

Erläuterung der verwendeten Symbole

Die Datengrundlage hinsichtlich Quantität (Menge) und Qualität (Art) zu den Kriterien (Ökologie, Sozialverträglichkeit, Sicherheit und Technik, Qualität) wird mit dem Symbol (Fass)  bewertet.

Symbol  (voll)

→ Umfangreiche Datengrundlage: mehrere Literaturstellen mit sehr gut belegtem Sachverhalt und/oder verifizierbare Daten (z.B. Studien, Ökobilanzen, Datenblätter)

Symbol  (2/3 voll)

→ Eingeschränkte Datengrundlage: Sachverhalt nicht vollumfänglich belegt (gewisse Schwächen/Lücken der Quellen) und/oder teilweise verifizierbare Daten (z.B. Angaben auf Homepages der Verpackungshersteller) und/oder teilweise widersprüchliche Datengrundlage

Symbol  (1/3 voll)

→ Sehr geringe/keine Datengrundlage: sehr geringe Anzahl/keine Literaturstellen und/oder nur teilweise bzw. nicht verifizierbare Daten (z.B. Interviews) und/oder widersprüchliche Daten

Die Datengrundlage hinsichtlich der Aussage zu den Kriterien (Ökologie, Sozialverträglichkeit, Sicherheit und Technik, Qualität) wird mit farbigen Kreisen bewertet.

-  Bezüglich dieses Kriteriums ist das Material positiv zu bewerten.
-  Bezüglich dieses Kriteriums ist das Material unterschiedlich zu bewerten und muss daher im Einzelfall betrachtet werden.
-  Bezüglich dieses Kriteriums ist das Material überwiegend kritisch zu bewerten.

Die Bewertung der Kriterien setzt sich aus der Bewertung der einzelnen Unterkriterien (1.1 Landnutzung, 1.2. Umweltverträglichkeit etc.) zusammen. Die für ein Kriterium vergebene Bewertung (Farbkreis bzw. Füllmenge des Fasses) wird auf Basis der mehrheitlich auftretenden Farbe bzw. des mehrheitlich auftretenden Füllgrads des Fasses) bei den einzelnen Unterkriterien vergeben. Bei einer Pattsituation wird jeweils die niedrigere Bewertung zur Gesamtbewertung herangezogen.

 Vorsicht, hier sind wichtige Details zu beachten, die sich auf Materialgruppen oder nur auf einzelne Faktoren beziehen können.

Einführung	<p>Polyethylenterephthalat (PET) ist ein thermoplastischer Kunststoff mit den Einsatzbereichen Flaschen, Folien und Textilfasern. PET gehört zur Gruppe der Polyester.</p> <p>PET besteht zu 70% aus Terephthalsäure und zu 30% aus Monoethylenglykol (MEG) und wird häufig im Verpackungsbereich eingesetzt. Beim Bio-PET wird das MEG statt aus fossilen Rohstoffen aus nachwachsenden pflanzlichen Rohstoffen hergestellt. Als Basis von Bio-MEG dient Ethanol aus Zuckerrohr. [192]</p> <p>Unter der Bezeichnung PlantBottle™ vertreibt Coca-Cola eine teilweise aus pflanzlichen Rohstoffen produzierte Flasche. Der biobasierte Anteil liegt zwischen 14% (bei 25% recyceltem PET im PlantBottle™-PET) und 30% (ohne recyceltes PET im PlantBottle™-PET).</p> <p>Bio-PET wird auch von weiteren Unternehmen für die Abfüllung von Softdrinks und Wasser genutzt. Bio-PET ist aktuell nur eingeschränkt bei sehr wenigen Verarbeitern verfügbar. Es werden Preise von 1,9-2,2 Euro pro Kilogramm genannt.</p> <p>Coca-Cola strebt für 2015 das Ziel an, 25% der PET-Flaschen aus recyceltem und/oder aus biobasiertem PET herzustellen. Bisher sind seit 2009 weltweit 25 Milliarden PlantBottle™-Einheiten hergestellt worden. Die aktuelle Jahreskapazität des Bio-PET soll von 620.000 Jahrestonnen (2013) auf 5 Millionen Jahrestonnen im Jahr 2020 gesteigert werden. Damit würde PET zum meistproduzierten Biokunststoff werden. [194] [070] Es ist jedoch sehr unsicher, ob diese Produktionskapazität bis zum Jahr 2020 erreicht werden kann.</p> <p>Das aus brasilianischem Zuckerrohr hergestellte Ethanol bildet die Ausgangsbasis für die Produktion von Monoethylenglycol (MEG). Bio-PET kann als Drop-in-Lösung in das bestehende Verwertungssystem eingebracht werden.</p> <p>Langfristig soll eine vollständig biobasierte PET-Flasche hergestellt werden in der auch die Terephthalsäure aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen wird.</p> <p>Bei PET handelt es sich um ein Material mit hoher Bruchfestigkeit und mittleren Barriereeigenschaften. PET ist gegenüber starken anorganischen Säuren unbeständig. Das Recycling von PET wird in großem Umfang praktiziert und verläuft nach verschiedenen am Markt verfügbaren Verfahren. Durch diese Verfahren können auch aus Recyclingmaterial hergestellte Flaschen für eine erneute Verwendung in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Hierbei wird gegenüber der Neuproduktion circa 60% der Energie eingespart.</p> <p>Ausblick: Eine Weiterentwicklung stellt das Material PEF (Polyethylenfuranoat) dar, das zu 100% auf nachwachsenden Rohstoffen basieren soll und herkömmlichen PET-Produkten in Bezug auf Gewicht, Barriere und thermalen Eigenschaften überlegen sein soll. [168] Das Material PEF, ein zu 100% biobasierter Kunststoff, soll ab 2018 verfügbar, jedoch deutlich teurer sein.</p>
------------	---

Nachfolgend sind die vom Projektteam als wesentlich angesehenen Werkstoffhersteller und Converter im Bereich Bio-PET alphabetisch gegliedert und ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgelistet. Die Hersteller, mit denen Interviews geführt wurden, sind optisch hervorgehoben.

Werkstoffhersteller (gegliedert nach Marktbedeutung)	PET Polymer GmbH	Das Unternehmen liefert PET-Neuware wie Folien, Monofilamente, Preforms, Strapping.
	Webseite: [127]	Das Unternehmen verarbeitet nach eigenen Aussagen Bio-PET. Das Material ist jedoch nicht frei verfügbar, am Einsatz interessierte Firmen müssen sich mit Coca-Cola abstimmen.
	Teijin	Weltweit produzierendes Unternehmen, das Bio-PET überwiegend für Fasern im Textil- und
	Webseite: [139]	KFZ-Bereich herstellt. Die Faser wird als ECO CIRCLE™-Pflanzenfaser vertrieben.
	Mossi Ghisolfi Group	Weltweit (USA, Lateinamerika, Asien, Europa) produzierendes Unternehmen, das sich auf PET

	Webseite: [140]	aus biobasierten Rohstoffen spezialisiert hat. In Italien (Patricia) ist die Herstellung der PET resins lokalisiert. Produktion von Bio-MEG mit PRODESA®-Technologie. Zusammen mit der Guozhen Group will M&G CHEMICALS die weltweit größte Bioethanolherstellung in China bauen, bei der Ethanol aus Agrarabfällen gewonnen wird. Nebenprodukte wie Glycol und Lignin sollen weiterverarbeitet werden.
Converter (alphabetisch gegliedert)	ALPLA Werke Alwin Lehner GmbH & Co KG (benannt als ALPLA)	1955 in Hard (Österreich) gegründetes Unternehmen, das inzwischen über 150 Standorte in über 40 Ländern hat. Mit dem Engagement im Bereich PET-Recycling setzt es seine Ziele der Erhöhung des Recyclinganteils in den Flaschen um. Dieser liegt in den sechs wichtigsten Werken bereits bei 35%.
	Webseite: [137]	
	Coca-Cola Erfrischungsgetränke AG (benannt als Coca-Cola)	Die Herstellung von Bio-PET-Packmitteln aus dem Granulat erfolgt an verschiedenen Standorten.
	Webseite: [136]	Die Rohware zur Herstellung von Bio-MEG besteht aktuell zu etwa 80% aus Zuckerrohr und Bagasse (Nebenprodukt der Zuckerrohrproduktion) aus Brasilien sowie zu etwa 20% aus Bagasse aus der indischen Zuckerrohrproduktion. Es könnte auch europäische Zuckerrübe als Rohware eingesetzt werden. Der Einsatz unterliegt ökonomischen Kriterien sowie der aktuellen Verfügbarkeit. Bis heute wurden bereits über 25 Millionen PlantBottle™ an unterschiedlichen Standorten in Europa (Dänemark, Benelux, Norwegen, Schweden), USA, Kanada, Brasilien, Mexico, Chile und China hergestellt. Produziert werden die Flaschengrößen 0,33 Liter, 0,5 Liter, 0,75 Liter, 1,5 Liter. Langfristig ist geplant, alle Flaschen auf Bio-PET umzustellen. Im Pilotmaßstab wird bereits im Labor das PET-Nachfolgematerial PEF in Zusammenarbeit mit den Firmen Avantium, Danone und ALPLA getestet. PEF ist nicht vor 2018 auf dem Markt zu erwarten [136].
	FKuR Kunststoff GmbH (benannt als FKUR)	Biokunststoff-Spezialist mit einem breiten Portfolio an kompostierbaren/biologisch abbaubaren und biobasierten Kunststoffen (Rohstoff, Kunststoffgranulat). Hauptsitz und Produktionsort des Unternehmens befinden sich in Deutschland. Als europäischer Distributionspartner vertreibt FKUR ein Bio-PET unter dem Markennamen GLOBIO. GLOBIO ist eine Drop-in-Lösung (Granulat) und kann herkömmliches PET in einer Vielzahl von Anwendungen ersetzen. Typische Anwendungsfelder für GLOBIO in der Lebensmittelindustrie sind Flaschen, Folien und Tiefziehartikel. Zudem bietet FKUR weitere Produktlinien (Bio-Flex®, Biograde®, Fibrolon®, Terralene®) für unterschiedlichste Anwendungen an. Neben seinen eigenen Rohstoffen vertreibt die FKUR biobasierte Rohstoffe diverser Hersteller (Bio-PE von Braskem, Bio-PET von Tojota Tsusho, Bio-PA von Evonik). Auf der Unternehmenshomepage sind weiterführende Daten zu den Produkten und ihrer Verarbeitung abrufbar.
	Webseite: [067]	

Anwendungsgebiete im Lebensmittelbereich (allgemein)	Auf der Homepage der Hersteller sind die unterschiedlichen Anwendungsverfahren und die Materialeigenschaften aufgeführt. Eine zusätzliche sehr wichtige Datenquelle für die Materialeigenschaften von Biopolymeren und den daraus hergestellten Verpackungsmaterialien liefert die Biopolymerdatenbank vom IfBB Hannover (Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe, Hochschule Hannover) und der Firma M-Base GmbH. [077]
	Folien/Beutel: Für vielfältige Produkthanwendungen. Bei besonderen Barriereanforderungen werden Multilayer-Systeme oder Beschichtungen eingesetzt.
	Becher, Tiefzieh: Dosen für Trockenprodukte
	Flaschen: Unterschiedliche Getränke, überwiegend Softdrinks, Fruchtsäfte und Wasser, die aus Preforms hergestellt werden. Auch größere Behälter können aus PET hergestellt werden.
	Sonstige Anwendungen: PET-Fässer für Bier bis 40 Liter; auch für Heißabfüllung, wenn eine Vorstreckung erfolgt; Verpackungen für Kosmetik
Materialeigenschaften Zusammenfassung	PET hat eine hohe Zugfestigkeit und hohe mechanische Stabilität. Als farblose Folie mit hoher Lichtdurchlässigkeit bietet es sehr vielseitige Anwendungsmöglichkeiten. Die Barriereigenschaften liegen im mittleren Bereich und werden durch Beschichtungen oder Multilayer-Systeme verbessert. Inzwischen können auch Bier und Wein in PET-Flaschen abgefüllt werden, da die Barriereigenschaften erheblich verbessert wurden. Die Möglichkeit, sehr dünne Folien herzustellen, reduziert den Materialverbrauch und die Kosten.
Rohware	Aktuell ist bei Bio-PET nur das Monoethylenglycol (MEG) biobasiert, wodurch der gesamte biobasierte Materialanteil bis zu 30% beträgt. [184] Durch spezielle Aufbereitungsverfahren kann recyceltes PET auch für Lebensmittelanwendungen eingesetzt werden. Durch Kombinieren von recyceltem PET und Bio-PET (wie z.B. bei PlantBottle™ von Coca-Cola) reduziert sich der biobasierte Anteil.

		Bewertung		
Kriterien (siehe 1-4) Unterkriterien (siehe 1.1-1.7, 2.1-2.2, 3.1-3.4, 4.1-4.6)		Daten 	Kriterien 	Achtung 

				
1 Ökologie	Bei dem Kriterium Ökologie sind sieben Unterkriterien (Kenngrößen) in die Bewertung eingegangen, die für Biolebensmittelhersteller als wesentlich angesehen werden: Landnutzung/Nahrungsmittelkonkurrenz, Umweltverträglichkeit, Zertifizierungen (Anbau und Verarbeitung), Gentechnik, End of Life (Recycling, Kompostierung), Ökobilanzen und biobasierter Anteil.			
1.1 Landnutzung/ Nahrungsmittel- konkurrenz	<p>Allgemein: Der Anbau von biobasierten Rohstoffen geht mit einer höheren Flächeninanspruchnahme einher als die Nutzung fossiler Rohstoffe. Aktuelle Zahlen zeigen jedoch, dass bisher nur ein sehr geringer Teil der Agrarfläche zum Anbau von Rohstoffen für die Herstellung von Biokunststoffverpackungen genutzt wird (vgl. Abschnitt „Zahlen zum Flächenverbrauch“). Erst bei Substitution des gesamten globalen Kunststoffbedarfs ergäbe sich ein relevanter Flächenverbrauch. [006] [033] Der aktuelle Landverbrauch zur Produktion von Biogas, von Bioethanol für Kraftstoffzwecke oder auch von Stärke für industrielle Anwendungen (nicht für Biokunststoffe) ist um ein Vielfaches höher (vgl. Abschnitt „Zahlen zum Flächenverbrauch“). Zu beachten ist, dass die Biogas-Thematik „nur“ in Deutschland im Fokus steht, nicht jedoch global, während Probleme im Zusammenhang mit der Erzeugung von Bioethanol und Biodiesel im globalen Kontext diskutiert werden.</p> <p>Auch wenn ein geringer Flächenbedarf erwartet wird, muss berücksichtigt werden, dass auch indirekte Landnutzungsänderungen durch eine zusätzlich generierte Nachfrage nach Rohstoffen eine Rolle spielen können. Der Einfluss dieser indirekten Landnutzungsänderungen ist jedoch schwer zu ermitteln bzw. zu bilanzieren.</p> <p>Biobasierte Kunststoffe werden derzeit aus land- bzw. forstwirtschaftlichen Rohstoffen hergestellt. Zukünftig wird darüber hinaus die Nutzung von Reststoffen ein wichtiges Thema werden. Zur Weiterentwicklung der Technik zur Verwertung von Reststoffen gibt es noch erheblichen Forschungsbedarf. Die Technologien sind zurzeit noch nicht so weit ausgereift, dass lohnend produziert werden kann. Entsprechende Forschungsprojekte laufen u.a. bei vielen Herstellern von Biokunststoffverpackungen. In der Zwischenzeit ist entscheidend, dass landwirtschaftlich genutzte Flächen ökologisch vertretbar bewirtschaftet werden.</p> <p>Grundsätzlich können aus jedem pflanzlichen Substrat Biokunststoffe hergestellt werden, jedoch gibt es große Unterschiede bzgl. der Effizienz der eingesetzten Rohstoffe (Input Rohware - Output Biokunststoff). Je nachdem, welche Pflanze als Rohstoffbasis dient und welcher Biokunststoff daraus hergestellt wird, werden sehr unterschiedliche Ertragsmengen erzielt. Zudem spielt die Effektivität des Herstellungsprozesses eine große Rolle (z.B. die Ethanolgewinnung aus Zuckerrohr zur PE-Herstellung, die Milchsäuregewinnung aus Mais zur PLA-Herstellung etc.).</p>			

Daten zur Landnutzung sind ausführlich auf den Seiten des Instituts für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe, Hochschule Hannover (IfBB Hannover) dargestellt. [070] Dort kann für jeden Rohstoff der benötigte Flächenbedarf zur Herstellung einer spezifischen Materialmenge eingesehen werden. Nachfolgend finden Sie zwei grafische Darstellungen zur Flächeneffizienz unterschiedlicher Biokunststoffe, aufgeteilt nach forst- bzw. landwirtschaftlichen Rohwaren und bezogen auf unterschiedliche biobasierte Anteile (30%, 50%, 70%, 100%). Für Angaben bzgl. der angenommenen Erträge (Höhe, Ort) wenden Sie sich bitte direkt an die Verantwortlichen für die Biopolymerplattform, IfBB Hannover.

Die Flächeneffizienz hängt insbesondere von drei Faktoren ab: von der Art des Biomasserohstoffs (Zuckerrohr, Holz, Mais, Kartoffeln), von der Art des hergestellten Biokunststoffs und vom biobasierten Anteil im fertigen Produkt. Grundsätzlich geht ein höherer biobasierter Anteil mit einer höheren Flächeninanspruchnahme einher.

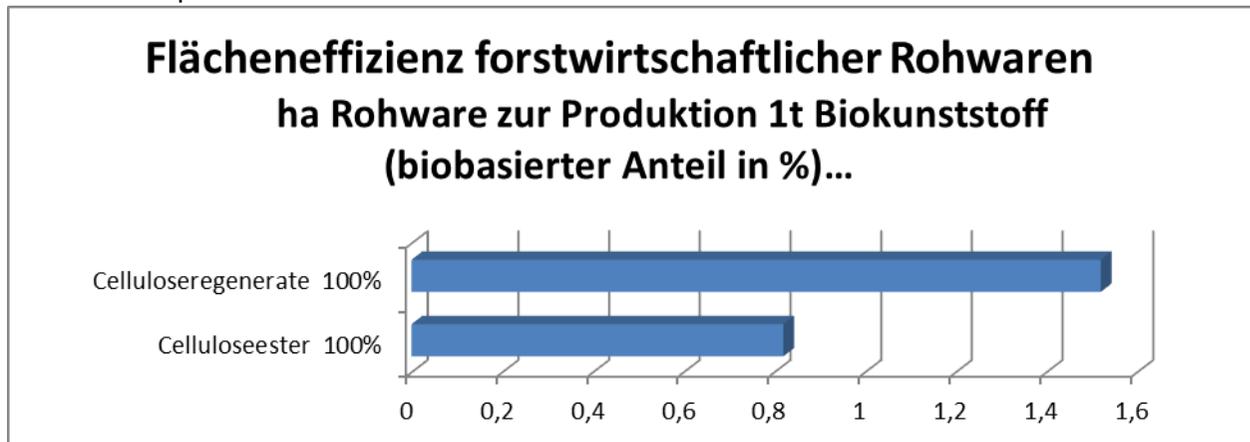


Abbildung 1: Quelle Zahlen: [070]

Anmerkung: Die Cellulosediacetate gehören zur Gruppe der Celluloseester.

Flächeneffizienz landwirtschaftlicher Rohwaren ha Rohware zur Produktion 1t Biokunststoff (biobasierter Anteil in %)

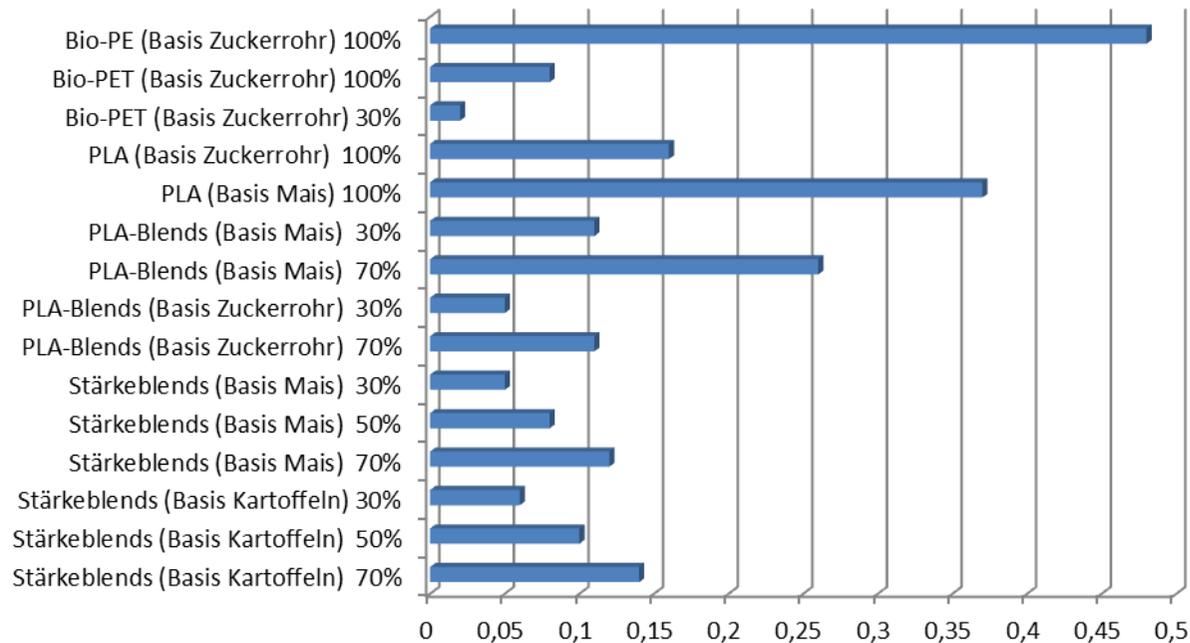


Abbildung 2: Quelle Zahlen: [070]

Zahlen zum Flächenverbrauch

Der Flächenbedarf für die Erzeugung von Verpackungen in Deutschland wird mit unter 0,001% der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche angegeben (Status Quo und nahe Zukunft).

Der Flächenbedarf für die aktuellen globalen Produktionskapazitäten für alle Biokunststoffe wird mit 0,02% bis 0,05% angegeben. Würden alle in Deutschland gebrauchten Kunststoffverpackungen (soweit wie technisch möglich) durch Biokunststoffe ersetzt, läge die dafür benötigte landwirtschaftliche Fläche deutlich unter 1% der globalen Ackerfläche. [006] Prof. Dr. Endres, IfBB Hannover, geht - bezogen auf den vollständigen Ersatz der Kunststoffe durch Biokunststoffe in Deutschland - für das Jahr 2016 von einem Flächenverbrauch von weniger als 2% der globalen Ackerfläche aus. [033] Erst bei Substitution des gesamten westeuropäischen bzw. globalen Kunststoffbedarfs (Stand 2007) werden 1-4,7% der globalen Ackerfläche (bzw. 2,4-11,5% der Ackerflächen der gemäß FAO-Statistik entwickelten

<p>Länder) benötigt. [006] Für den Fall, dass der globale Kunststoffbedarf vollständig durch Biopolymere ersetzt wird, prognostiziert Prof. Dr. Endres, IfBB Hannover, für das Jahr 2016 einen Flächenverbrauch von weniger als 5% der globalen Ackerfläche. [033]</p> <p><u>Zum Vergleich</u> Für den Anbau von Energiepflanzen wurden laut der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) in Deutschland im Jahr 2013 2,1 Millionen Hektar und damit 12,6% der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands (insgesamt 16,7 Millionen Hektar) verwendet. [212] Allein auf die Erzeugung von Strom aus Biogas entfielen 4,5% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche bzw. 6% der Ackerfläche Deutschlands (12 Millionen Hektar). [069] [212] Für die industrielle Stärkeproduktion betrug der Flächenbedarf in Deutschland im Jahr 2013 laut FNR 101,5 Hektar, was ausgehend von 16,7 Millionen Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche einem Anteil von 0,61% entspricht. [213]</p>			
<p>Material-/Herstellerspezifisch: Zur Produktion des biobasierten Bestandteils von Bio-PET wird derzeit hauptsächlich Zuckerrohr eingesetzt.</p> <p>Die Produktion von 1 Tonne Bio-PET (biobasierter Anteil 100%) hat mit einem Flächenverbrauch von 0,31 Hektar eine geringere Flächeneffizienz als die Produktion von 1 Tonne PLA mit 0,16 Hektar, jedoch eine höhere verglichen mit der Produktion von 1 Tonne Bio-PE (0,48 Hektar).</p> <p>Anmerkungen: Zur besseren Vergleichbarkeit wird jeweils von einem biobasierten Anteil von 100% ausgegangen. Biomassebasiertes PET, PE sowie PLA können aus Zuckerrohr hergestellt werden und haben z.T. ähnliche Anwendungen.</p> <p><u>Prozessrouten für die Herstellung von Bio-PET aus Zuckerrohr [070]:</u></p> <p><u>Rohstoff Zuckerrohr</u> <u>30% biobasiert:</u> Input: 0,08 Hektar (entspricht 5,72 Tonnen) → Output: 1 Tonne Bio-PET [128] <u>100% biobasiert:</u> Input: 0,31 Hektar (entspricht 21,74 Tonnen) → Output: 1 Tonne Bio-PET [129]</p> <p>Zu beachten: Bei Blends ist der Flächenbedarf aller eingesetzten Rohstoffe zu berücksichtigen.</p>			

	In diesem Zusammenhang muss neben der Flächeneffizienz auch die Art der Landnutzung (intensiv/extensiv etc.) berücksichtigt werden (siehe 1.2 Umweltverträglichkeit).			
1.2 Umweltverträglichkeit	<p>Allgemein: Klassischerweise werden beim Anbau von agrarischen Rohstoffen Wasser, Energie und Treibstoff verbraucht sowie Pestizide und Düngemittel eingesetzt. Deren Menge variiert mit der Anbaukultur und wird von nationalen und lokalen Gegebenheiten beeinflusst. Der Einfluss der Werkstoffhersteller auf die Erzeugung der Rohware ist sehr unterschiedlich. Einzelne Unternehmen sind in enger Kooperation mit der landwirtschaftlichen Erzeugung, während andere die Rohware von großen Konzernen kaufen und dadurch nur bedingt Einfluss haben. Die Hersteller werden zukünftig vermehrt auf die Produktion aus Reststoffen setzen. Viele Firmen bearbeiten Forschungsprojekte zu alternativen Rohstoffen.</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Als Rohware zur Produktion von Bio-PET wird Zuckerrohr angepflanzt.</p> <p><u>Zuckerrohranbau in Brasilien</u> Zuckerrohr ist eine robuste Kultur, die in der Regel fünf Jahre hintereinander angebaut wird, bevor ein Fruchtfolgewechsel vorgenommen wird (häufig Erdnüsse). [183]</p> <p>Wasserverbrauch: Zuckerrohranbau findet in Brasilien fast immer ohne Bewässerung statt, da eine hohe Niederschlagsmenge die Bewässerung unnötig macht. [100] [034] Wasser wird eher während der Verarbeitung verbraucht, hauptsächlich in der Zuckerproduktion. Eine erhebliche Menge wird für die Reinigung der Rohware benötigt. [034]</p> <p>Verbrauch an Düngemitteln: Viele Mühlen haben ein Düngungssystem installiert, in dem die Vinasse (Co-Produkt des Mahlprozesses bei der Ethanolproduktion und reich an organischen Nährstoffen und Wasser) zurück auf die Zuckerrohrfelder gebracht wird. Diese organische Düngung reduziert den Einsatz chemischer Düngemittel und hilft so CO₂ einzusparen. [100: Stichwort "water consumption"] Durch den Einsatz von Vinasse und Filterkuchen auf den Feldern wird der Einsatz chemischer Düngemittel um 1.449.010 Tonnen reduziert. [183]</p> <p>Energieverbrauch:</p>			

Die Ethanolproduktion ist zwar durchaus energieintensiv, benötigt in Brasilien aber in der Regel wenig externe Energie, da durch die Verbrennung der Bagasse (Co-Produkt des Mahlprozesses bei der Ethanolproduktion) Wärme und Elektrizität entsteht, die für die Ethanolproduktion verwendet wird. [034] Ein Großteil der brasilianischen Zuckerrohrmühlen ist aufgrund der Verwendung der Bagasse für die Energieproduktion energieautark. Die Bagasse wird als Energiequelle für die Dampfkessel und damit für die Energie erzeugenden Turbinen genutzt. Überschüssiger Strom wird in das lokale Stromnetz verkauft. [100: Stichwort „Energy from the bagasse“]

Biodiversität/Luftverschmutzung:

Das Abbrennen von Zuckerrohrfeldern ist schädlich für Luft und Biodiversität. Durch das Abrennen soll die Bedrohung der Arbeiter durch gefährliche Tiere reduziert werden, zugleich dient es der Vereinfachung der Ernte/des Transports, da für die Gewinnung von Zucker/Zuckerrohr nur die Stängel benötigt werden und nicht die Blätter

Eine maschinelle Ernte ist umweltschonender, geht jedoch auf Kosten von Arbeitsplätzen. [034]

Laut Braskem wurde 2002 im Bundesstaat São Paulo ein regionales Gesetz erlassen, das darauf abzielt, das Abbrennen von Zuckerrohrfeldern bis zum Jahr 2017 komplett zu verbieten.

Im Jahr 2007 wurde ein freiwilliges Abkommen zwischen dem Bundesstaat São Paulo und dem Fachverband UNICA unterzeichnet (Protocolo Ambiental), um die Lieferanten zu motivieren, diesem Termin zuvorzukommen. Auch wenn für 2013/2014 noch keine Daten vorliegen (Stand August 2014), wird erwartet, dass 100% der unterzeichnenden Lieferanten es geschafft haben werden, das Abbrennen einzustellen.

Ein Abbrennverbot wurde von Braskem in den firmeneigenen Verhaltenskodex (Code of Conduct) aufgenommen und wird daher zukünftig generell für Braskem-Ware gelten - unabhängig vom Standort des Lieferanten. [183]

Auch Coca-Cola gibt an, dass im Bundesstaat São Paulo das Abbrennen von Feldern nach 2014/2015 nicht mehr gestattet sein wird. Ausnahmeregelungen gibt es für Betriebe mit einer Fläche kleiner als 150 Hektar oder für Felder mit einer Hangneigung größer als 12 Grad. Diese haben bis zur Ernte 2017/2018 Zeit, die Vorgabe zu erfüllen.

Für die letzte ISO-geprüfte LCA, die Coca-Cola für die Wertschöpfungskette der PlantBottle™ in Bezug auf brasilianisches Zuckerrohr in Auftrag gegeben hat, wurde - basierend auf den gesammelten Daten - für das Jahr 2013 eine Abbrennrate von 35% zugrunde gelegt. [184]

Zuckerrohranbau in Indien

	<p>Die „India Glycols Limited“ [171], ein indisches Chemieunternehmen, ist am Fuße von Bergen gelegen, deshalb benötigen die meisten Felder in der Gegend keine künstliche Bewässerung, sondern sind regenwassergespeist. [184]</p>			
<p>1.3 Zertifizierungen (Anbau und Verarbeitung)</p>	<p>Allgemein: Mit Nachhaltigkeitszertifizierungen für den Anbau lassen sich Umweltauswirkungen evaluieren und dokumentieren. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die für die Umweltverträglichkeit des Anbaus relevanten Parameter zur Bewertung herangezogen werden. Ein Ausschluss von GVO ist nur bei einem der praktizierten landwirtschaftlichen Zertifizierungssysteme im Kriterienkatalog enthalten (Working Landscapes Certificate). ISCC PLUS bietet zudem ein „Ohne GVO“-Modul an, das über die Standardzertifizierung hinausgeht.</p> <p>Bei den Werkstoffherstellern und Convertern kommen zurzeit folgende landwirtschaftliche Zertifizierungen zur Anwendung: ISCC PLUS, Bonsucro, Working Landscapes Certificate (WLC). Zudem gibt es die Zertifizierung des Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB). Unter dem Titel „Der Nachhaltigkeit auf der Spur - Vergleichende Analyse von Zertifizierungssystemen für Biomasse zur Herstellung von Biokraftstoffen“ veröffentlichte der WWF im Jahr 2013 einen Vergleich verschiedener landwirtschaftlicher Zertifizierungssysteme (ISCC EU, Bonsucro), bei dem die Stärken und Schwächen der einzelnen Systeme ausführlich beleuchtet werden: [230]</p> <p>Bei den Werkstoffherstellern und Convertern kommen zurzeit folgende forstwirtschaftliche Zertifizierungen zur Anwendung: FSC, PEFC und SFI.</p> <p>Zu beachten ist, dass bei zertifizierten Unternehmen in der Regel nicht ausschließlich zertifizierte Ware verarbeitet wird. Falls der Kunde zertifizierte Ware wünscht, ist dies vertraglich zu vereinbaren.</p> <p><u>Landwirtschaftliche Zertifizierungen</u></p> <p>ISCC und ISCC PLUS: ISCC ist eine Non-Profit-Organisation. Getragen wird sie durch den ISCC e.V., in dem mehr als 70 Unternehmen, wissenschaftliche Organisationen, Verbände und Nichtregierungsorganisationen (NGOs) engagiert sind. ISCC ist ein weltweit anwendbares Zertifizierungssystem für alle Arten von Biomasse und deren Anwendungen, um ökologische und soziale Nachhaltigkeit sowie Treibhausgaseinsparungen und die Rückverfolgbarkeit durch die Lieferkette nachzuweisen.</p>			

	<p>ISCC PLUS ist das freiwillige Zertifizierungssystem von ISCC für alle Arten von Biomasse und deren Anwendungen in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie sowie in der chemischen Industrie (z.B. Verpackungen und Biokunststoff).</p> <p>Das ISCC PLUS-System besteht aus einem Set von verpflichtenden Basisanforderungen. Hierzu zählen unter anderem die Nachhaltigkeitsanforderungen für die landwirtschaftliche Fläche (ISCC-zertifizierte Biomasse darf nicht in artenreichen Gebieten, auf kohlenstoffreichen Böden oder in Torfmooren gewonnen werden. Ausgeschlossen sind überdies Gebiete mit hohem Naturschutzwert.) sowie Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit von Produkten. Eine Herkunftssicherung mit Angabe des Herkunftslandes, des landwirtschaftlichen Produktes durch die gesamte Lieferkette sowie weiterer relevanter Informationen der jeweils vorhergehenden Lieferstufe ist vorgeschrieben. Während einige dieser verpflichtenden Basisanforderungen für eine Zertifizierung der landwirtschaftlichen Fläche zwingend erfüllt sein müssen (Major Musts), müssen andere zu mindestens 60% erfüllt sein (Minor Musts). Über die verpflichtenden Basisanforderungen hinaus gibt es freiwillige Zusatzverpflichtungen, die Firmen als Module (sogenannte „Add-ons“) zur Verfügung stehen. Mögliche Zusatzmodule sind u.a. Umweltmanagement und Biodiversität, klassifizierte Chemikalien, Anforderungen bzgl. Treibhausgasemissionen oder auch ein „Ohne GVO“-Modul. Zusätzlich umfasst ISCC auch soziale Standards (Respektierung von Menschenrechten, Arbeitsrecht und Landnutzungsrechte). [073] [198]</p> <p>Die ISCC PLUS-Systemdokumente finden Sie hier: [217]</p> <p>Bonsucro:</p> <p>Bonsucro ist eine globale Non-profit Initiative, die sich für die Reduzierung der negativen Umwelt- und Sozialeinflüsse der Zuckerrohrproduktion einsetzt.</p> <p>Die Kernkriterien müssen zu 100% erfüllt werden und weitere Anforderungen müssen zu 80% erfüllt werden. Im ökologischen Bereich beziehen sich die Kernkriterien auf Boden, Wald, Chemikalien sowie Biodiversität und im sozialen Bereich auf Menschen- und Arbeitsrechte, die größtenteils an die Standards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO-Standards) angelehnt sind.</p> <p>Der Produktionsstandard kann hier eingesehen werden: [074].</p> <p>Working Landscapes Certificate (WLC):</p> <p>Das Programm Working Landscapes Certificate (WLC) wurde vom Institute of Agriculture and Trade Policy (IATP), einer Nichtregierungsorganisation (NGO) aus den USA, ins Leben gerufen. Zertifiziert wird eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion in Bezug auf den Sektor der biobasierten Materialien, inklusive der Biokunststoffindustrie. Verpflichtend ist die Anforderung, dass kein GVO-Mais eingesetzt werden darf. [231]</p>			
--	---	--	--	--

Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB):

Der Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) ist eine internationale Initiative, die Landwirte, Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen, Experten, Regierungen und zwischenstaatliche Stellen zusammenbringt und damit betraut, die Nachhaltigkeit der Produktion und der Verarbeitung von Biomaterialien zu sichern. [214]

Die RSB-Zertifizierung umfasst ökologische und soziale Kriterien und basiert auf einem Risikomanagementansatz. Angeboten werden verschiedene "Chain of Custody"-Optionen (u.a. 100%ige Trennung, Massenbilanz). Zudem besteht die Möglichkeit einer Gruppensertifizierung von Produzenten. [215]

Der Produktionsstandard kann hier eingesehen werden: [216]

Forstwirtschaftliche Zertifizierungen

FSC - Forest Stewardship Council:

FSC ist eine unabhängige, gemeinnützige Nichtregierungsorganisation, die 1993 als ein Ergebnis der Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ in Rio de Janeiro gegründet wurde. Heute ist der FSC in über 80 Ländern mit nationalen Arbeitsgruppen vertreten. Der Council fördert eine umweltfreundliche, sozialförderliche und ökonomisch tragfähige Bewirtschaftung von Wäldern. Dazu wurden zehn Prinzipien und 56 Indikatoren entwickelt, auf denen die weltweit gültigen FSC-Standards zur Waldbewirtschaftung basieren.

Den deutschen FSC-Standard finden Sie hier: [122]

Um sicherzustellen, dass Produkte, die das FSC-Label tragen, auch tatsächlich aus den entsprechenden Rohstoffen hergestellt wurden, setzt der FSC das Instrument der Produktkettensertifizierung (Englisch: Chain of Custody - COC) ein: Dazu muss jedes Unternehmen in der Produktkette, vom Wald bis zum Endkunden, ein innerbetriebliches Verfahren aufbauen, das sicherstellt, dass FSC-zertifizierte Materialien jederzeit identifizierbar bleiben. Die Zertifizierung schließt gentechnisch veränderte Bäume aus. [123]

FSC ist das Einzige vom WWF akzeptierte Forstzertifizierungssystem. [210]

PEFC - Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (Programm zur Anerkennung von Forstzertifizierungssystemen):

Das Zertifizierungssystem für nachhaltige Waldbewirtschaftung (PEFC) basiert inhaltlich auf internationalen Beschlüssen der Nachfolgekongressen der Umweltkonferenz von Rio. In Europa sind dies die Kriterien und Indikatoren, die auf den Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder in Europa (Helsinki 1993, Lissabon 1998, Wien 2003) von 37 Nationen in einem pan-europäischen Prozess

	<p>verabschiedet wurden. Dieser Anforderungskatalog wurde von PEFC im Jahr 2010 u.a. um folgende Punkte ergänzt: keine Umwandlung von Naturwäldern in Plantagen, keine gentechnisch veränderten Organismen, besonderer Schutz der Rechte indigener Völker etc. Dieser Katalog ist Bestandteil des Technischen Dokuments des PEFC Council International (PEFCC), in dem die Anforderungen für Forstzertifizierungssysteme und Standards festgeschrieben sind. Diese müssen auf nationaler Ebene erfüllt sein, um von PEFCC anerkannt zu werden. Anerkannt werden zudem weltweit auch andere forstliche Zertifizierungssysteme, sofern sie glaubwürdig, freiwillig und transparent sind und Waldbesitzer nicht diskriminieren. Die Zertifizierung schließt gentechnisch veränderte Bäume aus. Dokument „Produktkettennachweis von Holzprodukten - Anforderungen“: [124] Leitfaden für die Einführung eines Produktkettenzertifizierungssystems: [125]</p> <p>SFI - Certified Managed Forestry: SFI Inc. ist eine unabhängige Nichtregierungsorganisation (NGO), die nachhaltiges Forstmanagement fördert. SFI arbeitet zusammen mit Schutzorganisationen, lokalen Gemeinden, Landeigentümern und anderen Organisationen und Einzelpersonen. Der Standard basiert auf Prinzipien, die nachhaltiges Waldmanagement fördern. Er umfasst Maßnahmen zum Schutz von Qualität, Biodiversität, Wildtierhabitaten und gefährdeten Arten sowie von Wäldern mit besonders hoher Schutzwürdigkeit. Der Standard ist weit verbreitet in Nordamerika. Der Standard umfasst auch soziale Kriterien. [087] Standarddokumente 2015-2019: [126]</p> <p>Die „Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung“ (INRO) verfolgt das Ziel, mit Industrieunternehmen eine Vereinbarung zur freiwilligen Zertifizierung nachwachsender Rohstoffe bis zur Erstverarbeitung zu treffen. INRO-Nachhaltigkeitskriterien: [075]</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: <u>Coca-Cola</u> Verschiedene Zertifizierungen sind vorhanden und können direkt bei der Firma angefragt werden. [184] Coca-Cola ist Mitglied bei Bonsucro.</p> <p>Das indische Bioethanol wird durch die Weiterverarbeitung eines Zuckerrohr-Nebenprodukts (Melasse) hergestellt. Die Nutzung des Abfallstoffes wurde auf Wunsch des WWF und der indischen Regierung umgesetzt, spielt aber eine untergeordnete Rolle hinsichtlich der Menge. [184]</p>			
1.4 Gentechnik	<p>Allgemein: Der Einsatz von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in Bioprodukten ist gemäß EG-Öko-</p>			

	<p>Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 Art. 9 weder in der landwirtschaftlichen Erzeugung noch in der Verarbeitung erlaubt. Auch Verbraucher in Deutschland lehnen GVO in Lebensmitteln mit überwältigender Mehrheit ab (vgl. Ökobarometer [228]). Insbesondere der Einsatz von GVO in der Landwirtschaft wird sehr kritisch betrachtet, weil damit die Biodiversität gefährdet wird und durch Vermischungen herkömmliche Produkte verunreinigt werden können. Zudem kann die Verwendung von GVO zu einer starken Abhängigkeit von Saatgutkonzernen (Monopolstruktur) führen. Um die GVO-Freiheit der Bioprodukte nicht zu gefährden und die Kontamination möglichst gering zu halten, lehnen Hersteller und Inverkehrbringer von Biolebensmitteln auch GVO im Verpackungsmaterial ab. Mit dem Einsatz von GVO in Verpackungsmaterial sehen die Lebensmittelhersteller ihre Glaubwürdigkeit gefährdet. Somit ist der Einsatz GVO-haltiger Verpackungsmaterialien in der Biobranche überwiegend nicht erwünscht.</p> <p>Die zwei Haupteintragswege sind: der Anbau von GVO-Pflanzen als landwirtschaftlicher Rohstoff für die Herstellung von Verpackungen sowie die Nutzung von GVO im Rahmen der Herstellung von Verpackungsmaterialien (z.B. durch den Einsatz von Additiven).</p> <p>Aktuell wird GVO-Anbau nur im Bereich biobasierter Kunststoffverpackungen, die auf Basis von Mais (USA) hergestellt werden, betrieben (Stand 2014).</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Coca-Cola verwendet Zuckerrohr aus Brasilien und Zuckerrohr-Molasse aus Indien.</p> <p><u>Brasilien</u> Laut Braskem werden derzeit auf brasilianischen Plantagen keine gentechnisch veränderten Organismen eingesetzt (Stand 2014).</p> <p><u>Brasilien/Indien</u> Auch in der Datenbank des ISAAA (International Service For The Aquisition Of Agri-Biotech Applications) ist kein Anbau von GVO-Zuckerrohr in Brasilien/Indien gelistet. [100: Stichwort „raw material profile“] [195]</p>			
<p>1.5 End of life (Recycling, Kompostierung)</p>	<p>Allgemein: Bei der Entsorgung biobasierter Kunststoffe wird der durch die Pflanze aufgenommene Kohlenstoff (biogener Kohlenstoff) wieder frei, während bei fossilbasierten Kunststoffen „zusätzlicher“ Kohlenstoff als CO₂ in die Luft emittiert wird. Unterschieden werden vier Entsorgungswege:</p> <p><u>Thermische Entsorgung</u></p>			

In Deutschland wird ein Großteil des Plastikmülls in Müllverbrennungsanlagen entsorgt. Ein sehr gut ausgebautes Recyclingsystem ist derzeit nur für PET-Flaschen vorhanden. Folienreste aller Art, die kleiner als DIN A4 sind, kommen in die Mischkunststofffraktion (MKF) und werden verbrannt. Bei der thermischen Entsorgung erfolgt zu einem kleinen Teil eine energetische Rückgewinnung. Das heißt, es liegt eine - wenn auch kurze - Kaskadennutzung vor. (Als Kaskadennutzung bzw. Mehrfachnutzung wird die - so lange wie möglich stoffliche und schließlich energetische - Nutzung eines Rohstoffs über mehrere Stufen bezeichnet).

Einen guten Überblick über Entsorgung und Verwertung bietet die Veröffentlichung „Entsorgungswege und Verwertungsoptionen von Produkten aus biobasierten Polymeren des post-consumer Bereichs“ der Knoten Weimar GmbH: [218]

Die Knoten Weimar GmbH ist ein international tätiges Ingenieurunternehmen, das aus ökologischer und sozio-ökonomischer Sicht optimale Lösungen zur Verbesserung der Infrastruktur im Bereich der Ver- und Entsorgung (Abfall, Abwasser, Energie) für die konkrete spezifische Situation vor Ort entwickelt und anbietet.

Recycling

Post-consumer Recycling: Ein werkstoffliches Recycling von biobasierten, chemisch nicht strukturgleichen Kunststoffen (u.a. PLA, cellulosebasierte Kunststoffe, Stärkeblends) findet bis jetzt noch nicht im industriellen Maßstab statt.

Die Gründe hierfür liegen sowohl in den zurzeit noch geringen Mengenströmen als auch in den zu erwartenden Kosten für die Einrichtung weiterer Sortiersysteme neben PET, PP, PE und PS. Die erst in geringen Mengen in den Abfallströmen zu findenden Biopolymere werden derzeit der Gruppe der sogenannten Mischkunststoffe (MKS) zugeordnet.

Ob ein sorten- bzw. typenreines (werk-)stoffliches Recycling wirtschaftlich ist, ist abhängig von vielen Faktoren, u.a. von der Erlössituation für die zu entsorgenden und zu verwertenden Materialien, von der Polymersorte, von dem Marktpreis für das entsprechende Rezyklat, von Rohstoffpreisen sowie von der notwendigen Sortier- und Aufbereitungstechnik. [032]

Technisch möglich ist bereits heute bei entsprechender Ausstattung der vorhandenen Anlagen ein getrenntes Recycling weiterer Materialien, insbesondere von PLA, mittels Nahinfrarotspektroskopie. [014] [202] Ressentiments gegen die neuen Kunststoffe bestehen vor allem seitens der Entsorger, die einerseits Kosten für die Einrichtung der neuen Systeme befürchten und andererseits eine Vermischung mit den konventionellen Kunststoffen sehr kritisch sehen. Folgende Probleme werden befürchtet: Verschmutzung des Nutzwassers und Anstieg des biologischen Sauerstoffbedarfs (BSB-Wert) durch Waschprozesse, Flotationen, Schwimm- und Sinktrennungen. [013]

	<p>Zu erwähnen ist darüber hinaus, dass die Hersteller bei der Entsorgung von Stärkeblends und cellulosebasierten Kunststoffen die Kompostierung bevorzugen. Beide Materialien bauen sich gut ab, während die Zersetzung von PLA auch in industriellen Anlagen bei Unterschreitung bestimmter Verweilzeiten teilweise nicht vollständig gegeben ist.</p> <p>Das rohstoffliche Recycling könnte bei ausreichender Menge eine Alternative zum werkstofflichen Recycling sein. Ein klarer Vorteil der Milchsäurekunststoffe wie PLA ist, dass sie sich hydrolytisch relativ einfach in ihre Grundbausteine zerlegen lassen. Daraus können anschließend wieder neue Biokunststoffe hergestellt werden. Kritisch sind hier Verunreinigungen durch Lebensmittelreste, Papier, Aluminiumdeckel etc. [013]</p> <p>Pre-consumer Recycling: Das Recycling von innerbetrieblichen Produktionsabfällen wird schon seit Jahren, schon aus ökonomischen Gründen, in vielen Firmen praktiziert. Beispielsweise recyceln Firmen ihr PLA-Altmaterial. Von Schwierigkeiten beim erneuten Zerkleinern und Rückführen in den Wertstoffkreislauf ist nur in wenigen Fällen berichtet worden. [014]</p> <p>Eine gute Übersicht zu den Entsorgungswegen und Verwertungsoptionen von Produkten aus biobasierten Polymeren des post-consumer Bereichs findet sich bei der KNOTEN WEIMAR GmbH. [201]</p> <p><u>Kompostierung (siehe auch 1.3 Zertifizierungen)</u></p> <p>Begriffsdefinition Biologische Abbaubarkeit: „Biologisch abbaubare Kunststoffe sind Polymerwerkstoffe, welche unter definierten Bedingungen innerhalb einer festgelegten Zeit durch Mikroorganismen und/oder Pilze überwiegend zu Biomasse und anorganischen Stoffen zerlegt werden. Für die genauen Rahmenbedingungen existieren verschiedene Normen, z.B. DIN EN 13432 und ASTM D6400, welche speziell auf den Abbau in Industriekompostanlagen ausgelegt sind. Unterschiede sind vorrangig im Abbaugrad sowie in den dafür zur Verfügung stehenden Zeiträumen zu finden.“ [002]</p> <p>Für die Zertifizierung der biologischen Abbaubarkeit von Werkstoffen in Kompostieranlagen gibt es verschiedene Richtlinien, welche auf den beiden genannten Normen aufbauen und von mehreren Organisationen mit entsprechenden Prüfzeichen bestätigt werden. In Deutschland bzw. dem europäischen Raum sind hierbei die DIN CERTCO (Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH) sowie die AIB-Vinçotte mit den Prüfzeichen „Keimling“ sowie „OK Compost“ federführend. [002]</p> <p>DIN EN 13432 - "Anforderungen an die Verwendung von Verpackungen durch Kompostierung und</p>			
--	---	--	--	--

	<p>biologischen Abbau": Dieser europäische Standard stellt sicher, dass das Produkt industriell kompostiert werden kann und dass nicht nur der Kunststoff an sich, sondern auch alle anderen Komponenten des Produkts kompostierbar sind, z.B. Farben, Etiketten, Kleber, Lebensmittelrückstände. [086]</p> <p>ASTM D6400 - "Standard Specification for Compostable Plastics": Dieser amerikanische Standard stellt sicher, dass das Produkt industriell kompostiert werden kann. Im Gegensatz zur DIN EN 13432 ist ein Abbaugrad von 60% innerhalb von 180 Tagen vorgeschrieben. Die DIN EN 13432 fordert einen Abbaugrad von 90%. Spezifischere Informationen sind hier einsehbar: [002]</p> <p>Es gibt zwei Zertifizierer für die biologische Abbaubarkeit, die DIN CERTCO Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH [115] und die AIB-Vinçotte (Europa) [114]: Die Vinçotte-Zertifizierung „OK Compost“ bzw. „Ok Compost Home“ bescheinigt die biologische Abbaubarkeit von Werkstoffen in Industrieanlagen bzw. bei geringen Umgebungstemperaturen wie im Gartenkompost. DIN CERTCO vergibt das Zeichen „Keimling“. [002] [114] [115]</p> <p>Weitere Infos zu Normen, Zertifizierungen und Labels im Bereich Kompostierung finden Sie hier: [113]</p> <p>Die Bioabfallverordnung (Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (BioAbfV)) beschreibt, welche Abfälle für die Entsorgung über die Bioabfalltonne zulässig sind. Nicht zulässig sind jegliche Kunststoffverpackungen mit Ausnahme von Bioabfallsammelbeuteln. Der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger vor Ort entscheidet, ob er die Entsorgung der Beutel über die Biotonne zulässt. Viele Kommunen haben dies explizit verboten.</p> <p>In vielen Kompostieranlagen in Deutschland werden zurzeit ohnehin alle Kunststoffe aussortiert, da nicht zwischen bioabbaubaren und konventionellen Kunststoffen unterschieden werden kann. Eine industrielle Kompostierung geht immer mit Energiezufuhr einher. Strittig ist, ob das verrottete Material strukturfördernd auf den Boden wirkt. [013] Da die bioabbaubaren Kunststoffe in der Regel keine Nährstoffe (z.B. P und N) enthalten, tragen sie nicht zu einer Nährstoffversorgung via Kompost bei. [210]</p> <p>Die Verrottung ist abhängig von Kunststoffart, Zusatzstoffen und Verblendungen. [013]</p> <p>Als problematisch stellt sich die zum Teil bei der Kompostierung auftretende ungenügende Zersetzung heraus. Ein Grund hierfür ist u.a. die häufig zu kurze Verweildauer in der Anlage. [013]</p>			
--	--	--	--	--

	<p><u>Vergärung</u></p> <p>Eine weitere Möglichkeit der Entsorgung biologisch abbaubarer Kunststoffe ist die Vergärung. Vorteile der Vergärung gegenüber einer Kompostierung sind u.a. geringere Emissionen an Methan (CH₄), Ammoniak (NH₃) und Lachgas (N₂O), die Nutzung des Plastikmülls durch anaerobe Vergärung und die Nutzung des Gases in Blockheizkraftwerken oder im Erdgasnetz. [211]</p> <p>Derzeit führt die Verwertung in einer Biogasanlage nur manchmal zu einem signifikanten ökologischen Vorteil. [219]</p> <p>Studien zum Thema Vergärung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endres, H-J., Kitzler, A-S. (2013): Mehrfachnutzung von Biopolymerwerkstoffen. Hochschule Hannover, IfBB. [031] • Dinkel, F., Kägi, T. (2013): Ökobilanz Entsorgung BAW. Ökologischer Vergleich von biologisch abbaubaren Werkstoffen BAW: Entsorgung in KVA vs. Entsorgung in Biogasanlage. Carbotech AG. [219] • Grundmann, V., Wonschik, C-R. (2011): Hydrolyse und anaerobe Co-Vergärung verschiedener biologisch abbaubarer Kunststoffe. Müll und Abfall. 07/2011. [220] 			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch:</p> <p>Biobasiertes PET hat in Bezug auf das Recycling (Drop-in-Lösung) identische Eigenschaften wie konventionelles PET und kann daher problemlos mit diesem zusammen recycelt werden.</p> <p>Coca-Cola gibt an, dass in Deutschland der Anteil an recyceltem PET bei der Produktion neuer PlantBottle™-Flaschen bei ca. 25% liegt. [184]</p>			
1.6 Ökobilanz	<p>Allgemein:</p> <p>In der Regel lassen sich Ökobilanzen schwer miteinander vergleichen, da keine einheitlichen Kriterien zugrunde gelegt werden. Unterschiede gibt es z.B. bei den Systemgrenzen (cradle to gate/grave etc.), bei den betrachteten Wirkungskategorien (z.B. Eutrophierung, Versauerung) und zum Teil beim geographischen Bezug.</p> <p>Daher sind die Ergebnisse einzelner Ökobilanzen differenziert zu betrachten. [006]</p> <p>In den bislang öffentlich verfügbaren Ökobilanzen zu Biokunststoffen wurden für die Umweltbewertung relevante Themen wie Biodiversität, indirekte Landnutzungsänderungen sowie Extensivität/Intensivität des Anbaus häufig nicht einbezogen.</p> <p>Im Gesamtbild aller vorhandenen Bilanzen lassen sich dennoch Tendenzen erkennen. Ein relativ einheitliches Bild ergibt sich z.B. bei der Betrachtung der jeweiligen Vor- bzw. Nachteile bzgl. der</p>			

	<p>Wirkungskategorien: In den Kategorien Treibhausgaspotenzial, fossiler Ressourcenverbrauch und Sommersmog ergeben sich fast durchweg Vorteile für die Biokunststoffe verglichen mit fossil basierten Kunststoffen, während sich in den Kategorien Versauerung und Eutrophierung - mit einigen Ausnahmen - meistens negative Bilanzen ergeben. Hier ist vor allem der (meistens) konventionelle Anbau der Pflanzen und die damit einhergehende Düngung bzw. Anwendung von Pflanzenschutzmitteln ausschlaggebend. Bei Flächeninanspruchnahme und Frischwasserentnahme haben die biobasierten Kunststoffe naturgemäß höhere Verbrauchswerte als die aus fossilen Rohstoffen hergestellten Kunststoffe. Die damit verbundenen Umweltwirkungen hängen jedoch stark von der Art der Flächeninanspruchnahme (z.B. Intensivnutzung in Monokultur versus Extensivnutzung im Bioanbau) und von der lokalen Verfügbarkeit der Ressource Wasser ab.[006]</p> <p>Eine Bewirtschaftung unter ökologischen Aspekten könnte viele der hier noch negativen Faktoren ausgleichen und wäre daher eine interessante Option für die Zukunft.</p> <p>Generell kann davon ausgegangen werden, dass Biokunststoffe bzgl. ihrer Ökobilanzen zum jetzigen Zeitpunkt in der Gesamtbilanz noch nicht besser abschneiden als die konventionellen Kunststoffe, häufig sogar eher schlechter. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Biokunststoffherstellung noch am Anfang steht und ein großes Entwicklungspotenzial hat, sodass zukünftig eine wesentlich effizientere Herstellung möglich sein wird. Zudem werden bei der Betrachtung konventioneller Kunststoffe bisher Faktoren wie Umweltschäden durch Ölbohrungen oder negative Einflüsse auf Ökosysteme in Abbaugebieten (bis hin zu Auswirkungen durch Kriege etc.) systematisch ausgeklammert.</p> <p>Eine umfassende Studie mit dem Titel „Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen“ wurde vom ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Umweltbundesamts durchgeführt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden biologisch abbaubare Packstoffe ökologisch bewertet, um eine belastbare Aussage zum ökologischen Stellenwert biologisch abbaubarer Kunststoffe im Vergleich zu den konventionellen Kunststoffen zu ermöglichen. [006]</p> <p>Im Bereich Folien kommt die Studie zu folgendem Ergebnis: Biokunststofffolien weisen derzeit nach Einschätzung des ifeu gesamtökologisch keine Vorteile gegenüber konventionellen Folien auf (Stand 2012). Aber: „Bei einer vollständigen Umsetzung des schon identifizierten Optimierungspotenzials [z.B. Reduktion der Folienstärke, Verbesserung in der Materialherstellung, Energieersparnis durch Verarbeitbarkeit bei niedrigen Temperaturen] könnten</p>			
--	--	--	--	--

	<p>Biokunststofffolien ökologisch mindestens gleichwertig oder sogar besser abschneiden“. [006]</p> <p>Eine Herausforderung für die Zukunft wird die möglichst effektive Rohstoffnutzung sein. Bei der Rohstoffnutzung müssen die Umweltauswirkungen im Fokus stehen, um bei stark gestiegenen Mengen ökologische Auswirkungen zu minimieren. Faktoren, die sich positiv auf die Ökobilanz auswirken würden, sind u.a. ein hoher Flächenertrag, geringe landwirtschaftliche Inputs (Dünger, Pestizide, Diesel), eine hohe Prozesseffizienz, ein geringer Energieverbrauch, eine hohe Materialeffizienz (wenig Verschnitt), ein optimaler Materialeinsatz (z.B. geringe Foliendicken etc.) sowie kurze Transportentfernungen.</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: <u>Coca-Cola</u> Bei der Rohwarenbeschaffung und bei der Erforschung von Lebenszyklusdaten von brasilianischem Zuckerrohr erfolgt eine Zusammenarbeit mit Braskem (gemeinsame Autoren und Korrekturleser der Lebenszyklusanalysen von Ethanol, das aus brasilianischem Zuckerrohr aus der „Center-South“-Region hergestellt wird).</p> <p>Die unveröffentlichte LCA aus dem Jahr 2013/2014 umfasst das brasilianische Bioethanol und dessen Umsetzung zu Bio-MEG in Indien. Empfehlung: Fragen Sie die LCA bei Coca-Cola nach. [184]</p>			
<p>1.7 Biobasierter Anteil</p>	<p>Allgemein: Biobasierte Polymere bzw. Kunststoffe sind technische Polymere und bestehen teilweise oder vollständig aus Biomasse, d.h. aus Material mit einem biologischen Ursprung, z.B. aus nachwachsenden Rohstoffen, wobei fossile und geologische Quellen ausgenommen sind. [224]</p> <p>Der biobasierte Anteil von Biokunststoffen variiert generell erheblich - sowohl zwischen als auch innerhalb der jeweiligen Biokunststoffgruppen.</p> <p>Während bei dem PET der PlantBottle™ von Coca-Cola zwischen 14% (bei einem Anteil von 25% recyceltem PET im PlantBottle™-PET) und 30% (ohne recyceltes PET im PlantBottle™-PET) biobasiert sind, werden z.B. bei biomassebasiertem PE, PLA und Celluloseregeneraten Anteile von über 80% erreicht.</p> <p>Bzgl. des Anteils an biobasierten Rohstoffen machen die Hersteller auf ihren Homepages bzw. in den Produktdatenblättern häufig keine detaillierten Angaben.</p> <p>Je nach gewünschten Anforderungen an die Verarbeitbarkeit des Materials sowie an die Eigenschaften des fertigen Produkts werden unterschiedliche Mengen an Additiven zugegeben.</p>			

	<p>Je nach Produkttyp müssen Angaben zum biobasierten Anteil und zu den Additiven vom jeweiligen Hersteller bezogen werden. Zusätzlich listet das IfBB Hannover verschiedene Hersteller mit ihren Produkten und deren Materialzusammensetzungen. [077]</p> <p>Aufzupassen gilt es bei Mischkunststoffen (Blends). Hier muss bei allen Bestandteilen geprüft werden, wie hoch der biobasierte Anteil ist.</p> <p>Zertifizierung des biobasierten Kohlenstoffanteils - AIB-Vinçotte (Europa) [114]/USDA's BioPreferred program (USA) [051] Diese Zertifizierungen sichern zu, dass ein bestimmter Prozentteil des Kohlenstoffs im Polymer biobasierten Ursprungs ist (nach C14-Methode). AIB-Vinçotte ist eine unabhängige Zertifizierung, die auf dem Standard ASTM D6866 beruht. AIB-Vinçotte (Label „OK biobased“) vergibt in Abhängigkeit vom biogenen Anteil ein bis vier Sterne für einen Anteil von mehr als 20, 40, 60 und 80 Massenprozent an nachwachsenden Rohstoffen. [002]</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch:  Aktuell ist bei biomassebasiertem PET das Monoethylenglycol (MEG) biobasiert, wodurch der biobasierte Anteil nur zwischen 14 und 30% liegt.</p> <p>Coca-Cola bezeichnet die Verpackung als PlantBottle™. [184]</p>			

		Bewertung		
Kriterien		Daten 	Kriterien 	Achtung 
2 Sozialverträglichkeit	<p>Beim Kriterium Sozialverträglichkeit bezieht sich die Bewertung auf das Vorhandensein von Sozialstandards beim Anbau und bei der Verarbeitung. Dies können international gültige Vorgaben, nationale gesetzliche Standards bzw. privatwirtschaftliche Standards sein.</p> <p>Als Basis für die Bewertung wird das Land herangezogen, aus dem die Rohware stammt bzw. in dem die Verarbeitung erfolgt. Hier muss differenziert werden zwischen Ländern bzw. Kontinenten, in denen eine umfangreiche Sozialgesetzgebung vorhanden ist (z.B. USA, Europa) und Ländern, in denen dies nicht bzw. nur unzureichend gegeben ist (Entwicklungs- und Schwellenländer). Bei Herstellern außerhalb der als unbedenklich eingestuft Gebiete muss die Einhaltung sozialer Kriterien besonders kritisch hinterfragt werden.</p>			
2.1 Sozialstandards beim Anbau	<p>Allgemein: In verschiedenen Ländern existieren unterschiedliche gesetzliche Vorgaben für Sozialstandards. Darüber hinaus gibt es privatwirtschaftliche Umwelt- und Sozialstandards. Nachfolgend aufgeführt sind angewandte Umwelt- und Sozialstandards, die in mehr oder weniger großem Umfang auch soziale Kriterien umfassen. Bei den Monomerherstellern und Compoundern/Convertern kommen zurzeit folgende Zertifizierungen zur Anwendung: ISCC PLUS, Bonsucro, SEDEX- Management-Werkzeug für Lieferanten, SFI certified managed forestry, FSC (Forest Stewardship Council), PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes).</p> <p><u>ISCC PLUS</u> ISCC PLUS kontrolliert die Einhaltung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Richtlinie 2009/28/EG) bzw. der Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung (BioNachV), ist von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) anerkannt und weltweit anwendbar. Schwerpunkte sind Treibhausgasreduzierung, nachhaltige Bewirtschaftung der Flächen und Schutz des natürlichen Lebensraums. ISCC-zertifizierte Biomasse darf nicht in artenreichen Gebieten, auf kohlenstoffreichen Böden oder in Torfmooren gewonnen werden. Ausgeschlossen sind überdies Gebiete mit hohem Naturschutzwert. Zusätzlich umfasst ISCC auch soziale Standards. [073]</p>			

Bonsucro

Bonsucro ist eine globale, Non-profit-Initiative, die sich für die Reduzierung negativer Umwelt- und Sozialeinflüsse der Zuckerrohrproduktion einsetzt.

Es gibt Kernkriterien, die zu 100% erfüllt werden müssen und weitere Anforderungen, die zu 80% erfüllt werden müssen. Die Kernkriterien beziehen sich im ökologischen Bereich auf Boden, Wald, Chemikalien sowie Biodiversität und im sozialen Bereich auf Menschen- und Arbeitsrechte, die größtenteils an die Standards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO-Standards) angelehnt sind. Der Produktionsstandard kann hier eingesehen werden: [074]

SEDEX - Management-Werkzeug für Lieferanten

Sedex ist eine Non-profit-Organisation, die sich für verantwortungsvolle und ethische Wirtschaftspraktiken in globalen Lieferketten einsetzt. Hauptservice ist eine Onlinedatenbank, die es Mitgliedern ermöglicht, Informationen zu vier Kernbereichen (Arbeitsstandards, Gesundheit und Sicherheit, Umwelt- und Wirtschaftsethiken) aufzubewahren und zu teilen sowie darüber zu berichten. Nutzer können die Bemühungen ihrer Lieferanten bewerten und vergleichen mit den Anforderungen anerkannter Standards, z.B. ILO-Standards, ETI Base Code, SA8000, ISO14001 und industriespezifische Verhaltenskodizes. Ein eigener Standard existiert nicht. [076]

SFI - Certified Managed Forestry

SFI Inc. ist eine unabhängige Nichtregierungsorganisation (NGO), die nachhaltiges Forstmanagement fördert.

SFI arbeitet zusammen mit Schutzorganisationen, lokalen Gemeinden, Landeigentümern und anderen Organisationen und Einzelpersonen. Der Standard basiert auf Prinzipien, die nachhaltiges Waldmanagement fördern. Er umfasst im sozialen Bereich u.a. folgende Kernkonventionen der ILO-Standards: Vereinigungs- und Gewerkschaftsfreiheit, Tarifverhandlungen, Antidiskriminierung etc. [172] [173]. Der Standard ist in Nordamerika weit verbreitet.

Standarddokumente 2015-2019: [126]

FSC - Forest Stewardship Council

FSC ist eine unabhängige, gemeinnützige Nichtregierungsorganisation, die 1993 als ein Ergebnis der Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ in Rio de Janeiro gegründet wurde. Heute ist der FSC in über 80 Ländern mit nationalen Arbeitsgruppen vertreten. Der Council fördert eine umweltfreundliche, sozialförderliche und ökonomisch tragfähige Bewirtschaftung von Wäldern. Dazu wurden zehn

	<p>Prinzipien und 56 Indikatoren entwickelt, auf denen die weltweit gültigen FSC-Standards zur Waldbewirtschaftung basieren. Den FSC-Standard finden Sie hier: [122]. Um sicherzustellen, dass Produkte, die das FSC-Label tragen, auch tatsächlich aus den entsprechenden Rohstoffen hergestellt wurden, setzt der FSC das Instrument der Produktkettenzertifizierung (englisch: Chain of Custody -COC) ein: Dazu muss jedes Unternehmen in der Produktkette, vom Wald bis zum Endkunden, ein innerbetriebliches Verfahren aufbauen, das sicherstellt, dass FSC-zertifizierte Materialien jederzeit identifizierbar bleiben. [123]</p> <p><u>PEFC - Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (Programm zur Anerkennung von Forstzertifizierungssystemen)</u> Das Zertifizierungssystem für nachhaltige Waldbewirtschaftung PEFC basiert inhaltlich auf internationalen Beschlüssen der Nachfolgekonferenzen der Umweltkonferenz von Rio. In Europa sind dies die Kriterien und Indikatoren, die auf den Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder in Europa (Helsinki 1993, Lissabon 1998, Wien 2003) von 37 Nationen in einem pan-europäischen Prozess verabschiedet wurden. Dieser Anforderungskatalog wurde von PEFC im Jahr 2010 u.a. um folgende Punkte ergänzt: keine Umwandlung von Naturwäldern in Plantagen, keine genetisch veränderten Organismen, besonderer Schutz der Rechte indigener Völker etc. Dieser Katalog ist Bestandteil des Technischen Dokuments des PEFC Council International (PEFCC), in dem die Anforderungen für Forstzertifizierungssysteme und Standards festgeschrieben sind. Diese müssen auf nationaler Ebene erfüllt sein, um von PEFCC anerkannt zu werden. Anerkannt werden zudem weltweit auch andere forstliche Zertifizierungssysteme, sofern sie glaubwürdig, freiwillig und transparent sind und Waldbesitzer nicht diskriminieren. Behandelt werden unter anderem die Themen Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit und soziale Angelegenheiten, die auf der Erklärung der ILO zu grundlegenden Prinzipien und Rechten bei der Arbeit basieren. Dokument „Produktkettennachweis von Holzprodukten - Anforderungen“: [124] Leitfaden für die Einführung eines Produktkettenzertifizierungssystems: [125]</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Die Bewertung muss spezifisch je nach Anbaugebiet vorgenommen werden.</p> <p><u>Coca-Cola</u> Coca-Cola hat Leitprinzipien für Zulieferer (Supplier Guiding Principles - SGP) [130] aufgestellt, wonach die Arbeitsplatzbedingungen mindestens den lokalen Arbeitsgesetzen sowie zentralen internationalen Konventionen entsprechen müssen. Die SGP werden durch unabhängige Dritte geprüft. Teil der</p>			

	<p>Bewertung sind vertrauliche Interviews mit Angestellten und Vertragsarbeitern vor Ort.</p> <p>Der Zuckerrohranbau in Indien kann bisher nicht nach Bonsucro zertifiziert werden. Daher greift Coca-Cola hier auf Zuckerrohr-Prozessreste (Melasse) zurück.</p> <p>Bezüglich der Verwendung dieser Prozessreste zur Herstellung des Bio-MEG (biobasierter Bestandteil der PlantBottle™) wurde eine Partnerschaft mit dem indischen Hauptlieferanten etabliert. Ziel der Partnerschaft ist es, mit lokalen Zuckerlieferanten in Kontakt zu kommen, um garantieren zu können, dass keine Menschenrechtsverletzungen in der Lieferkette vorkommen. Diese Partnerschaft soll den Überblick über die direkten Lieferanten (Chemiefirmen) hinaus bis zu Mühlen und Landwirten ermöglichen. [184]</p> <p>In Brasilien arbeitet Coca-Cola mit dem WWF zusammen, um Hauptzuckerlieferanten mit dem Bonsucro-Standard vertraut zu machen und diese in Richtung einer Zertifizierung zu bewegen. [184]</p> <p>Wenn Wanderarbeiter beschäftigt werden, müssen lokale Arbeitsrechte sowie zentrale internationale Konventionen eingehalten werden. [184]</p>			
<p>2.2 Sozialstandards bei der Verarbeitung</p>	<p>Allgemein: Zur Anwendung kommen folgende Zertifizierungen: SEDEX, GKV-Verhaltenskodex und OHSAS 18001.</p> <p><u>SEDEX - Management-Werkzeug für Lieferanten</u> Sedex ist eine Non-Profit Organisation, die sich für verantwortungsvolle und ethische Wirtschaftspraktiken in globalen Lieferketten einsetzt. Hauptservice ist eine Onlinedatenbank, die es Mitgliedern ermöglicht, Informationen zu vier Kernbereichen (Arbeitsstandards, Gesundheit und Sicherheit, Umwelt- und Wirtschaftsethiken) aufzubewahren und zu teilen sowie darüber zu berichten. Nutzer können die Bemühungen ihrer Lieferanten bewerten und vergleichen mit den Anforderungen anerkannter Standards, z.B. ILO-Standards, ETI Base Code, SA8000, ISO14001 und industriespezifische Verhaltenskodizes. Ein eigener Standard existiert nicht. [076]</p> <p><u>GKV-Verhaltenskodex</u> Träger des Verhaltenskodex ist der Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e.V. Thematisiert werden Verpflichtungen in den Bereichen Umweltschutz, Sicherstellung von Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz, Kinder- und Zwangsarbeit, Menschenrechte, Entlohnung und Arbeitszeit. [048]</p>			

	<p><u>OHSAS 18001 - Occupational Health & Safety Advisory Services (Arbeitsschutzmanagementsystem)</u> „[Die BS OHSAS 18001] (...) ist eine britische Norm, die eng an die ISO 9001 (Qualität) und ISO 14001 (Umwelt) anlehnt und Anforderungen an ein professionelles Arbeitsschutzmanagement definiert. Die BS OHSAS 18001 ist der bekannteste und bedeutsamste Standard für Arbeitsschutzmanagement und besitzt internationale Anerkennung.“ [112] „Im Mittelpunkt des Arbeitsschutzmanagements nach OHSAS 18001 stehen der Schutz von Menschen, die Arbeitssicherheit und die Gesundheitsvorsorge. Durch vorbeugende Maßnahmen im Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagement werden die Mitarbeiter in die Lage versetzt, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, bevor ein Unfall passiert oder eine Erkrankung auftritt“. [098]</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Coca-Cola produziert weltweit. Damit sind die jeweils regional gültigen Sozialstandards zu beachten. Verschiedene Zertifizierungen sind vorhanden und können direkt bei der Firma angefragt werden. [184]</p>			

Kriterien		Daten 	Kriterien 	Achtung 
3 Sicherheit und Technik	<p>Bei dem Kriterium Sicherheit liegt der Fokus auf der Sicherheit für den Konsumenten. Hierbei werden überwiegend Migrationspotenziale betrachtet.</p> <p>In dem Bereich Technik wird die technologische Verarbeitbarkeit des Verpackungsmaterials bewertet. Kann es auf den gängigen Maschinen verarbeitet werden? Welche Anpassungen müssen gegebenenfalls berücksichtigt werden? Gibt es Abstriche bzgl. Qualität, Verarbeitungsgeschwindigkeit oder Haltbarkeit?</p> <p>Während für die klassischen, aus nachwachsenden Rohstoffen wie Papier hergestellten Packmittel bereits sehr viele Daten vorliegen und praktische Einsatzgebiete bekannt sind, müssen für die neueren, aus nachwachsenden Rohstoffen stammenden Packstoffe wie PLA, PHA oder Stärkeblends häufig Anwendungstests durchgeführt werden, da die Datengrundlage zu gering ist. Sehr umfangreiche Daten liegen für die biomassebasierten Packstoffe wie Bio-PE, Bio-PP und Bio-PET vor, da diese die gleichen Eigenschaften wie die klassischen Kunststoffe aufweisen. [057] [133] [134]</p>			
3.1 Migrationen und Interaktionen	<p>Allgemein:</p> <p>Um Migrationen und Interaktionen abschätzen zu können, ist umfangreiches Informationsmaterial wie Spezifikationen, Sicherheitsdatenblätter, Analysen und Anwendungsbedingungen sowie das Packgut zu betrachten. [057] [133] [134]</p> <p>Packmittel, die in Kontakt mit Lebensmittel kommen, müssen der Verordnung (EU) Nr. 10/2011 sowie weiteren in Kapitel 4.1 genannten Vorgaben entsprechen.</p> <p>Um Risikopotenziale abschätzen zu können, sind direkte Kontakte zum Hersteller sowie Kenntnisse bzgl. der wesentlichen Bestandteile der Rezeptur des Verpackungsmittels unumgänglich. Es ist eine dokumentierte Risikoabschätzung für das Verpackungsmaterial durchzuführen. Neben den Hauptbestandteilen des Packstoffs sind auch Bestandteile mit geringem Anteil relevant, insbesondere wenn im Verhältnis zum Füllgut viel Packmittel eingesetzt wird oder wenn hohe Migrationspotenziale bekannt sind.</p>			

	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Es ist bekannt, dass aus PET geringe Mengen von Acetaldehyd und Antimon migrieren können. Die bisher nachgewiesenen Mengen entsprechen jedoch den gemäß Verordnung (EU) Nr. 10/2011 definierten Grenzwerten. In Bezug auf Mineralölkohlenwasserstoffe bietet PET gute Barriereigenschaften. Vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sind Vorgaben bezüglich des Einsatzes als Lebensmittelverpackung definiert. [133]</p> <p> Durch Beschichtungen können sehr gute Barriereigenschaften erzielt werden, wodurch auch die Haltbarkeit der in PET abgepackten Produkte deutlich verbessert werden konnte. Es gibt verschiedene Recyclingtechnologien für PET, für die eine FDA-Zulassung vorliegt. Durch die Firma Gneuß [138] ist ein Verfahren entwickelt worden, bei dem ohne Materialvor- bzw. -nachbehandlung eine FDA-Zulassung erteilt wurde.</p> <p>Für Folien: PET-Folien werden in großem Umfang für diverse Anwendungen im Lebensmittelbereich eingesetzt. Durch unterschiedliche Aufarbeitsverfahren und Beschichtungssysteme sind individuelle, an die jeweilige Verpackungssituation angepasste Lösungen möglich [067]. Glanz und Transparenz der Folien sind sehr gut (niedriger Gelbwert), selbst wenn sie auf Rezyklaten basieren. Die Folien sind in einer sehr großen Bandbreite erhältlich.</p> <p>Für Behälter: Für spezielle Produktanwendungen ist auch ein Zusatz eines Sauerstoffabsorbers denkbar. Insgesamt werden durch Beschichtungen schon sehr gute Barriereigenschaften erzielt.</p>			
3.2 Maschinelle Anforderungen	<p>Allgemein: Während für die klassischen, aus nachwachsenden Rohstoffen wie Papier hergestellten Packmittel bereits sehr viele Daten vorliegen und praktische Einsatzgebiete bekannt sind, müssen für die neueren, aus nachwachsenden Rohstoffen stammende Packstoffe wie PLA, PHA oder Stärkeblends häufig Anwendungstests durchgeführt werden, da die Datengrundlage zu gering ist. Sehr umfangreiche Daten liegen für die Drop-in-Lösungen (biomassebasierte Kunststoffe wie Bio-PE, Bio-PP, Bio-PET) vor, da diese die gleichen Eigenschaften wie die klassischen Kunststoffe haben.</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Die Verarbeitung kann auf den klassischen Verarbeitungsmaschinen erfolgen. Bezüglich der Verarbeitungseigenschaften bestehen bei biobasiertem PET keine zusätzlichen Anforderungen. Es gibt</p>			

	sehr umfangreiche allgemeine Literatur zur Anwendung von PET-Verpackungen.			
3.3 Barriere-eigenschaften	Allgemein: Die Barriereigenschaften eines Packmittels sind von wesentlicher Bedeutung für die Anwendung. Durch Blends, Lamination oder nachfolgende Behandlungen können diese Eigenschaften wesentlich beeinflusst werden. Ebenfalls zu berücksichtigen sind das Füllgut sowie die Verarbeitungs- und Lagerbedingungen. [065] [148]			
	Material-/Herstellerspezifisch: PET hat gute Barriereigenschaften, die durch zusätzliche Beschichtungen und mehrlagige Anwendungen deutlich verbessert werden. Dadurch können die meisten der Anwendungen im Lebensmittelbereich abgedeckt werden.  Eine weitere Verbesserung der Materialeigenschaften ist durch die Entwicklung des Materials PEF erfolgt, das in den nächsten Jahren verfügbar sein wird.			
3.4 Sonstiges	In der Textilindustrie ist der Einsatz von PET-Fasern sehr verbreitet. Sehr viel PET-Recyclingware aus Deutschland wird in China zu Textilien verarbeitet.			

<p>4 Qualität</p>	<p>Das Kriterium Qualität umfasst die gesetzlichen Anforderungen für Packmittel (Kapitel 4.1). Mit dem Ziel, die Sicherheit der Lebensmittel zu gewährleisten, hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) definiert, welche Vorgaben verschiedene Packstoffe erfüllen müssen. Diese Vorgaben umfassen auch speziell für biobasierte Verpackungsmaterialien wichtige Kriterien wie Ökologie und Umwelt. Auch das verpackte Produkt stellt Anforderungen an das Verpackungsmaterial. Es ist sehr wesentlich, diese Vorgaben möglichst genau und praxistauglich z.B. gemäß ISO 18602:2003 (Packaging and the environment) festzulegen. Stark überhöhte Anforderungen führen zu einer in vielen Fällen zu teuren, unökologischen oder im Extremfall nicht umsetzbaren Verpackung. Wenn die Eigenschaften des bisherigen Packmittels nicht bekannt sind, könnte es hilfreich sein, das bisherige Packmittel bzgl. der Barriereigenschaften sowie weiterer maschinellen Kennzahlen zu prüfen. Falls Praxistests erforderlich sind, sollten ausreichend lange Stabilitätstests des Packmittels durchgeführt werden, da bei kompostierbaren Packmitteln seitens der Hersteller die Abbaubarkeit der Packmittel häufig als wichtiger eingeschätzt wird als die mechanische Stabilität.</p> <p>Weiterhin sind Konsumentenansforderungen zu berücksichtigen. So sollten Packmittel z.B. leicht zu öffnen sein, über eine ausreichende Stabilität verfügen, und es sollte einfache und klare Vorgabe bzgl. der Verwertung geben. Bei den Konsumentenansforderungen zeigen die Erfahrungen, dass Konsumenten biobasierte Packmittel bevorzugen, gleichzeitig jedoch die Herstellung und die Herkunft der Rohwaren genau hinterfragen. [205] Bei widersprüchlichen, unklaren oder nicht korrekten Werbeaussagen bzgl. der Verpackung werden die Produkte gemieden, oder es resultiert öffentliche Kritik, z.B. von Umweltverbänden. [206] Auffällig ist, dass erdölbasierte Verpackungen nicht im gleichen Umfang hinterfragt werden.</p> <p>Die mechanische Stabilität eines Packmittels ist ein sehr wesentliches Kriterium, das in der Regel den Schutz des Produktes gewährleistet. Auch das Handling eines Packmittels ist ein nicht zu unterschätzendes Kriterium. Längere Haltbarkeit, kleinere Verpackungsgrößen, besserer Schutz gegen Bruch oder Verderb sind sehr wichtige Argumente. Weitere Kriterien sind möglichst vielseitige Einsatzbedingungen einer Verpackung. Damit können ganze Produktsortimente auf der gleichen Verpackungsmaschine abgepackt werden. Biomassebasierte Packstoffe haben sehr unterschiedliche Materialeigenschaften und können für unterschiedlichste Verpackungslösungen eingesetzt werden. Biomassebasierte Packmittel haben sich bei solchen Anwendungen durchgesetzt, bei denen klare Vorteile für alle Beteiligten resultieren. Sei es eine längere Haltbarkeit, ein besserer Produktschutz, ein einfacheres Handling oder die biologische Abbaubarkeit. Ebenfalls berücksichtigt werden sollte, dass Konsumenten bestehende und bekannte Verpackungssysteme aus Gewohnheit kaufen.</p>			
<p>4.1 Gesetzliche Anforderungen</p>	<p>Allgemein: Es gibt zahlreiche allgemeine gesetzliche Vorgaben für Packmittel, die in Kontakt mit Lebensmitteln</p>			

	<p>gelangen. Stoffgruppenspezifische gesetzliche Regelungen existieren für Kunststoffe (Verordnung (EU) Nr. 10/2011) sowie für Materialien und Gegenstände aus Zellglasfolien (Richtlinie 2007/42/EG). [144] Eine Übersicht über die relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen findet sich auf der Homepage des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). [109] Ergänzend sollte die Datenbank „BfR-Empfehlungen zu Materialien für den Lebensmittelkontakt“ des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) hinzugezogen werden, die die für den jeweiligen Packstoff relevanten Dokumente zur Verfügung stellt. [110] Eine weitere Informationsquelle sind die jeweiligen Verbände der Verpackungsindustrie, die Bioverbände, sowie Labore, die sich auf Packstoffuntersuchungen spezialisiert haben.</p> <p>Wichtigste Voraussetzung ist, dass sichergestellt ist, dass durch das Packmittel keine Verunreinigung des Lebensmittels erfolgt. Die Sicherstellung dieser Forderung wird im Allgemeinen durch die Konformitätserklärung des Packmittelherstellers gewährleistet. Hierbei ist darauf zu achten, dass vom Lebensmittelhersteller sowohl das Anwendungsgebiet als auch das Füllgut präzise definiert wird.</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: PET ist für die Abpackung von Lebensmitteln zugelassen. Sogar Recyclingmaterial kann durch bestimmte Aufarbeitungstechniken wieder für die Abpackung von Lebensmitteln eingesetzt werden.</p>			
4.2 Produktanforderungen	<p>Allgemein: Die Zusammenarbeit mit dem Packmittelhersteller sowie sehr gute Kenntnisse der Produktanforderungen sind zwingend, um das geeignete Packmittel zu ermitteln. Die im Vergleich zu den klassischen Kunststoffen noch geringere Produktvielfalt und die begrenzten Eigenschaftsprofile reduzieren die Anwendungsmöglichkeiten der biomassebasierten Packmittel.</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Bedingt durch die vielseitigen Eigenschaften (z.B. hohe Festigkeit, geringes Gewicht und mittlere Barriereigenschaften) wird PET für unterschiedlichste Anwendungen (Dosen, Flaschen, z. B. Softdrinks, Folien, z. B. Beuterverpackungen für Kosmetikprodukte und Lebensmittel,) eingesetzt.  Die Verfügbarkeit von pflanzenbasierten PET-Verpackungen ist noch gering. Hier sind größere Mengen erforderlich, um wirtschaftlich sinnvolle Verpackungsideen umsetzen zu können. Durch den Einsatz von Sperrschichten können die Verarbeitungs- und/oder Barriereigenschaften verbessert werden. Angeboten werden Monofolien aus A-PET (amorph), die in einem weiten Temperaturbereich einsatzfähig sind. Sie werden hauptsächlich eingesetzt für tiefgezogene transparente Behälter. C-PET (crystalline) hat eine hohe Kristallinität mit einem sehr hohen Schmelzpunkt (> 280°C). Diese</p>			

	<p>Verpackungen haben einen sehr guten Glanz und sehr hohe Transparenz. Ideal sind sie auch für den Einsatz in Mikrowellenöfen und Umluftherden geeignet, wie es bei Cateringprodukten verlangt wird. Auch für heißabfüllbare Getränke ist C-PET einsetzbar. Zusätzlich gibt es Duplexfolien, Triplexfolien und Verbundfolien für die unterschiedlichsten Anwendungen.</p>			
<p>4.3 Konsumenten- anforderungen</p>	<p>Allgemein: Die Anforderungen der Konsumenten sind sehr unterschiedlich und teilweise widersprüchlich: So ist ein hoher Conveniencenutzen erwünscht, gleichzeitig wird eine ökologische Verpackung erwartet. So sollen die abgepackten Produkte eine lange Haltbarkeit aufweisen, gleichzeitig soll das Verpackungsmaterial idealerweise kompostierbar sein. Während bei den klassischen, mineralölbasierten Kunststoffverpackungen kaum kritische Fragen von Verbrauchern gestellt werden, gibt es bei Packmittel aus nachwachsenden Rohstoffen teilweise sehr kritische Rückfragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sind die ökologischen Vorteile messbar und unabhängig überprüft worden? - Gibt es eine Konkurrenz zur Lebensmittelerzeugung? <p>Aus den Konsumentenansforderungen resultieren teilweise widersprüchliche Vorgaben für den Packmittelhersteller, z.B. biologische Abbaubarkeit, Recyclingfähigkeit, hohe Barriereigenschaften und hohe mechanische Stabilität. Hier hat der Hersteller einen Kompromiss zu suchen, um eine preislich vertretbare Lösung zu finden. Besonders ungünstig ist, dass nur wenig belastbare Bewertungen bzgl. der Verpackungsmaterialien vorliegen. Sehr häufig dominieren Marketingvorgaben die Verpackungsauswahl. Da in Deutschland der Einsatz von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) von über 80% der Bevölkerung abgelehnt wird, sollte bei der Entscheidung für einen Packstoff das Kriterium GMO-Freiheit berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 1.4).</p> <p>Material-/Herstellerspezifisch: Die Anforderungen des Konsumenten bezüglich einer sicheren Verpackung sind gewährleistet. Durch die vielseitigen Gestaltungsmöglichkeiten sind sehr viele Kundenanforderungen umsetzbar. Besonders zu erwähnen ist die hohe mechanische Stabilität bei geringem Gewicht.  Im Hinblick auf die Konsumentenansforderungen sind der geringe biobasierte Anteil von 15-30% und die begrenzte Verfügbarkeit zu berücksichtigen.</p>			
<p>4.4 Marketing (Druck, Vielfältigkeit, Haptik)</p>	<p>Allgemein: Der Verkaufserfolg eines Produktes ist häufig sehr stark von einem ansprechenden Marketing abhängig. Durch das immer breiter werdende Sortiment im Lebensmitteleinzelhandel ist es sehr wichtig, dass der Verbraucher das Produkt gut wiedererkennen kann. Der Verbraucher kauft verstärkt auch nach optischen Kriterien. Bei biobasierten Produkten sind Aussagen bezüglich Ökologie und Sozialem, als auch zum</p>			

	<p>biobasierten Anteil präzise, verifizierbar und unstrittig anzugeben. Die von European Bioplastics herausgegebene Veröffentlichung „ACCOUNTABILITY IS KEY - Environmental Communications Guide for Bioplastics“ gibt hilfreiche Tipps zur Kommunikation von Umwelt- und Sozialleistungen. [244]</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch: Das Produkt ist extrem stabil und hat einen schönen Glanz und hohe Transparenz. Es ist sehr vielseitig einsetzbar. <u>Druck</u> Die PET-Verpackungen sind vielseitig bedruckbar. Durch Multilayer-Folien können sehr ansprechende und vielseitige Verpackungen gestaltet werden. <u>Deckel-Anwendungen</u> Es gibt zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten bei Deckeln, da PET vielseitig geformt werden kann.</p>			
4.5 Stabilität und Handling	<p>Allgemein: Das Handling ist aus Sicht der Kunden ein wichtiger Aspekt. So haben sich z.B. in vielen Bereichen die leichteren Kunststoffverpackungen bei Getränken gegenüber den schwereren Glasverpackungen durchgesetzt. Da verstärkt auch Produkte über das Internet verschickt werden, ist auch die Stabilität der Verpackung sehr wichtig. Beim Verbraucher gewinnen der Außer-Haus-Verzehr und kleinere Portionsgrößen immer größere Bedeutung.</p>			
	<p>Material-/Herstellerspezifisch:  Sehr gute Stabilität bei leichtem Gewicht ergibt ein gutes Handling. Im Getränkebereich hat sich die PET-Flasche (allgemein) mit über 33% Anteil am Markt durchgesetzt. Bei Coca-Cola beträgt der Anteil der PlantBottle™ 2014 20-25%. In Europa waren 12% aller PET-Getränke-Flaschen aus Bio-PET. Die Entwicklung geht zu spezialisierten Anwendungen.</p>			
4.6 Sonstiges	<p>Durch Weiterentwicklungen wie PEF sind deutlich höhere biobasierte Anteile bei gleichzeitig noch besseren Verarbeitungseigenschaften möglich.  Nachteilig sind der aktuell noch sehr hohe Preis und die bisher nur geringen verfügbaren Mengen aus Versuchsproduktionen. Eine weitere Entwicklung ist die Herstellung von biologisch abbaubarem PET. Ein Anbieter von biologisch abbaubaren Zusatzstoffen ist die Firma Resilux. [227]</p>			