



# Faserverstärkte Kunststoffe

Kompositmaterialien – klassisch & auf Basis von  
Naturfasern

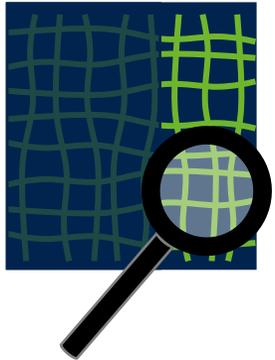
Neues lernen – Ideen entwickeln – Partner finden

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Inhalt

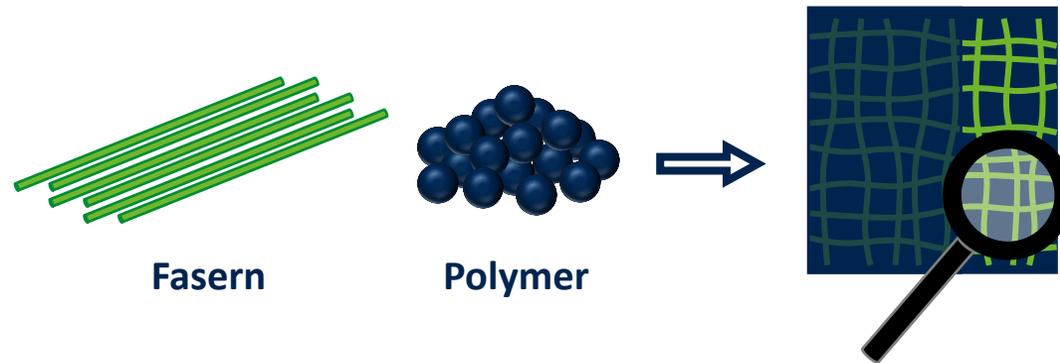


## Kompositmaterialien

- [Grundlagen](#)
- [Nachhaltigkeitsaspekte](#)
- [Faserarten](#)
  - [Pflanzenfasern](#)
  - [Faserlängen](#)
- [Verarbeitung](#)
- [Technologien und Beispiele](#)



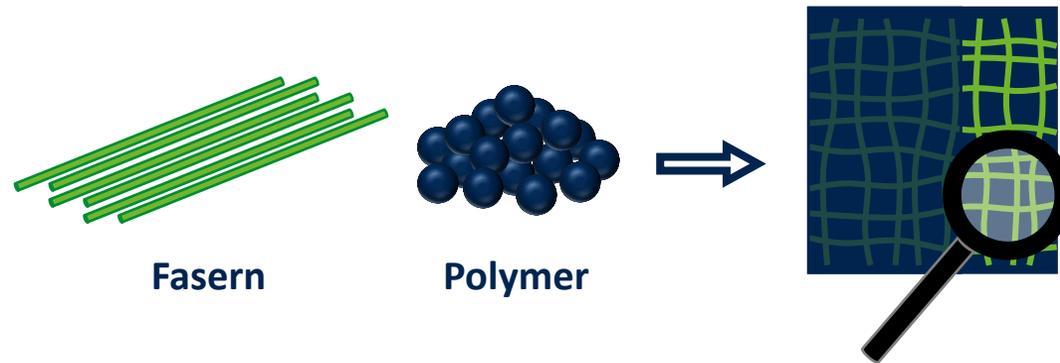
## Grundlagen



- Kunststoffe und Polymere im Allgemeinen können bezüglich ihrer **mechanischen Festigkeit und Steifigkeit** verstärkt werden
- Die Verstärkung erfolgt über das **Einbetten von Fasern in die Polymermatrix** zur Erzeugung eines Kompositmaterials (FRC = *fibre-reinforced composite*)
- Typische Fasern in der industriellen Anwendung sind **Kohle- oder Glasfasern sowie Polymerfasern** (z.B. Aramid)



## Grundlagen

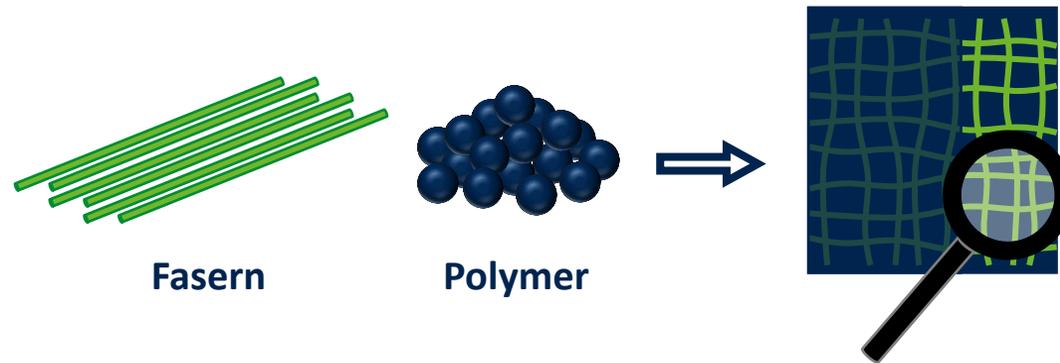


- Kunststoffe und Polymere im Allgemeinen können bezüglich ihrer **mechanischen Festigkeit und Steifigkeit** verstärkt werden
- Die Verstärkung erfolgt über das **Einbetten von Fasern in die Polymermatrix** zur Erzeugung eines Kompositmaterials (FRC = *fibre-reinforced composite*)
- Typische Fasern in der industriellen Anwendung sind **Kohle- oder Glasfasern sowie Polymerfasern** (z.B. Aramid)

- Die Fasern sorgen für eine Verstärkung des Materials, während die Polymermatrix diese zusammenhält, schützt und für eine **Verteilung von mechanischer Belastung** sorgt
- Faserverstärkte Polymerkomposite zeichnen sich durch eine **hohe Belastbarkeit und mechanische Stärke** bei geringem Gewicht (gutes Kraft/Masse-Verhältnis) und eine gute Haltbarkeit aus

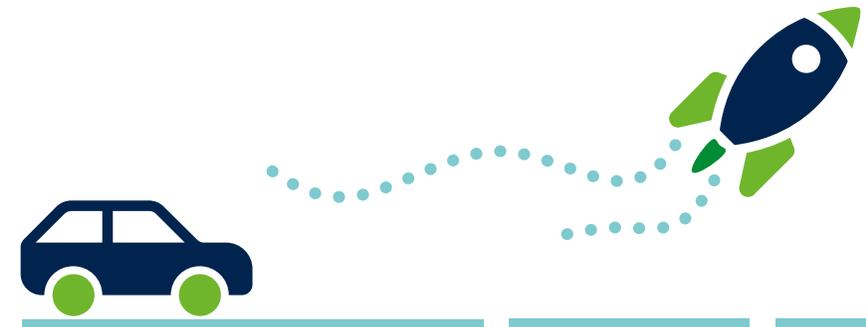


## Grundlagen



- Kunststoffe und Polymere im Allgemeinen können bezüglich ihrer **mechanischen Festigkeit und Steifigkeit** verstärkt werden
- Die Verstärkung erfolgt über das **Einbetten von Fasern in die Polymermatrix** zur Erzeugung eines Kompositmaterials (FRC = *fibre-reinforced composite*)
- Typische Fasern in der industriellen Anwendung sind **Kohle- oder Glasfasern sowie Polymerfasern** (z.B. Aramid)

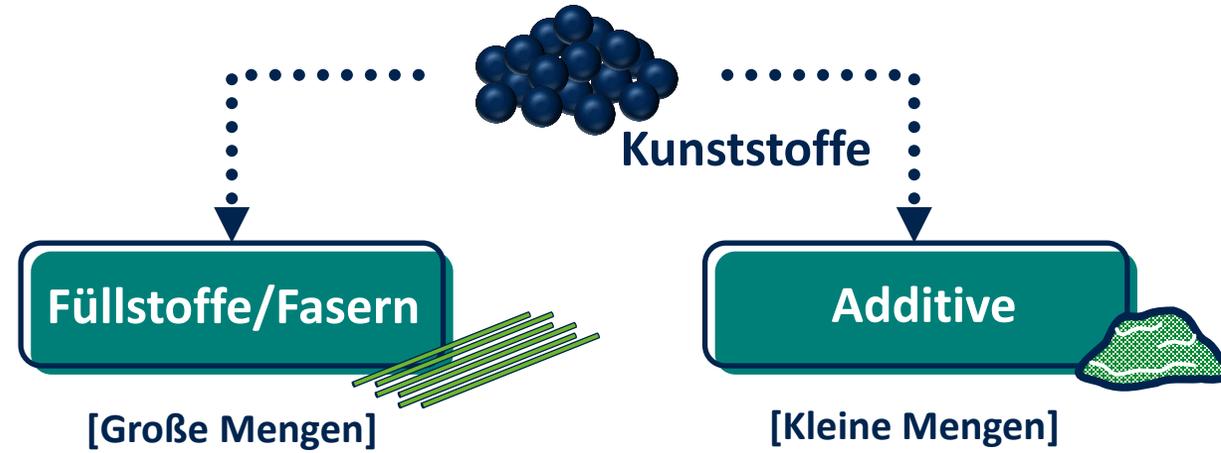
- Die Fasern sorgen für eine Verstärkung des Materials, während die Polymermatrix diese zusammenhält, schützt und für eine **Verteilung von mechanischer Belastung** sorgt
- Faserverstärkte Polymerkomposite zeichnen sich durch eine **hohe Belastbarkeit und mechanische Stärke** bei geringem Gewicht (gutes Kraft/Masse-Verhältnis) und eine gute Haltbarkeit aus



- **Typische Anwendungen** liegen in den Bereichen Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Bau und Sportanwendungen – wo **hohe Materialstärke bei geringem Gewicht** benötigt werden

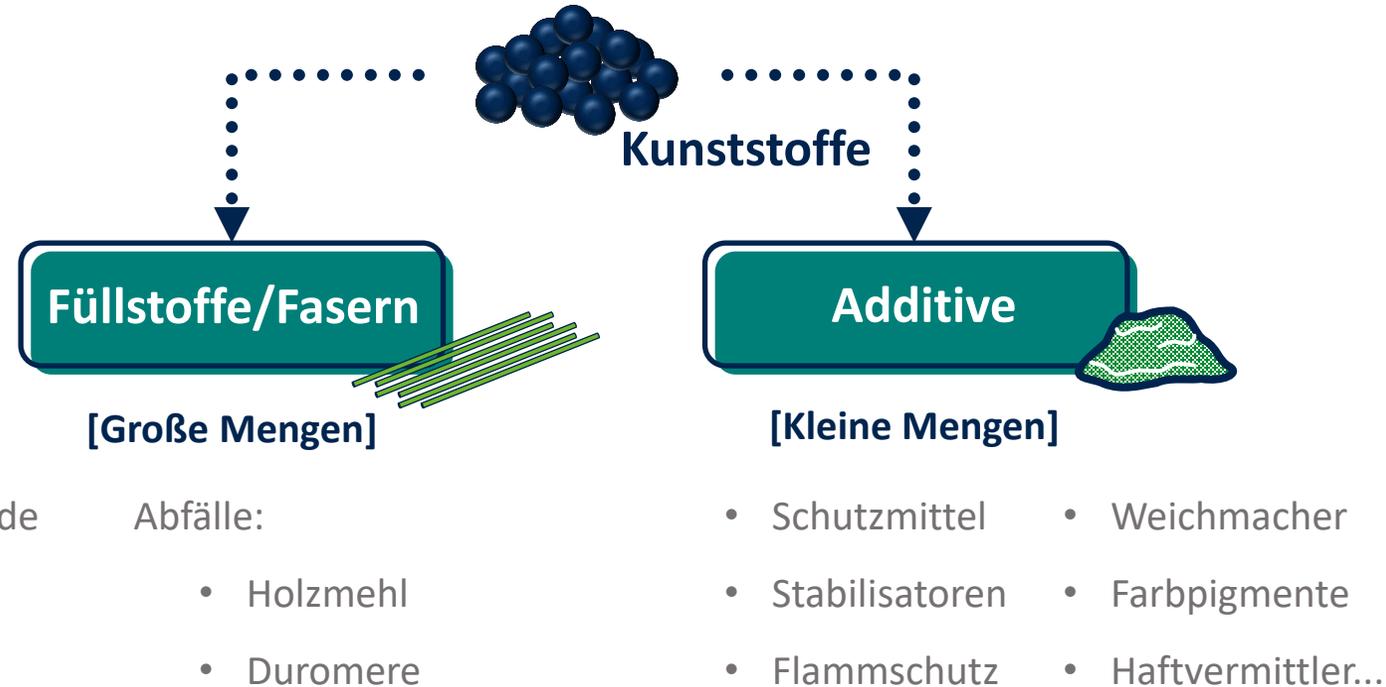


## Füllstoff vs. Additiv





## Füllstoff vs. Additiv



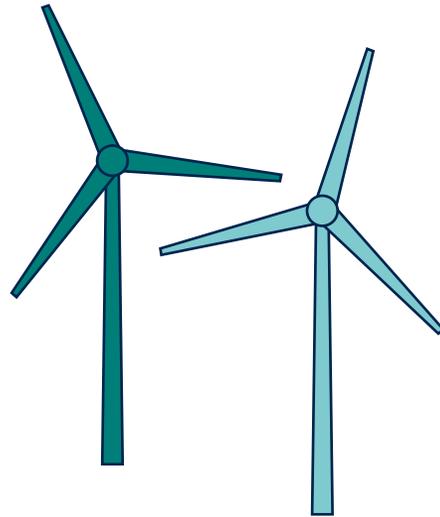
Für ein optimales **Kompositmaterial** müssen sowohl die **Kompatibilität von Matrix und Faser** sichergestellt werden als auch der **Produktionsprozess zur Herstellung** optimiert werden, um z.B. die Ausrichtung und Verteilung der Fasern zu kontrollieren



## Nachhaltigkeitsaspekte



- Die Carbon- und Glasfaserproduktion führt zu **großen Mengen an entstehendem CO<sub>2</sub>**
- Die Herstellung dieser Fasern ist zudem sehr **energieaufwendig**

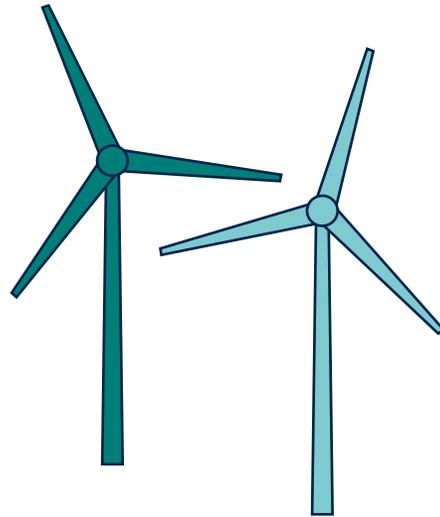




## Nachhaltigkeitsaspekte



- Die Carbon- und Glasfaserproduktion führt zu **großen Mengen an entstehendem CO<sub>2</sub>**
- Die Herstellung dieser Fasern ist zudem sehr **energieaufwendig**



- Das **Recycling** von faserverstärkten Kompositmaterialien stellt eine **große Herausforderung** dar
- Notwendige **starke Bindung** zwischen Fasern und Matrix **erschwert die spätere Trennung** -> große Gefahr die **Fasern zu zerstören** und der **Verunreinigung des Polymermaterials**
- **Recyclingmethoden** sind derzeit noch in der Erprobung und **nicht universell anwendbar**
- Viele Verfahren (z.B. mechanisches und thermisches Recycling) sind **teuer und energieaufwendig**





## Faserarten

### Pflanzliche Fasern

Stamm (Holz)

Rinde

Stiele / Halme

Blätter

Früchte / Samen



## Faserarten

### Pflanzliche Fasern

- Stamm (Holz)
- Rinde
- Stiele / Halme
- Blätter
- Früchte / Samen

### Tierische Fasern

- Borsten / Grobhaar
- Wolle
- Feinhaar
- Seide



## Faserarten

### Pflanzliche Fasern

- Stamm (Holz)
- Rinde
- Stiele / Halme
- Blätter
- Früchte / Samen

### Tierische Fasern

- Borsten / Grobhaar
- Wolle
- Feinhaar
- Seide

### Mineralische Fasern

- Asbest
- Basalt
- Wollastonit
- Whisker (Haarkristalle)



## Faserarten

### Pflanzliche Fasern

- Stamm (Holz)
- Rinde
- Stiele / Halme
- Blätter
- Früchte / Samen

### Tierische Fasern

- Borsten / Grobhaar
- Wolle
- Feinhaar
- Seide

### Mineralische Fasern

- Asbest
- Basalt
- Wollastonit
- Whisker (Haarkristalle)

### Synthetische Fasern

- Polymer (z.B. Aramid)
- Glas (GF)
- Carbon (CF)



## Pflanzenfasern



Früchte / Samen

Kokosfaser  
Baumwolle



## Pflanzenfasern



Früchte / Samen

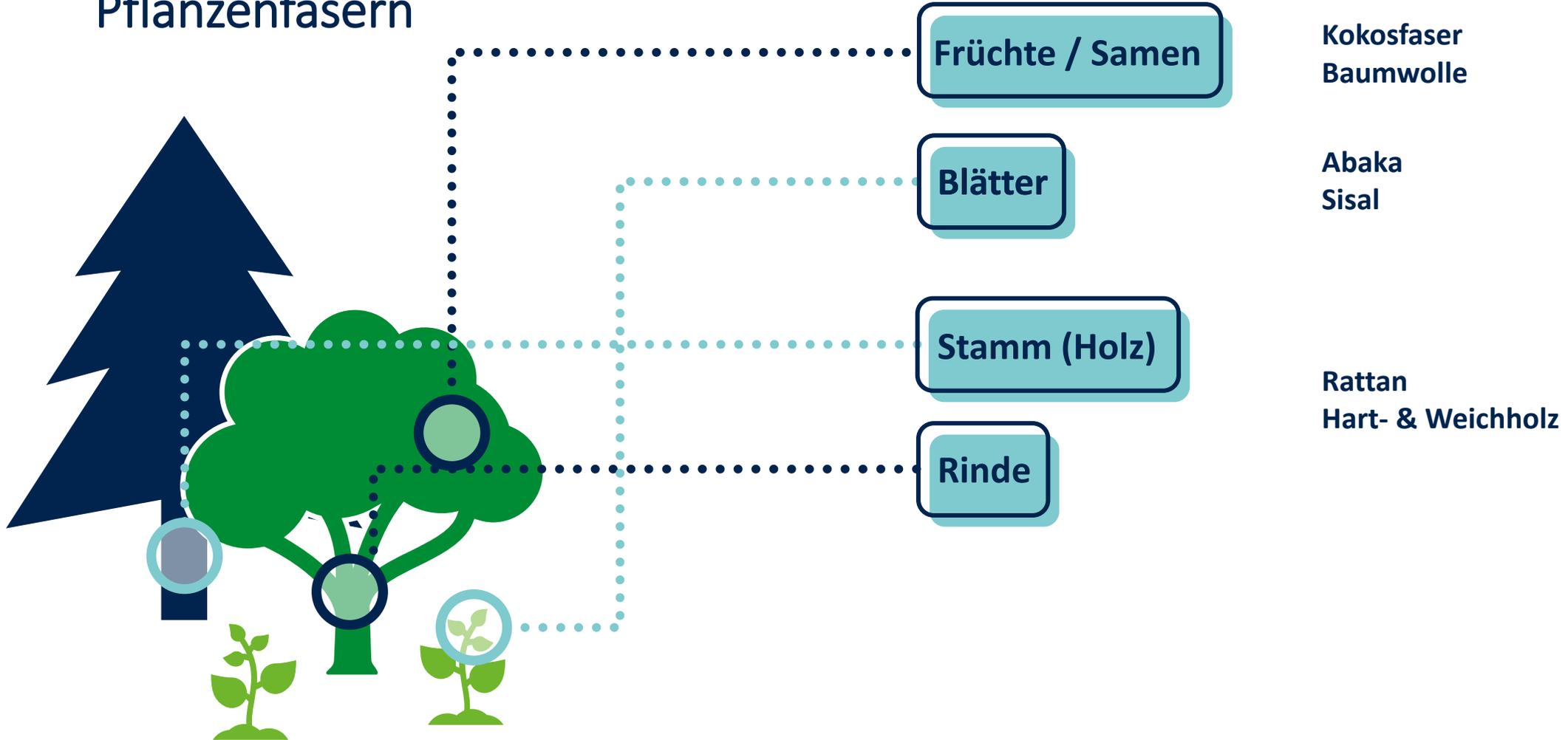
Kokosfaser  
Baumwolle

Blätter

Abaka  
Sisal

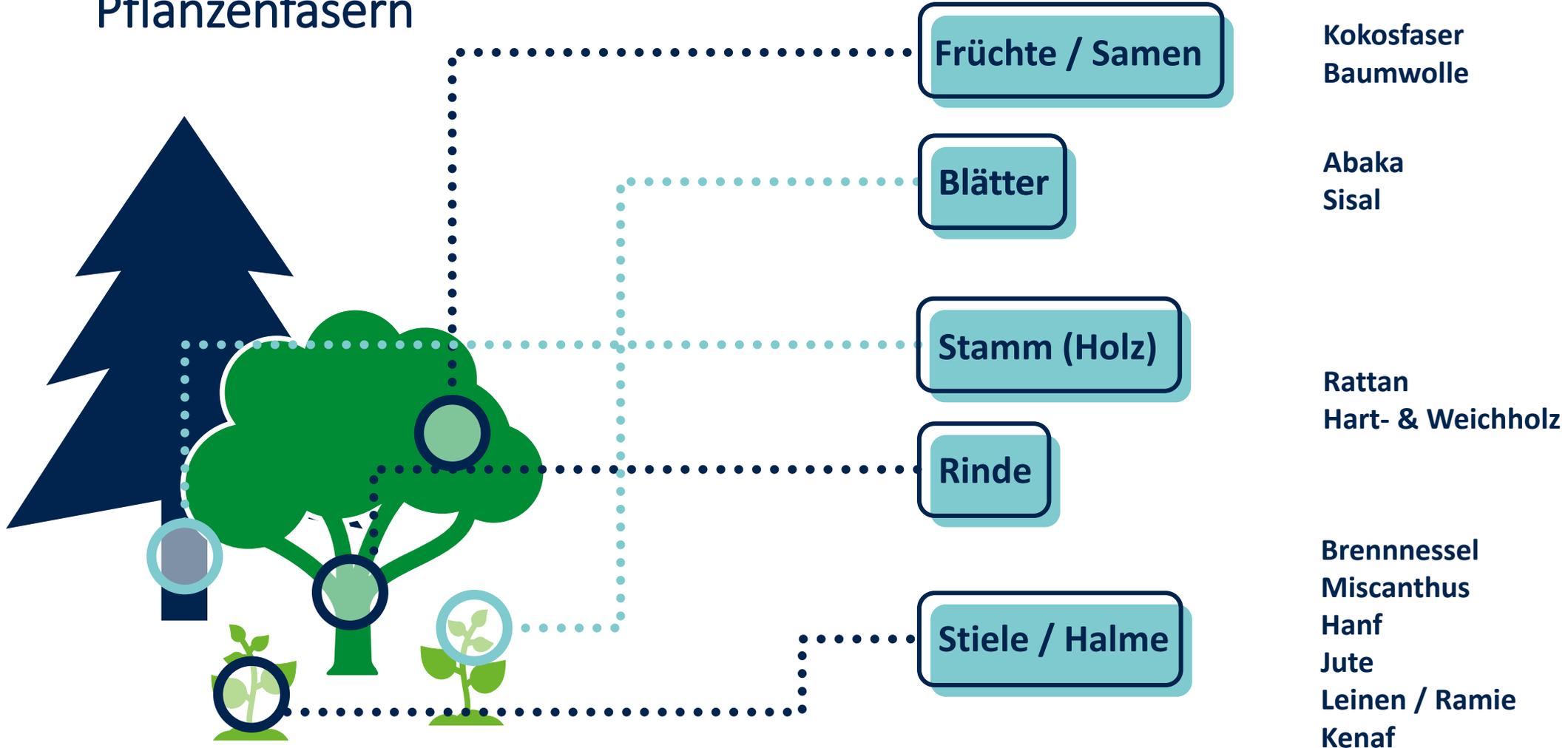


## Pflanzenfasern





## Pflanzenfasern





## Faserlängen

**Kurzfasern**  
0,1 – 1 mm Länge

**Geeignet für:**  
Spritzguss  
Extrusion

**Langfasern**  
1 – 5 mm Länge

**Geeignet für:**  
Spritzguss  
Extrusion

**Endlosfasern**  
>50 mm Länge

**Geeignet für:**  
Rovings (Faserbündel)  
Matten



## Faserlängen

**Kurzfasern**  
0,1 – 1 mm Länge

**Geeignet für:**  
Spritzguss  
Extrusion

.....➔ **Miscanthus: 0,5 – 3 mm**

**Langfasern**  
1 – 5 mm Länge

**Geeignet für:**  
Spritzguss  
Extrusion

.....➔ **Holz: 1 – 5 mm (Weichholz  
> Hartholz)**  
**Baumwolle: 10 – 35 mm**  
**Hanf: 5 – 55 mm**

**Endlosfasern**  
>50 mm Länge

**Geeignet für:**  
Rovings (Faserbündel) .....➔  
Matten

**Ramie: 60 – 250 mm**  
**Kokos: 100 – 300 mm**  
**Leinen: 250 – 1500 mm**  
**Sisal: 0,6 – 1,2 m**  
**Jute, Abaka, Kenaf: 1,5 – 3,5 m**



## Faserlängen

**Kurzfasern**  
0,1 – 1 mm Länge

**Geeignet für:**  
Spritzguss  
Extrusion

••••➔ **Miscanthus: 0,5 – 3 mm**

**Langfasern**  
1 – 5 mm Länge

**Geeignet für:**  
Spritzguss  
Extrusion

••••➔ **Holz: 1 – 5 mm (Weichholz > Hartholz)**

**Baumwolle: 10 – 35 mm**

**Hanf: 5 – 55 mm**

**Endlosfasern**  
>50 mm Länge

**Geeignet für:**  
Rovings (Faserbündel)  
Matten

••••➔ **Leinen: 250 – 1500 mm**

**Ramie: 60 – 250 mm**

**Kokos: 100 – 300 mm**

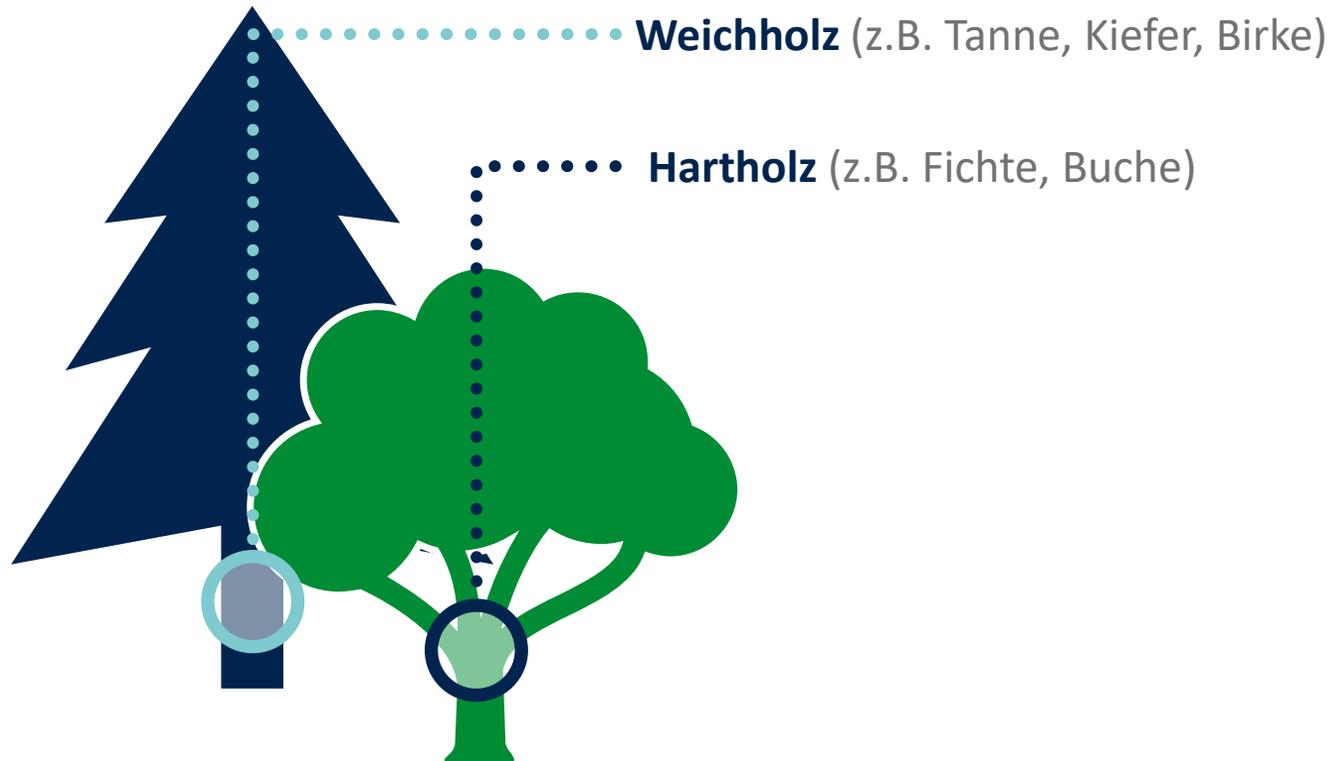
**Sisal: 0,6 – 1,2 m**

**Jute, Abaka, Kenaf: 1,5 – 3,5 m**

- Grundsätzlich kann **jede in der Natur verfügbare Faser als Füllstoff in Kunststoffe** eingearbeitet werden
- **Wichtige Faktoren sind:**
  - Verfügbarkeit/Menge
  - Qualität
  - Stabilität (thermisch, mechanisch, chemisch)
  - Verarbeitungstemperatur
  - Mechanik



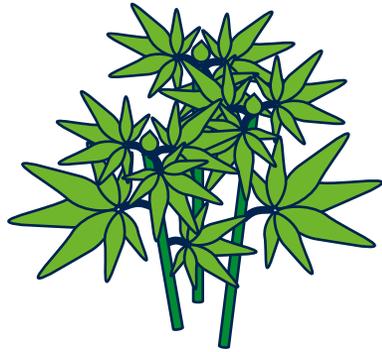
## Holzfasern und Holzmehl



- **Holzfasern** unterscheiden sich von **Holzmehl** (= zerstörte Fasern)
- Kompositmaterial aus Polymer und Holz wird als **Wood-Polymer-Compound (WPC)** bezeichnet
- Holzmehl ist ein **Füllstoff** und kann mit ca. **20 - 70 % Füllgrad** in ein Kompositmaterial eingebracht werden.
- Zersetzungstemperatur: ca. 200 °C
- Häufig in PE oder PP Matrix



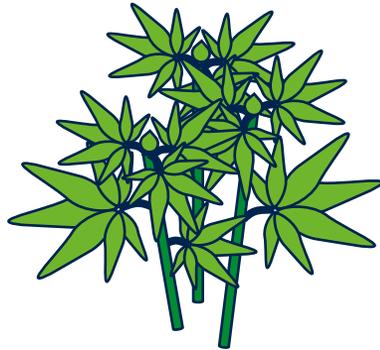
## Faserpflanze Hanf



- Benötigt kaum bis **keine Behandlung durch Pestizide oder Herbizide**
- Eignet sich zur **Bodenregenerierung**
- **Wenig Wasserbedarf**
- Hohe **CO<sub>2</sub>-Bindung**
- Ernte 1-2 mal pro Jahr (Problematik: Regulatorik in Deutschland erfordert Wachstum bis zur (nicht benötigten) Vollblüte)

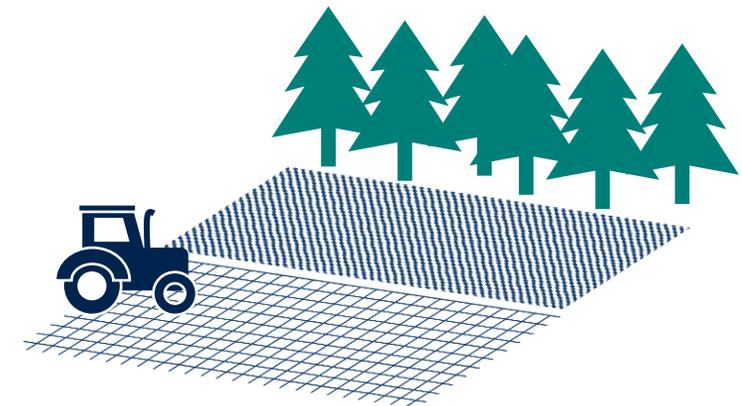


## Faserpflanze Hanf



- Benötigt kaum bis **keine** **Behandlung durch Pestizide oder Herbizide**
- Eignet sich zur **Bodenregenerierung**
- **Wenig Wasserbedarf**
- Hohe **CO<sub>2</sub>-Bindung**
- Ernte 1-2 mal pro Jahr (Problematik: Regulatorik in Deutschland erfordert Wachstum bis zur (nicht benötigten) Vollblüte)

- Größte Nutzung im Mittelalter für Textilien (Kleidung, Segeltuch, Seile etc.)
- **Anbauverbot** führte zu drastischem Rückgang des Hanfanbaus
- Aufhebung des Anbauverbots hat zu **erneut wachsenden Anbauflächen** geführt
- Nutzung als **Dämmstoff, Spezialzellstoff, Verbundwerkstoff oder Füllstoff**





## Biobasierte synthetische Fasern

### Synthetische Fasern

Polymer (z.B. Aramid)

Glas (GF)

Carbon (CF)

### Biobasierte Variante

Bio-PE

Bio-PA

Bio-PET

PLA

Cellulose Derivate

✗

Lignin

Cellulose





## Biobasierte synthetische Fasern

### Synthetische Fasern

Polymer (z.B. Aramid)

Glas (GF)

Carbon (CF)

### Biobasierte Variante

Bio-PE

Bio-PA

Bio-PET

PLA

Cellulose Derivate

✗

Lignin

Cellulose

- **Polymerfasern** für Kompositmaterialien lassen sich zum Teil **auf Basis nachwachsender Rohstoffe** herstellen.
- Sie entsprechen bei gleicher chemische Zusammensetzung einer **Drop-in Lösung**, die identisch verarbeitet werden kann.
- **Carbonfasern** können auch auf Basis von **Lignin oder Cellulose** hergestellt werden, anstelle von Polyacrylnitril.
- **Achtung:** eine Verwendung biobasierter Fasern bedeutet **keine verbesserte Rezyklierbarkeit!**





## Verarbeitung

- Naturfasern haben oft **hygroskopische Eigenschaften**, d.h. sie nehmen leicht größere Mengen Feuchtigkeit auf
- Feuchtigkeit kann vor der Verarbeitung zu **Fäulnis der Fasern** führen
- **Dosierung** (Faser/Matrix-Verhältnis) wird verfälscht und Probleme bei der **Verteilung** können auftreten (z.B. Brückenbildung zwischen den Fasern)
- Feuchtigkeit führt zu unkontrolliertem Materialverzug bei der Verarbeitung – **Bildung von Schlieren und Blasen** im Material





## Verarbeitung

- Naturfasern haben oft **hygroskopische Eigenschaften**, d.h. sie nehmen leicht größere Mengen Feuchtigkeit auf
- Feuchtigkeit kann vor der Verarbeitung zu **Fäulnis der Fasern** führen
- **Dosierung** (Faser/Matrix-Verhältnis) wird verfälscht und Probleme bei der **Verteilung** können auftreten (z.B. Brückenbildung zwischen den Fasern)
- Feuchtigkeit führt zu unkontrolliertem Materialverzug bei der Verarbeitung – **Bildung von Schlieren und Blasen** im Material

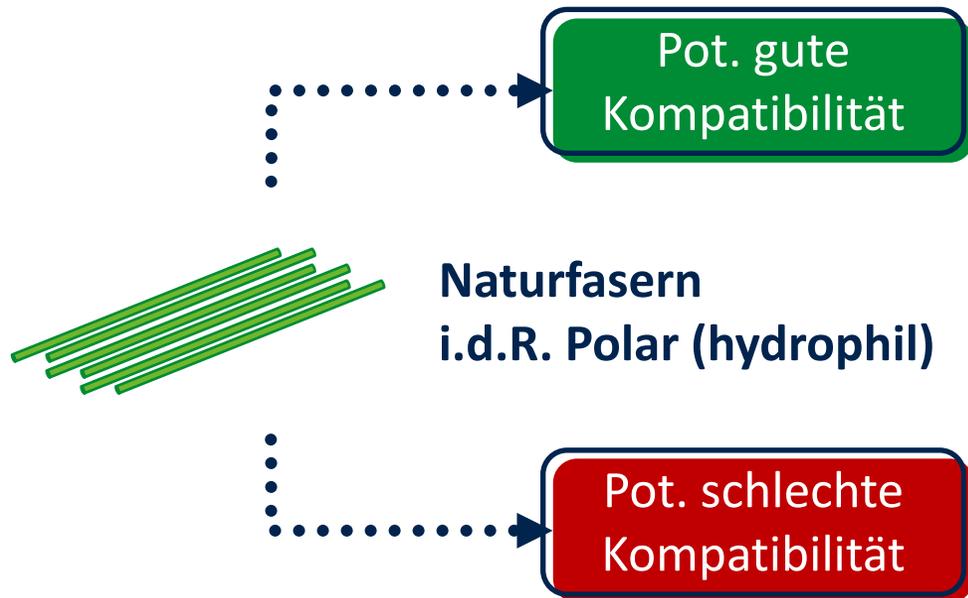


Polymer	Verarbeitungstemperatur [°C]
PE	150 – 200
PLA	150 – 180
PA	200
PP	200 – 280

- Warmlufttrocknung notwendig
- **Verarbeitungstemperaturen** von technischen Polymeren liegen für gewöhnlich bei **150 – 290 °C**
- **Zersetzungstemperatur** von Naturfasern liegt bei ca. **200 °C**

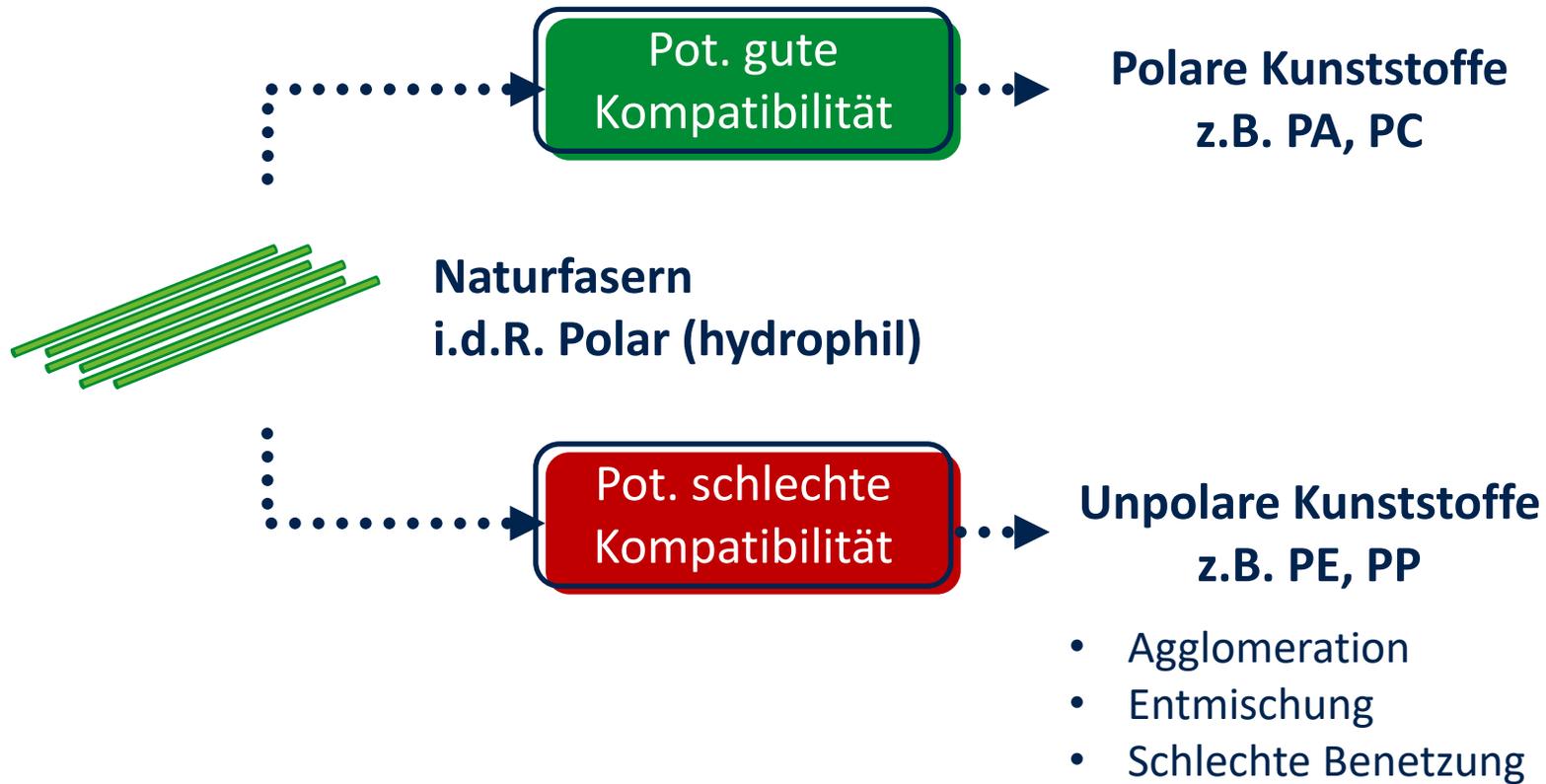


## Kompatibilität mit Kunststoffen



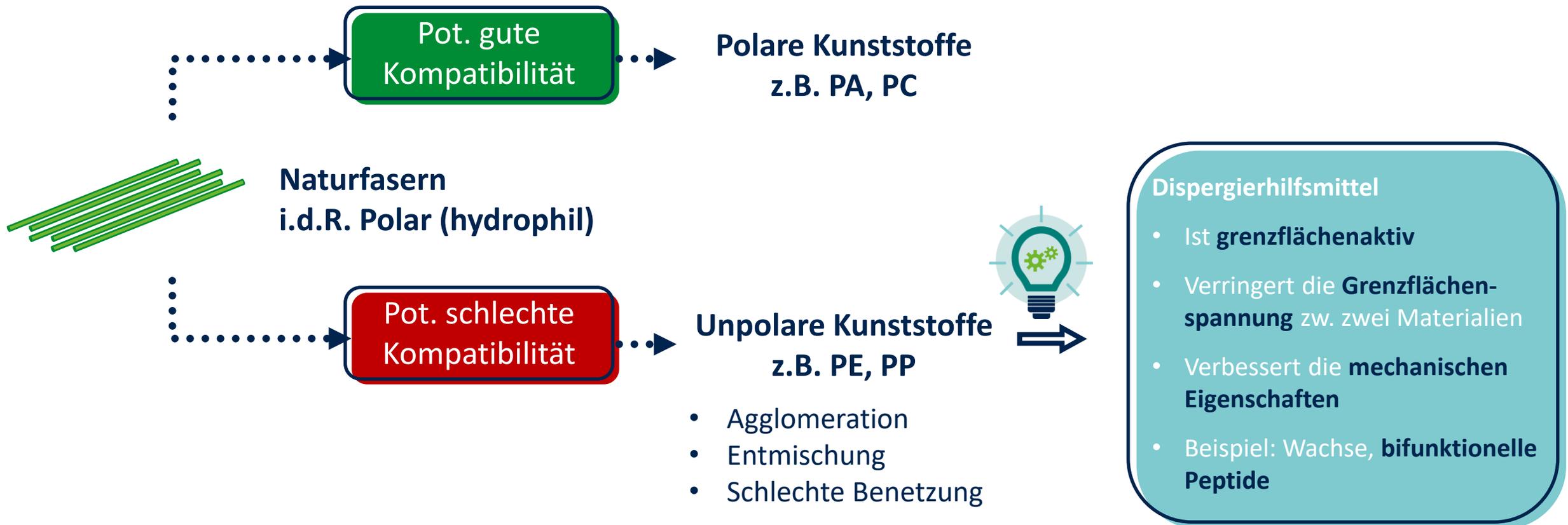


## Kompatibilität mit Kunststoffen





## Kompatibilität mit Kunststoffen





## Eigenschaftenvergleich



Naturfaser



Glasfaser



Carbonfaser

Dichte [g/cm<sup>3</sup>]

1,5

2,6

1,7 – 1,9

Kosten [€/kg]

0,5 – 3,5

2

18 – 500

Akustik

dämpfend

-

-

Zugfestigkeit [GPa]

0,3 – 0,9

1,8 – 5,0

2,4 – 7,0

Spez. Zugfestigkeit [Nm/g]

200 - 600

700 – 1900

1400 – 3700

E-Modulus [GPa]

10 – 25

70 – 90

230 – 700

Splitterverhalten

gering

hoch

hoch

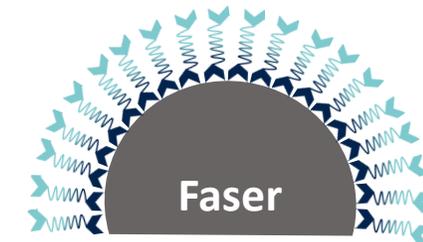


## Schlüsseltechnologie: Biobasierte Beschichtungen



### Bifunktionale Peptide als biobasierte Imprägnierung

- **Material-spezifische Anbindung** an Naturfaser
- **Hydrophobe Funktionsdomäne** verhindert als **Barrierschicht** eine Feuchtaufnahme und Faserquellung
- Dicke der Beschichtung **unter 100 nm**
- Funktionalisierung durch **Standardmethoden der Beschichtung** (z.B. Spray Coating)
- Rein **biobasierte Beschichtung** mit biologischer Abbaubarkeit





## Schlüsseltechnologie: Biobasierte Beschichtungen



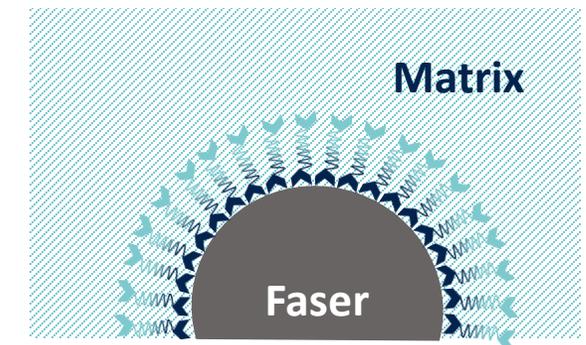
Bifunktionale Peptide als biobasierte Adhäsionsvermittler

- **Material-spezifische Anbindung** an Naturfaser und Polymermatrix -> **Überwindung der Grenzflächenspannung**
- Dicke der Beschichtung **unter 100 nm**
- Hohe **Belegungsdichte**
- Funktionalisierung durch **Standardmethoden der Beschichtung** (z.B. Spray Coating)



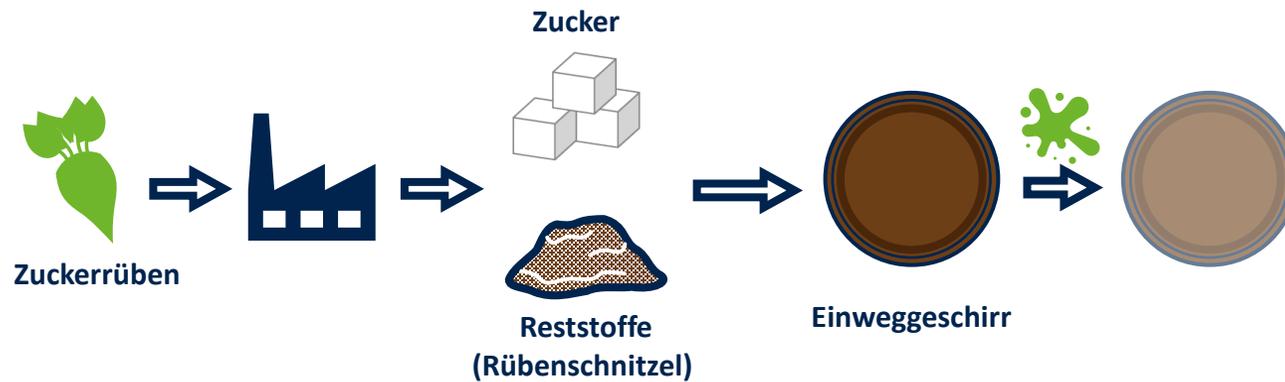
Spezifische Funktionalisierung für Adhäsion an Polymermatrix

Spezifische Funktionalisierung für Adhäsion an Naturfaser





## Use Case: Biogene Reststoffe als Faser oder Füllstoff



### Zuckerrübenschnitzel als Rohstoff für kompostierbares Einweggeschirr

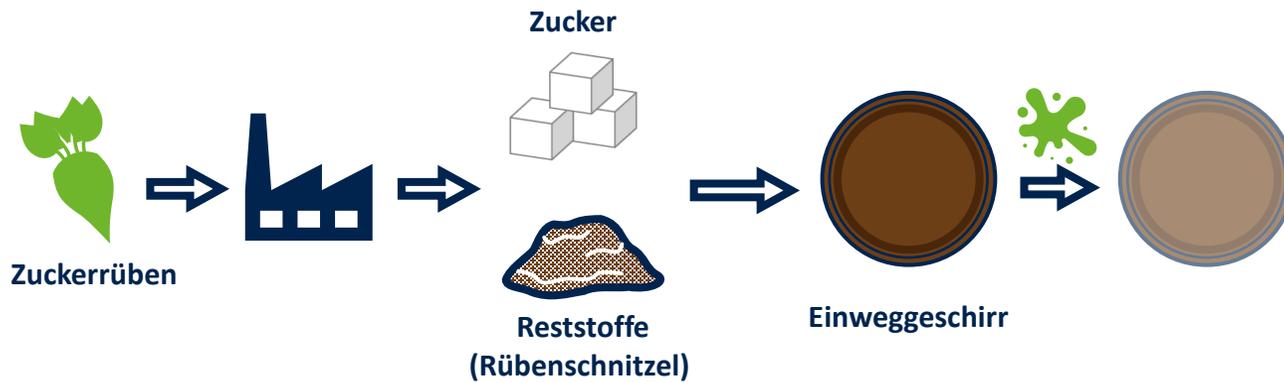
- Kontrollierte Stoffströme
- Rezeptur **ohne synthetische/bedenkliche Additive** (Stärke, Pektin, Glycerin, Wasser)
- Funktionalisierung durch **biologisches Coating**



Daran forscht:  
**Projekt EBRA**



## Use Case: Biogene Reststoffe als Faser oder Füllstoff



### Zuckerrübenschnitzel als Rohstoff für kompostierbares Einweggeschirr

- Kontrollierte Stoffströme
- Rezeptur **ohne synthetische/bedenkliche Additive** (Stärke, Pektin, Glycerin, Wasser)
- Funktionalisierung durch **biologisches Coating**



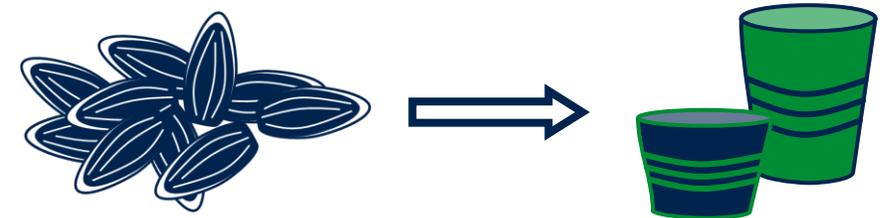
Daran forscht:  
**Projekt EBRA**

### Schalen von Sonnenblumenkernen als verstärkendes Füllmaterial in Biokompositen:

- Kontrollierte Stoffströme
- Nicht für thermische Nutzung geeignet -> **thermische Beständigkeit** als Vorteil für die Verarbeitung
- Sehr gute Nutzung mit **Standardverfahren der Kunststoffverarbeitung**

**Anwendungsbeispiele:** Blumentöpfe, Pflanzenclips, Kleiderbügel

[gesehen bei: Golden Compound GmbH]





“Naturfasern ermöglichen einen nachhaltigen Weg für Innovationen zur Revolutionierung industrieller Anwendungen, indem sie Stärke und Flexibilität, mit Erneuerbarkeit und Bioabbaubarkeit verbinden.”



Neues lernen – Ideen entwickeln – Partner finden



Ihr Kontakt und Partner zu  
Faserverstärkten Kunststoffen

**Tobias Göbel**  
SKZ – Das Kunststoffzentrum



[transbib@skz.de](mailto:transbib@skz.de)



## Selbstcheck

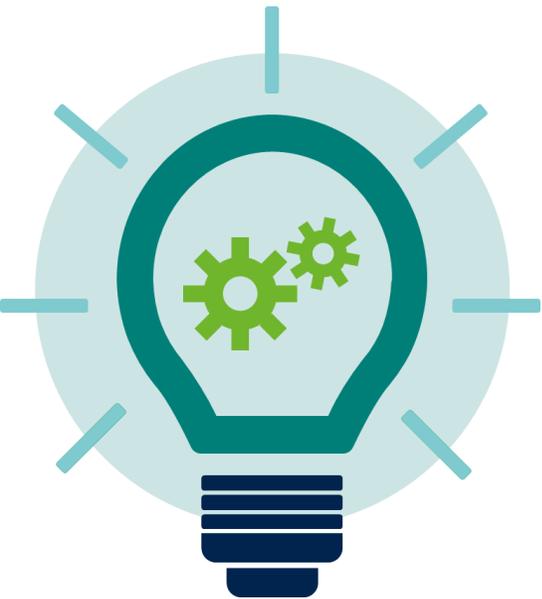
**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

**(1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.**

(2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.

(3) Die Faserart und -länge und auch die Lage der Fasern bestimmen die finale Festigkeit des Materials.

(4) Naturfasern können bei allen Verarbeitungstemperaturen technischer Polymere zum Einsatz kommen.





## Selbstcheck

**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

**(1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.**

**Falsch!** Naturfasern sind in der Regel hydrophil (polar). Es kann daher notwendig sein Adhäsionsvermittler (Dispergiermittel) einzusetzen, um die Kompatibilität von Polymermatrix und Faser zu verbessern.





## Selbstcheck

**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

- (1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.
- (2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.**
- (3) Die Faserart und -länge und auch die Lage der Fasern bestimmen die finale Festigkeit des Materials.
- (4) Naturfasern können bei allen Verarbeitungstemperaturen technischer Polymere zum Einsatz kommen.





## Selbstcheck

**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

(1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.

**(2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.**

**Richtig!** Anders als technische Fasern neigen Naturfasern verstärkt zur Feuchtigkeitsaufnahme und sollten daher vor der Verwendung getrocknet werden.

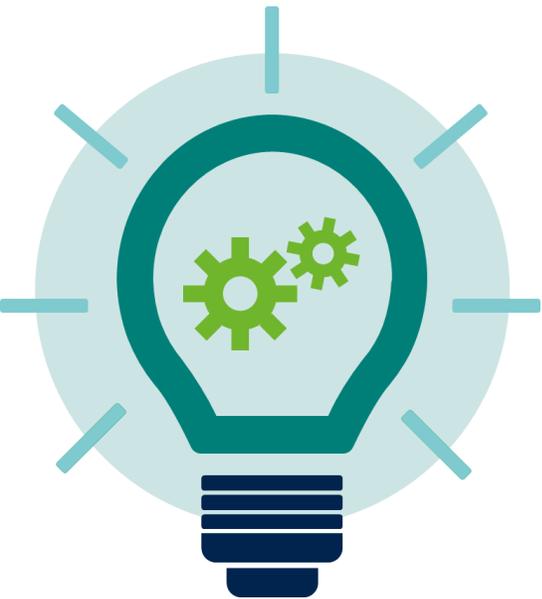




## Selbstcheck

**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

- (1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.
- (2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.
- (3) Die Faserart und -länge und auch die Lage der Fasern bestimmen die finale Festigkeit des Materials.**
- (4) Naturfasern können bei allen Verarbeitungstemperaturen technischer Polymere zum Einsatz kommen.





## Selbstcheck

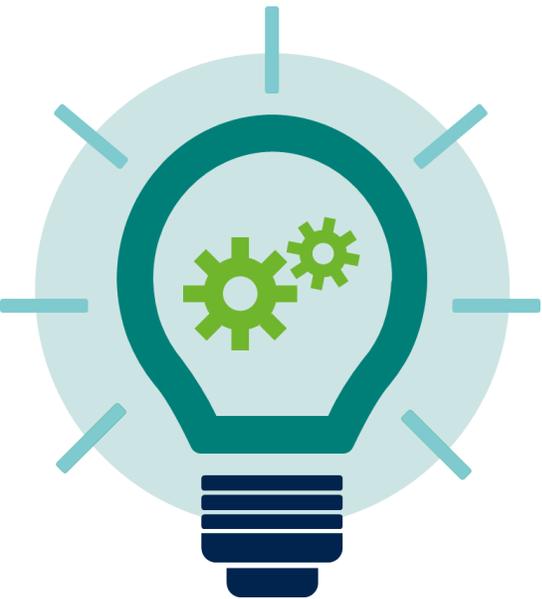
**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

(1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.

(2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.

**(3) Die Faserart und -länge und auch die Lage der Fasern bestimmen die finale Festigkeit des Materials.**

**Richtig!** Naturmaterialien können je nach Faserlänge für verschiedene Anwendungen geeignet sein. Zu kurze Fasern und Reststoffe können als Füllstoff verwendet werden (Beispiel: Holzmehl).

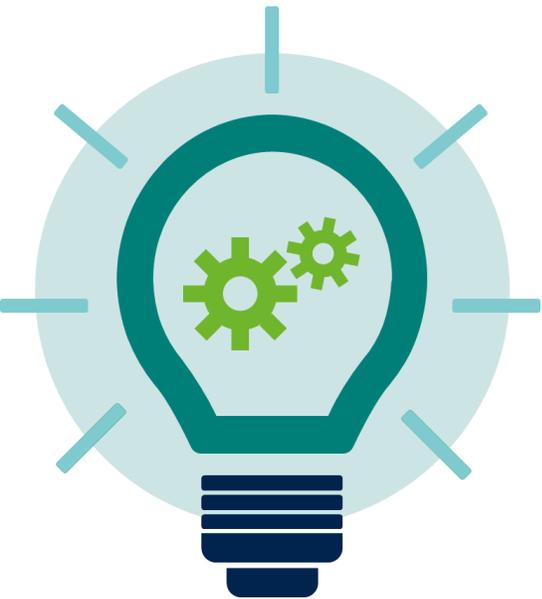




## Selbstcheck

**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

- (1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.
- (2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.
- (3) Die Faserart und -länge und auch die Lage der Fasern bestimmen die finale Festigkeit des Materials.
- (4) Naturfasern können bei allen Verarbeitungstemperaturen technischer Polymere zum Einsatz kommen.**





## Selbstcheck

**Richtig oder falsch?** Bewerten Sie die folgenden Aussagen auf Basis der Inhalte aus dem aktuellen Kapitel (Auflösung jeweils auf der nächsten Folie).

- (1) Naturfasern sind tendenziell hydrophob und können daher problemlos in jede Polymermatrix eingebracht werden.
- (2) Naturfasern sind hygroskopisch, d.h. sie neigen dazu Feuchtigkeit aufzunehmen.
- (3) Die Faserart und -länge und auch die Lage der Fasern bestimmen die finale Festigkeit des Materials.
- (4) Naturfasern können bei allen Verarbeitungstemperaturen technischer Polymere zum Einsatz kommen.**

**Falsch!** Bei der Verwendung von Naturfasern ist deren Zersetzungstemperatur zu beachten. Diese liegt bei durchschnittlich 200 °C.



## Hinweis

**Diese Präsentation ist mit ihren Inhalten Eigentum des Projekts TransBIB, des SKZ – Das Kunststoffzentrum und des Lehrstuhls für Biotechnologie der RWTH Aachen University.**

**Eine Weitergabe oder Verwendung der Inhalte ist ohne vorherige Zustimmung nicht gestattet.**

© TransBIB 2025