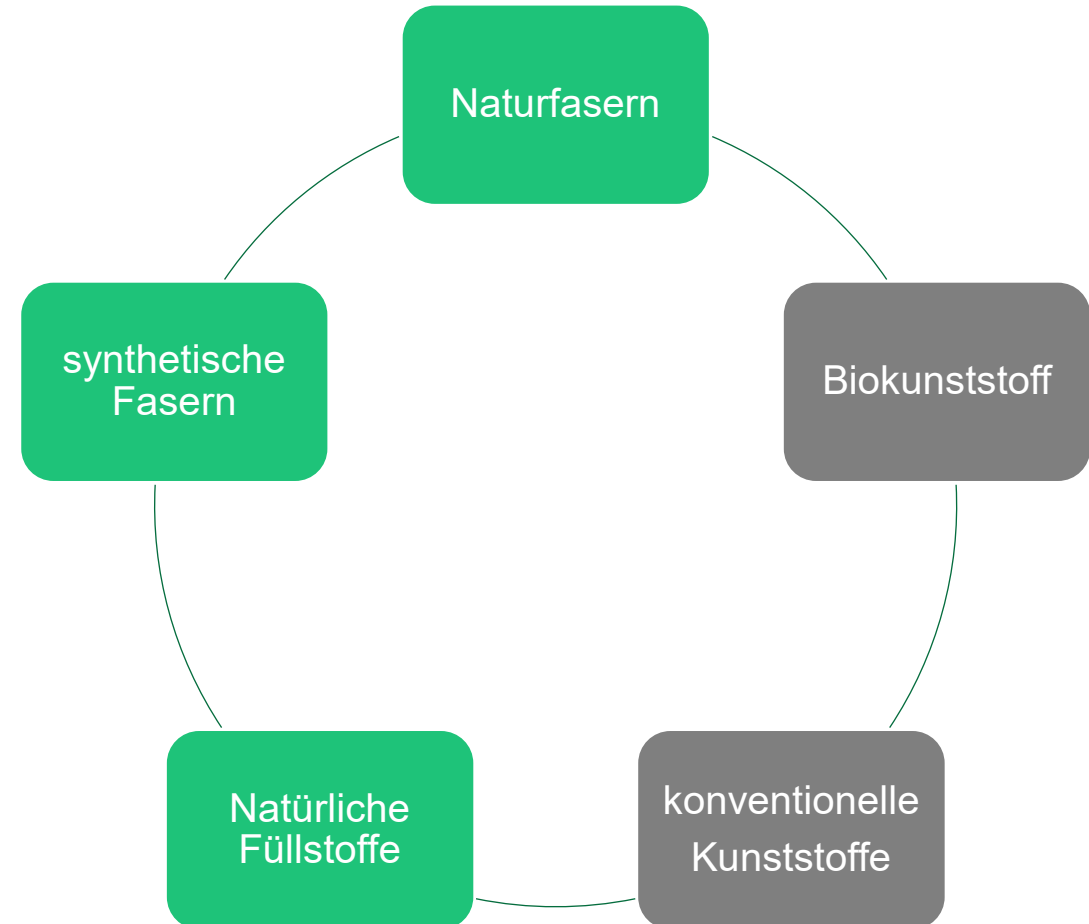


Warum Biokomposite?

Biokomposite
Verbundwerkstoffe mit einer biogenen Komponente

Matrix
Trägerwerkstoff jeder
Verstärkung

Faser & Füllstoff
Verstärkung für
Festigkeit und/oder
Streckung der Matrix



Warum Biokomposite?

einfache
Handhabung.....



niedrige
Rohstoffkosten.....



geringe
.....Dichte

vorteilhaftes
Splittverhalten
bei Crashbelastung.....



nahezu CO₂-neutrale
und rückstandsfreie
.....thermische Verwertung



.....gute akustische
.....Dämpfungseigenschaften

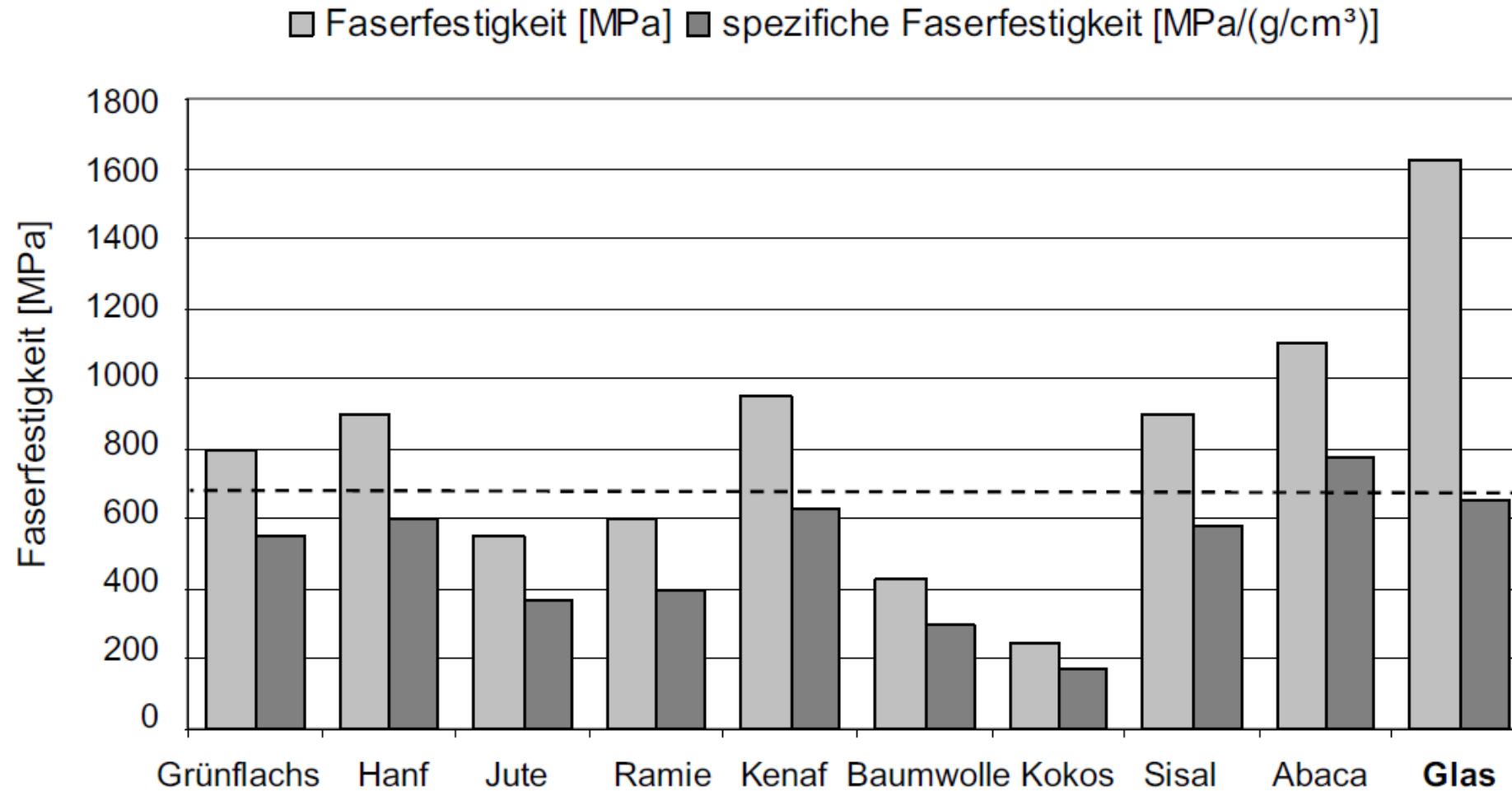
geringer produktionsbedingter
Energieverbrauch und damit
besserer CO₂-Fußabdruck.....



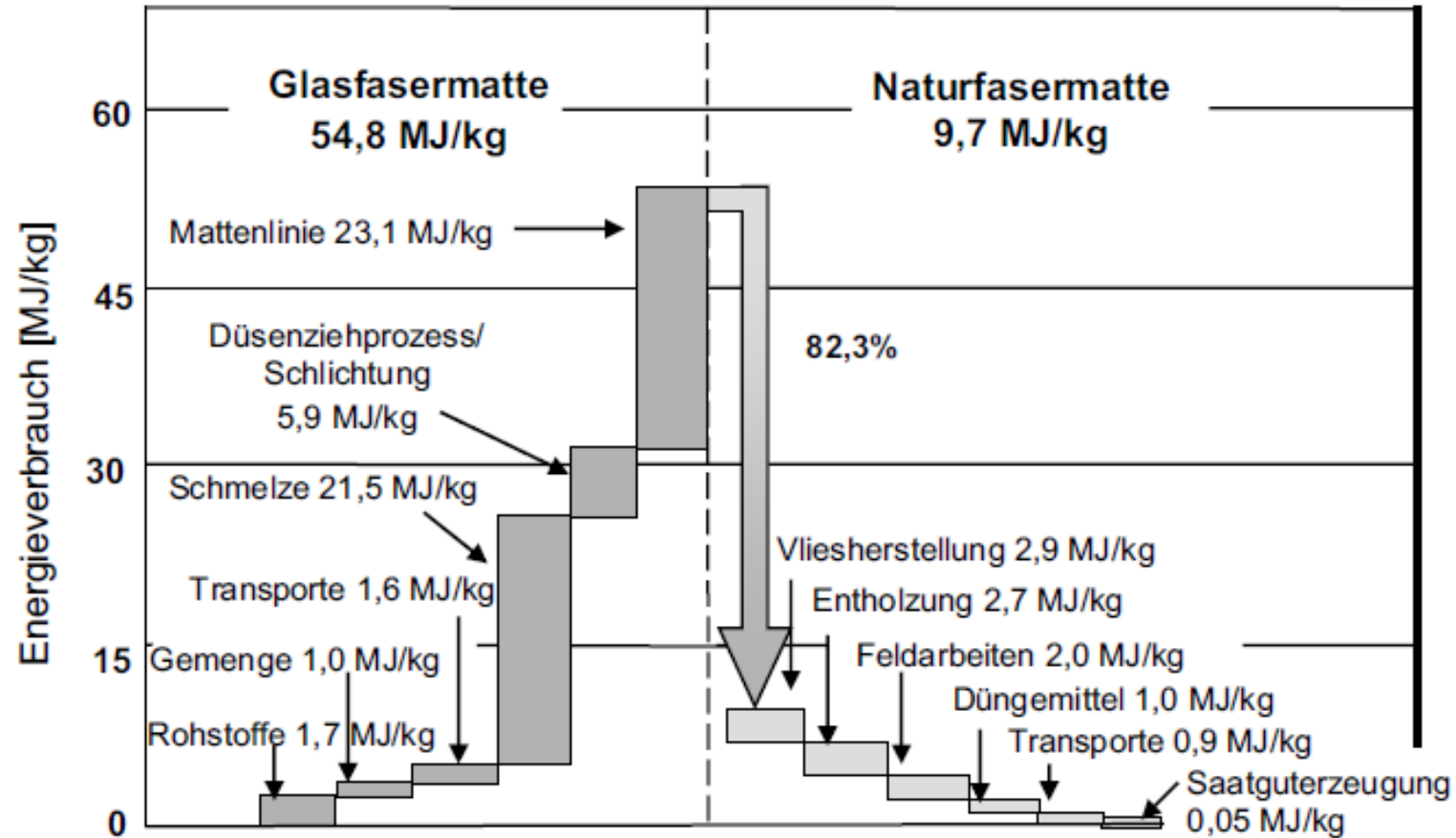
Warum Biokomposite?

	E-Modul [GPa]	Zugfestigkeit [MPa]	Dichte [g/cm ³]	max. spez. E-Modul [(GPa*cm ³)/g]
Sisal	10-22	530-640	1,5	15
Baumwolle	~27	200-800	1,55	17
Jute	~60	~860	1,3	46
Hanf	~70	~920	1,47	48
Flachs	85	~900	1,4	61
Basalt	93-110	4100-4840	2,6-2,8	42
E-Glasfaser	~72	2000-2500	2,5	26

Warum Biokomposite?



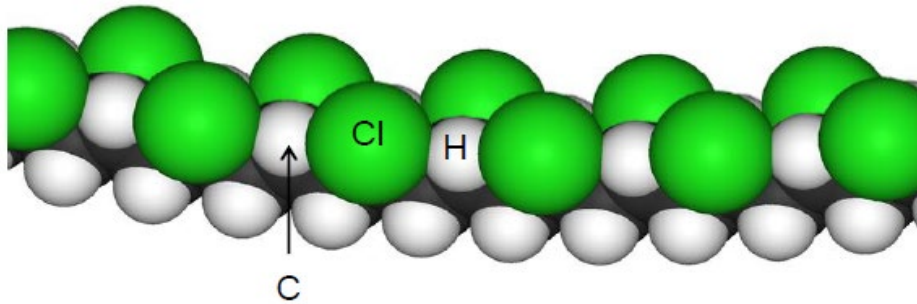
Warum Biokomposite?



Struktur des Makromoleküls im Kunststoffs

Elemente

C, H, O, N, Cl, F, S, Si




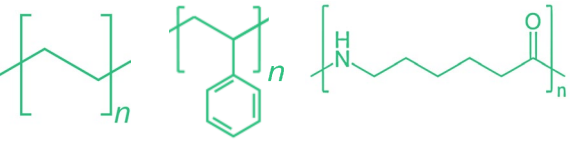



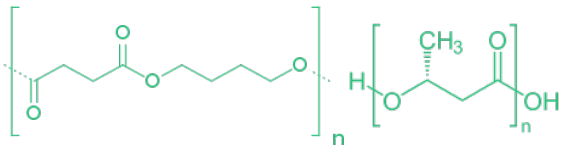


Hauptvalenzbindungen:
kovalente **chemische** Bindung
Bindung im Monomer selbst

Nebenvaleenzbindungen:
physikalische Bindung
Zusammenhalt der Makromoleküle
untereinander

1. Konstitution (Zusammensetzung)
2. Konfiguration (Räuml. Anordnung)
3. Konformation (Räuml. Drehung)

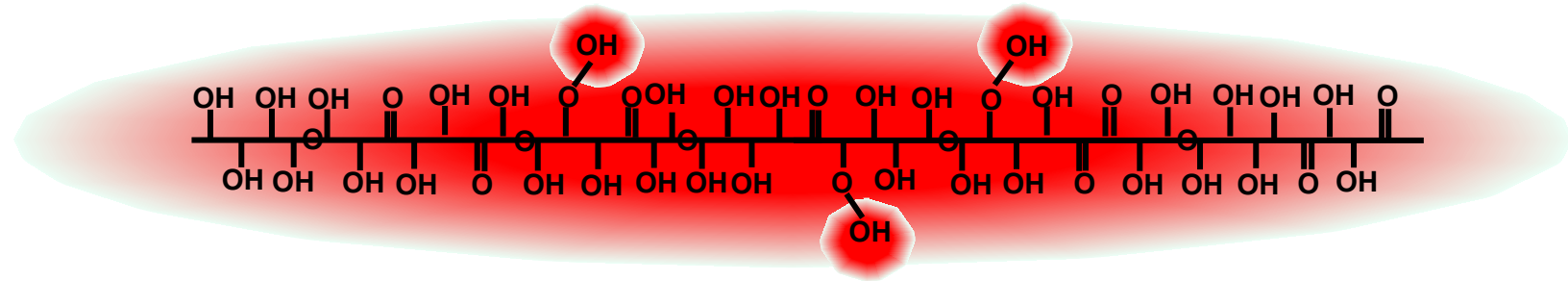
Besonderheiten von Biokunststoffen

... aus chemischer Sicht

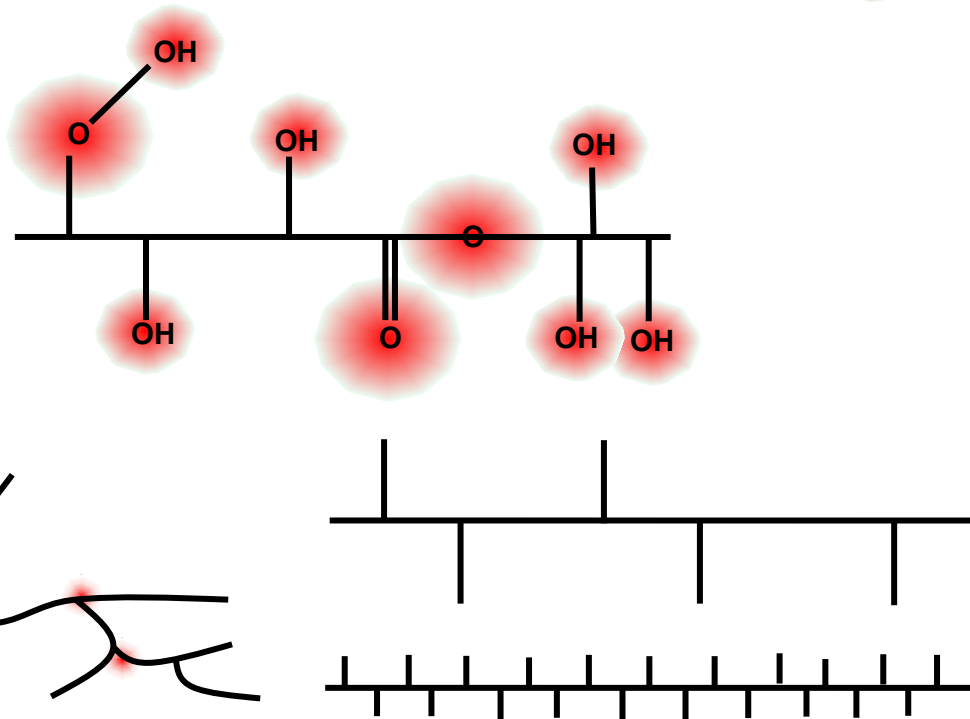
	Konstitution (Zusammensetzung)	Konfiguration (räuml. Anordnung)	Konformation (räuml. Drehung)
Konventionelle Kunststoffe	<p>Heteroatome </p> 	<p>Anteil von Seitenketten und -gruppen </p> <p>Mögliche Länge der Seitenketten und -gruppen </p>	<p>je nach Kunststoff:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Olefine → geringe WW • Polyester → hohe WW <p>primär Teilkristallinität</p>
Biokunststoffe	<p>Heteroatome </p>  <p>Verhältnis Heteroatome zu Nicht-Heteroatome </p>	<p>Anteil von Seitengruppen </p> <p>einfache und kurze Seitengruppen</p>	<p>hohe Dipolwechselwirkungen, Knäuelstruktur</p> <p>Kristallinität möglich primär amorph</p>

Besonderheiten von Biokunststoffen

Biokunststoffe:



Konventionelle
Kunststoffe:



... **Einfluss auf:**

- Wasseraufnahme
- Kristallinität
- Fließverhalten
- Thermostabilität
- Oberflächenhaftung
- Thermische Eigenschaften
- Mechanische Eigenschaften
- Verarbeitung
-

Was ist anders bei Biokunststoffen bezogen auf die Verarbeitung?

Prinzipiell:

- Konstitution
- Konfiguration
- Konformation



und deshalb:

- ✓ Feuchtigkeitsaufnahme
- ✓ Fließeigenschaften
- ✓ Schersensitivität
- ✓ Kristallisationsverhalten
- ✓ Polaritätat
- ✓ ...

Was kann man allgemein machen?

Werkstoffanpassungen

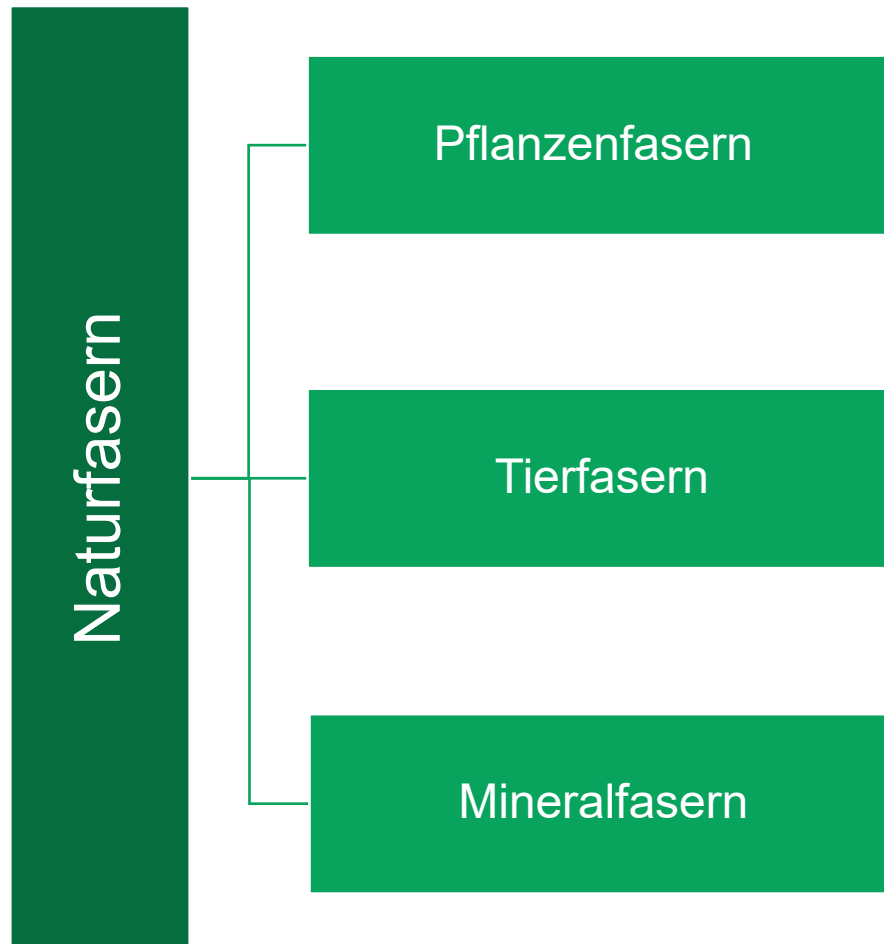
- Copolymere & Propf-Copolymere
- Compoundierung
- Additive & Füllstoffe verwenden
- ...

Prozessanpassungen:

- Trocknung vorsehen
- Abkühlverhalten anpassen
- Fließwege anpassen/kürzen
- Scherung durch langsame Prozesse minimieren
- Kristallisation bewusst steuern und nutzen
- geringere Prozesstemperaturen fahren
- ...

Besonderheiten von Naturfasern

Vielfältigkeit...



- Baumwolle
- Leinen
- Jute
- Hanf

- Sisal
- Kokos
- Flachs

- Wolle von Schaf, Lama, etc.
- Seide
- Tierhaare

- Asbest
- Basalt

... mit vielen spezifischen Eigenschaften

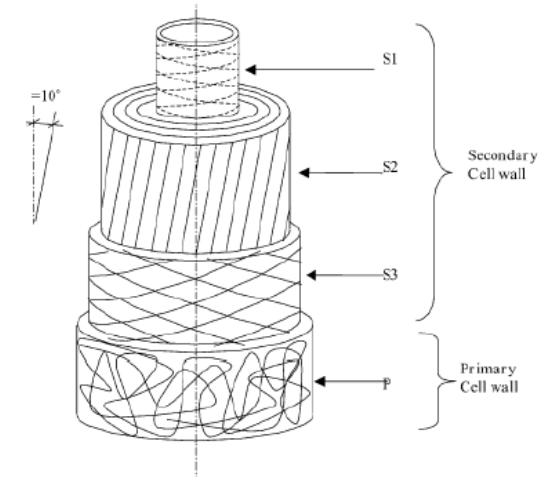
Besonderheiten von Naturfasern

Jede Naturfaser selbst ist ein Komposit!

Aus: Cellulose, Proteinen, Bindemitteln, Schutzstoffen

Beispiel Flachs:

Flax constituents	
Cellulose (%)	65-85
Hemicellulose (%)	10-18
Lignin – Pectin (%)	2-7
Waxes and other components (%)	2

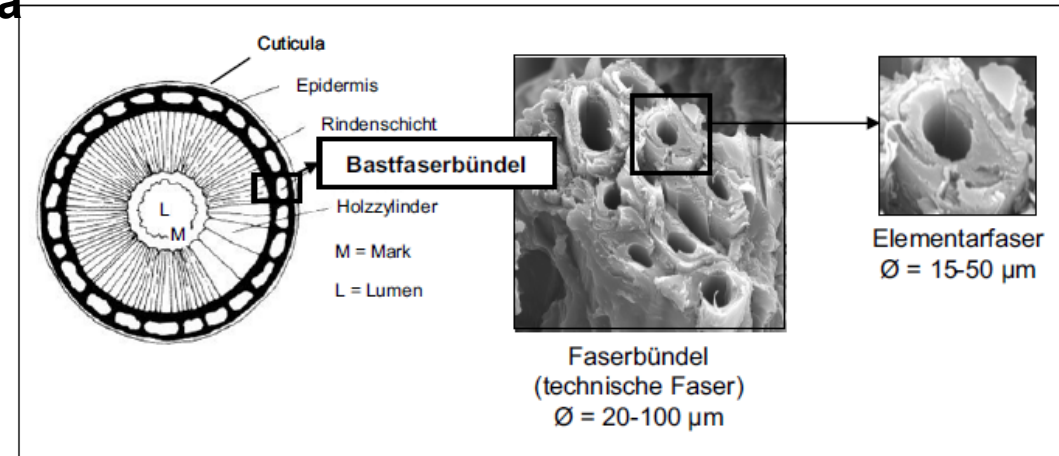
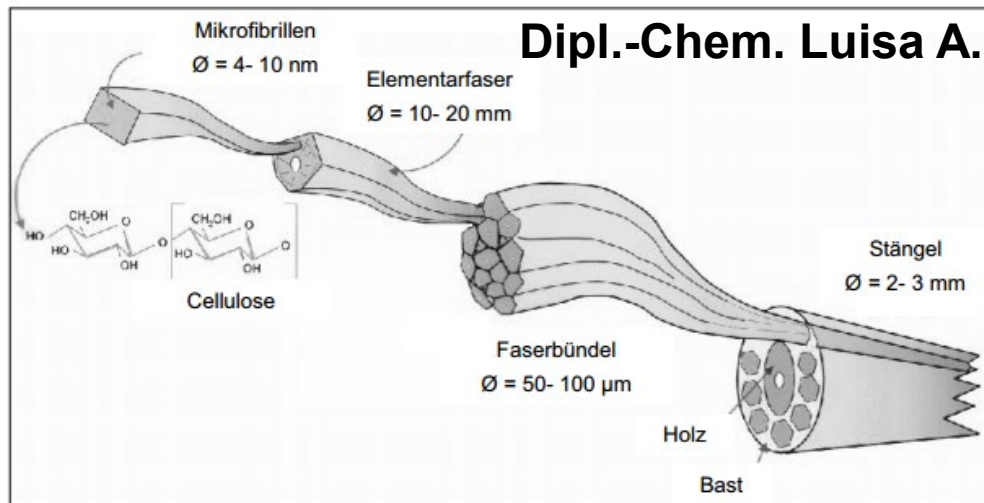


Besonderheiten von Naturfasern

Naturfasern müssen aufgearbeitet werden!

- Auflösen von Stängeln, Faserbündeln
- Entfernung von Schutzstoffen wie Fetten und Wachsen
- Begrenzte Einzelfaserlänge je nach Ausgangslänge und Aufbereitungstechnik

Beispiel Flachs:



Stängel: bis zu 1500 mm
Einzelfaser: bis zu 300 mm



Besonderheiten von Naturfasern

Besondere Eigenschaften von Naturfasern

- Grundsätzliche hohe Polarität der Einzelfaser
 - Jedoch: Wachse, Fette, Lignin, Pektin auf der Faser
- Niedrige Degradationstemperatur
- Hydrophilie & hohes Wasseraufnahmepotential
- Fehlstellen sowie schlecht separierte Fasern resultieren in schlechtere mechanische Kennwerte
 - Hohe Abhängigkeit des Produkts von Anbaubedingungen und sorgfältiger Verarbeitung



Was ist anders bei Naturfasern bezogen auf die Verarbeitung?

Prinzipiell:

- Keine Endlosfilamente verfügbar
- Wasseraufnahme
- Anfälligkeit für thermischen Abbau
- Fasern selbst sind Komposite

Was kann man allgemein machen?

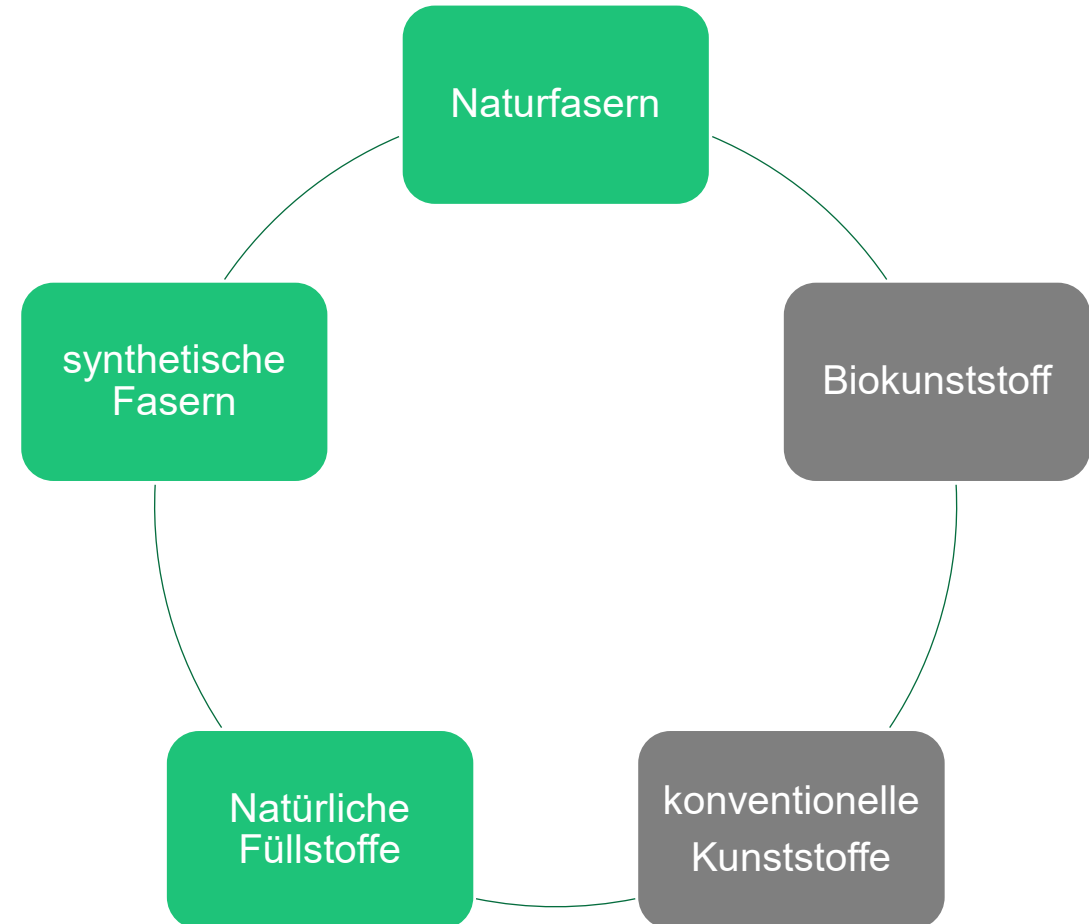
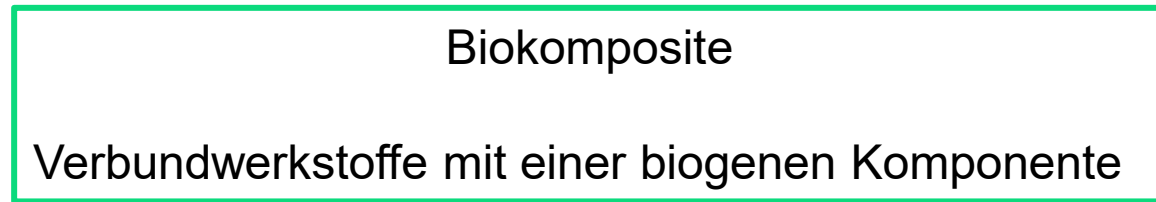
Werkstoffanpassungen

- Herstellung von Vliesen, Gelegen, Geweben, Tapes, vernadelten Strukturen, etc.
- Chemische Behandlung der Fasern

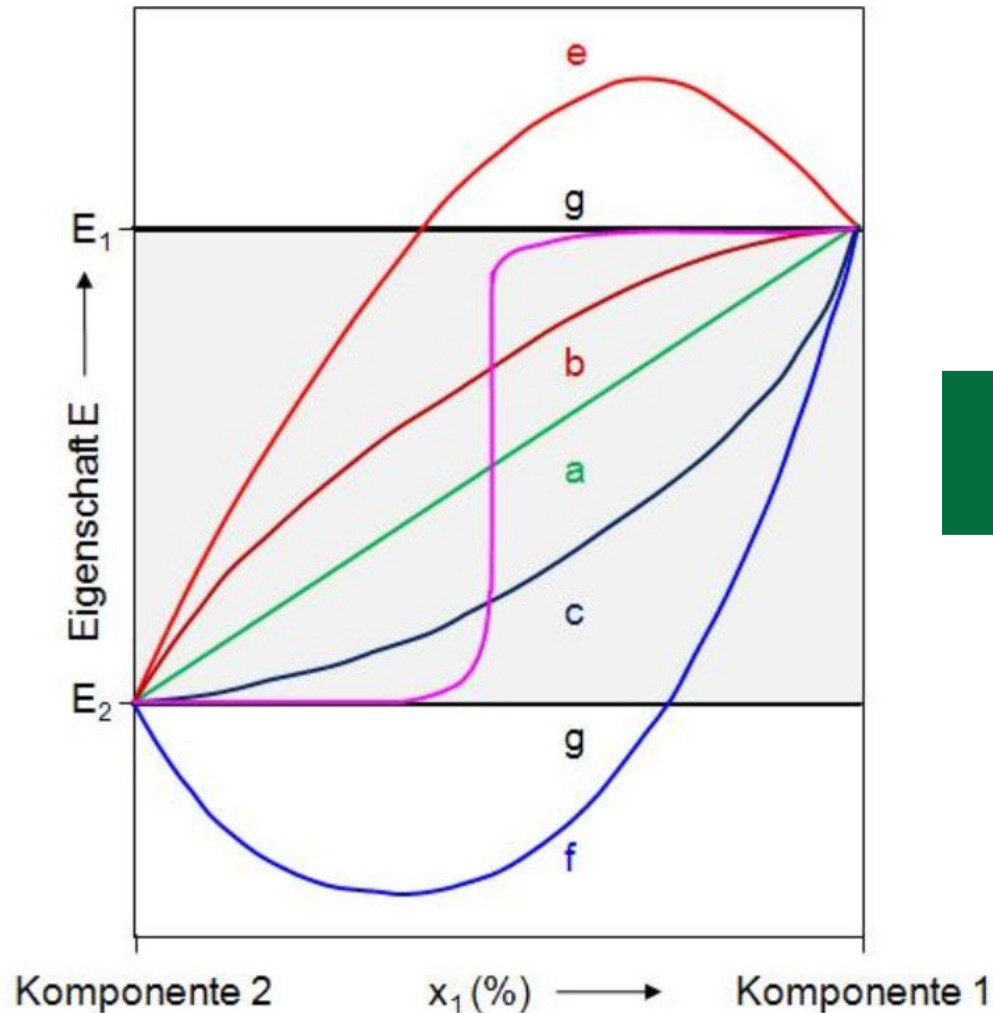
Prozessanpassungen:

- Trocknung vorsehen
- Kurze Prozesszeiten mit geringer Temperatur

Biokomposite



Biokomposite



- a) konzentrationsabhängige Überlagerung (lineare Mischungsregel)

$$E(x_1) = x_1 E(1) + (1 - x_1) E$$

- b) positive Abweichung von der Mischungsregel
c) negative Abweichung von der Mischungsregel
e) Synergie
f) Antisynergie
g) simultanes Auftreten der Beiträge beider Mischungspartner

Biokomposite

aus nachwachsenden
Rohstoffen und nicht
biologisch abbaubar

BIOKUNSTSTOFFE

NICHT ABBAUBAR

KONVENTIONELLE
KUNSTSTOFFE

NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

BIOKUNSTSTOFFE

ABBAUBAR

BIOKUNSTSTOFFE

aus nachwachsenden
Rohstoffen und biologisch
abbaubar

aus fossilen Rohstoffen und
biologisch abbaubar

FOSSILE ROHSTOFFE

Biokomposite

NACHWACHSENDE ROHSTOFFE



BIOKUNSTSTOFF
NATURSTOFF

aus nachwachsenden
Rohstoffen und biologisch
abbaubar

BIOKUNSTSTOFF
SYNTHETISCHE VERSTÄRKUNG

anteilig aus nachwachsenden
Rohstoffen, biologischer
Abbau möglich

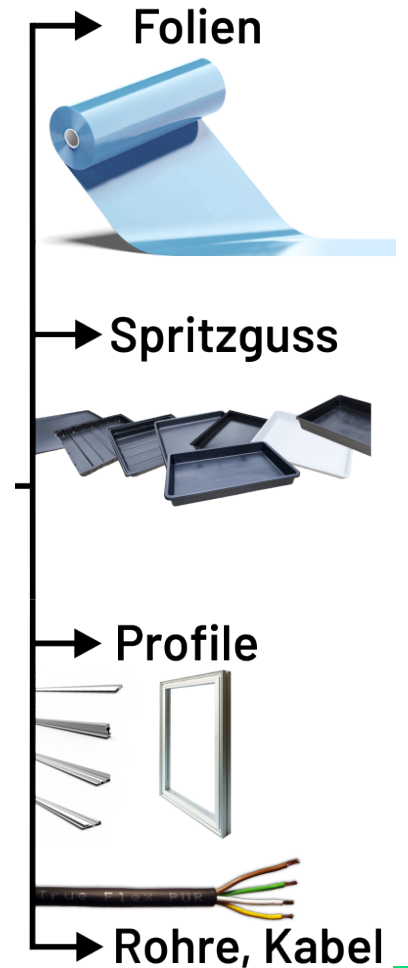
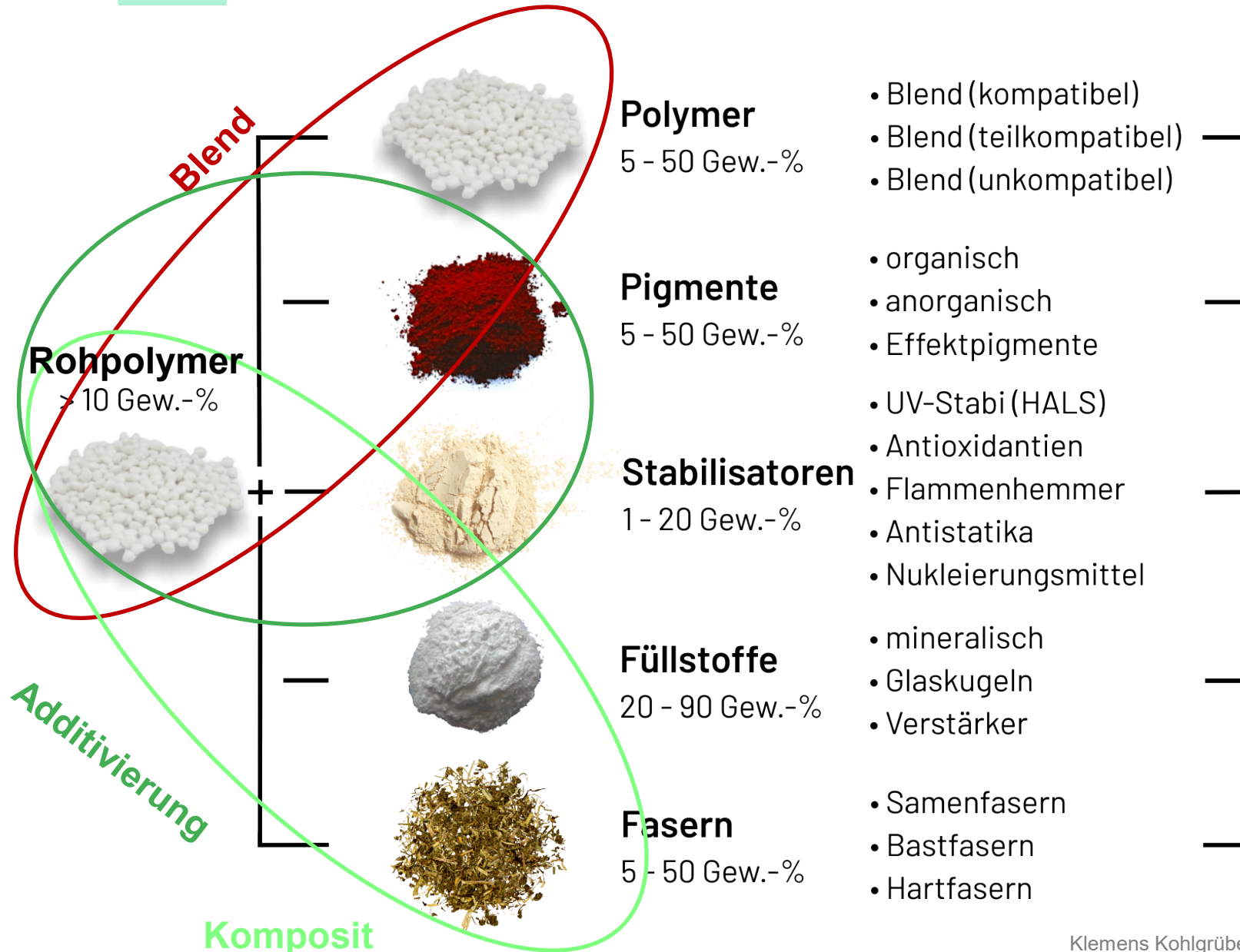
KUNSTSTOFF
NATURSTOFF

KUNSTSTOFF
SYNTHETISCHE VERSTÄRKUNG

aus fossilen Rohstoffen, kein
biologischer Abbau

FOSSILE ROHSTOFFE

Biokomposite



Biokomposite

Hanf-, Flachs-, PLA-,
Viskosefasergelege, -gewebe

Kurzfasern
< 4 mm

Langfasern
> 4 mm

Schichtsilikate, Cellulose-
Nanowhiskers, CNTs

Funktionsstoffe

Füllstoffe

Talkum, Kreide, Holzspäne

Komposite

Matrixwerkstoff

alle Biokunststoffe
möglichst niedrige Verarbeitungstemperatur
und hohe Affinität zum Verstärkungsstoff



Biokomposite

Kurzfasern (< 4 mm)						
Holz	PLA	Viskose	Hanf/Flachs	Glas	Aramid	Carbon



Thermoplastische Werkstoffe	biobasiert
	fossil



**Bio- und
Biohybrid-
Komposite**



biobasiert	Duroplastische Werkstoffe
fossil	



Langfasern (> 4 mm) Textile Strukturen: Gewebe, Gelege, Vlies						
Viskose	PLA	Hanf/Flachs	Glas	Aramid	Carbon	



Biokomposite



Vorteile:

- Hoher Faser-E-Modul bei geringer Dichte
- Akustische Dämpfung
- Geringer Preis
- Nachwachsender Rohstoff
- CO₂-neutrale Energiebilanz
- Gute Entsorgungsmöglichkeiten
- Geringer Energiebedarf für Aufschluss



Nachteile:

- Oft unzureichende Lieferketten
- Fehlende Daten zur Nutzung
- Temperaturbeständigkeit max. 200°C
- Hydrophilität/ Polarität
- Naturbedingte Ungleichmäßigkeiten
- Begrenzte Faserlängen

Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Auswahlkriterien - Faser

Physikalisch

- Faserlänge, -durchmesser, -struktur, Dichte, Schüttgutedichte, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit

Chemisch

- Chemische Zusammensetzung (Zellulose, Hemizellulose, Lignin), Verfügbarkeit, Geruchsbelastung, Brennbarkeit

Mechanisch

- E-Modul, Poissonzahl, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, spezifischer E-Modul, spezifische Zugfestigkeit

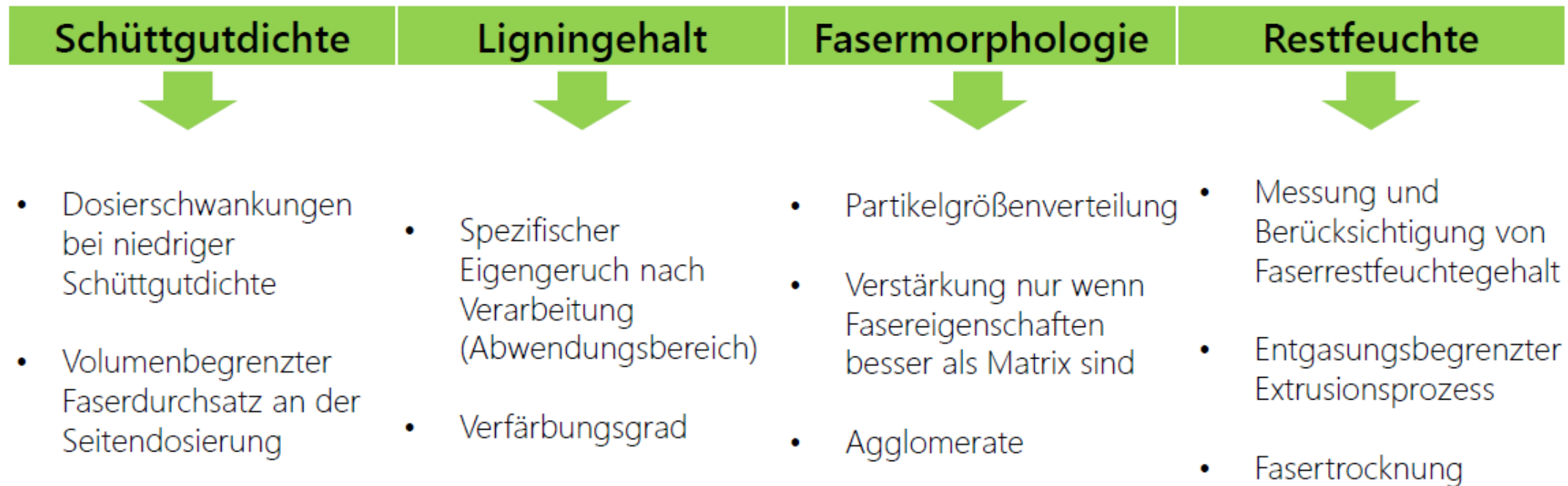
Technisch

- Verfügbarkeit, Energie-, Zeitbedarf bei Verarbeitung, Kosten bei Verarbeitung und Kauf, Einfachheit des Prozesses, Kenntnis des Prozess, Restfeuchte

Umwelt

- Umweltfreundlichkeit von Faser und Prozess, Abbaubarkeit, politische Förderung

Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen



Auswahlkriterien - Matrix

- Duroplastische Kunststoffe mit möglichst geringer Viskosität
- Thermoplastische Kunststoffe mit Schmelzbereiche $\leq 200\text{ °C}$
 - geringere Naturfaserschädigung
 - mögliche Thermoplaste: PP, PE oder PLA, PBS, PBAT
- Passende Oberflächenaktivität → Benetzungsvermögen von Matrix zu Faser



Wirkung durch die Naturfasern

- Erhöhung der Sprödigkeit
- Absenkung der Fließeigenschaften

Auswahl von geeigneten Funktionsadditiven

Haftvermittler

- Cellulosebasierte Naturfasern = polar, Kunststoffe oft unpolar, Biokunststoff oft polar
- Faser-Matrix-Grenzflächenverhalten durch Haftvermittler beeinflussen → Kraftübertragung auf Faser
- Maleinsäureanhydrid – gepropfte Additive äußert wirkungsvoll

Anti-Oxidationsmittel

- Verminderung der oxidativen Schädigung der Naturfaser bei der kurzzeitigen Verarbeitung über 200°C

Prozesshilfsstoffe

- Fließhilfsmittel, Entformungshilfen

Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Prozesse zur Herstellung von Biokompositen



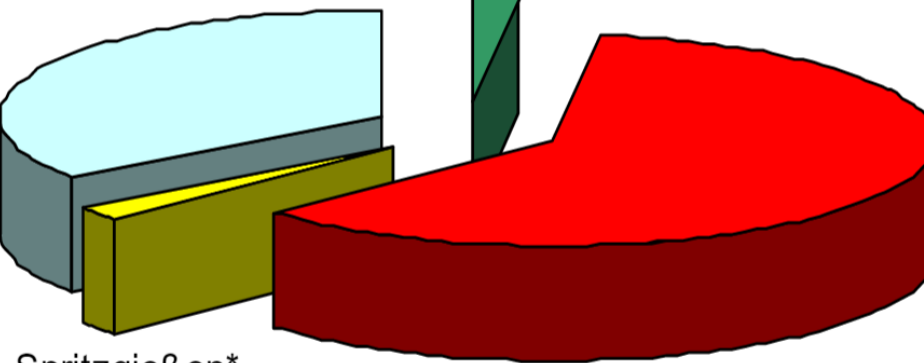
100% Naturfaservliese

* rein thermoplastische Verfahren

Formpressen
(duroplastisch)
35%

Fließpressen*
2%

Fasergarne/Vliese



Spritzgießen*
2%

Granulate/Pellets

Formpressen
(thermoplastisch)
61%

Naturfaser/PP-Vliese

Formpressen

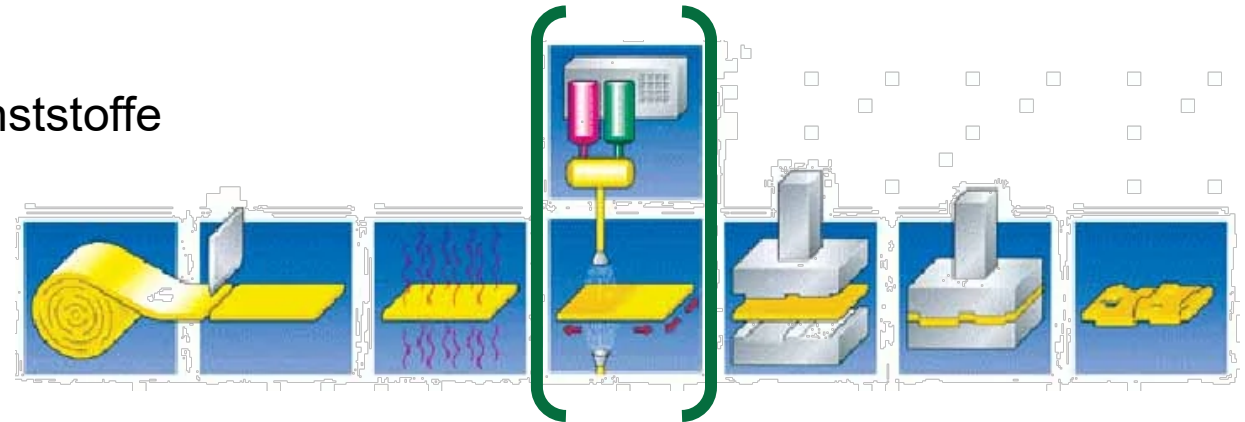
- thermoplastische, als auch duroplastische Kunststoffe
- geringe Komplexität des Prozesses

Ausgangsstoffe:

- Vliese aus Naturfasern
 - Hybridvliese aus Naturfasern und Kunststoff
 - Gelege, Gewebe
-
- Duromere
 - Thermoplast-Werkstoffe

Prozess:

- Halbzeug(e) mit beheizter Presse in die Negativform gepresst
- Abkühlen/Vernetzung der Polymere



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Fließpressen – Doppelbandpresse & Pultrusion

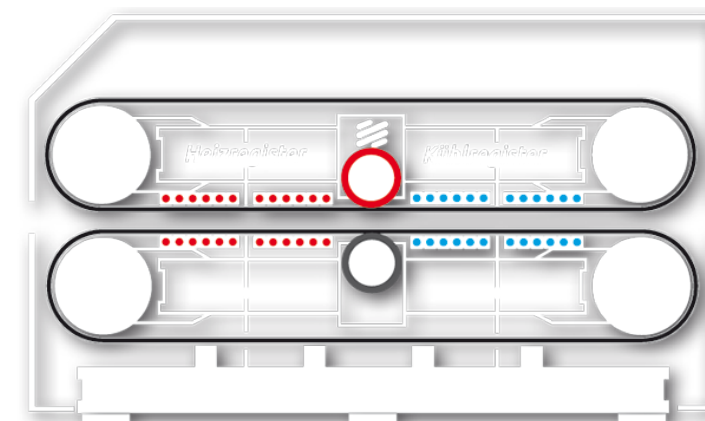
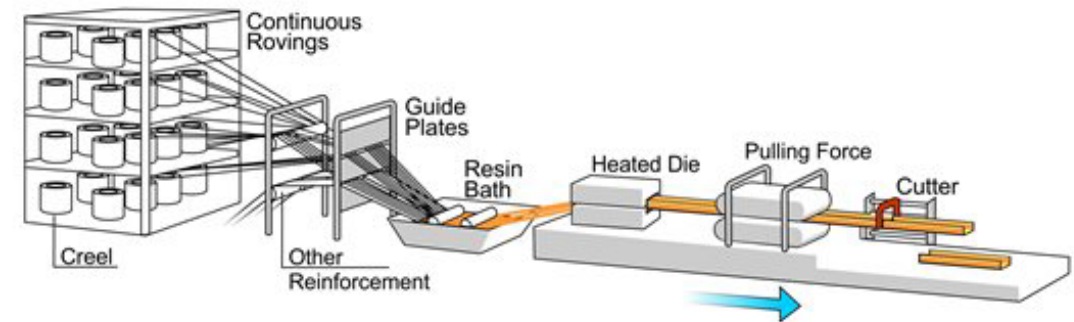
- thermoplastische, als auch duroplastische Kunststoffe

Ausgangsstoffe:

- Garne & Hybridgarne
 - Vliese aus Naturfasern
 - Hybridvliese aus Naturfasern und Kunststoff
 - Gelege, Gewebe
-
- Duromere
 - Thermoplast-Werkstoffe

Prozess:

- Kontinuierlicher Einzug von Endlosgebilden aus Naturfasern
- Tränkung der Fasern bei Duromeren
- Aufschmelzen des Thermoplast im Prozess bei Thermoplasten



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Extrusion & Spritzguss

- Thermoplastische Kunststoffe
- Kontinuierliche und hoch wirtschaftliche Prozessführung

Ausgangsstoffe:

- Granulate

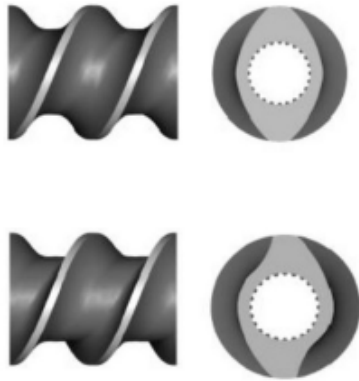
Prozess:

- Verarbeitung von Granulat zu Formteilen, Profilen, etc.

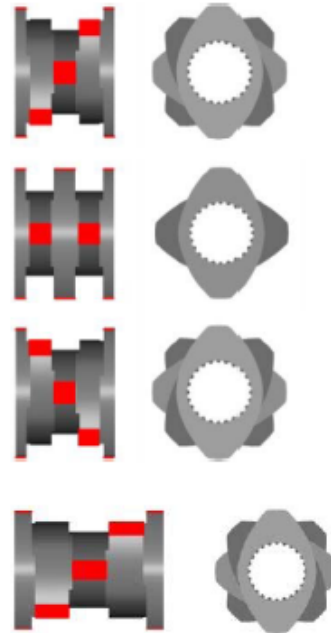


Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

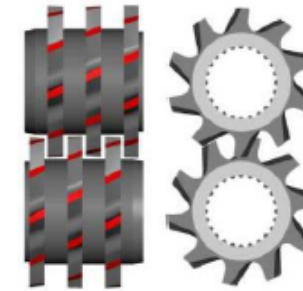
Herstellung von Granulaten



- a) Stoffe aufnehmen
- b) Feststoffe und Schmelze fördern



- a) Plastifizieren
- b) Einarbeiten von Fasern / Füllstoffen
- c) Mischen



- a) Einmischen von Flüssigkeiten
- b) Distributives Mischen
- c) Homogenisieren

© KraussMaffei Berstorff GmbH

Schnecken Aufbau muss sehr spezifisch an die Naturfasern anhand von Funktionszonen angereicht werden!

Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Funktionszone: Einzug

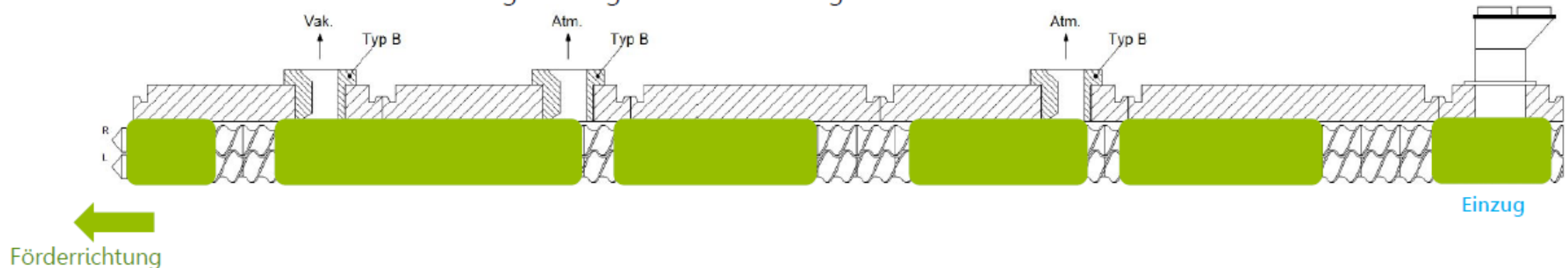
Funktion

Einziehen von festen Komponenten

Zu beachten!

- Schneckenelemente mit hohem freiem Volumen (hohe Gangsteigung und Gangtiefe)
- Gehäusetemperatur unter Schmelztemperatur der Komponenten
- Naturfasern nie in die Füllzone geben!

Einzugsvermögen ist volumenbegrenzt.



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Funktionszone: Plastifizierung

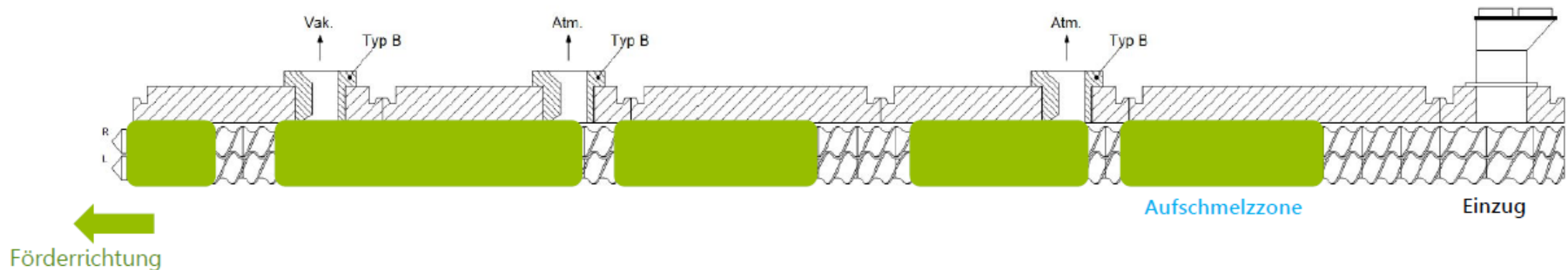
Funktion

Polymer und ggf. Additive aufschmelzen
und vordispersieren

Zu beachten!

- Aufschmelzverhalten ist materialspezifisch (Aufschmelzenthalpie)
- Schneckenkonfiguration- und Drehzahl ausschlaggebend
- Aufschmelzverhalten ist abhängig vom spezifischen Füllgrad

Nur soweit plastifizieren, bis eine vollständige Schmelze vorliegt!



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Funktionszone: Naturfasereinbringung und Entgasung

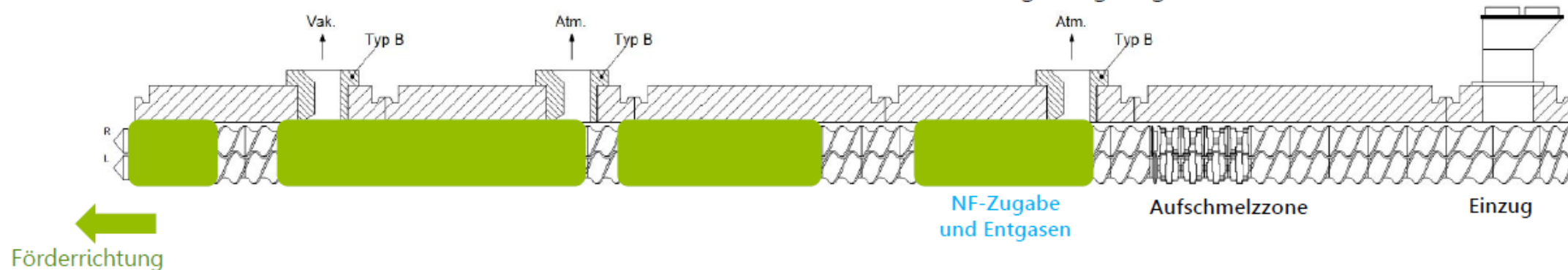
Funktion

- Zugabe von Füll- und Verstärkungskomponenten
- Atmosphärische Rückwärtsentgasung

Zu beachten!

- Restfeuchtegehalt beim Dosiervorgang mitkalkulieren
- Veränderung der Schmelzeviskosität
- Schneckenelemente mit hohem freiem Volumen

Naturfaserdurchsatz ist volumen- und entgasungsbegrenzt



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

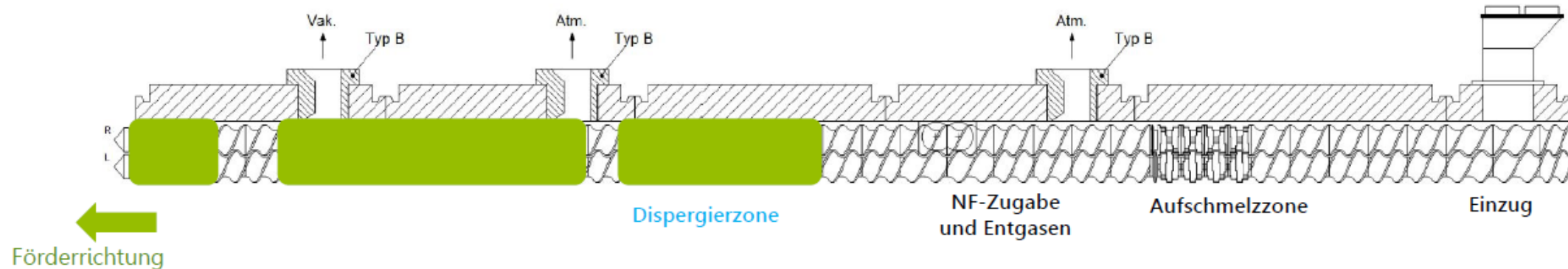
Funktionszone: Naturfasereinmischung und –homogenisierung

Funktion

- Einarbeitung der Fasern
- Distributives und dispersives Vermengen

Zu beachten!

- Schneckenelemente mit geringer Scherwirkung u. hoher Mischwirkung
- Ausreichende Verfahrenslänge zur Einarbeitung



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

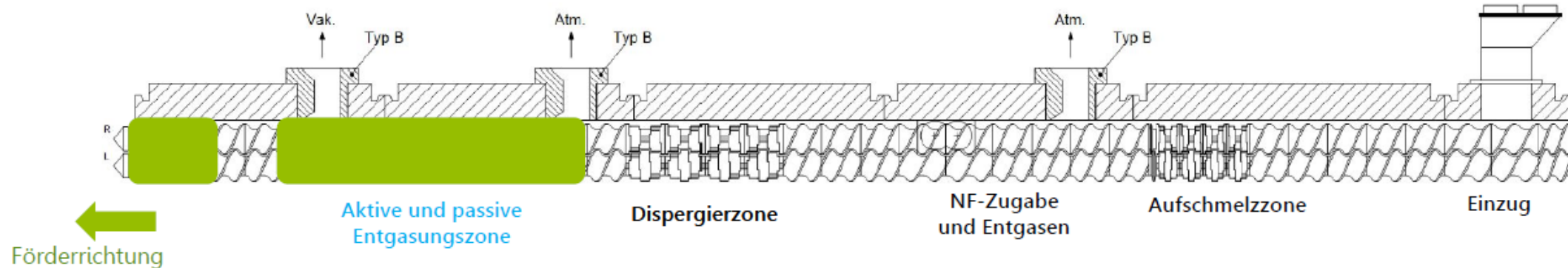
Funktionszone: Passive und aktive Entgasung

Funktion

- Entgasen von Wasserdampf
- Ableiten niedermolekularen, flüchtigen Anteilen

Zu beachten!

- Hinreichend hohe/r Verweilzeit und Vakuumdruck („Schmelzeschaum“)
- Ausreichend große Entgasungsöffnung (Bezug zur Viskosität)
- Schlechte Entgasung auch an kollabierte (platte) oder aufgeschäumte Schmelzestränge erkennbar



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

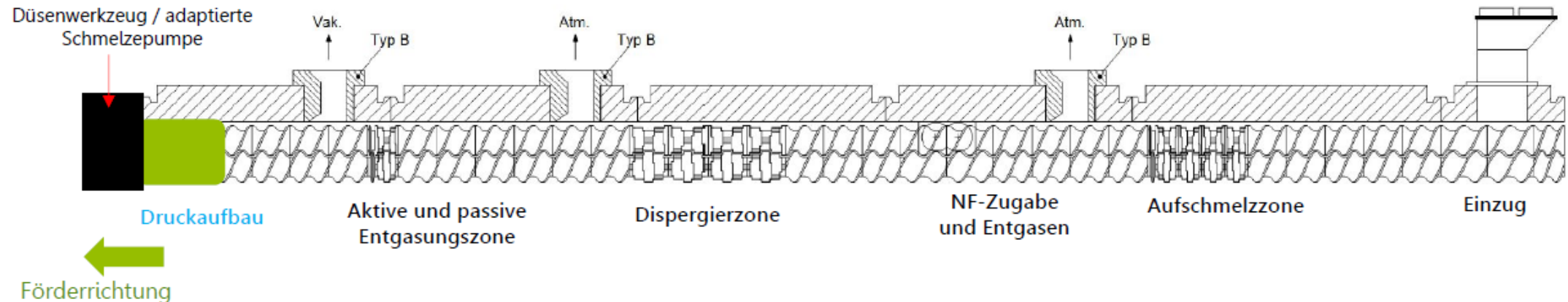
Funktionszone: Druckaufbau

Funktion

- Austrag der Schmelze
- Druckaufbau zur Überwindung des erzeugten Werkzeugdrucks

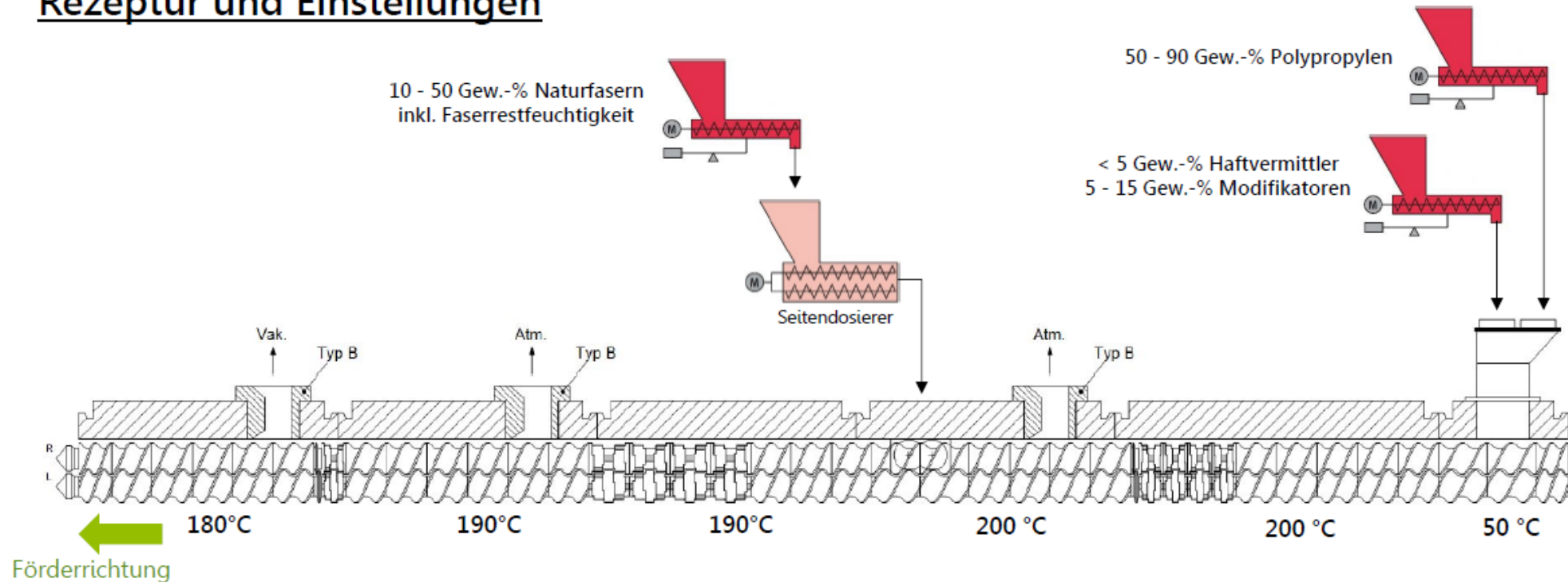
Zu beachten!

- Hohe Rückstaulänge → viel Masseanhäufung → höherer Energieeintrag
Ziel: Reduzierung der Energieeinleitung
- Druckaufbau → Abgabe an Schmelzepumpe



Auswahl & Verarbeitung von Biokompositen

Rezeptur und Einstellungen



Maschineneinstellung:

- Schneckendrehzahl_{Extruder} = 100 - 600 min⁻¹
- Schneckendrehzahl_{Seitendosierer} = 50 - 600 min⁻¹

Periphere Maschinerie:

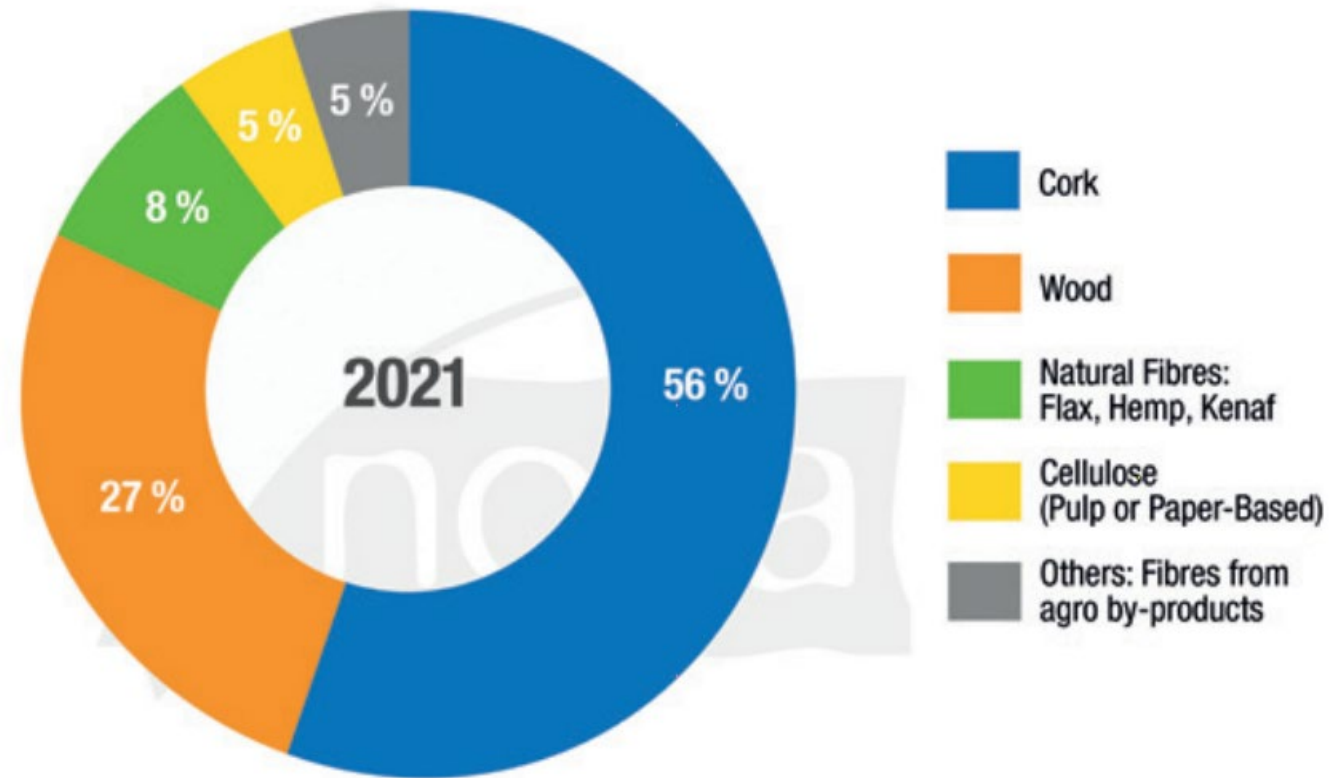
- Vakuumpumpe
- Unterwassergranuliereinheit mit Schmelzpumpe (oder Wasserbad mit Stranggranulierer)

Allgemein

- Naturfasern bringen Feuchtigkeit in den Prozess → Durchsatzlimitierung
- Naturfasern verändern optische und olfaktorische Eigenschaften des Compounds
- Nicht jede Kunststoffmatrix ist für die Verarbeitung geeignet
- Kunststoffe mit Schmelzbereich/-temperatur bis 200 °C einsatzfähig

Extrusionstechnische Verarbeitung erfordert spezielles Wissen bzgl. Aufbau und Parametrierung

Anwendungsmöglichkeiten



Verteilung der verschiedenen in der Biokomposit-Produktion verwendeten Fasertypen in Europa

Anwendungsmöglichkeiten



Anwendungsmöglichkeiten

Holzfasern:

Türbelag-Innenteil vorne, hinten, Verkleidung Lehne
Fahrersitz inkl. Spritzguss-Aufnahmehaken

Baumwolle, Wolle:

Abdämpfungen, Verkleidungen Radeinbau vorne, hinten,
Bezüge Sitzanlage

Flachsfaser:

Verkleidung Hutablage, Abdeckung Kofferraum

Kokosfaser, Naturlatex:

Auflagen Lehne Vordersitze

Holz furnier:

Zierstäbe, Blenden

Olivkerne:

Aktivkohlefilter

Papier:

Filtereinsätze



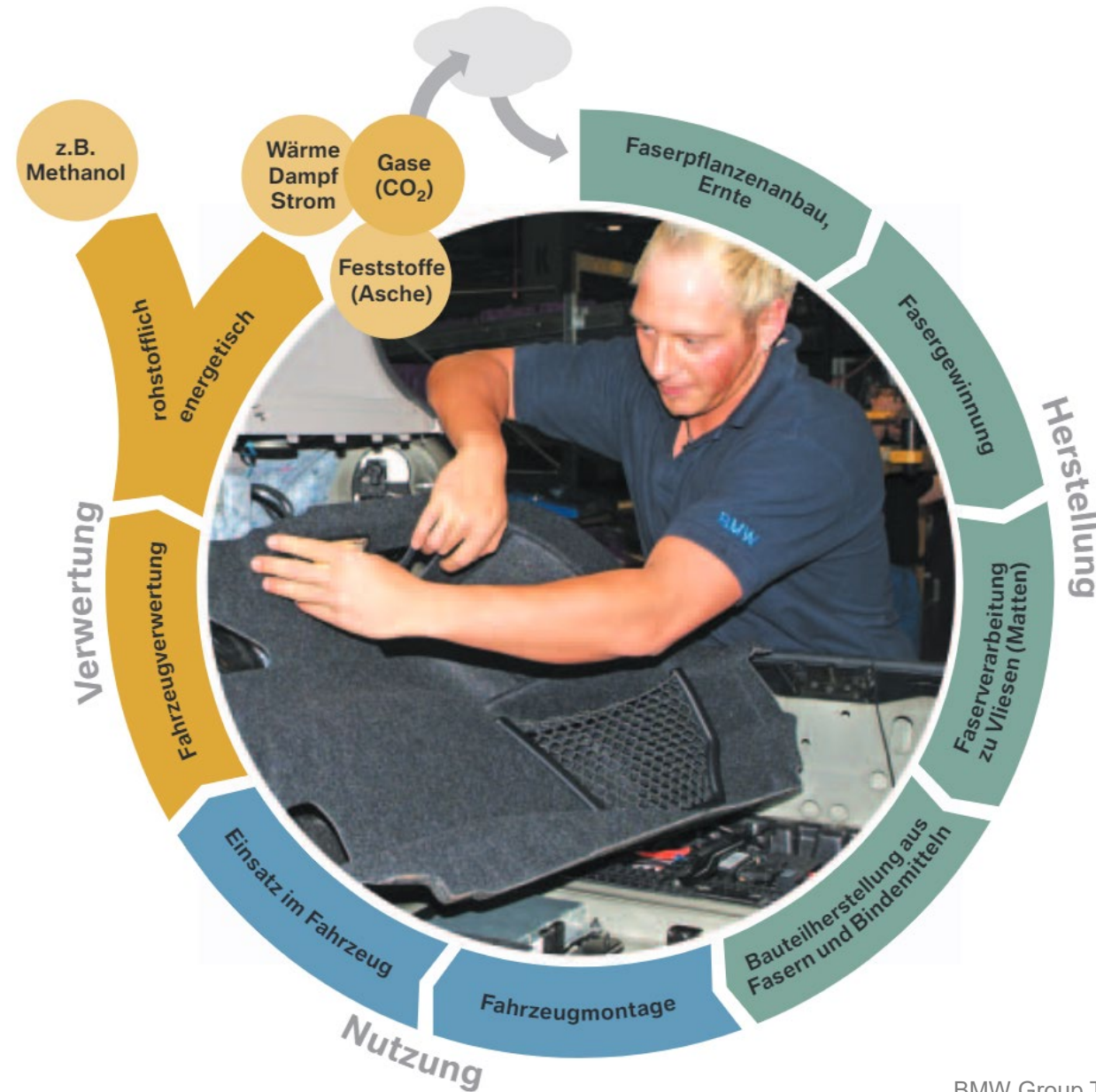
Mercedes-Benz S-Klasse:

27 Bauteile, Gesamtgewicht 42,7 kg

Vorgängermodell:

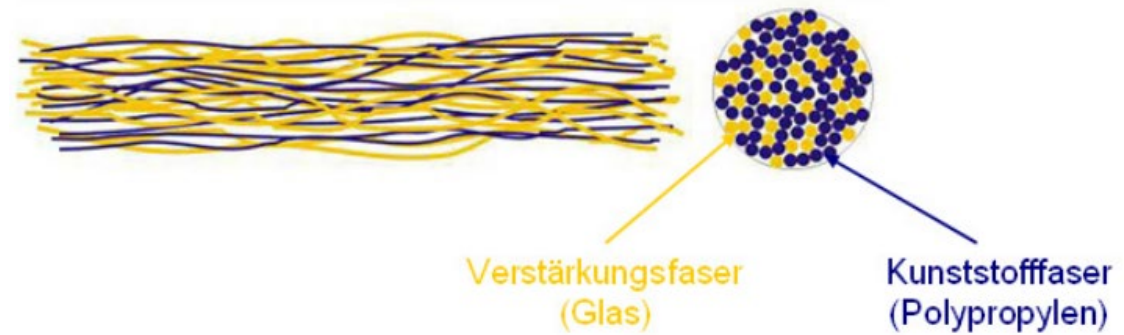
24,6 kg

Anwendungsmöglichkeiten



Anwendungsmöglichkeiten

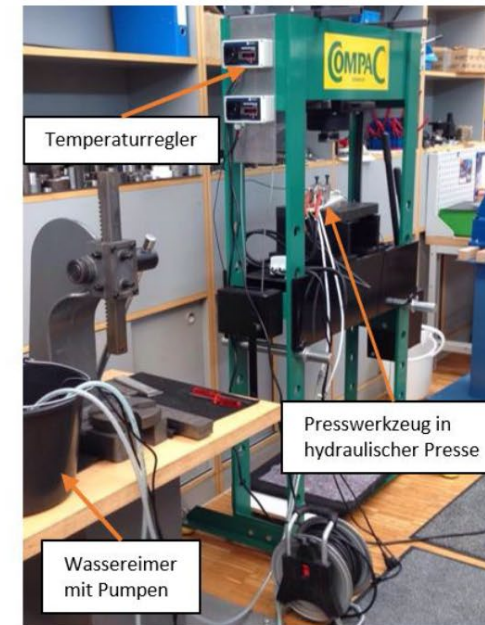
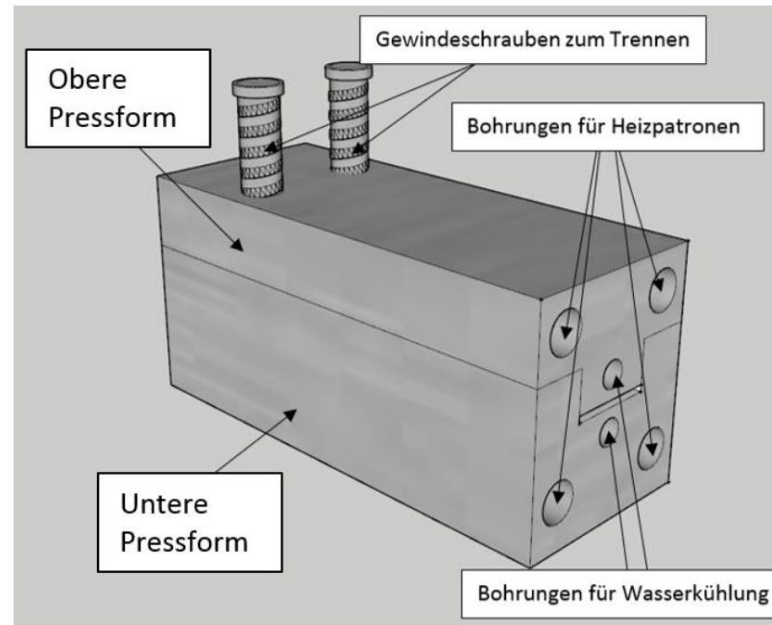
Entwicklung - Unidirektionales Verstärkungsprofil



Recycled PET + Flachs

Anwendungsmöglichkeiten

Entwicklung - Unidirektionales Verstärkungsprofil



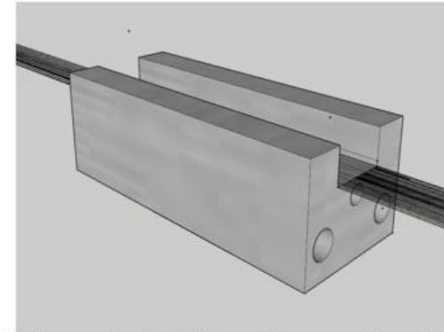
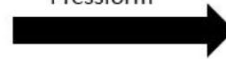
Anwendungsmöglichkeiten

Entwicklung - Unidirektionales Verstärkungsprofil

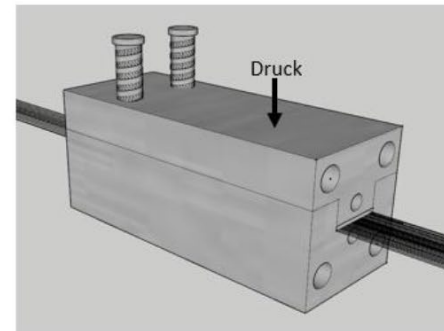


Umwickeltes Hybridgarn

Aufheizen der
Pressform



Einlegen des Hybridgarns in untere Pressform



Aufbringen der oberen Pressform unter Druck

Einschalten der
Wasserkühlung



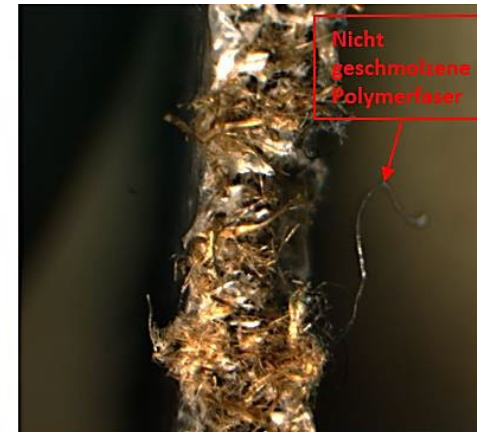
+ Ausschalten der
Heizpatronen
nach Presszeit



Fertige Probe

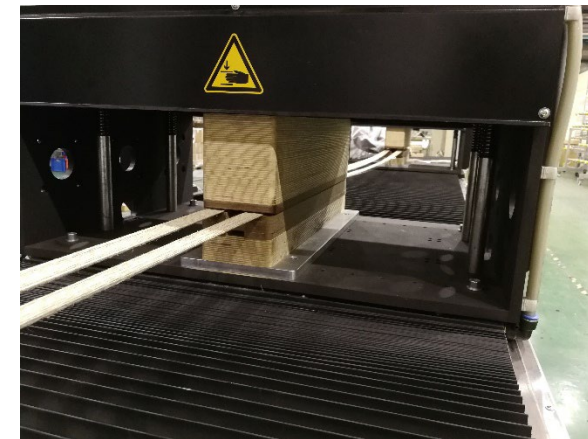
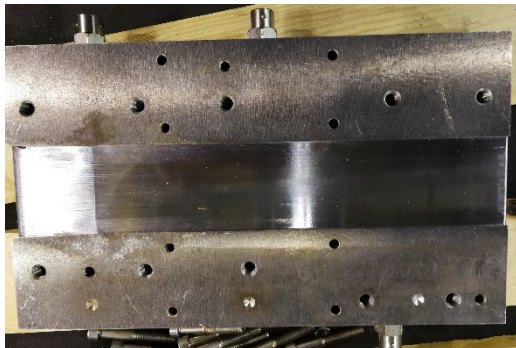
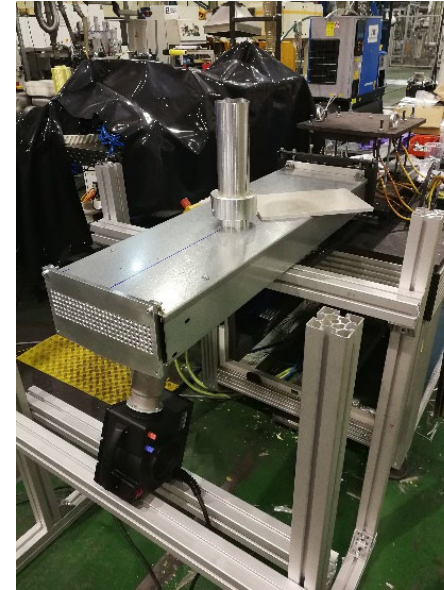
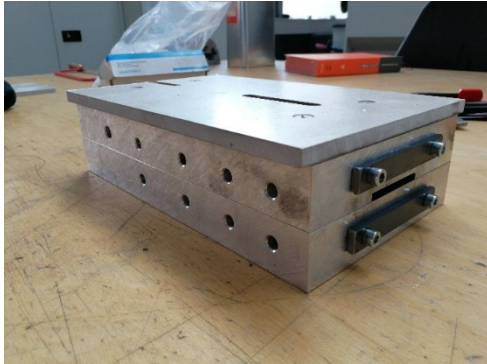
Anwendungsmöglichkeiten

Entwicklung - Unidirektionales Verstärkungsprofil



Anwendungsmöglichkeiten

Entwicklung - Unidirektionales Verstärkungsprofil



Anwendungsmöglichkeiten

Entwicklung - Unidirektionales Verstärkungsprofil



Anwendungsmöglichkeiten

High-Tech-Brücke aus flachsbasiertem Bioverbundwerkstoff

Zum Werkstoff:

- Flachs in Verbindung mit speziellem Bioharz → neuer hochstabiler, extrem leichter Werkstoff
- Vergleichbar mit Aluminium oder Stahl

Zur Brücke

- EU-Projekt „Smart Circular Bridge“
- Spannweite 15 m
- Erbaut von der Technischen Universität Eindhoven (Niederlande) mit weiteren 14 Partnern
- Weitere Brücken in Bau



Anwendungsmöglichkeiten

Biobattery: Flachs fürs Pedelec

Zum Werkstoff:

- Flachsfasern mit biobasiertem Polyamid
- Schlagzäh, elastisch, geringe Splitterneigung

Zum Fahrrad:

- Gewichtseinsparung sehr wichtig
- Akkugehäuse mit besseren mechanische Kennwerten als handelsübliches Gehäuse



Anwendungsmöglichkeiten

Bio-Prepreg: Leinenfaser mit biobasiertem Epoxid-Harz

Zum Werkstoff:

- Greenpoxy Bio Prepeg
- Vorimprägnierte Leinenfasern mit Harzsystem verstärkt
- 30 % pflanzliche Inhaltsstoffe
 - fallen als Rezyklate bei industriellen Prozessen an
- Leinenfasern werden vorimprägniert und via Autoklav oder Heißpresse gehärtet



Biobasierter Verbundwerkstoff von Lanxess

Zum Werkstoff:

- Biotepex von Lanxess
- Biobasierte Polymilchsäure und Flachsfasern
 - endlosfaserverstärkt als Gewebe
- belastungsgerechte Auslegung der Verbundbauteile möglich
 - Kraftfluss hauptsächlich über Endlosfasern
- Spürbar weniger Gewicht als Glasfasern
- Flachsfasern mit transparenter Matrix ergeben bräunliche Bio-Carbon-anmutende Oberfläche
 - unterstreicht natürliche Herkunft



Biobasierte Composites: Büfa vertreibt NFK-Halbzeuge von BPREG

Zum Werkstoff:

- Polypropylenmatrix mit Flachsfasern verstärkt
- Via Tape-legen, Thermo- und Vakuumformen, Pressen und Spritzgießen verarbeitbar
- Kurze Zykluszeiten
- Hohe Flexibilität
- Je Nach Faserorientierung für andere Einsätze anwendbar



Anwendungsmöglichkeiten

Porsche nutzt biobasierte Verbundwerkstoffe für Kleinserie

- Duroplastisches Matrixsystem
- Naturfasergewebe
 - gut verfügbar, zugfest, besonders fein, homogen, drapierfähig
- Türen und Heckflügel aus Verbundwerkstoff
- Gewichtseinsparung von maximal 60 %
- Erste in Serie produziertes Auto mit aus Karosserieteilen aus Biofaser-Verbundwerkstoffen
- Verbesserung der ökologischen Bilanz der industriellen Hochleistungsverbundwerkstoffe durch biogenen Anteil








ibp

Institut für Biopolymere
der Hochschule Hof

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Lucas Großmann (M.Sc.)

stellvertretender Institutsleiter am Institut für angewandte
Biopolymerforschung (ibp)

-  +49 9281 409 5141
-  lucas.grossmann@hof-university.de
-  Alfons-Goppel-Platz 1, 95028 Hof
-  www.hof-university.de

