

Biokunststoffe Sinn oder Unsinn?

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Wuchshüllen-Tagung am 10.10.2023

Prof. Dr.-Ing.
Christian Bonten

- Motivation
- Bioabbaubare Kunststoffe
- Biobasierte Kunststoffe
- Aufbereitung ist der Schlüssel zum Erfolg!
- Fazit und Ausblick

- Motivation
- Bioabbaubare Kunststoffe
- Biobasierte Kunststoffe
- Aufbereitung ist der Schlüssel zum Erfolg!
- Fazit und Ausblick

„*Bio*“ – klingt gut!

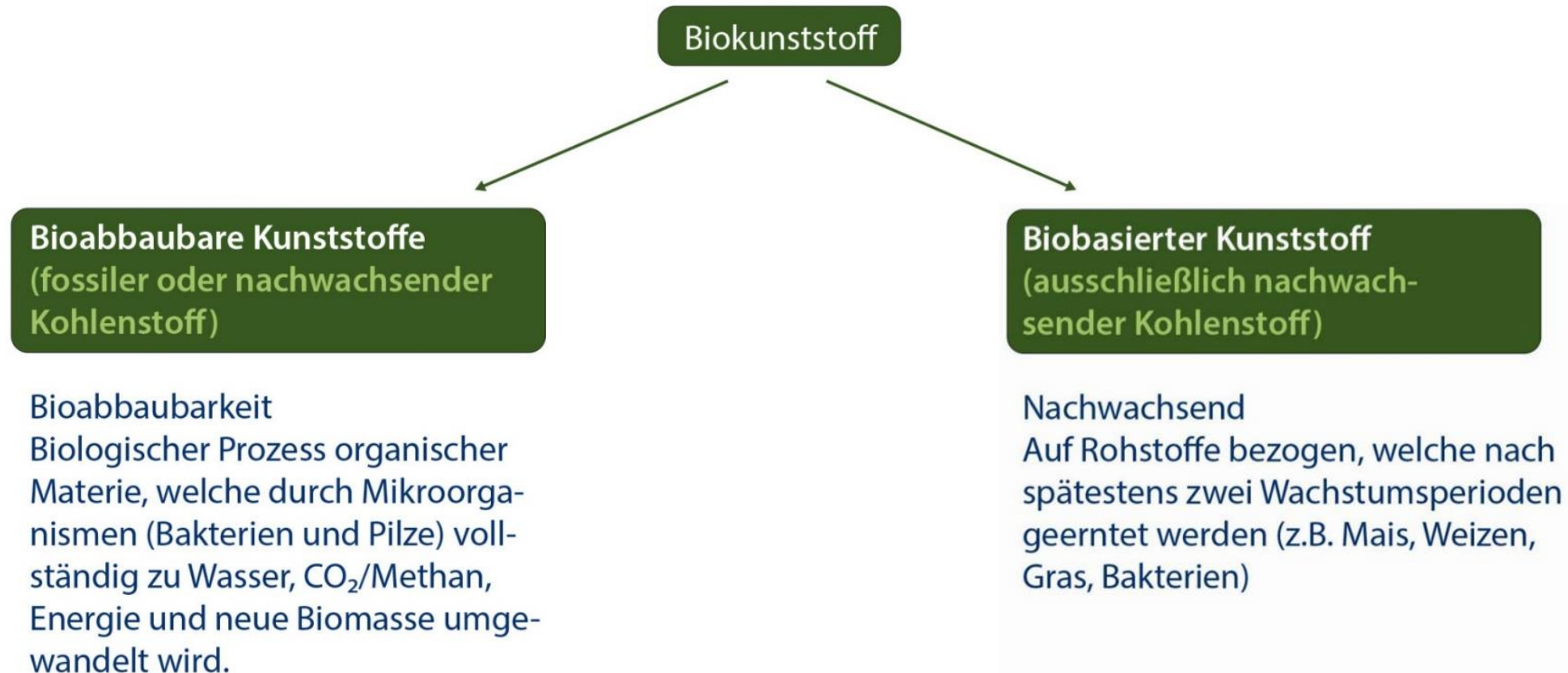
„Nachhaltig ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED); Brundlandt Report 1987

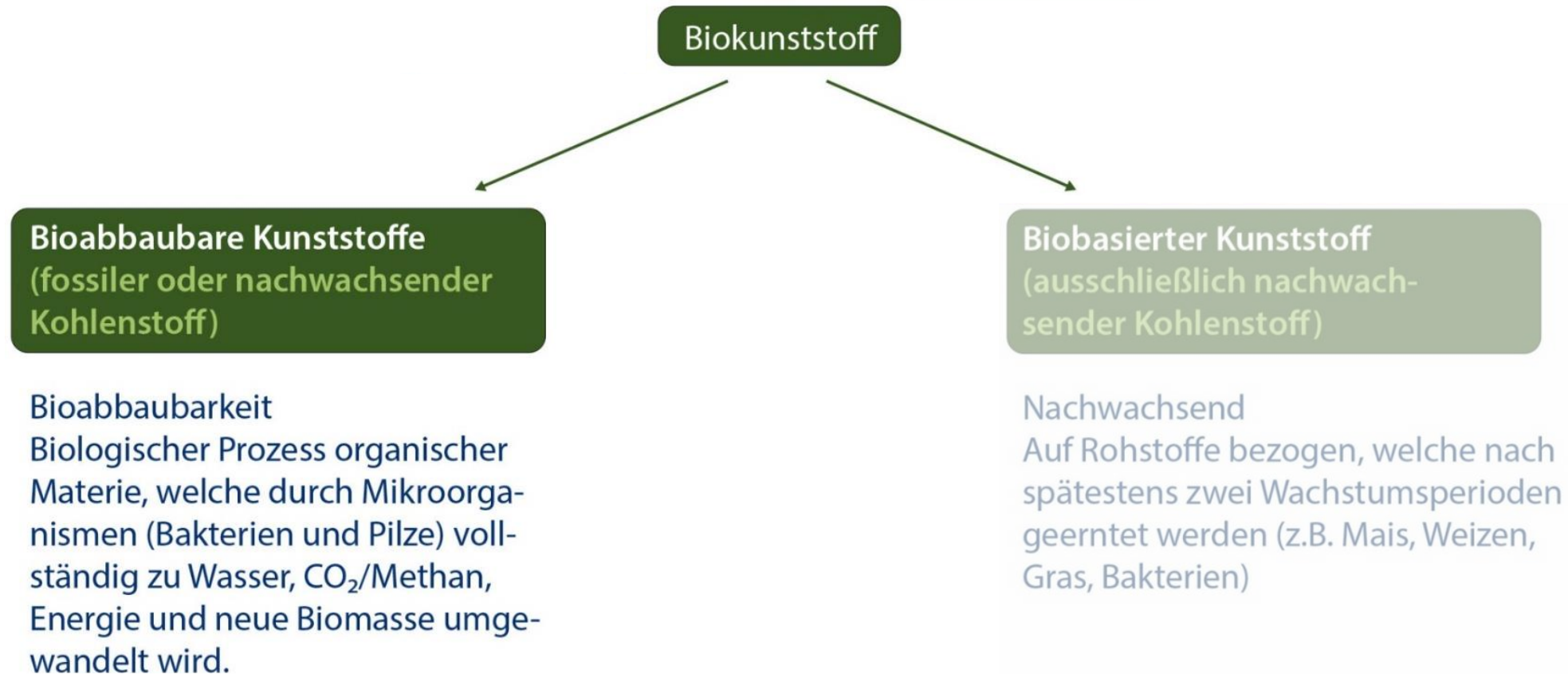
Änderung des Verbraucherverhaltens



Wachsendes ökologisches Bewusstsein



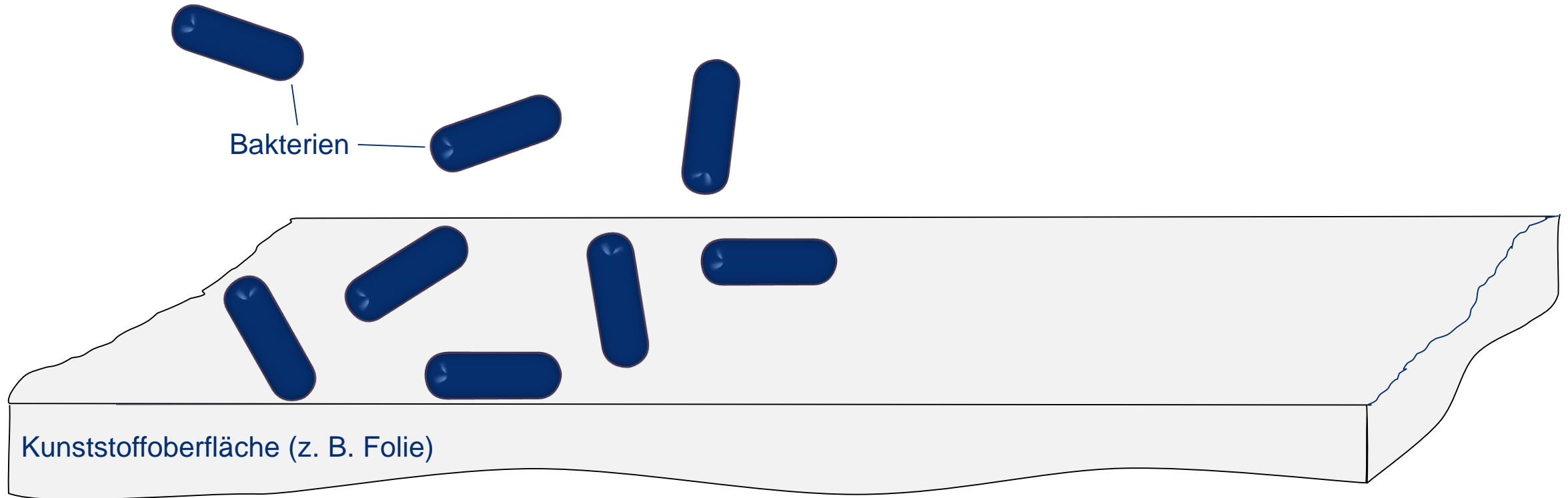
Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag



Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag

Bioabbaubare Kunststoffe

Biologischer Abbau: Besiedlung durch Bakterien (und Pilze)



Bioabbaubare Kunststoffe

Biologischer Abbau: Angriff der Kunststoffoberfläche durch Enzyme

- Bakterien versuchen verschiedenste Oberflächen als Energiespender zu nutzen.
- Hierzu bilden Sie Enzyme („Mikrobieller Angriff“).
- Manche Enzyme können manche Polymerketten spalten.



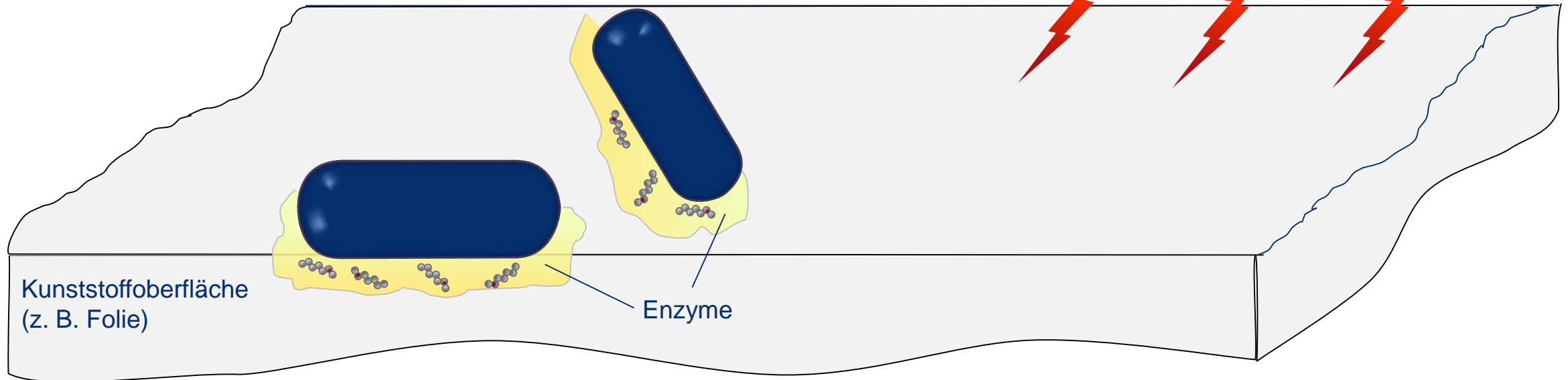
Mechanische
Einwirkung



Oxidation



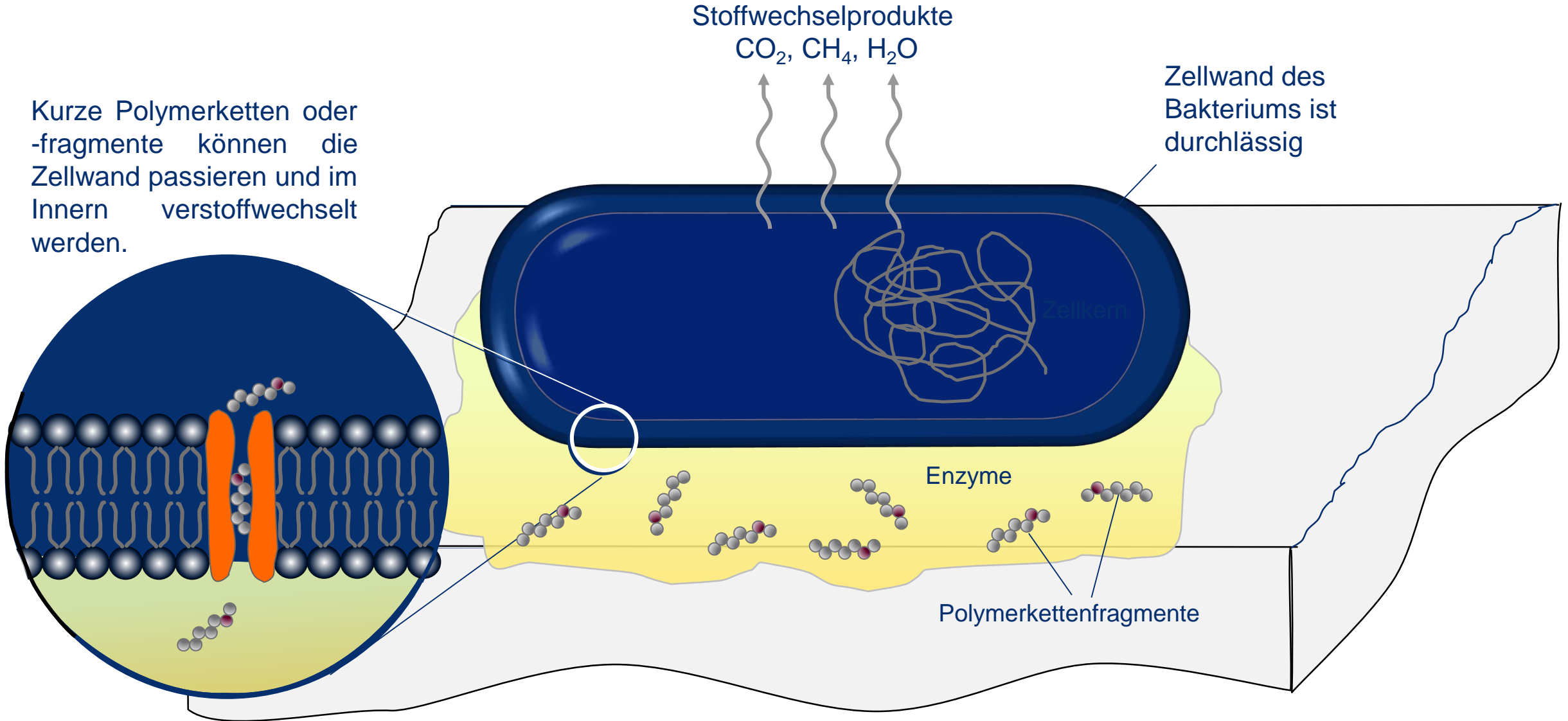
UV-Strahlung



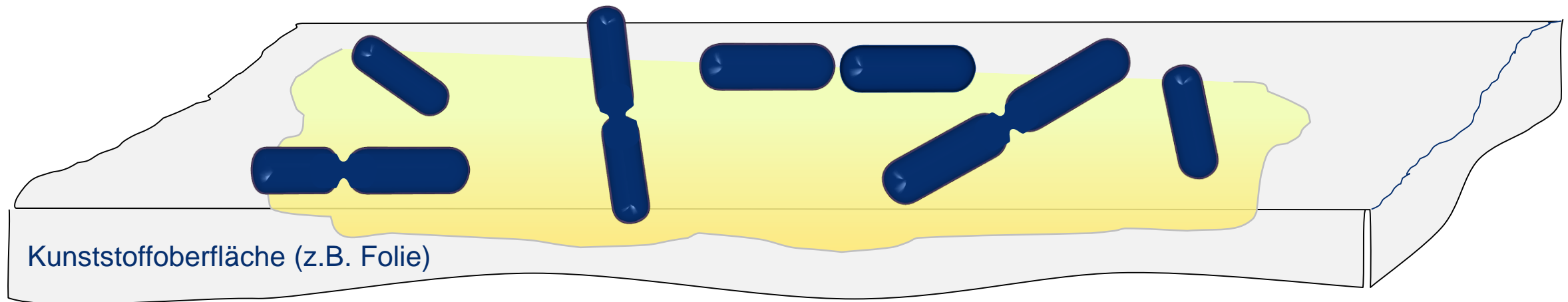
Bioabbaubare Kunststoffe

Biologischer Abbau: Verstoffwechslung von Polymerkettenfragmenten

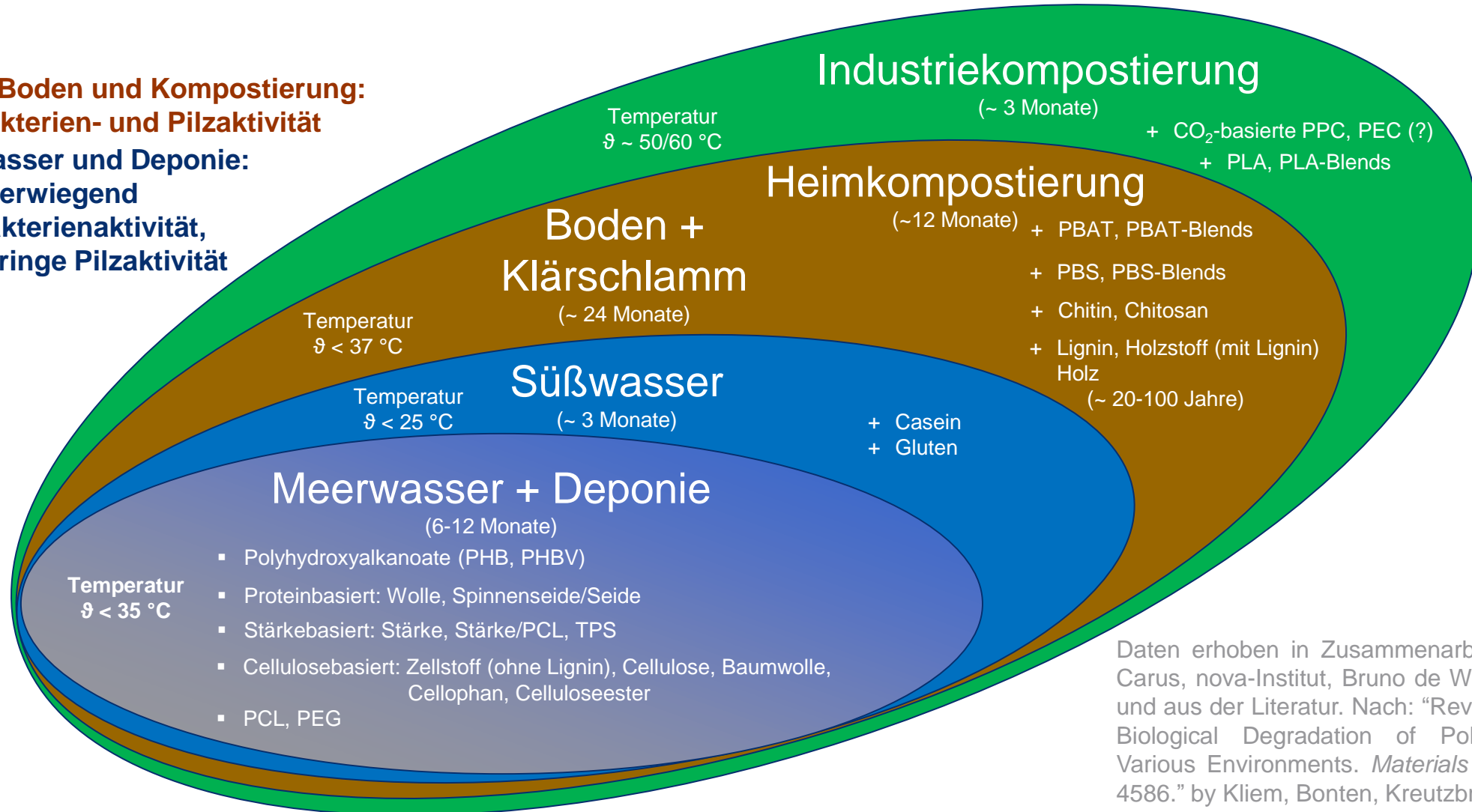
Kurze Polymerketten oder -fragmente können die Zellwand passieren und im Innern verstoffwechselt werden.



Nach reichlicher Verstoffwechslung bilden Bakterien Tochterzellen, die ebenfalls (aber sofort!) mit den richtigen Enzymen angreifen.

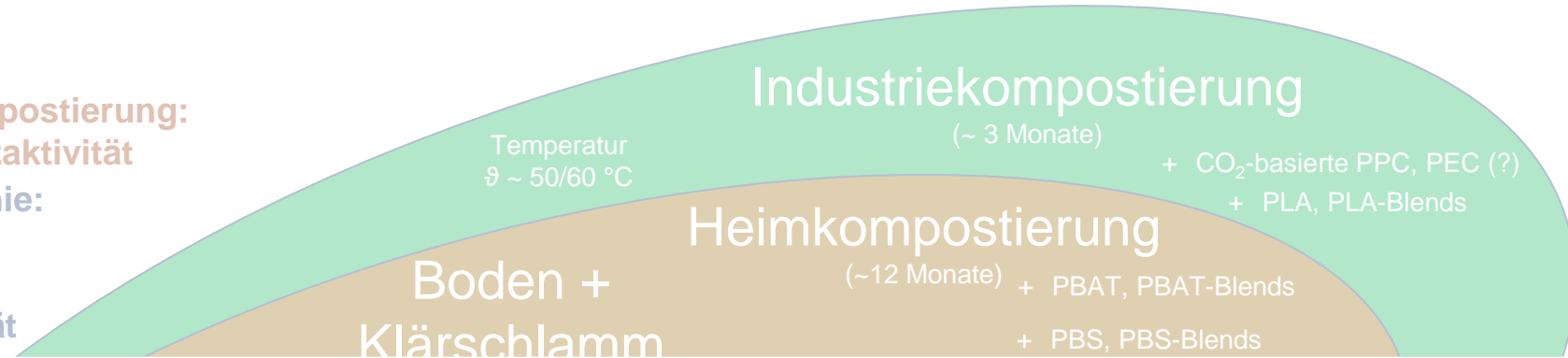


In Boden und Kompostierung:
Bakterien- und Pilzaktivität
Wasser und Deponie:
überwiegend
Bakterienaktivität,
geringe Pilzaktivität



Daten erhoben in Zusammenarbeit mit M. Carus, nova-Institut, Bruno de Wilde, OWS und aus der Literatur. Nach: "Review on the Biological Degradation of Polymers in Various Environments. *Materials* **2020**, *13*, 4586." by Kliem, Bonten, Kreutzbruck

In Boden und Kompostierung:
Bakterien- und Pilzaktivität
Wasser und Deponie:
überwiegend
Bakterienaktivität,
geringe Pilzaktivität



Die Verwendung biologisch abbaubarer Kunststoffe könnte zu noch mehr Abfall führen.
Verwenden Sie sie nur dort, wo Produkte unweigerlich in der Umwelt verbleiben.





Daten erhoben in Zusammenarbeit mit M. Carus, nova-Institut, Bruno de Wilde, OWS und aus der Literatur. Nach: "Review on the Biological Degradation of Polymers in Various Environments. *Materials* 2020, 13, 4586." by Kliem, Bonten, Kreuzbruck

Bioabbaubare Kunststoffe

Biologischer Abbau von verschiedenen Polymeren in verschiedenen Umgebungen

NOTES

-  proven biodegradability
-  proven biodegradability for certain grades
-  biodegradability not proven

The biodegradability of plastics derived from these biodegradable polymers can only be guaranteed if all additives and (organic) fillers are biodegradable, too. Dying and finishing of cellulosic fibres, for example, may prevent their biodegradation in the environment.

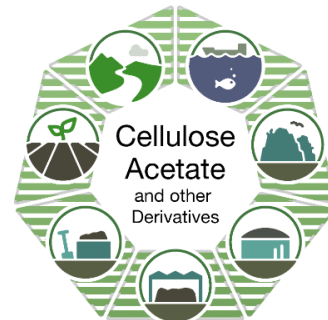
Biodegradability depends on the complex biogeochemical conditions at each testing site (e.g. temperature, available nutrients and oxygen, microbial activity, etc.). Therefore, these generalised claims about biodegradation can only serve as approximations and need to be confirmed by standardised testing under lab conditions. In-situ behaviour can vary, depending on the mentioned conditions, size of the plastic, grade of the polymer and other factors. For instance, biodegradation testing is often performed after milling, showing the inherent nature of the material to biodegrade. In reality, the same level of biodegradation will be obtained, be it possibly within a different timeframe.

SLOWER BIODEGRADING POLYMERS

The polymers shown in the poster are rapidly biodegraded in the labelled environments, within the time frame of the corresponding standards or certificates. Some biopolymers, such as PBS or PLA in soil and also lignin/wood for virtually all environments, also biodegrade, but (much) more slowly. Full biodegradation can take several years to decades to be achieved. In addition, for some applications with a use phase in a certain environment (e.g. geotextiles), too rapid biodegradation is not desired, as their function should first be given for a few years. However, for these cases no standards exist so far.

¹ PLA is likely to be biodegradable in thermophilic anaerobic digestion at temperatures of 52°C within the time frame mentioned in standards.

² incl. P3HB, P4HB, P3HB4HB, P3HB3HV, P3HB3HV4HV, P3HB3Hx, P3HB3HO, P3HB3HD



ENVIRONMENTS

IMPORTANT TEST CONDITIONS, CERTIFICATION SCHEMES AND STANDARDS

For more details, refer to the original documents.



MARINE ENVIRONMENT

Temperature 30°C, 90 % biodegradation within a maximum of 6 months.
Certification: TÜV Austria OK biodegradable MARINE. Research on standards (both on test methods and requirements) is on-going.



FRESH WATER

Temperature 21°C, 90 % biodegradation within a maximum of 56 days.
Certification: TÜV Austria OK biodegradable WATER. Research on standards (especially on requirements) is on-going.



SOIL

Temperature 25°C, 90 % biodegradation within a maximum of 2 years.
Certification: TÜV Austria OK biodegradable SOIL and DIN CERTCO DIN-Geprüft Biodegradable in Soil. DIN-Geprüft Biodegradable in Soil refers to the European standard EN 17033 for biodegradation in soil and applies to mulch films only.



HOME COMPOSTING

Temperature 28°C, 90 % biodegradation within a maximum of 12 months.
Certification: TÜV Austria OK compost HOME and DIN CERTCO DIN-Geprüft Home Compostable.



LANDFILL

No European standard specifications or certification scheme available since this is not a preferred end-of-life option for biodegradable waste.



ANAEROBIC DIGESTION

Thermophilic 52°C / Mesophilic 37°C
A specific European standard or certification scheme for anaerobic digestion is not yet available. Anaerobic digestion in a biogas plant is mentioned in EN 13432 and EN 14995: 50 % biodegradation within two months, usually followed by aerobic digestion.



INDUSTRIAL COMPOSTING

Temperature 58°C, 90 % biodegradation within a maximum of 6 months.
Certification: TÜV Austria OK compost INDUSTRIAL, DIN CERTCO DIN-Geprüft Industrial Compostable and both „Seedling“. EN 13432 and EN 14995 are the European reference standards and the basis of these certification schemes.



[kostenloser Download: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31806.10566>]

Bioabbaubare Kunststoffe

Beispiele für Anwendungen, in welchen bioabbaubare Kunststoffe sinnvoll sind



Ecovio® F Mulching film
BASF 2015



Mulching film
nova 2015



Bio-Fed® Plant clip
Metabolix 2015



Part of tree protection
nova 2015



Plant pot
nova 2015



Forest sign
nova 2015

Quelle: nova-Institut, 2015

Bioabbaubare Kunststoffe

Beispiele für Anwendungen, in welchen bioabbaubare Kunststoffe sinnvoll sind



BioTAK® Fruit sticker
SAI 2015



Blade for grass trimmer
nova 2015



Cable fixer
nova 2015



String for grass trimmer
(oxo-fragmentable) nova 2015



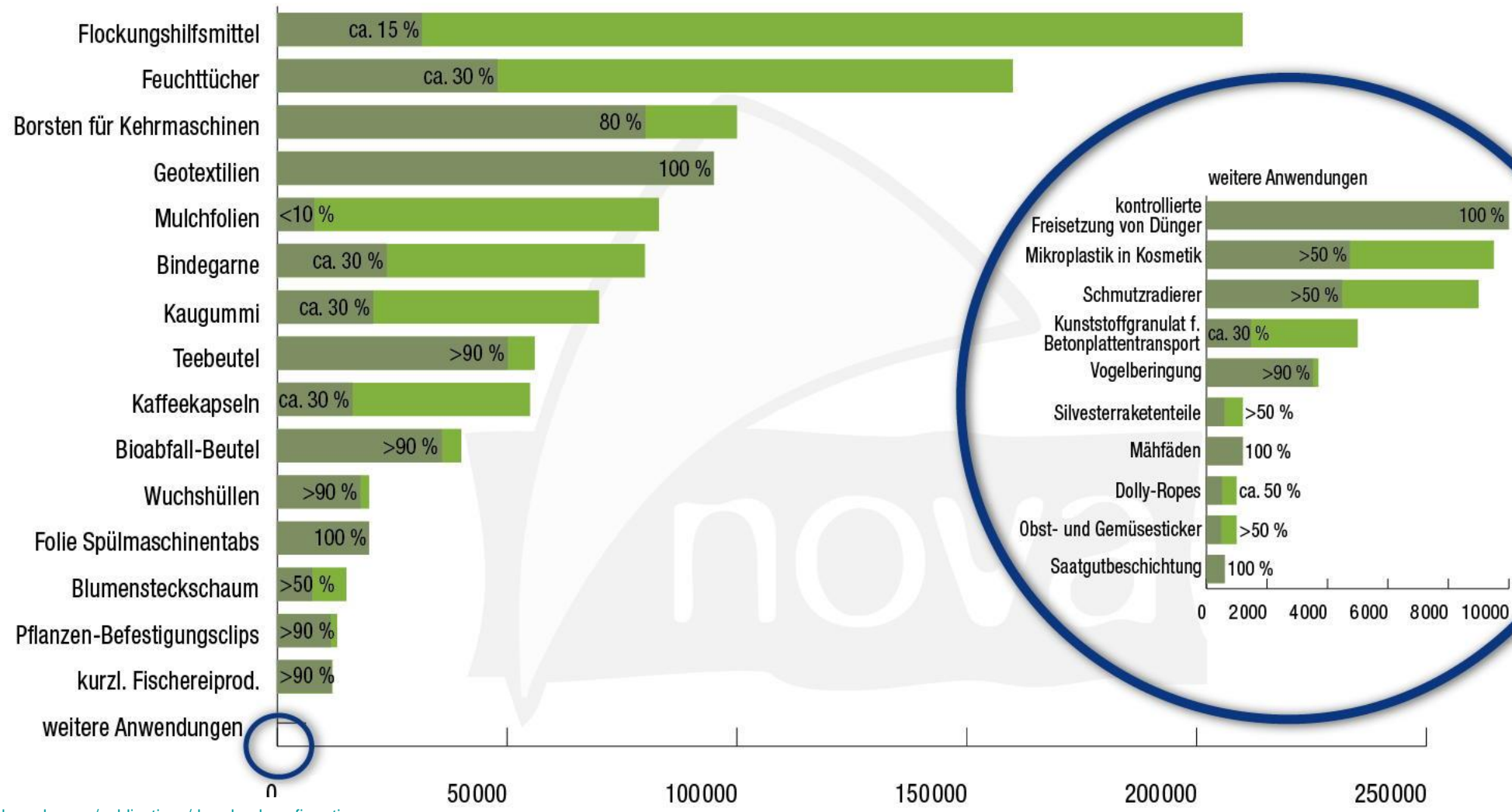
Tree protection
nova 2015



Dirt eraser
nova 2015

Quelle: nova-Institut, 2015

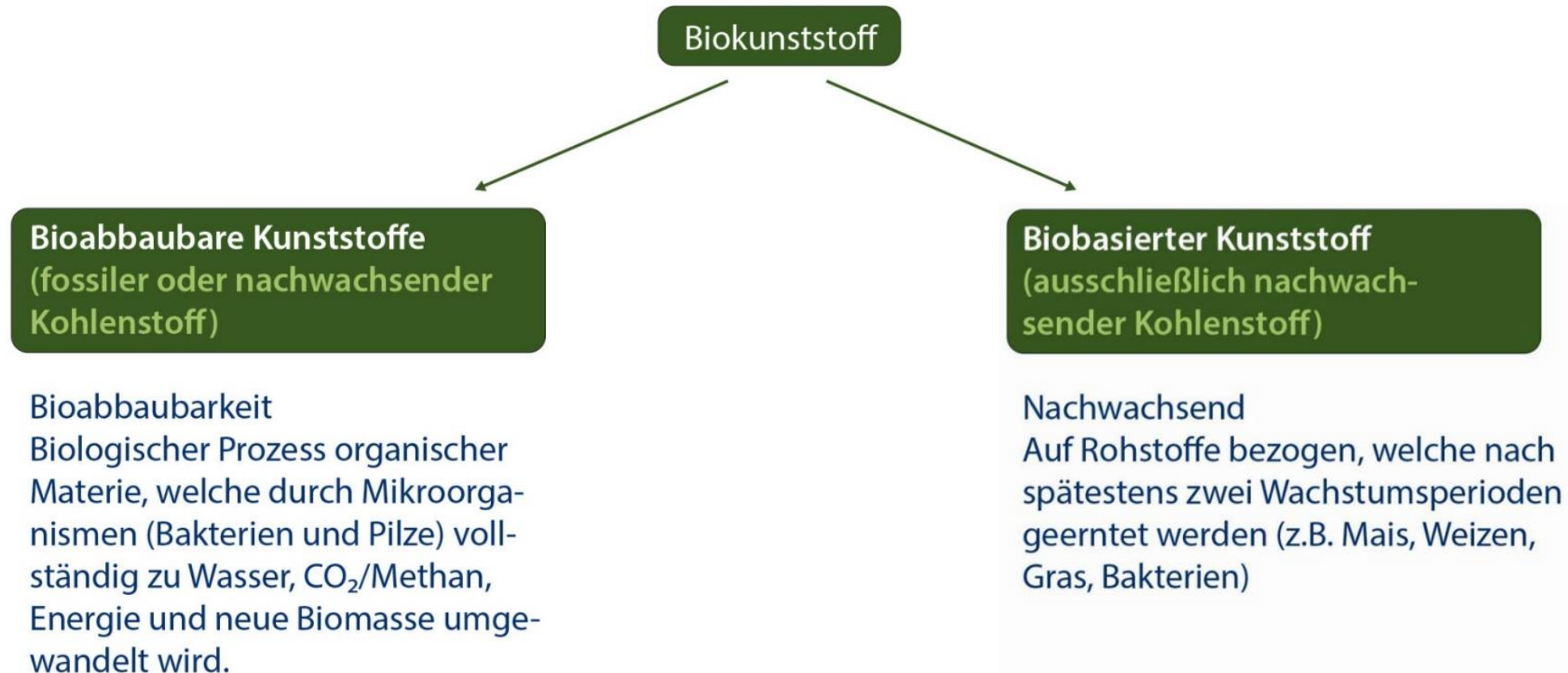
Übersicht Marktvolumina in der EU



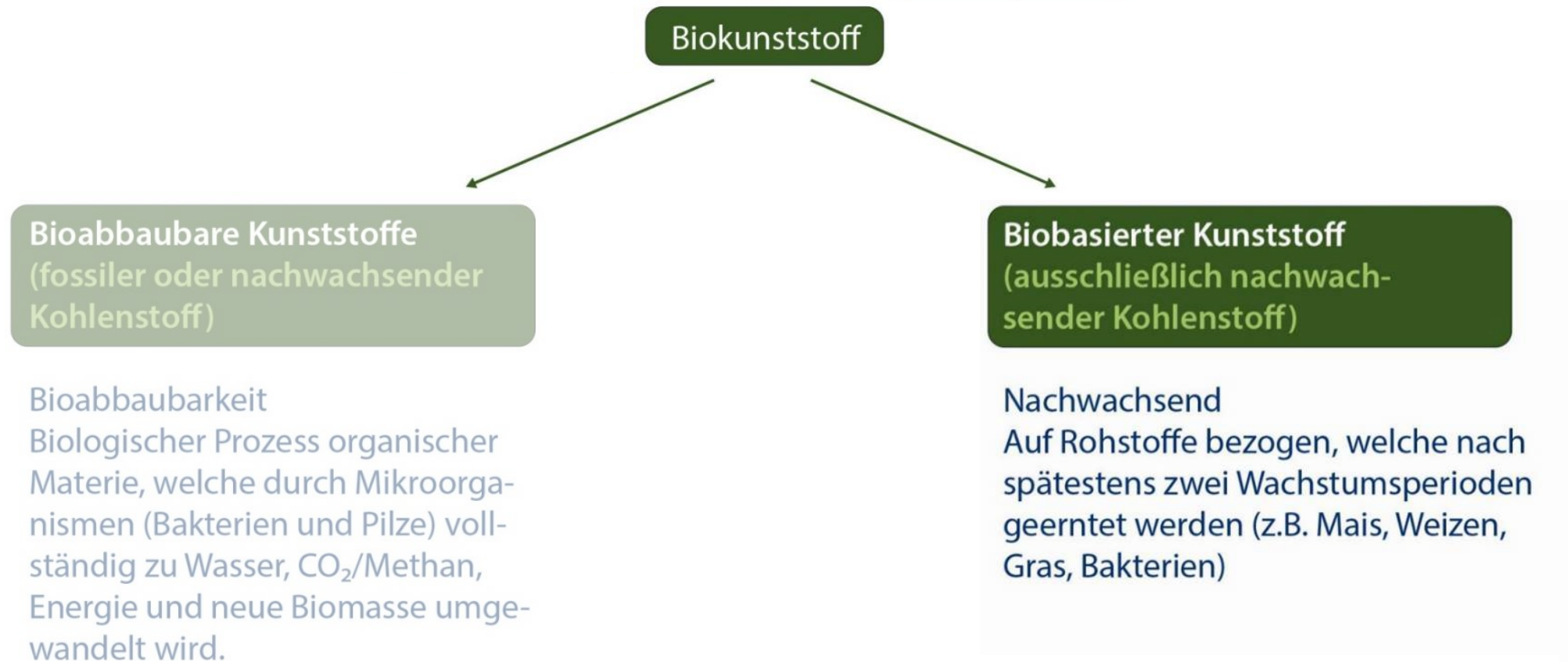
https://renewable-carbon.eu/publications/download-confirmation-page/?somedn_rpage=somedn_rpage&somedn_rrtid=160441&somedn_rrdkey=MTYwNDQx&somedn_rrskey=MTY5MzQ4NzUyOA=&somedn_rpkex=MjQ1NDY&somedn_rrukey=MA=&somedn_rrtype=cmVkaXJlY3Q

Marktvolumen in Tonnen (gerundet, EU28)
 Schätzung der Verlustmenge

- Motivation
- Bioabbaubare Kunststoffe
- **Biobasierte Kunststoffe**
- Aufbereitung ist der Schlüssel zum Erfolg!
- Fazit und Ausblick



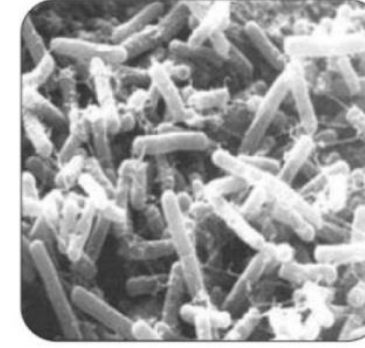
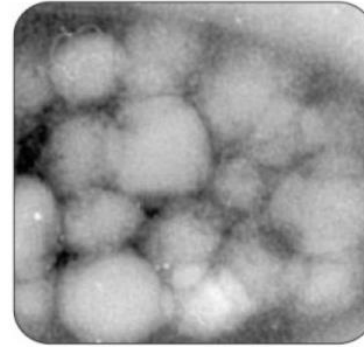
Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag



Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag

Biobasierte Kunststoffstoffe

Herstellung biobasierter Polymere



Polymersynthese
in Pflanzen

Polymersynthese in
Tieren / Menschen

Polymersynthese
in Mikroorganismen

Monomersynthese
in Mikroorganismen

Monomere aus
Pflanzen

„Natürliche Polymere“ (wenn chem. unmodifiziert)

Stärke, Lignin,
Naturkautschuk,
Cellulose

Chitin, Kasein,
Spinnenseide

Bakterium *Aeromonas*
hydrophila: → PHA

Milchsäurebakterium:
→ LA (Lactid Acid)

Bioethanol → Bio-PE
Rizinusöl → Bio-PA

Synthese

Synthese

Biobasierte Polymere

Bildquellen: Hirth, Celik, Univ. Stuttgart

Biobasierte Kunststoffe

Fossile Energieträger bringen "altes" CO₂ ins Heute

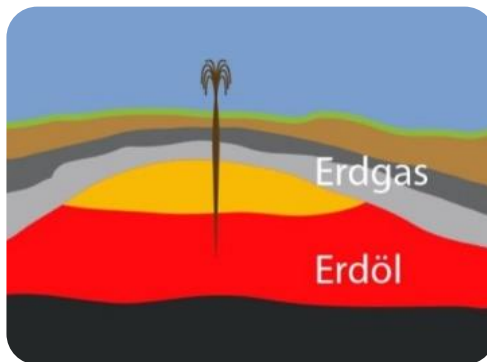
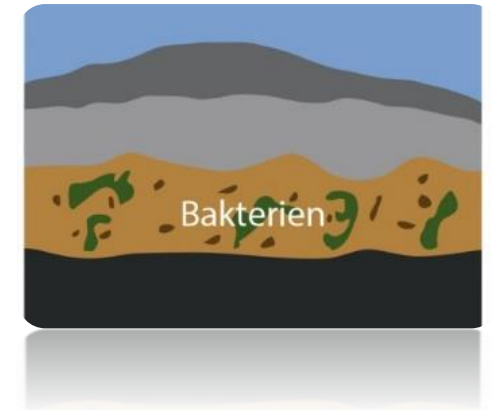
"Biobasiert" = ausschließlich nachwachsende Kohlenstoffquelle



Vor Millionen von Jahren versanken mit der Zeit viele tote Organismen im Meer.

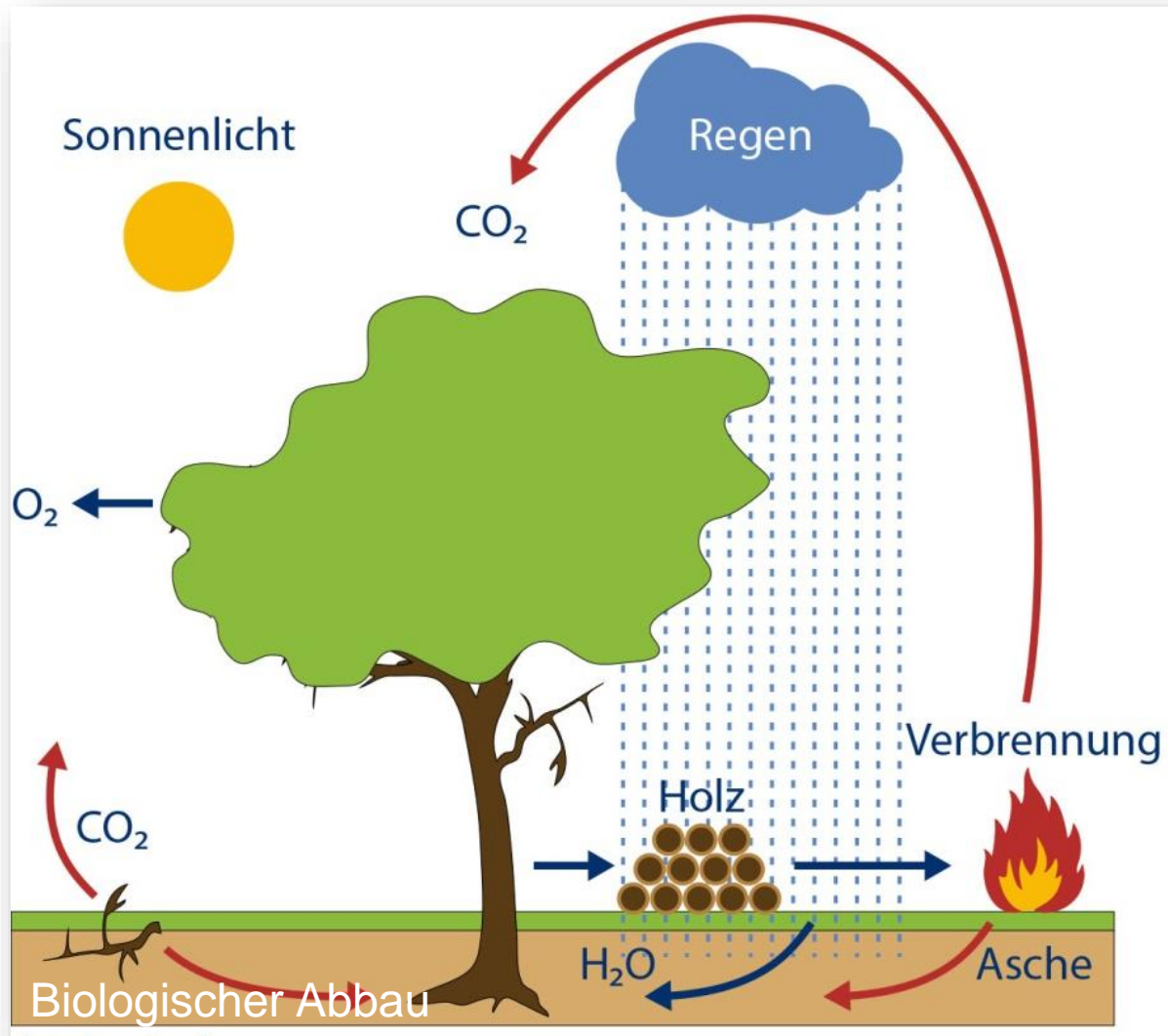
Mit der Zeit trockneten Meeresteile aus und viele Schichten lagerten sich ab.

Unter hohem Druck und Temperatur wandelten besondere Bakterien die Organismen in fossile Kohlenwasserstoffe.



Jedes Jahr fördern wir fossile Kohlenwasserstoffe, welche in 1 Mio. Jahren Biomasse gespeichert wurden, und bringen sie ins Heute.

Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag



Pflanzen speichern CO₂ während des Wachstums in Form von Kohlenhydraten:
“CO₂-Senke”

Verrottung der Pflanze erzeugt die gleiche Menge CO₂ wie gespeichert:
“CO₂-neutral”

Sogar das Verbrennen der Pflanze erzeugt die gleiche Menge CO₂ wie gespeichert:
“CO₂-neutral”

Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag

Biologisch abbaubare Polymere (aus fossilen oder nachwachsenden Rohstoffen)		Biobasierte Polymere (nur nachwachsende Rohstoffe)	
Biologisch abbaubar:	PLA, PHA, Stärke, Lignin, Cellulose-Derivate, ... aber auch PBAT, PBS, ...	Nachwachsend:	PLA, PHA, Stärke, Lignin, Cellulose-Derivate, ... aber auch Bio-PE, Bio-PVC, Bio-PA, Bio-PUR, ...

Gesellschaftlicher Nutzen:

Alternativer Entsorgungsweg

Gesellschaftlicher Nutzen:

**Reduktion von fossilem CO₂
Unabhängigkeit von Erdöl**

- Motivation
- Bioabbaubare Kunststoffe
- Biobasierte Kunststoffe
- **Aufbereitung ist der Schlüssel!**
- Fazit und Ausblick

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Vom Biopolymer zum Biokunststoffprodukt

Unter dem Begriff „Aufbereitung“ fassen wir in der Kunststofftechnik alle Verfahrensschritte zusammen, die erforderlich sind, um aus Polymeren verarbeitbare Kunststoffformmassen mit definierten Eigenschaften herzustellen. Diese Eigenschaften sind vielfach speziell auf die zu fertigenden Endprodukte abgestimmt.



Bildquelle: Bonten - Kunststofftechnik, Hanser Verlag



Biopolymere (Auswahl)
(unmodifiziert auf herkömmlichen
Maschinen kaum verarbeitbar)

z. B.:



verarbeitungsfähige Biokunststoffe

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Wasserfeste Müllbeutel



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und PapStar

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Luftkissen und Luftpolster



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und Storopack

Aufbereitung ist der Schlüssel!

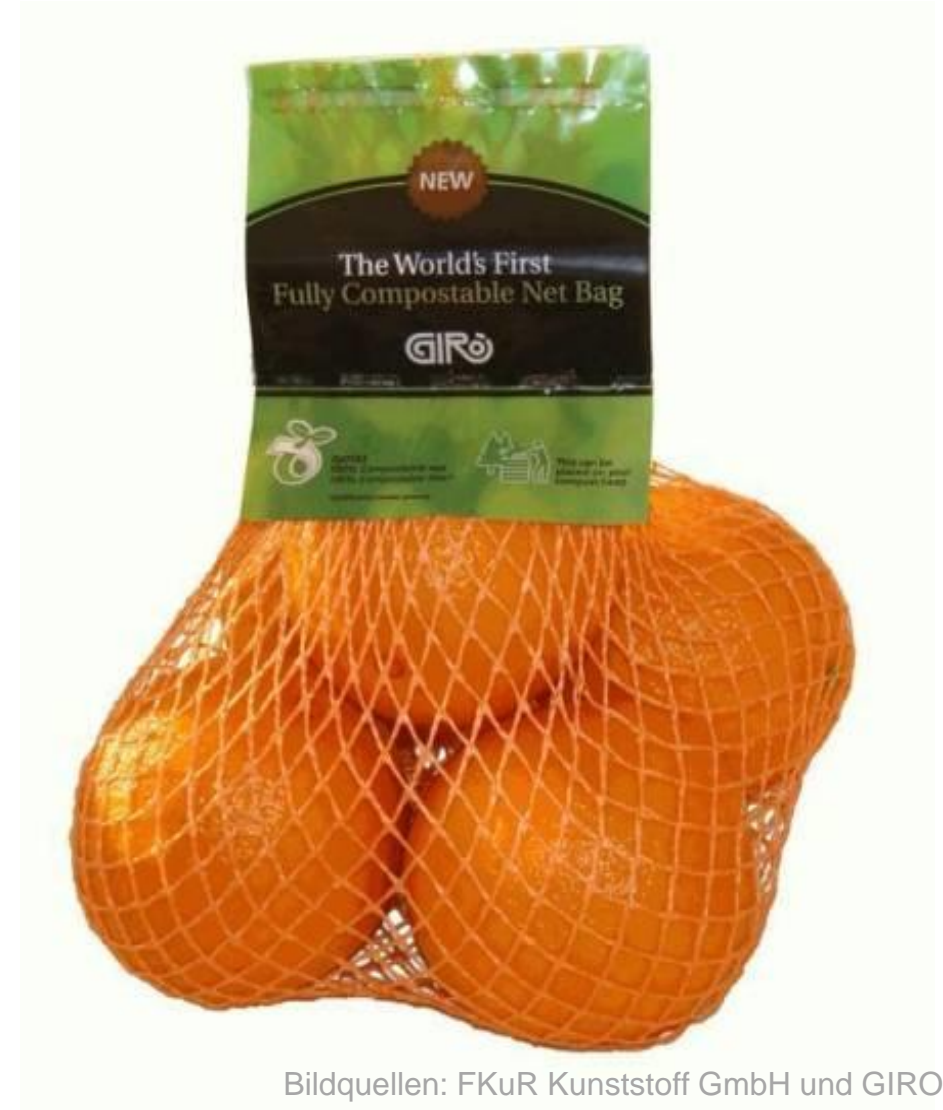
Beispiel: Tiefkühlverpackungen



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und McCain

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Kompostierbare Netze



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und GIRO

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Hygienefolien



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und Moltex

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Catering



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und European Bioplastics

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Bürobedarf



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und Ritter Pen

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Kosmetikanwendungen



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH, Weckerle Cosmetics und European Bioplastics

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Nutzung in der Landwirtschaft



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH und deren Kunden, European Bioplastics

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Bio-WPC: Holzfasern mit Biokunststoff



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH

Aufbereitung ist der Schlüssel!

Beispiel: Konsumelektronik



Bildquellen: FKUR Kunststoff GmbH, Fujitsu-Siemens und European Bioplastics

Aufbereitung ist der Schlüssel!

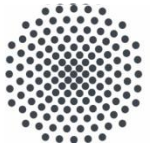
Beispiel: weitere langlebige Anwendungen



Bildquellen: European Bioplastics

- Motivation
- Bioabbaubare Kunststoffe
- Biobasierte Kunststoffe
- Aufbereitung ist der Schlüssel zum Erfolg!
- Fazit und Ausblick

- Der Begriff „Biokunststoff“ umfasst sowohl biologisch abbaubare als auch biobasierte Kunststoffe.
- Biologisch abbaubare Kunststoffe ermöglichen einen alternativen Entsorgungsweg, können aber zu noch mehr Kunststoffabfällen führen. Verwenden wir sie am besten nur in Anwendungen, die unweigerlich in der Umwelt verbleiben!
- Biobasierte Kunststoffe verringern die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen und – wenn die Produktionsenergie erneuerbar ist – die CO₂-Emissionen.
- Bisläng müssen alle Biopolymere zu Biokunststoffen veredelt (aufbereitet) werden, um auf branchenüblichen Maschinen verarbeitbar zu sein und die Anforderungen der Anwendungen zu erfüllen.
- Oft ist das Mischen von Biopolymeren der Schlüssel zum Markterfolg! Es muss immer im Auge behalten werden, welcher Vorteil gewünscht wird, entweder der biologische Abbau oder die biobasierte Herkunft.



Biokunststoffe Sinn oder Unsinn?

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Wuchshüllen-Tagung am 10.10.2023

Prof. Dr.-Ing.
Christian Bonten