

# Exponate u. Rohstoffkarten der Biokunststoff-Ausstellung



Der Rohstoff Cellulose steckt in vielen Pflanzen:



**NawaTour**  
Nachwachsende Rohstoffe – kommen auf!

Name des Bio-Kunststoffs: **Viscose**

**Lyocell**

Rohstoff: Cellulose

Die Cellulose wird mit Hilfe chemischer Stoffe aufgeweicht und zu Fäden (für die Herstellung von Kleidungsstoffen) oder zu Schwämmen verarbeitet.



Lignin aus:

Abfall und Reststoff aus der Papierherstellung

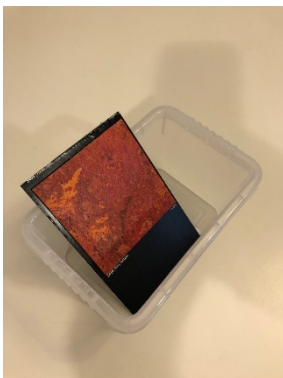


**NawaTour**  
Nachwachsende Rohstoffe – kommen auf!

Name des Bio-Kunststoffs: „Flüssiges Holz“

Rohstoff: Lignin  
(zum Beispiel Abfallstoff aus der Papierherstellung)

Besonders clever ist es, aus einem Abfallstoff etwas Neues herzustellen:  
Lignin ist neben Cellulose und Hemicellulose ein Hauptbestandteil von Holz. Wenn die Cellulose für die Papierherstellung aus dem Holz heraus geholt wird, fällt Lignin als Abfall an:  
→ weltweit fallen davon etwa 50 Millionen Tonnen im Jahr an!



**NawaTour**  
Nachwachsende Rohstoffe – kommen auf!

Name des Bio-Kunststoffs: **Linoleum**

Rohstoff: Leinöl oder Sojaöl

Aus Lein-Öl wird schon seit rund 150 Jahren Linoleum hergestellt. Dieser umweltfreundliche Bodenbelag besteht außerdem noch aus Kork- oder Holzmehl, Kalksteinpulver, Farbstoffen, Jute und Harz. Heutzutage wird auch Sojaöl verwendet.



**NawaTour**  
Nachwachsende Rohstoffe – kommen auf!

Name des Bio-Kunststoffs: **NFK**  
(= NaturFaser verstärkter Kunststoff)

Rohstoff: Holzspäne, Erdöl

Ein Kunststoff, in den Pflanzen-Fasern oder Holzspäne eingemischt sind.

Daraus können stabile und leichte Gegenstände hergestellt werden.



#### Bakterien machen Milchsäure aus Zucker:



**Name des Bio-Kunststoffs: Polymilchsäure (PLA)**

**Rohstoff:** Zuckerrübe, Zuckerrohr

Milchsäure-Bakterien vergären Zucker zu Milchsäure. Milchsäure kennst du vom sauren Geschmack im Joghurt oder im Sauerkraut.

Bio-Kunststoff aus PLA kann ganz verschiedenartig sein. Je nach Wunsch und Verarbeitung kann er schnell abbaubar oder jahrelang benutzbar sein.



Quelle: www.wirtschaftsblatt.at



**Name des Bio-Kunststoffs: Natur-Gummi**

**Rohstoff:** Latex

Der Gummibaum, auch Kautschukbaum genannt, wird angeritzt und der Milchsaft (Latex) aufgefangen.

Der Milchsaft wird durch die Zugabe von Schwefel und durch Erhitzung zum elastischen Natur-Gummi.

Kautschukbäume werden hauptsächlich auf Plantagen in Asien angebaut.



#### Der Rohstoff Cellulose steckt in vielen Pflanzen:



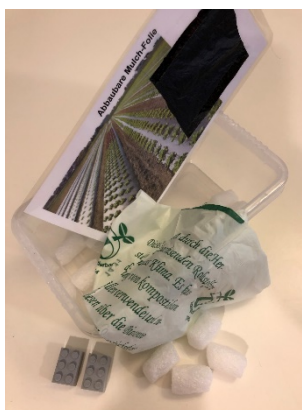
**Name des Bio-Kunststoffs: Cellulose-Acetat**

**Rohstoff:** Cellulose

Meistens wird Cellulose aus Holz und Baumwolle verarbeitet.

Cellulose wird dafür mit Hilfe von Essig-Säure zum Bio-Kunststoff verarbeitet.

Aus Cellulose-Acetat kann man Verschiedenes herstellen: von festem Kugelschreiber bis seidigem Stoff für Schirme.



#### Der Rohstoff Stärke steckt in vielen Pflanzen:



**Name des Bio-Kunststoffs: Stärkeblends**

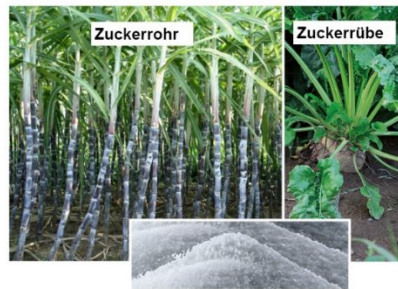
(= Mischung aus Stärke und anderen Stoffen)

**Rohstoff:** Stärke

Damit die Stärke-Tüte sich nicht im nächsten Regen auflöst, wird sie mit öligen Stoffen beschichtet.

Aus Stärke lassen sich Kunststoffe herstellen, die gut biologisch abbaubar sind (= kompostierbar).





Name des Bio-Kunststoffs: **PE (Polyethylen)**  
**PP (Polypropylen)**

**Rohstoff:** Zuckerrohr, Zuckerrübe

Aus Zucker lässt sich durch Gärung Alkohol gewinnen.  
Aus Alkohol können die gleichen PE- und PP-Kunststoffe hergestellt werden, wie aus Erdöl - dauerhaft und nicht abbaubar.

### Tierische Rohstoffe:



Name des Bio-Kunststoffs:  
**Bio-Kunststoffe aus tierischen Abfällen**

**Rohstoff:** Fett und Eiweiß aus Schlachtabfall,  
Chitin aus Fischschuppen und Krabbenhüllen,  
Gelatine aus Knochen und anderes

Forscher entdecken immer neue Stoffe und Techniken,  
Kunststoffe auch aus Reststoffen (Abfällen) statt aus Erdöl herzustellen.



Name des  
Bio-Kunststoffs: **NFK**  
(= **NaturFaser** verstärkter **Kunststoff**)

**Rohstoff:** Pflanzenfasern oder Holzspäne, Erdöl

Ein Kunststoff, in den Pflanzen-Fasern oder Holzspäne eingemischt sind.

Daraus können stabile und leichte Gegenstände hergestellt werden.

## 2

# Ausstellung Bio-Kunststoffe

Im Folgenden finden Sie eine Auflistung verschiedener Bio-Kunststoffe, die sich bereits auf dem Markt befinden.

Eine pauschale Bewertung, ob Bio-Kunststoffe empfehlenswert sind, lässt sich nicht geben.

Im Prinzip muss dafür jedes Produkt bezüglich Rohstoff, Verwendungsart und -dauer, Herstellungsverfahren und Entsorgung separat bewertet werden.

Folgende Prinzipien sollten, egal für welchen Kunststoff, angewendet werden:

Konsummenge reduzieren,  
Effiziente Produktion,  
nachhaltige Rohstoffgewinnung, Rest- und Abfallstoffe nutzen,  
Nutzungsdauer verlängern,  
Recycling maximieren,  
Abbaubarkeit ermöglichen, wo sie sinnvoll ist. (Hierbei ist zwischen den Eigenschaften der „Kompostierbarkeit“ und der „biologischen Abbaubarkeit“ zu unterscheiden.)

In der Konsequenz sind damit z.B. Einmalprodukte, auch wenn sie aus Bio-Kunststoff hergestellt sind, nicht empfehlenswert.



## Viscose, Lyocell

**Ausgangsstoff:** **Cellulose**, z.B. aus Holz, Bambus, Baumwollabfällen

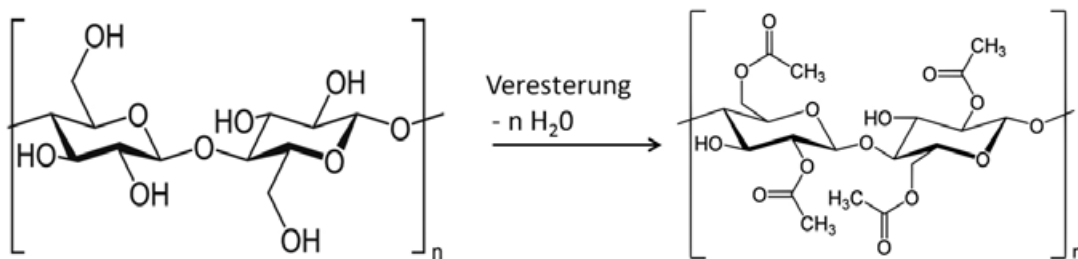
**Herstellung:** Cellulose mit Natronlauge zum Quellen bringen. Mit Schwefelkohlenstoff (CS<sub>2</sub>) - hochgiftig und explosiv - zu einer honigartigen Flüssigkeit lösen.  
Durch feine Düsen gepresst und in Schwefelsäure verfestigt, bilden sich Viscose-Fäden, aufgeschäumt Schwämme.  
Als Folie verarbeitet, erhält man **Cellophan**<sup>TM</sup>.  
Wird Cellulose mit Salpetersäure verarbeitet entsteht **Celluloid**<sup>TM</sup>.  
Geschichtlich betrachtet einer der ersten Bio-Kunststoffe.

**Verwendung:**

- Kleidung - insbesondere Sportkleidung
- Hygiene- und Medizinprodukte (Binden, Watte)
- technische Produkte, Gewebe in Reifen, Filter, Geldscheine
- Verpackungen, Folien insbesondere Gebäck
- Isolierung Elektroindustrie

**Lyocellfasern** werden mit ungiftigem Lösungsmittel NMO (N-Methylmorpholin-N-Oxid) ohne Natronlauge hergestellt.

**Eigenschaften:** Viscose und Lyocell sind biologisch abbaubar. Reines Cellophan ist kompostierbar.  
Der Energie- und Wasserverbrauch bei Herstellung und Verarbeitung ist wesentlich geringer als bei Baumwolle. Herbizide und Pestizide fallen weg.  
Die Chemikalien im Prozess können wiederverwendet werden.



Die OH-Gruppen der Glucose-Bausteine der Cellulose werden mit Essigsäure verestert.

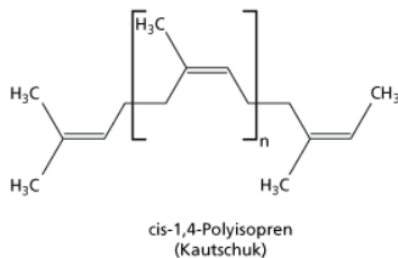
## Naturkautschuk

Einer der ersten Bio-Kunststoffe.

**Ausgangsstoff:** Milch vom Kautschukbaum

**Herstellung:** Kautschukbäume werden angeritzt. Weißer Milchsafte läuft aus. Mit Schwefel (S) versetzt, wird eine Vulkanisierung und damit Elastizität erreicht. Viel Schwefel (S) ergibt harten Gummi.

**Verwendung:** Reifen, Pufferteile, Dichtungen, Luftballons, Handschuhe, Schläuche, Schuhsohlen, Kondome, Matratzen, ...



*Grundeinheit des Natur-Kautschuks*

**Abbaubarkeit:** Zwar versucht die Forschung verschiedene Actinomyceten und Streptomyceten zum Kautschuk-Recycling zu nutzen (1), in der Natur ist Kautschuk aber nur sehr schwer abbaubar. Insbesondere Zusatzstoffe wie Weichmacher und Schwermetalle, wie z.B. in Autoreifen, belasten über den Mikroplastik Umwelt und Gesundheit.

Für unseren Bedarf an Gummi reicht der Natur-Kautschuk bei weitem nicht aus. Es wird daran geforscht aus der Milch von Russischem Löwenzahn Kautschuk herzustellen. Kautschuk lässt sich auch synthetisch aus Erdöl herstellen: aus Isopren oder Butadien. Verwendung vor allem für Autoreifen.

(1) (Quelle: [www.uniMuenster.de/Biologie.IMMB.Steinbuechel/Forschung/Kautschukabbau\\_abstract.html](http://www.uniMuenster.de/Biologie.IMMB.Steinbuechel/Forschung/Kautschukabbau_abstract.html))

## Linoleum und mehr aus Öl

**Ausgangsstoff:** Leinöl oder Sojaöl, Harze, Füllmittel, Gewebe

**Herstellung:** Linoleum wird schon lange mittels Oxidation aus Leinöl (heute auch Sojaöl) gewonnen. Vermischt mit Harzen und Füllmitteln (Kalkpulver, Pigmente, Holzmehl, Korkmehl) wird es auf ein Trägergewebe (z.B. Jute) aufgebracht. Produktionsabfälle können gute recycelt werden. Die biobasierten Bestandteile von Linoleum sind biologisch abbaubar.

**Verwendung:** Bodenbelag

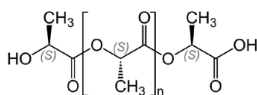
## Polymilchsäure (PLA)

**Ausgangsstoff:** Milchsäure, vergoren aus Stärke oder Zucker, Malz, Molkeabfälle

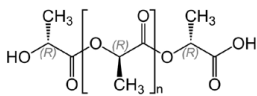
**Herstellung:** Milchsäurebakterien vergären Zucker zu Milchsäure. Durch Polykondensation der Milchsäuremoleküle entsteht der Bio-Kunststoff, ein Polyester.

**Verwendung:** Vielfältigen Eigenschaften: kurzlebige Verpackungen (z.B. Trinkbecher, Fleischverpackungen), Bauindustrie und Automobilbau, Fasern z.B. für Textilien. Medizinischer Bereich (z.B. Nahtmaterial, Schrauben), 3-D-Druck,

PLA ist **wahlweise schnell biologisch abbaubar oder kompostierbar oder auch jahrelang funktionsfähig**. Dies hängt von der Kettenlänge, von Zusatzstoffen und dem Verhältnis an rechts- bzw. linksdrehender Milchsäure ab. **PLA ist sehr gut recycelbar**, wenn er sortenrein gesammelt wird (z.B. bei Pfandbechern auf Großveranstaltungen). Durch den noch sehr geringen Marktanteil lohnt sich für die Betreiber von Sortieranlagen (Duales System/Wertstofftonne) noch keine Aussortierung, wodurch PLA momentan kaum recycelt wird.



Polylactide der (S)-Milchsäure  
(abgeleitet von L-(+)-Milchsäure)



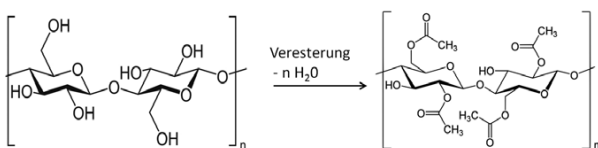
Polylactide der (R)-Milchsäure  
(abgeleitet von D-(-)-Milchsäure)

## Celluloseacetat (CA), Celluloid

**Ausgangsstoff:** **Cellulose** aus Holz, Bambus, Baumwolle, Gras oder Hanf und Essigsäure

**Herstellung:** Cellulose wird aus vielen hundert bis zehntausend Monomeren (Einzelbausteinen) der Cellobiose gebildet. Diese besteht aus zwei Glucose-Zuckern.  
Für CA wird Cellulose mit Säure „verestert“. Mit Essigsäure entsteht **Celluloseacetat**.  
In den Anfängen der Kunststoffherstellung benutzte man Salpetersäure und erhielt damit Cellulosenitrat – **Celluloid**, was leider sehr brandempfindlich ist.

**Verwendung:** CA ist ein thermoplastischer Kunststoff für Brillen, Haarspangen, Zigarettenfilter, Filme, seidige Stoffe z.B. Regenschirme, Klebstoffe, u.a.



Die OH-Gruppen der Glucose-Bausteine der Cellulose werden mit Essigsäure verestert.

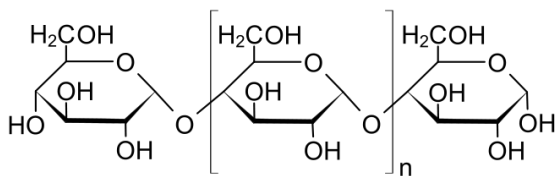
CA ist in Abhängigkeit vom Substitutionsgrad biologisch abbaubar. Geschätzte 4,5 Billionen Zigarettenstummel, die jährlich in die Umwelt gelangen, stellen eine enorme Verschmutzung da, zumal sie mit giftigen Stoffen wie Nikotin und Teer belastet sind.



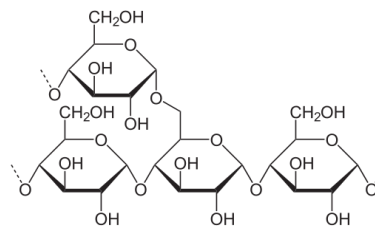
## Thermoplastische Stärke (TPS), Stärkeblends

- Ausgangsstoff:** Stärke, Pflanzenöl und Wachse  
**Mais, Weizen** und **Kartoffel** sind unsere wichtigsten Stärkepflanzen.
- Herstellung:** Für die Verarbeitung werden Weichmacher (z.B. Glycerin) und Plastifizierungsmittel wie Sorbitol zugesetzt.  
Da Stärke gern Wasser aufnimmt, müssen für manche Anwendungen (Folie/Tüten) wasserabweisende Stoffe zugegeben werden. Diese können erdölbasiert sein oder ebenfalls aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen, z.B. **Pflanzenöl**, Wachs. Diese Mischung bezeichnet man als Blend.
- Verwendung:** Durch die Mischung entsteht ein wasserfester, thermoplastischer Kunststoff.  
Stärkeblends aus nachwachsenden Rohstoffen sind **biologisch abbaubar oder kompostierbar**: Folien für die Landwirtschaft, Plastiktüten, Einmal-Besteck, Windelfolien u.a.  
Blends mit erdölbasierten Kunststoffen sind nicht (vollständig) biologisch abbaubar.

In stärkebasierten Kunststoffen lassen sich kritische **Weichmacher**, die im Verdacht stehen, Unfruchtbarkeit und Krebs zu fördern, gut durch z.B. harmloses Glycerin ersetzen.



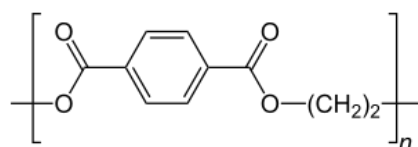
(Amylose)



(Amylopektin)

## BioPET (Polyethylenterephthalat)

- Ausgangsstoff:** 70 % Terephthalsäure (PTA) aus Erdöl und 30 % Ethanol aus Zuckerrohr (Geforscht wird an der wirtschaftlich sinnvollen Herstellung der Terephthalsäure aus nachwachsenden Rohstoffen.)
- Herstellung:** BioPET ist chemisch identisch mit herkömmlichen PET und ist damit ein sogenannter Drop-in Kunststoff. Er gehört zur Gruppe der Polyester.
- Terephthalsäure (PTA)** wird aus dem aromatisierten Kohlenwasserstoff *P-Xylol* synthetisiert.
- Monoethylenglykol (MEG)** ist ein flüssiges, farbloses Folgeprodukt bei der Ethylenoxidherstellung und entsteht durch das Hinzufügen von Wasser.
- Verwendung:** BioPET ist ein thermoplastischer Kunststoff  
Kunststoffflaschen (PlantBottle™ mit ca. 14 % Anteil nachwachsender Rohstoffe), Lebensmittelverpackungen, Folien, Textilfasern



Strukturformel von PET (aus wikipedia.org)

## Kunststoff aus Lignin

- Ausgangsstoff:** Lignin z.B. aus der Zellstoff-/Papierherstellung (wegen des hohen Schwefelgehaltes durch den Aufschluss des Zellstoffs problematisch, geforscht wird an schwefelfreien Aufschlussverfahren).
- Herstellung:** **Arboform® und Nowaste®** sind z.B. zwei Hersteller. Das Herstellungsverfahren ist schwer herauszubekommen – ein Betriebsgeheimnis.  
Aus Ligninpolymeren können sowohl thermoplastische wie auch feste Materialien gefertigt werden.  
Arboform® ist eigentlich ein Faser-Verbund-Kunststoff. Ein thermoplastischer Biokunststoff, der aus Ligninderivat und Naturfasern wie Flachs, Holzmehl oder Hanf besteht.  
Nowaste® setzt Mineralien natürlichen Ursprungs zu.
- Verwendung:** Lignin kann rein oder als Verbundpartner für Kunststoffe (PE, PVC, PA, Epoxydharze) oder als Verbundwerkstoff mit Naturfasern (Flachs, Hanf) eingesetzt werden.  
Produkte vom Becher bis zum Möbelstück oder Fensterrahmen.
- Über eine basenkatalytische Spaltung von Lignin sind neue Moleküle synthetisiert worden, aus denen Bauschäume aus Polyurethan hergestellt werden – Bauschaum.

In den Eigenschaften ist der Bio-Kunststoff dem Holz sehr ähnlich und kann entsprechend entsorgt werden. Er ist biologisch abbaubar (z.T. sogar kompostierbar) oder kann Verbrannt werden. Die Herstellung des Kunststoffes ist weitgehend **klimaneutral**.

Lignin macht in der Pflanze die Zellen fest, lässt sie „verholzen“. In der Zellstoffindustrie (Papier) fällt es als Abfallstoff an. Momentan werden weltweit erst ca. 5% der Ligninabfälle verwertet. Der Rest wird meist zur Energieproduktion verbrannt. Abfall- und Reststoffe zu verwenden ist grundsätzlich sinnvoll, um angesichts knapper Ackerfläche Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu minimieren.

## Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK), WPC (WoodPlasticCompounds)

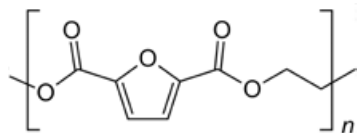
- Ausgangsstoff:** **Kunststoff** (erdölbasiert/ oder aus nachwachsenden Rohstoffen), **Pflanzenfasern** (Hanf, Flachs, Holz)
- Herstellung:** mischen, pressen, gießen, spritzen
- Verwendung:** NFK sind langlebig und **nicht biologisch abbaubar**. Sie haben gute mechanische Eigenschaften für den Autobau: Sie brechen z.B. ohne scharfe Kanten. Naturfasern haben Glasfasern gegenüber die Vorteile geringeren Gewichts und sind preisgünstiger. Gewichtsreduzierung im Autobau bedeutet potenziell geringeren Treibstoffverbrauch. Die Ökobilanz fällt Glasfasern gegenüber positiv aus – Ressourcen und Klima werden geschont. Sie sind theoretisch recycelbar.
- WPC** (Wood-Plastic-Composites) Kunststoffe werden mit bis zu 80 % Holzanteilen gemischt; Verwendung in der Bau- und Möbelindustrie. Sie können dort zum Einsatz kommen, wo Holz zu schnell verrottet.

## PTT Polytrimethylenterephthalat

<b>Ausgangsstoff:</b>	Mais
<b>Herstellung:</b>	Gehört zu den Polyestern und ist eng verwandt mit PET und PBT.
<b>Verwendung:</b>	Vor allem für Fasern, z.B. in Teppichböden Amaize® z.B. ist ein Teppichboden mit 37% Anteil an nachwachsenden Rohstoffen (Stärke)

## Polyethylenfuranoat, Poly(ethylen-2,5-furandicarboxylat) (PEF)

<b>Ausgangsstoff:</b>	PEF ist dem PET chemisch sehr ähnlich 100 % nachwachsende Rohstoffe, <b>FDCS</b> (= 2-5-Furandicarbonsäure) gewonnen aktuell hauptsächlich aus Zuckerrohr, künftig auch andere Biomasse, z.B. Chicorée-Wurzeln, Holzabfälle, Gras
<b>Herstellung:</b>	Gehört zu den Polyestern und ist eng verwandt mit PET und PBT. Manche Verfahren der Herstellung von FDCS <u>benötigen</u> CO <sub>2</sub> , das z.B. aus Kraftwerks- und Industrieabgasen stammen kann.
<b>Verwendung:</b>	Getränkeflaschen (gasdichter und stabiler als PET), Bekleidung, Teppiche, Wohnmöbel, Einwegwaren, Windeln, Industriefasern, Harze für Lacke und Verbundwerkstoffe u. a. <b>PEF ist nicht biologisch abbaubar aber zu 100 % recycelbar</b> <b>Gilt als wichtiger Kunststoff der Zukunft.</b>



Strukturformel von PEF

## Bio-PE (Polyethylen)

<b>Ausgangsstoff:</b>	Zucker, Stärke zur Vergärung und Gewinnung von Alkohol. Die Erzeugung aus Pflanzenölen über den Weg von Bio-Naphta wird gerade vorangetrieben.
<b>Herstellung:</b>	Durch die Dehydrierung von zuckerrohrbasiertem Bio-Ethanol kann ein biobasiertes Ethylen für die Herstellung von Bio-Polyethylen gewonnen werden.
<b>Verwendung:</b>	sehr vielfältig, Folien, Verpackungen, Gebrauchsgegenstände

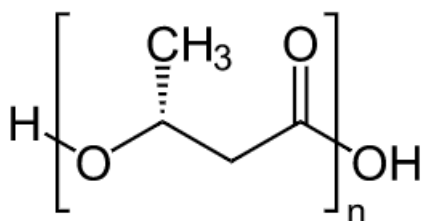


## Bio-PU (Polyurethan)

- Ausgangsstoff:** Pflanzenöle (Raps, Sonnenblume, Rizinus u.a.) oder Lignin
- Herstellung:** Durch Polyaddition von biobasierten Polyolen auf Basis von Pflanzenölen mit Isocyanaten.
- Oder: durch basenkatalytische Spaltung von Lignin-Molekülen sind neue Polymere synthetisiert worden, aus denen Hartschäume (Bauschaum) hergestellt wurden.
- Verwendung:** Thermoplastische Elastomere für Isoliermaterial, Schaumstoffe, Schuhsohlen, Bauschaum, Bindemittel in Spanplatten

## PHA und PHB (Polyhydroxyalkanoate/Polyhydroxyfettsäuren)

- Ausgangsstoff:** Natürlich vorkommende Polyester, die von Bakterien als Reserve- und Speicherstoff hergestellt werden → Biosynthese durch Bakterien. Die Industrie nutzt Mais, Zucker, Öle, Abfallstoffe aus der Landwirtschaft, der Biodieselproduktion (Glycerin) oder von Molkereien als Ausgangsstoffe.
- Herstellung:** Biotechnologisch: Anzucht von Bakterien. Abhängig von der verwendeten Bakterienart und den Bedingungen bei der Anzucht, werden Homo- oder Copolyester mit unterschiedlichsten Hydroxyalkansäuren erzeugt.
- Der Polyester wird aus den Bakterien extrahiert und gereinigt.
- PHB** ist die einfachste Form der Polyhydroxyalkanoate und besteht aus 1000 – 3000 Hydroxyfettsäureeinheiten.
- Verwendung:** **PHB ähnelt den Eigenschaften von PP.** Lässt sich mit bekannten Techniken aus der Verarbeitung petrochemischer Kunststoffe formen (Spritzguss, Extrusion und Extrusionsblasen) zu Folien und Hohlkörpern.
- Verpackungsmaterial für Lebensmittel, Behälter
  - Beschichtungen
- PHA** ist biologisch abbaubar.
- Verwendung in wasserdichten Verpackungen, aromadichten Gefäßen, hitzestabil bis ca. 180 Grad Celsius.
  - Medizinische Anwendungen (Nahtmaterial und Implantate)



Struktur von Poly-(R)-3-hydroxybutyrat (P3HB)

## Galalith (Kunsthorn, Milchstein)

### Ausgangsstoff:

Milcheiweiß Casein.

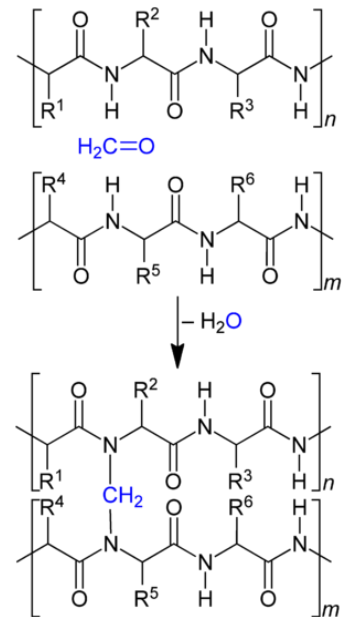
Casein ist der Proteinanteil in der Milch. Es sind diese Proteine, die bei Gerinnung zu der festen Konsistenz von Quark und Käse führen.

### Herstellung:

Gemahlenes Rohcasein wird befeuchtet, mit Füllstoffen, Farblösungen und weiteren Zusätzen vermischt und durch Wärme und Druck in Blockform gebracht. Dann wird es in Formaldehyd eingelegt und mit Warmluft getrocknet. Galalith ist zwischen 100 °C und 120 °C warmverformbar. Galalithgranulat ist biologisch abbaubar.

### Verwendung:

Folien, Stricknadeln, Füllfederhalter oder Plektren. Aufgrund seiner hohen Wasseraufnahmefähigkeit nur begrenzte Verwendungsmöglichkeiten.



Vernetzung von zwei Proteinketten (oben) über eine Methylen-Gruppe (unten) durch Reaktion mit Formaldehyd (H<sub>2</sub>CO) – schematische Darstellung.  
Quelle: Wikipedia

## **PBAT (Polybutylen-Adipat-Terephthalat), Blends aus PBAT mit z.B. PLA (Polymilchsäure)**

### Ausgangsstoff:

Erdöl, erste Erfolge bei der teilweisen Herstellung aus nachwachsenden Rohstoffen. Gehört chemisch zu den Polyestern.

In Blends mit z.B. Polymilchsäure ist die Milchsäure biobasiert, zB. aus Zucker oder Stärke.

### Verwendung:

Wegen seiner guten Abbaubarkeit: Einsatz für Lebensmittel-Verpackungen, kompostierbare Mulchfolien.

BASF hat mit ecovio® ein zertifiziert kompostierbares Material entwickelt, das erstmals nicht nur biologisch abgebaut wird, sondern auch Biomasse aufbaut.

## **PBS Polybutylensuccinat**

### Ausgangsstoff:

Erdöl oder teilweise oder ganz aus nachwachsenden Rohstoffen (Stärke, Glukose, Xylose, Glycerin) biotechnologisch gewonnene Bernsteinsäure und 1,4-Butandiol

### Herstellung:

PBS hat ähnliche Eigenschaften wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) und wird oft mit PLA verbunden.

### Verwendung:

Egal ob erdölbasiert oder biobasiert ist PBS biologisch abbaubar oder auch kompostierbar nach DIN EN 13432. Deswegen Verwendung für Lebensmittelverpackungen, Einweggeschirr, Garten- Landschaftsbau.

## PA Polyamide

- Ausgangsstoff:** Der Anteil der nachwachsenden Rohstoffe ist sehr unterschiedlich, kann aber bis zu 100 % betragen. Rizinusöl, Terpentinöl aus Zellstoffherstellung
- Herstellung:** Spaltet man im **Rapsöl** die Fettsäuren vom Glycerin ab, können diese freien Fettsäuren von Hefen der Gattung Candida zu Dicarbonsäuren umgesetzt werden. Dicarbonsäuren können zur Herstellung von **Polyamiden** und **Polyestern** genutzt werden.
- Verwendung:** Ein harter, abriebfester und sehr beständiger Thermoplast, der stabil ist gegenüber Lösungsmitteln und Chemikalien.  
Schläuche, Dichtungen, Fasern u. a.

## Chitin und Chitosan

- Ausgangsstoff:** Chitin (griech.: chiton = Panzer) ist neben Cellulose das am weitesten verbreitete Polysaccharid. Es ist in Gliedertieren, Weichtieren, Pilzen, Algen und Flechten zu finden, und aus diesen verschiedenen Organismen isoliert werden kann. Chitin besitzt für viele wirbellose Tiere eine ähnliche Stützfunktion, wie Cellulose bei Pflanzen.
- Mittlerweile wird Chitin v. a. aus den Panzerabfällen von verschiedenen Krebstieren (Grabben, Garnelen, Fischeschuppen) – geforscht wird an Insekten als Rohstoffquelle.
- Herstellung:** Es ist nicht als reines Chitin nutzbar, sondern wird chemisch verändert zu Chitosan.  
Chitosan ist ungiftig, biologisch abbaubar und kann zu Folien, Gelen und Fasern verarbeitet werden.  
Chitin ist ein aminozuckerhaltiges Homopolysaccharid der allgemeinen Formel  $(C_8H_{13}NO_5)_x = (N\text{-Acetyl-D-glucosamin})_x$ .
- Verwendung:** Medizinische Materialien (Naht- und Wundverschlussmaterial), Wursthüllen, Oberflächenbeschichtung von Papieren, Bindemittel in Farben, Verpackungsmaterial



# 2

## Bio-Kunststoffe – Werkstoffe für die Zukunft

Kl. 6-10

*Die meisten Kunststoffe sind heute noch aus Erdöl hergestellt.  
Das ist problematisch, denn:*

- ▶ Wie lange reichen unsere **Erdölvorräte** noch?
- ▶ Gefahren für Mensch und Umwelt bei der Förderung des **giftigen Erdöls!**
- ▶ Viele Kunststoffe verrotten nicht – **Vermüllung** der Umwelt
- ▶ Plastik-Müllentsorgung durch Verbrennen belastet das **Klima**

### Kunststoffe (fast) ohne Erdöl:

Schaut alle Gegenstände hier an. Es sind **Bio-Kunststoffe**.  
Hierfür werden oft Nachwachsende Rohstoffe statt Erdöl verwendet. Die häufigsten Rohstoffe sind **Stärke, Cellulose und PLA (= Polylactic acid = Polymilchsäure)**.

Sogar in der Medizin nutzt man Bio-Kunststoffe. **Chirurgische Fäden, Schrauben** und auch **Kapseln/Pillen** werden z.B. aus PLA oder PHA hergestellt. PHA (*Polyhydroxyalkonoat*) wird mit Bakterien hergestellt.

### Beantworte folgende Fragen:

1. Suche die **Tüte aus Stärke**. Sie ist **biologisch abbaubar**: Bakterien und Pilze zersetzen sie vollständig zu CO<sub>2</sub> und Wasser (den Ausgangsstoffen der Fotosynthese). Schnell abbaubare Bio-Kunststoffe erkennt man am **Kompostierungszeichen**. Zeichne das Zeichen ab.
2. Nenne 2 Bio-Kunststoffe, für die die Rohstoffe auf **Flächen in der Landwirtschaft (Äckern, Wiesen)** angebaut werden.
3. **Suche den Biokunststoff aus „Lignin“**. Lignin ist ein Abfallstoff und verbraucht keine Flächen in der Landwirtschaft. Wobei fällt Lignin als Abfallstoff an?



# 2

## Bio-Kunststoffe – Werkstoffe für die Zukunft

Kl. 6-10


Leseleicht

Alle Gegenstände in den Boxen werden als **Bio-Kunststoffe** bezeichnet!  
Statt Erdöl werden oft Nachwachsende Rohstoffe verwendet.

Auf den Fotokarten siehst du, aus welchen nachwachsenden Rohstoffen die unterschiedlichen Bio-Kunststoffe hergestellt wurden (z.B. Stärke, Zucker, Holz...)

Sogar in der Medizin nutzt man Bio-Kunststoffe. Es gibt **Chirurgische Fäden**, die von Bakterien hergestellt werden.

Beantworte folgende Fragen:

- 
1. Suche die **Tüte aus Stärke**. Sie ist **biologisch abbaubar**: Schneide die abbaubare Bio-Kunststoffe erkennt man am **Kompostierungszeichen**. Zeichne das Zeichen ab.
  2. Nenne 2 Bio-Kunststoffe, für die die Rohstoffe auf **Flächen in der Landwirtschaft (Äckern, Wiesen)** angebaut werden.
  3. **Suche den Biokunststoff aus „Lignin“**. Lignin ist ein Abfallstoff und verbraucht keine Flächen in der Landwirtschaft. Wo fällt Lignin als Abfall an?

# 2

## Bio-Kunststoffe – Werkstoffe für die Zukunft

Sek.2

Die meisten Kunststoffe sind heute noch aus Erdöl hergestellt.  
Das ist problematisch, denn:

- ▶ Wie lange reichen unsere **Erdölvorräte** noch?
- ▶ Gefahren für Mensch und Umwelt bei der Förderung des **giftigen Erdöls!**
- ▶ Viele Kunststoffe verrotten nicht – **Vermüllung** der Umwelt
- ▶ Plastik-Müllentsorgung durch Verbrennen belastet das **Klima**

### Kunststoffe (fast) ohne Erdöl:

Alle Gegenstände in den Boxen werden als **Bio-Kunststoffe** bezeichnet!  
Hierfür werden oft Nachwachsende Rohstoffe verwendet. Die häufigsten Rohstoffe dabei sind **Stärke, Cellulose und PLA (= Polylactic acid = Polymilchsäure)**.

Sogar in der Medizin nutzt man Bio-Kunststoffe. **Chirurgische Fäden, Schrauben** und auch **Kapsel-/ Pillenmaterial** werden z.B. aus PLA oder auch PHA hergestellt. PHA (*Polyhydroxyalkonoat*) ist ein Polyester, der mit Bakterien hergestellt wird.

#### Was wird als **Bio-Kunststoff** bezeichnet?

1. *Mischkunststoffe* aus erdölbasiertem Kunststoff mit Naturfasern wie Hanf oder Holz
2. *erdölbasierte* Kunststoffe, die biologisch abbaubar sind.
3. Kunststoffe *aus nachwachsenden Rohstoffen*, die nicht biologisch abbaubar sind.
4. Kunststoffe *aus nachwachsenden Rohstoffen*, die biologisch abbaubar sind.

1. Es gibt Tüten aus Bio-Kunststoff, die biologisch abbaubar sind: Bakterien und Pilze zersetzen das Material vollständig zu den Ausgangsstoffen der Photosynthese: CO<sub>2</sub> und Wasser.  
Schnell abbaubare Bio-Kunststoffe erkennt man an **Kompostierungs-Zeichen**. Zeichne das Zeichen.
2. Nenne 2 Bio-Kunststoffe, für die die Rohstoffe auf **Flächen in der Landwirtschaft (Äckern, Wiesen)** angebaut werden.
3. Suche den Biokunststoff aus „Lignin“. Lignin ist ein **Abfallstoff** und verbraucht keine Flächen in der Landwirtschaft. Wobei fällt Lignin an?
4. Ist **PE** (Polyethylen) aus Zucker abbaubar?
5. Suche einen gut **recyclbaren Bio-Kunststoff**



## 2.

## Definition Bio-Kunststoffe

1. Mischkunststoff aus: erdölbasiertem Kunststoff mit Naturfasern wie Hanf, Flachs, Holzspänen

oder

2. Erdölbasierte Kunststoffe, die biologisch abbaubar sind

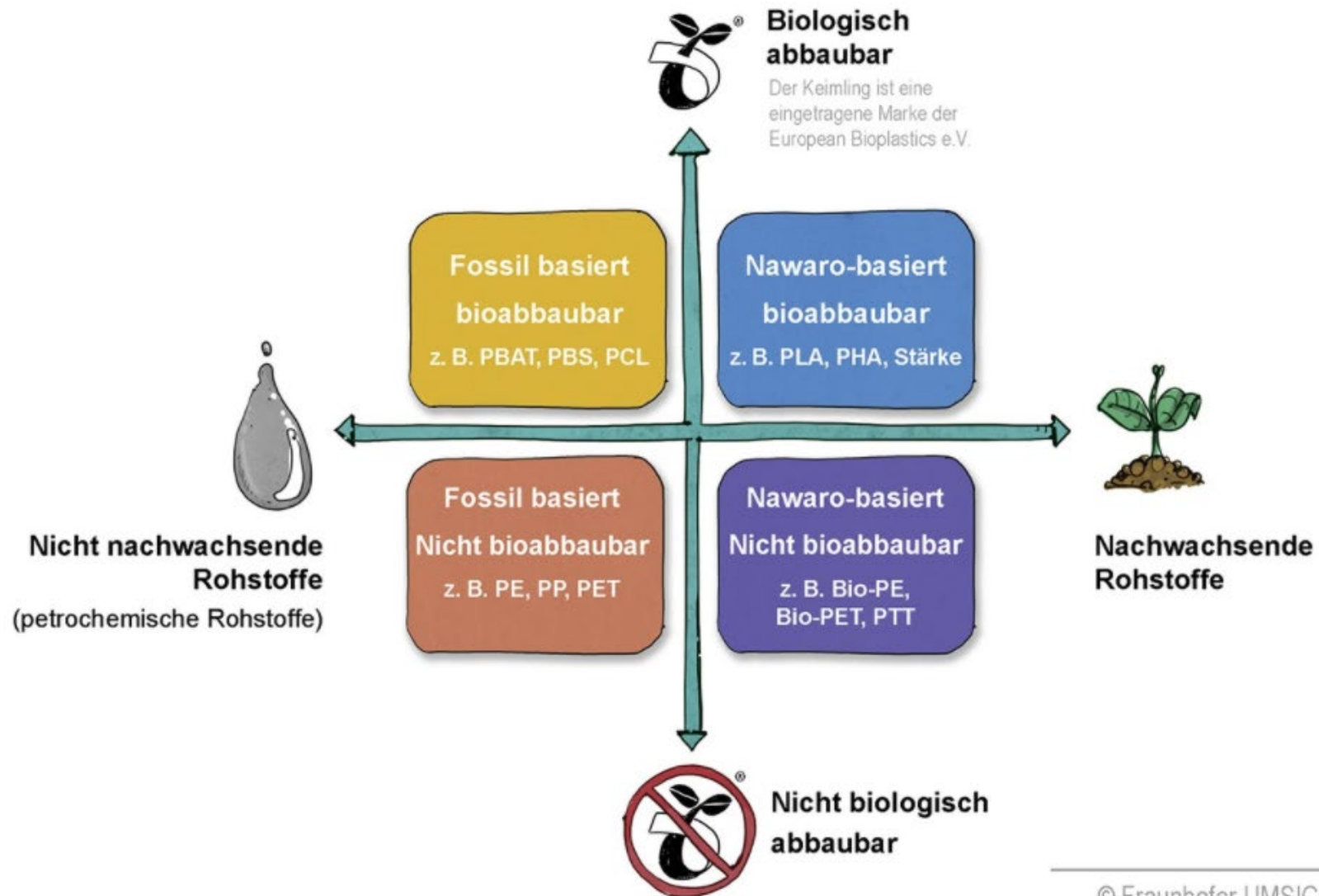
oder

3. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die nicht biologisch abbaubar sind

oder

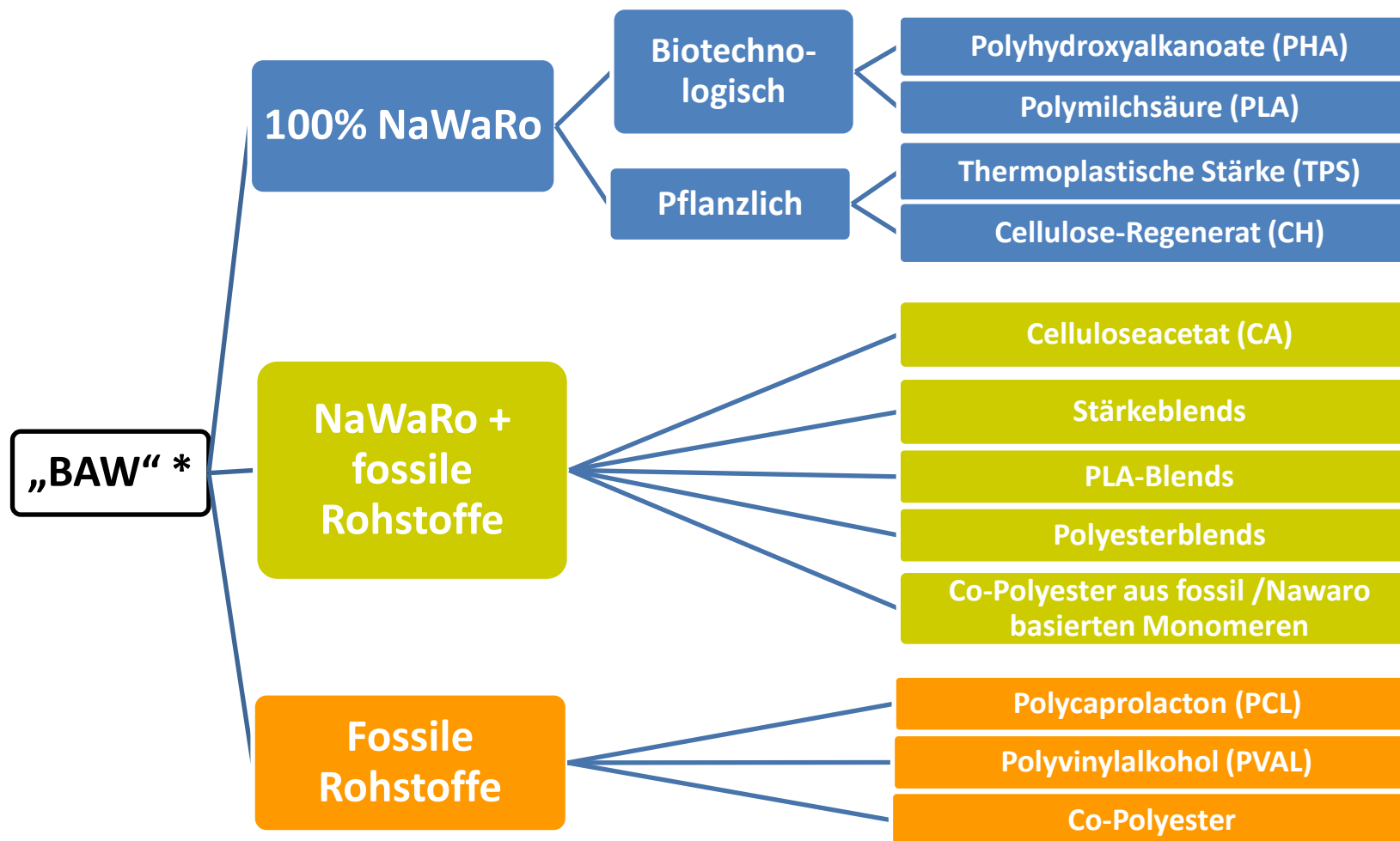
4. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die biologisch abbaubar sind.

## Grafische Darstellung aller Kunststofftypen und deren mögliche Kombinationen



© Fraunhofer UMSICHT

# Systematik von biologisch abbaubaren Kunststoffen



\*nach DIN EN 13432/14995 zertifiziert

## Der Rohstoff Cellulose steckt in vielen Pflanzen:



Holz



Baumwolle

Name des Bio-Kunststoffs: **Viscose**  
**Lyocell**

Rohstoff: Cellulose

Die Cellulose wird mit Hilfe chemischer Stoffe aufgeweicht und zu Fäden (für die Herstellung von Kleidungsstoffen) oder zu Schwämmen verarbeitet.

## Der Rohstoff Stärke steckt in vielen Pflanzen:



Kartoffeln



Getreide



Mais



Reis

Name des Bio-Kunststoffs: **Stärkeblends**  
(= Mischung aus Stärke und anderen Stoffen)

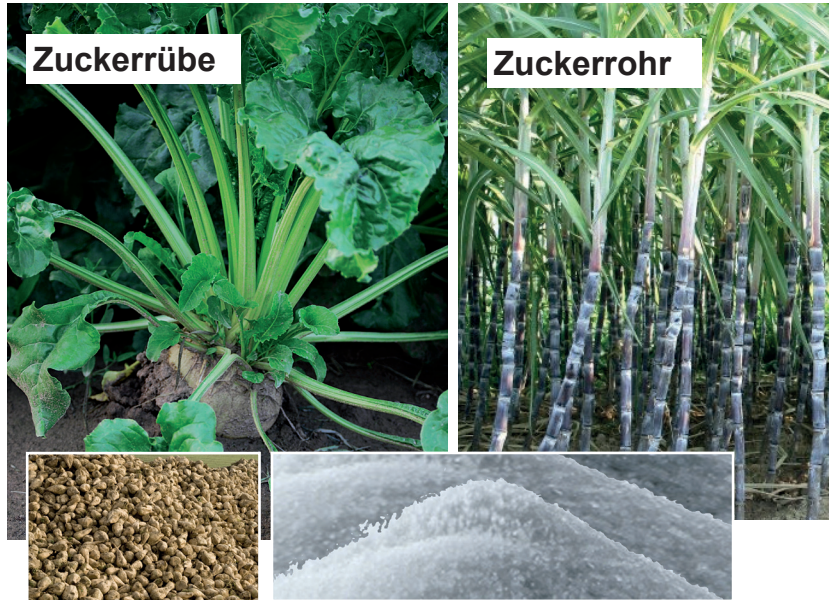
Rohstoff: Stärke

Damit die Stärke-Tüte sich nicht im nächsten Regen auflöst, wird sie mit öligen Stoffen beschichtet.

Aus Stärke lassen sich Kunststoffe herstellen, die gut biologisch abbaubar sind (= kompostierbar).



## Bakterien machen Milchsäure aus Zucker:



**Name des Bio-Kunststoffs: Polymilchsäure (PLA)**

**Rohstoff:** Zuckerrübe, Zuckerrohr

Milchsäure-Bakterien vergären Zucker zu Milchsäure. Milchsäure kennst du vom sauren Geschmack im Joghurt oder im Sauerkraut.

Bio-Kunststoff aus PLA kann ganz verschiedenartig sein. Je nach Wunsch und Verarbeitung kann er schnell abbaubar oder jahrelang benutzbar sein.



**Name des Bio-Kunststoffs: Natur-Gummi**

**Rohstoff:** Latex

Der Gummibaum, auch Kautschukbaum genannt, wird angeritzt und der Milchsaft (Latex) aufgefangen.

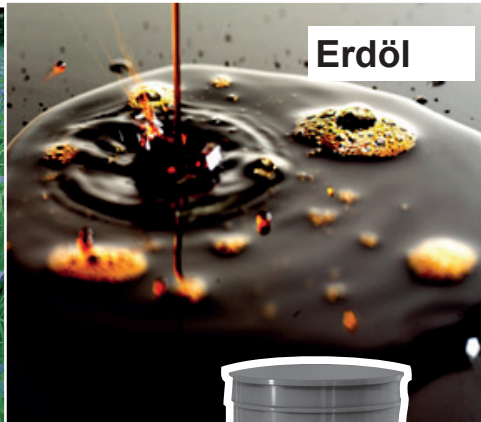
Der Milchsaft wird durch die Zugabe von Schwefel und durch Erhitzung zum elastischen Natur-Gummi.

Kautschukbäume werden hauptsächlich auf Plantagen in Asien angebaut.





**Flachs**



**Erdöl**



**Erdöl**

**Name des**

**Bio-Kunststoffs: NFK**

(= NaturFaser verstärkter Kunststoff)

**Rohstoff:** Pflanzenfasern oder Holzspäne, Erdöl

Ein Kunststoff, in den Pflanzen-Fasern oder Holzspäne eingemischt sind.

Daraus können stabile und leichte Gegenstände hergestellt werden.



**Lein**



**Sojabohne**

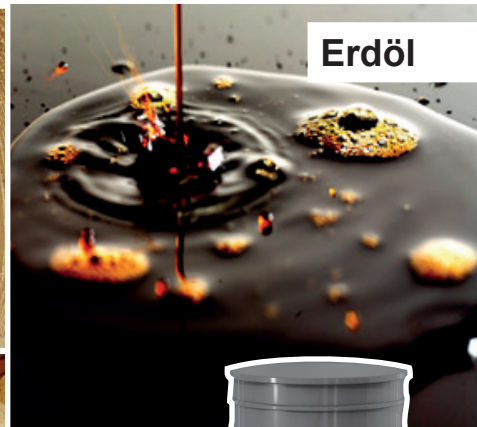
**Name des Bio-Kunststoffs: Linoleum**

**Rohstoff:** Leinöl oder Sojaöl

Aus Lein-Öl wird schon seit rund 150 Jahren Linoleum hergestellt. Dieser umweltfreundliche Bodenbelag besteht außerdem noch aus Kork- oder Holzmehl, Kalksteinpulver, Farbstoffen, Jute und Harz. Heutzutage wird auch Sojaöl verwendet.



**Holzspäne**



**Erdöl**



**Name des**

**Bio-Kunststoffs:** **NFK**  
(= NaturFaser verstärkter Kunststoff)

**Rohstoff:** Holzspäne, Erdöl

Ein Kunststoff, in den Pflanzen-Fasern oder Holzspäne eingemischt sind.

Daraus können stabile und leichte Gegenstände hergestellt werden.

## Tierische Rohstoffe:



**Fette und Eiweiße**



**Gelatine**



**Chitin**

Foto: spiegel-online.de

**Name des Bio-Kunststoffs:**

**Bio-Kunststoffe aus tierischen Abfällen**

**Rohstoff:** Fett und Eiweiß aus Schlachtabfall,  
Chitin aus Fischschuppen und Krabbenhüllen,  
Gelatine aus Knochen und anderes

Forscher entdecken immer neue Stoffe und Techniken,  
Kunststoffe auch aus Reststoffen (Abfällen) statt aus Erdöl  
herzustellen.



## Der Rohstoff Cellulose steckt in vielen Pflanzen:



Holz



Baumwolle

**Name des Bio-Kunststoffs: Cellulose-Acetat (CA)**

**Rohstoff:** Cellulose

Meistens wird für diesen Kunststoff die Cellulose aus Holz und Baumwolle verarbeitet.

Die Cellulose wird mit Hilfe von Essig-Säure zum Bio-Kunststoff verarbeitet.

Aus Cellulose-Acetat kann man verschiedenes herstellen: Brillengestelle, Spielzeug, Kugelschreiber, seidige Stoffe und vieles mehr.

## Lignin aus:

**Abfall und Reststoff aus der Papierherstellung**



Holz

**Name des Bio-Kunststoffs: „Flüssiges Holz“**

**Rohstoff:** Lignin  
(zum Beispiel Abfallstoff aus der Papierherstellung)

Besonders clever ist es, aus einem Abfallstoff etwas Neues herzustellen:

Lignin ist neben Cellulose und Hemicellulose ein Hauptbestandteil von Holz. Wenn die Cellulose für die Papierherstellung aus dem Holz heraus geholt wird, fällt Lignin als Abfall an:

→ weltweit fallen davon etwa 50 Millionen Tonnen im Jahr an!



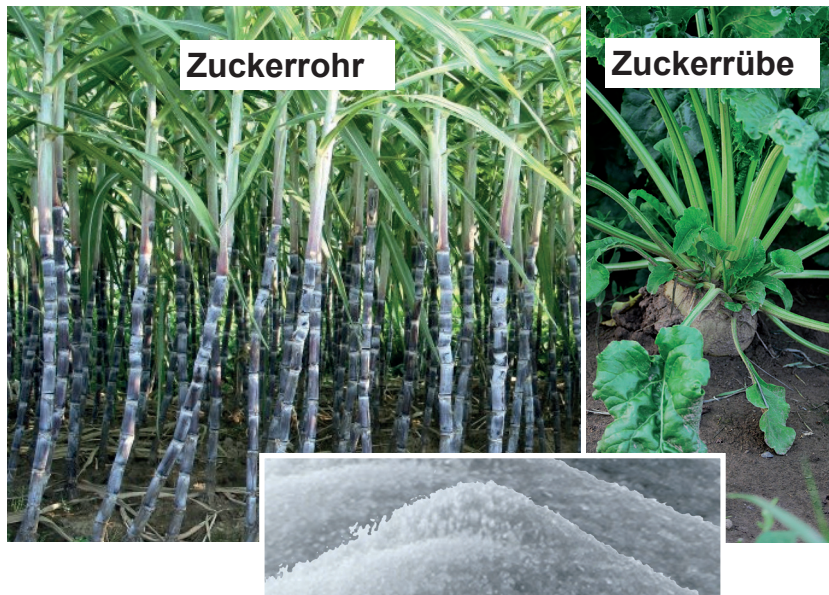
**Milch**

## Name des Bio-Kunststoffs: Kunststoff aus Milcheiweiß

**Rohstoff:** Kuhmilch

Das Eiweiß der Milch nennt man **Casein**.  
Milch, die keine gute Qualität hat und nicht als Nahrungsmittel geeignet ist, liefert jede Menge Casein, aus dem Biokunststoff hergestellt wird.  
Meist werden hieraus Folien, Verpackungen oder Textilfasern gemacht.

Schon das **Galalith** - einer der ersten Biokunststoffe - wurde aus Casein unter Beimischung von Formaldehyd hergestellt.



**Zuckerrohr**

**Zuckerrübe**

## Name des Bio-Kunststoffs: **PE (Polyethylen)** **PP (Polypropylen)**

**Rohstoff:** Zuckerrohr, Zuckerrübe

Aus Zucker lässt sich durch Gärung Alkohol gewinnen.  
Aus Alkohol können die gleichen PE- und PP-Kunststoffe hergestellt werden, wie aus Erdöl - dauerhaft und nicht abbaubar.



**Exponat:**

**Zigarettenhülle/-filter**



Quelle: <https://www.biorama.eu/so-toedlich-sind-zigarettenfilter-fuer-die-umwelt/>

- Jahrzehnte bis sie verrottet sind (im Meer >100 Jahre)
- Weltweit ca. 4,5 Billionen weggeworfene Stummel
- Mit den Filtern gelangen Nikotin (Nervengift), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Benzol, Formaldehyd, Schwermetalle (Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer) in die Umwelt. Nur eine Zigarette kann bis zu 60 Liter Wasser verseuchen und Tieren schwere Schäden zufügen.