

WHITEPAPER

**GREEN MATERIALS:
BIOBASIERTE KUNSTSTOFFE**

GREEN MATERIALS: BIOBASIERTE KUNSTSTOFFE



INHALT

1. Aufbau eines Kabels
2. Kann Kunststoff nachhaltig sein?
3. Arten von (Bio-)Kunststoffen
4. Herstellung und Ausgangsmaterialien biobasierter Kunststoffe
5. Grenzen für die Herstellung biobasierter Kunststoffe
6. Beispiele biobasierter Kunststoffe
7. Fazit

1. AUFBAU EINES KABELS

LAPP Kabel können grundverschiedene Aufgaben übernehmen und eignen sich für tausende Anwendungen. Ein Kabel ist ein mit isolierenden Werkstoffen ummantelter elektrischer Leiter. Die Geschichte von LAPP beginnt 1957 mit der Erfindung der ersten Leitung, deren Adern unterschiedlich farbig gekennzeichnet sind.

Abbildung 1 zeigt vereinfacht den grundlegenden Aufbau eines Kabels. Die eigentlichen Kupferleiter werden mit einem Isolierwerkstoff, beispielsweise Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyethylen (PE), ummantelt. Dies dient in erster Linie der Isolation der einzelnen Leiter voneinander. Je nach Anwendung können ein Innenmantel oder eine Schirmung aus Kupfergeflecht oder Folie nötig sein. Als Schutz der Leitung vor mechanischen Belastungen, chemischen Stoffgemischen sowie Temperatureinflüssen dient der Außenmantel, für den unterschiedliche Kunststoffe zum Einsatz kommen können wie PVC, Thermoplastisches Polyurethan (TPU) oder Thermoplastisches Vulkanisat (TPV). Jede dieser Schichten erfüllt also einen ganz bestimmten Zweck und wird aus einem ganz bestimmten Kunststoff hergestellt, der diese Funktion leisten kann.



Abbildung 1: Vereinfachter Aufbau eines Kabels¹

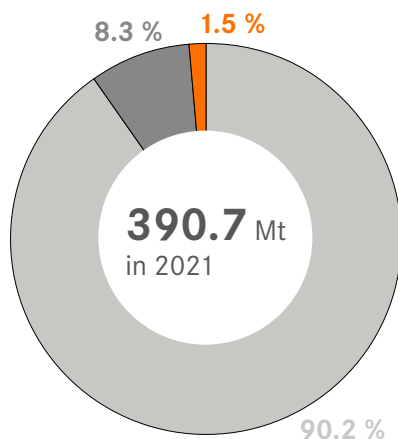
2. KANN KUNSTSTOFF NACHHALTIG SEIN?

Kunststoffe sind nicht nur für die Kabelbranche, sondern für die gesamte moderne Gesellschaft einer der wichtigsten Werkstoffe: Ob als sterile Produkte in der Medizintechnik, als Dämmstoffe für energieeffizientes Bauen oder als Schutz von verderblichen Lebensmitteln – Kunststoffe erfüllen vielfältige Funktionen, ohne die der moderne Lebensstandard nicht zu halten wäre. Entsprechend groß ist der weltweite Verbrauch von Kunststoffen. Im Jahr 2021 wurden weltweit über 390 Millionen Tonnen Kunststoff produziert (s. **Abbildung 2**). Durch die meist geringe Dichte, ein Alleinstellungsmerkmal von Kunststoff gegenüber vielen anderen Werkstoffen², entspricht diese Masse jedoch einem weit größeren Volumen, als es beispielsweise bei Metall der Fall wäre.

¹ Kabel und Leitungen | LAPP Online Shop

² BONTEN, Christian. Kunststofftechnik: Einführung und Grundlagen. Carl Hanser Verlag, 2020.

2021



LEGENDE



Kunststoffe auf fossiler Basis



Recycelte Kunststoffe (post consumer)



(Teilweise) biobasierte Kunststoffe

Abbildung 2: Weltweite Kunststoffproduktion und Aufteilung nach den drei Hauptbezugsquellen für die Kunstoffherstellung 2021³

Abbildung 2 zeigt drei Bezugsquellen für Kunststoffe: fossile Ressourcen, Wiederverwertung als Recyclingmaterial und biobasierte Rohstoffe. Es wird deutlich, dass über 90 % der weltweiten Kunststoffproduktion auf fossilen Ressourcen beruht. Diese sind jedoch nicht nur endlich, sondern tragen auch durch die Freisetzung von fossilem CO₂ zum Klimawandel bei. Eine ressourcenschonendere Alternative dazu ist die Wiederverwertung als Recyclingmaterial, wodurch der hochwertige Werkstoff Kunststoff ein zweites Leben erhält. Der Anteil von ca. 8 % an der weltweiten Kunststoffproduktion ist aber noch gering.

Die dritte und bislang am wenigsten eingesetzte Bezugsquelle für Kunststoffprodukte sind biobasierte Rohstoffe. Als biobasiert (oder auch nachwachsend) bezeichnet man Rohstoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die nach nicht mehr als zwei Wachstumsperioden geerntet werden können⁴. Diese Abgrenzung ist wichtig, da auch fossile Rohstoffe einen biologischen Ursprung haben. Diese biologischen Ursprungsstoffe wurden im Lauf von mehreren Millionen Jahren in Produkte wie Erdöl oder Erdgas umgewandelt. Der darin enthaltene Kohlenstoff war daher lange aus der Erdatmosphäre verschwunden – setzt man ihn frei, erhöht das heute somit den CO₂-Gehalt der Luft. Der Kohlenstoff in nachwachsenden Rohstoffen wurde dagegen erst vor vergleichsweise kurzer Zeit über die pflanzliche Fotosynthese aus der Luft aufgenommen. Das bedeutet einen geschlossenen CO₂-Kreislauf.

³ Plastics – the Facts 2022. Plastics Europe, verfügbar unter Plastics – the Facts 2022 • Plastics Europe
⁴ ENDRES, H. J.; SIEBERT-RATHS, A. Technische Biopolymere: Rahmenbedingungen, Marktsituation, Herstellung, Aufbau und Eigenschaften. Carl Hanser Verlag, 2009.

3. ARTEN VON (BIO-)KUNSTSTOFFEN

Im Gegensatz zum aktuell negativen Bild von Kunststoffen, das von NGOs wie Greenpeace mit plakativen Kampagnen befeuert wird⁵, ist der Begriff „Biokunststoff“ in der Regel positiv besetzt. Die Bezeichnung „Biokunststoff“ ist allerdings nicht eindeutig definiert, sondern ist allenfalls eingegrenzt über die zwei grundsätzlich verschiedenen Werkstoffeigenschaften:

- biobasiert und
- bioabbaubar.

Da sich diese beiden Eigenschaften sowohl ergänzen als auch ausschließen können, ergeben sich (im Gegensatz zu der in **Abbildung 2** gezeigten Aufteilung nur nach Bezugsquellen) durch diese Einteilung vier Arten von Kunststoffen (**s. Abbildung 3**).

Abbildung 3 unten links (Quadrant 3) bezeichnet die sogenannten konventionellen Kunststoffe. Diese werden aus erdölbasierten / fossilen Grundchemikalien synthetisiert, indem viele kleine Monomer-Einheiten zu langen Polymerketten chemisch verknüpft werden. Diese Kunststoffe haben meist eine lange Beständigkeit, da ihre chemischen Bindungen nicht durch natürliche Prozesse biologisch abgebaut werden können. Darunter fallen die derzeit vorherrschenden Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) sowie die technischen Kunststoffe Polyvinylchlorid (PVC) und Polyamid (PA, „Nylon“). Sie sind kostengünstig und in großen Mengen verfügbar.

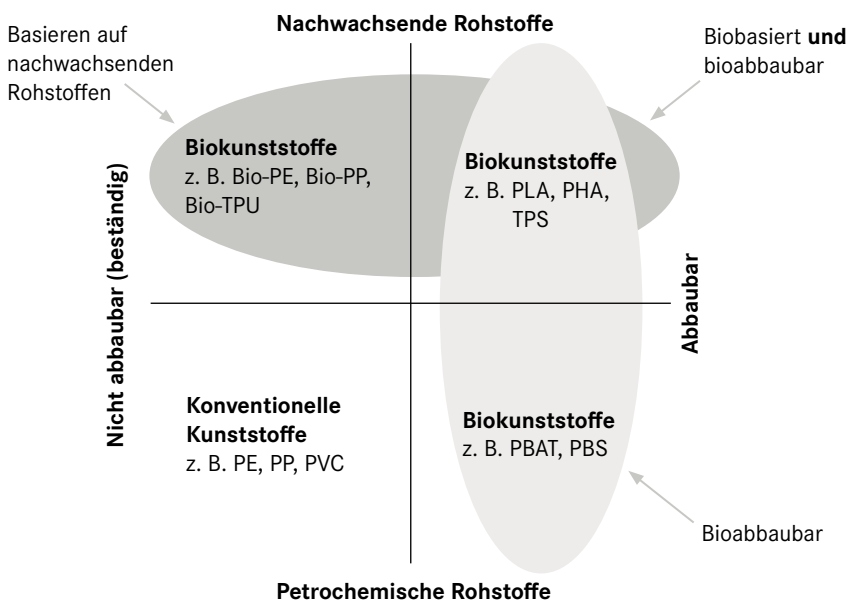


Abbildung 3: Einteilung von Kunststoffen

⁵ Klimakiller Kunststoff | Greenpeace

Es gibt darüber hinaus Kunststoffe, die auf die gleiche Weise auf Basis fossiler Rohstoffe hergestellt werden können, deren molekulare Bindungen aber durch die Stoffwechselprozesse bestimmter Bakterien gelöst werden können (**Abbildung 3**, unten rechts, Quadrant 4). Sie sind unter geeigneten Bedingungen biologisch abbaubar und zählen damit zu den Biokunststoffen. Vertreter sind beispielsweise Polybutylenadipaterephthalat (PBAT) oder Polybutylensuccinat (PBS). Sie finden Anwendung in Mulchfolien für den Agrarsektor oder kompostierbaren Beuteln für den Bioabfall im Haushalt.

In der oberen Hälfte (Quadrant 1 und 2) sind die biobasierten Kunststoffe, die **Abbildung 2** zeigt. Auch hier wird die Unterscheidung zwischen bioabbaubar und nicht-bioabbaubar (beständig) getroffen. Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe (Quadrant 2) vereinen beide Eigenschaften, die sie als Biokunststoff qualifizieren können. Bei diesen Werkstoffen handelt es sich um lange bekannte, aber industriell noch wenig eingesetzte Materialien. Polylactid (PLA) ist inzwischen durch die starke Verbreitung des 3D-Drucks für den privaten Bedarf bekannt worden, andere Vertreter wie Polyhydroxybutyrat (PHB) oder Thermoplastische Stärke (TPS) sind weit weniger verbreitet.

Die biologische Abbaubarkeit von Kunststoffprodukten muss differenziert betrachtet werden. In bestimmten Anwendungen im Außenbereich, wenn das Bauteil mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Umwelt verbleibt, kann es vorteilhaft sein, wenn es rückstandslos zersetzt werden kann. Dies kann absichtlich sein wie im Fall von Baumschutz für junge Setzlinge oder unabsichtlich, etwa durch unvermeidlichen Abrieb bei Straßenkehrmaschinen⁶. In technischen Anwendungen ist jedoch generell eine hohe Beständigkeit und damit einhergehend eine lange Nutzungsdauer gewünscht.

Eine Lösung können in diesem Fall biobasierte, aber nicht bioabbaubare Kunststoffe sein, die sich in Quadrant 1 (oben links) finden. Sie unterscheiden sich in ihrer Langzeitbeständigkeit nicht von den konventionellen Kunststoffen, erreichen aber einen geschlossenen CO₂-Kreislauf durch die Nutzung nachwachsender Ressourcen. Dabei kann es sich um neuartige Polymere wie Polyethylenfuranoat (PEF) handeln. Es ist jedoch auch möglich, aus biobasierten Grundchemikalien, beispielsweise Bio-Ethanol, chemisch identische Werkstoffe wie die bekannten konventionellen herzustellen. Diese Art von Kunststoffen wird als „Drop-in“ bezeichnet⁷ und bietet den großen Vorteil, dass die biobasierten Pendanten mit nur geringen Anpassungen auf etablierten Anlagen verarbeitet werden können.

⁶ BioSinn - Products for which biodegradation makes sense (PDF) | Renewable Carbon Publications (renewable-carbon.eu)

⁷ Sachverständigenrat Bioökonomie Bayern. Schwerpunktthema Drop-In-Biokunststoffe. 2017

4. HERSTELLUNG UND AUSGANGSMATERIALIEN BIOBASIERTER KUNSTSTOFFE

Die möglichen Quellen von biobasierten Kunststoffen sind ebenso vielfältig wie ihre Anzahl. Einige Polymere kommen sogar in der Natur vor. Es gibt Bakterien und Algen, die überschüssige Energie speichern, indem sie direkt in ihren Zellen energiereiche Polymere herstellen. In Mangelzeiten können diese Energiespeicherstoffe wieder in kleine Bausteine zerlegt und die Energie zurückgewonnen werden. Dieser Prozess lässt sich auch großtechnisch über eine Fermentation umsetzen.

In den meisten Fällen werden jedoch nicht die Polymere als Ganzes über biologische Prozesse hergestellt, sondern die dafür benötigten Ausgangsstoffe. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist Polyethylen (PE): PE wird großtechnisch mittels geeigneter Katalysatoren aus Ethen (Ethylengas) synthetisiert. Ethen fällt als Nebenprodukt beim Cracken von Erdgas an und ist somit fossilbasiert. Es ist aber auch möglich, Ethen aus Bio-Ethanol und damit aus nachwachsenden Quellen herzustellen. Verwendet man dieses biobasierte Ethen als Rohstoff für die PE-Produktion, erhält man Bio-PE, das chemisch völlig identisch zu konventionellem PE ist.

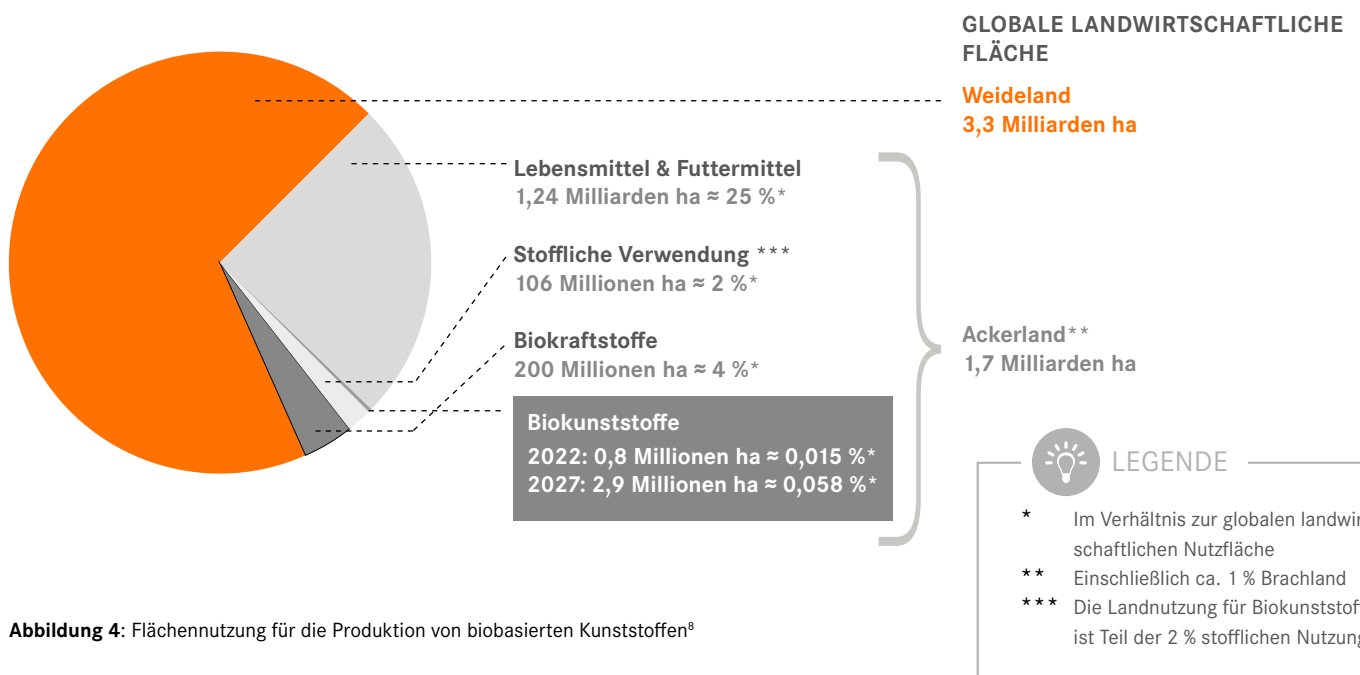
Am Anfang einer solchen mehrstufigen Produktionskette stehen kohlenhydratreiche Grundbausteine wie Zucker oder Stärke oder ölhaltige Substanzen wie Raps oder Sonnenblumenöl. Diese werden als Biorohstoffe der ersten Generation bezeichnet, da sie auch für die Futter- oder Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden können. Oft ergeben sich Diskussionen um eine mögliche Konkurrenzsituation zwischen Nahrung und Kunststoff. Im Jahr 2022 dienten weltweit geschätzte 0,015 % der verfügbaren Ackerfläche (arable land, vgl. **Abbildung 4**) für die Produktion von biobasierten Kunststoffen und damit weniger als 0,01 % der globalen landwirtschaftlich nutzbaren Fläche (vgl. **Abbildung 4**).



EXKURS: POLYMER, KUNSTSTOFF ODER PLASTIK?

Der chemische Fachbegriff Polymer bezeichnet hochmolekulare Verbindungen aus Kohlenwasserstoffen, die aus mehreren Tausend bis mehreren Millionen kleiner Wiederholeinheiten (Monomeren) aufgebaut sind. Ein Polymer in Reinform muss mit geeigneten Additiven aufbereitet werden, ein Kunststoff ist daher ein technisch einsetzbarer Werkstoff aus Polymeren und Additiven. Die Begriffe Kunststoff und Plastik sind synonym, im deutschen Sprachgebrauch wird der mit einem negativen Image behaftete Begriff „Plastik“ von Fachleuten vermieden.

Schätzung der Flächennutzung für Biokunststoffe 2022 und 2027

Abbildung 4: Flächennutzung für die Produktion von biobasierten Kunststoffen⁸

Für die Zukunft besteht die Hoffnung, dass mit steigendem Produktionsvolumen und Marktanteil sich auch die Effizienz der Prozesse verbessert und der benötigte Flächenbedarf reduziert werden kann. Ein großes Forschungsthema ist aktuell zudem die Nutzung von Abfallströmen für die Produktion biobasierter Kunststoffe. Dabei handelt es sich nicht nur um gesammelte Bioabfälle aus dem Haushalt⁹, sondern auch um Reststoffe der Agrarindustrie. Es gibt Forschungsansätze zur Verwertung von Molke aus der Milchindustrie oder das bei der Getreideernte anfallende Stroh¹⁰. Auf diese Weise sind deutliche Einsparungen an Ressourcen und Emissionen gegenüber konventionellen Kunststoffen möglich.

5. GRENZEN FÜR DIE HERSTELLUNG BIOBASIERTER KUNSTSTOFFE

Bisher sind aber noch nicht alle chemischen Grundbausteine auf biologischer Basis verfügbar. Das führt dazu, dass bei der Polymersynthese im gleichen Schritt biobasierte und konventionelle Grundchemikalien eingesetzt werden. In diesem Fall spricht man von „teilweise biobasiert“. Für die Berechnung wird der Anteil biobasierter Ausgangsstoffe rechnerisch auf das hergestellte Polymer umgerechnet (vgl. **Abbildung 5**).

⁸ Feedstock – European Bioplastics e.V. (european-bioplastics.org)

⁹ Biowaste to products (BW2Pro) - Biopro BW (bio-pro.de)

¹⁰ „Grünes“ Ethylacetat aus Molke – wie das funktioniert - ingenieur.de; Aus altem Fett wird Hightech-Kunststoff (covestro.com); BluCon Biotech: Neuer Biokunststoff aus Stroh (plasticker.de)

Bei teilweise biobasierten Kunststoffen ist ein detaillierter Blick auf die Zusammensetzung wichtig, was leicht am Beispiel von PVC erklärt werden kann. Zwar ist es inzwischen möglich, mit gewissen Grundbausteinen ein teilweise biobasiertes PVC herzustellen¹¹. Es kommt jedoch auch vor, dass bei der Aufbereitung von konventionellem PVC zum verarbeitbaren Kunststoff biobasierte Additive eingesetzt werden. Dadurch gilt der Kunststoff als teilweise biobasiert, obwohl das enthaltene PVC vollständig auf Basis fossiler Rohstoffe hergestellt wurde. Umgekehrt ist es aber auch der Fall, dass nicht alle Additive, die für die Herstellung hochwertiger Kunststofftypen notwendig sind, auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden können. Daher ist es aktuell nicht unüblich, dass ein biobasierter Kunststoff mit fossilbasierten Zusatzstoffen versetzt wird.

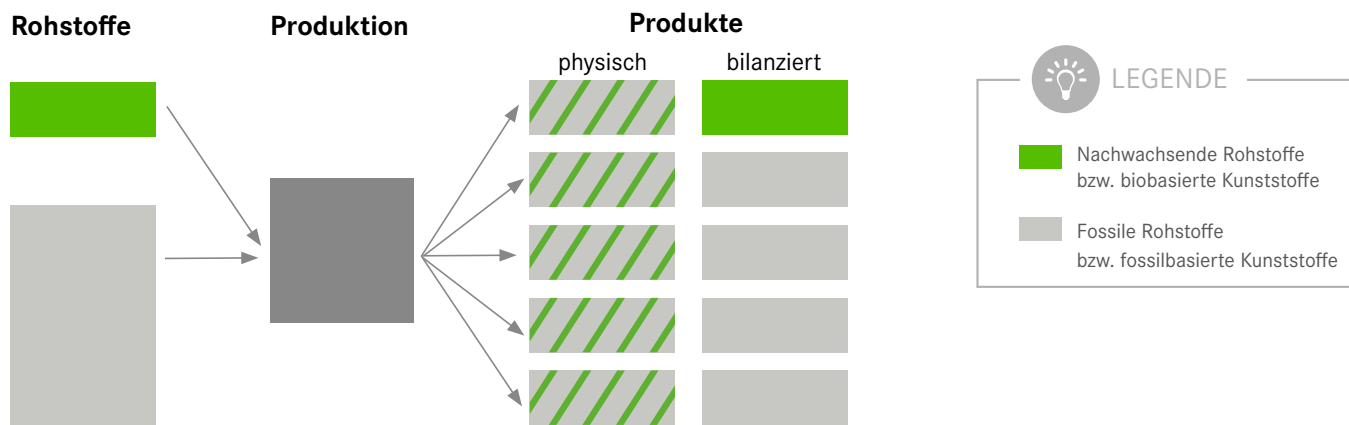


Abbildung 5: Berechnung des Bio-Anteils in teilweise biobasierten Kunststoffen¹²

Mit der C14-Methode kann der Anteil biobasierter Rohstoffe in einem Produkt exakt bestimmt werden. In allen lebenden Organismen tritt das radioaktive Kohlenstoff-Isotop C14 in einem festen Anteil auf. Mit dem Absterben des Organismus wird der Zerfall nicht länger ausgeglichen, sodass die Konzentration von C14 kontinuierlich abnimmt. Durch die Bestimmung des aktiven C14 in einer Substanz kann daher der Anteil an jungem oder nachwachsendem Kohlenstoff genau bestimmt werden¹³.

Neben diesem eindeutig zuordenbaren Bio-Anteil kommt es aber auch vor, dass entlang der langen Prozesskette vom Polymer zum Kunststoff an anderen Stellen nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden. Diese können bei der Energieerzeugung zum Einsatz kommen oder auch an geografisch getrennten Standorten des Unternehmens. In diesen Fällen kann eine sogenannte Massebilanzierung erfolgen¹⁴, zertifizierbar nach ISO 22095:2020. Es handelt sich dabei um eine rein rechnerische Methode, der Biomasseanteil lässt sich nicht zwangsläufig im vorliegenden Produkt nachweisen.

¹¹ Westlake Vinnolit | GreenVin PVC bio-attributed

¹² FNR - Biowerkstoffe: Massenbilanzierung

¹³ OK biobased (tuv-at.be)

¹⁴ Mass_Balance_Approach_Renewable_Feedstocks.pdf

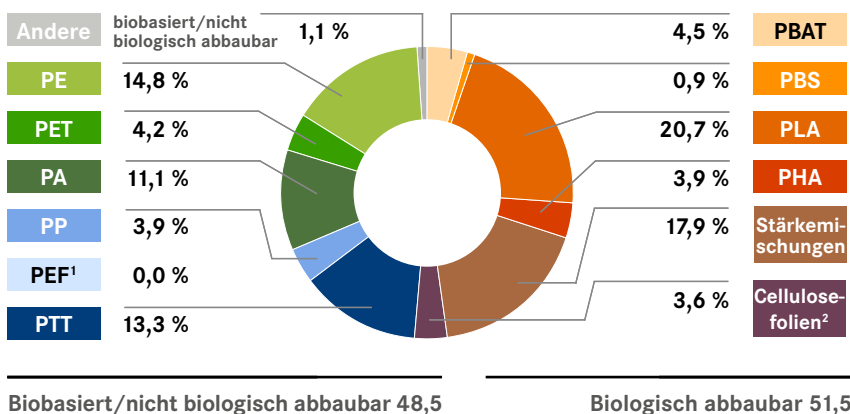
6. BEISPIELE BIOBASierter KUNSTSTOFFE

Im Jahr 2022 wurden weltweit über 2 Millionen Tonnen Biokunststoff produziert (s. **Abbildung 6**). Sie verteilen sich zu nahezu gleichen Teilen auf bioabbaubare und beständige Biokunststoffe. Die Produkte sind für den privaten Endverbraucher meist gut sichtbar, ihre Markteinführung ist oft von großen Werbekampagnen begleitet.

So kündigt LEGO® unter dem Slogan „Plants from plants“ an, alle LEGO®-Bauteile, die Pflanzen darstellen, in Zukunft aus biobasiertem Kunststoff herzustellen. Diese Bauteile sind aus Polyethylen (PE), das in **Abbildung 6** mit 14,8 % Marktanteil eine große Rolle unter den biobasierten Kunststoffen am Markt einnimmt. Die Coca-Cola Company präsentiert dagegen einen ersten Prototyp einer 100 % biobasierten PET-Flasche. Am Markt ist bisher nur teilweise biobasiertes PET verfügbar, da nur einer der zwei Grundbausteine von PET auf Basis nachwachsender Rohstoffe produziert werden konnte. Im Entwicklungsstadium konnte jetzt auch für das zweite Monomer eine neue Lösung gefunden werden¹⁵. Inzwischen gibt es im Verbraucherbereich unzählige Beispiele biobasierter Produkte. Das Angebot reicht von Biomüllbeuteln und Kaffeekapseln über Catering-Geschirr und Turnschuhen bis zu Handyhüllen und Kinderspielzeug.

Anders sieht es im technischen Bereich aus. Dort ist nicht nur die Herstellung eines Bauteils anspruchsvoll, sondern es bestehen auch hohe Anforderungen an dessen Lebensdauer. Im Motorraum eines Autos etwa treten hohe Temperaturen auf, außerdem kann es zu Verunreinigungen durch Motoröl oder Benzin kommen.

Weltweite Produktionskapazitäten für Biokunststoffe 2022 (nach Materialart)



¹PEF befindet sich derzeit in der Entwicklung und ist derzeit noch nicht kommerziell verfügbar.

²Regenerierte Cellulosefolien

Abbildung 6: Produktionskapazitäten von Biokunststoffen 2022 weltweit¹⁶

¹⁴ Story: Plants from Plants - About Us - LEGO.com

¹⁵ Bottles Made From 100% Plant Plastic | The Coca-Cola Company

¹⁶ Materials - European Bioplastics e.V. (european-bioplastics.org)

Doch auch hier können biobasierte Kunststoffe Alternativen bieten, z. B. eine Motorraumabdeckung aus biobasiertem Polyamid oder Dübel aus teilweise biobasierten Kunststoffen.

Auch die Firma LAPP, führender Anbieter von integrierten Lösungen und Markenprodukten im Bereich der Kabel- und Verbindungstechnologie, arbeitet an der Erweiterung ihres Produktportfolios und ist auf der Suche nach nachhaltigen Werkstoffen. In Zusammenarbeit mit der BASF hat das Unternehmen ein ETHERLINE® Kabel (Datenleitung für ETHERNET basierte Kommunikation) entwickelt, das als Mantelmateriale auf biobasierte Kunststoffcompounds der BASF zurückgreift. Dabei handelt es sich um ein teilweise biobasiertes Thermoplastisches Polyurethan (TPU), das aus bis zu 60 % nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wird. Die bei LAPP verwendete Type enthält nachweislich 43 % nachwachsenden Kohlenstoff¹⁷. Das Kabel erfüllt alle Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften, Verarbeitbarkeit und Langzeitbeständigkeit wie das bisherige Produkt aus dem Portfolio.

7. FAZIT

Noch machen biobasierte Kunststoffe den geringsten Anteil am weltweit produzierten Kunststoff aus. Teilweise aus guten Gründen: Die Rohstoffe dafür sollten offensichtlich nicht an anderen Stellen zu Ressourcenmangel führen, schon gar nicht, wenn es um die Ernährung von Menschen und Tieren geht. Zugleich sind Ansätze, Biorestmasse etwa aus Agrarabfällen als Rohstoff zu verwenden, potenziell vielversprechend – und ein exzellentes Beispiel für die notwendige Entwicklung zur Kreislaufwirtschaft.

Bereits existierende Produkte aus biobasierten Kunststoffen, wie das Ethernet-Kabel von LAPP, zeigen, dass sie nicht nur ökologische Vorteile mit sich bringen, sondern auch in ihren Werkstoff- und Nutzeigenschaften konventionellen Kunststoffprodukten in nichts nachstehen. In einer Zukunft, in der die Menschheit den Verbrauch endlicher Ressourcen wie auch die Emission von Treibhausgasen immer weiter reduzieren muss, sind biobasierte Kunststoffe angesichts des zentralen Stellenwerts von Kunststoff für Wirtschaft und Gesellschaft ein wesentlicher Faktor.

Mehr Forschung und Kostensenkungen im Rahmen einer stärkeren Adaption durch Unternehmen und die daraus entstehenden Skalierungs- und Optimierungseffekte könnten biobasierten Kunststoffen schon bald zu einem deutlich größeren Anteil verhelfen – eine Entwicklung, die aus ökologischer Perspektive gar nicht früh genug Fahrt aufnehmen kann.

¹⁷ Getestet nach ASTM D6866

Folgen Sie LAPP auf:



Unsere AGBs finden Sie unter
www.lapp.com/de/de/e/000010

U.I. Lapp GmbH

Schulze-Delitzsch-Straße 25 · 70565 Stuttgart
Tel.: 0711 7838-01 · Fax: 0711 7838-2640
www.lapp.com · info.de.ui@lapp.com

