

**Anhörung von Sachverständigen**  
**Enquetekommission II „Werkstoffe“, am 11.10.2013 in Düsseldorf**

**Fragenkatalog**

1. ***Hergestellte Mengen: Welche Mengen der Polymer-Erzeugnisse (Kunststoffe, Kautschuk und Gummiartikel sowie Fasern) werden jährlich in Deutschland, Europa, weltweit hergestellt und wie hoch ist davon der Anteil der aus nachwachsenden Rohstoffen produzierten Güter, wie hoch ist der Anteil der biologisch abbaubaren Erzeugnisse?***

Genauere Mengen sind dem Verfasser nicht bekannt. Es sei noch einmal auf die sogenannte Kunststoffpyramide hingewiesen, welche die Kunststoffe in sogenannte Standardkunststoffe, technische Kunststoffe und Hochleistungswerkstoffe unterteilt. Mengenmäßig machen die Standardkunststoffe ca. 85 % des gesamten Kunststoffmarktes aus. Die restlichen 15 % teilen sich die technischen Kunststoffe und die Hochleistungswerkstoffe mit einem Gesamtanteil von 14 % bzw. 1 %.

Der Hauptteil der Biopolymeranwendungen befindet sich im Segment der Standardkunststoffe. Dabei werden für die Herstellung von Kunststoffen ca. 4 % des weltweit verbrauchten Erdöls eingesetzt.

Nach wie vor ist der Kunststoffverbrauch ein Indikator für den Wohlstand einer Gesellschaft. In Nordamerika und Westeuropa liegt der Verbrauch bei 100 kg pro Einwohner und Jahr.

Der Anteil an biobasierten Kunststoffen ist nach wie vor sehr gering.

2. ***Lebensdauer und Entsorgungswege für Polymer-Erzeugnisse: Welche Polymer-Erzeugnisse (Kunststoffe, Kautschuk und Gummiartikel sowie Fasern) sind langlebige und welche sind kurzlebige Wirtschaftsgüter, welche Grundpolymeren werden häufig für die Herstellung kurzlebiger Wirtschaftsgüter eingesetzt und welche Teilmengen der Kunststoff-Erzeugnisse einschließlich der Verbundmaterialien werden bei ihrem Lebensende in Deutschland/Europa wie folgt entsorgt:***
- a. Werkstoffliche Verwertung***
  - b. Stoffliche Verwertung***
  - c. Energetische Verwertung***
  - d. Thermische Entsorgung ohne Energiegewinnung***
  - e. Geordnete Ablagerung***
  - f. Entsorgung durch fermentativen Abbau (einschließlich Unterpflügen von Agrarfolien)***
  - g. Ungeordnete Entsorgung und wesentliche Umweltprobleme dadurch (Gründe für die ungeordnete Entsorgung)?***

Ca. 1/3 der Kunststoffe werden in Verpackungen eingesetzt, davon im wesentlichen Polyolefine (HDPE, LDPE, etc.). Eine werkstoffliche Verwertung macht aus ökonomischer und ökologischer Sicht nur Sinn, wenn der Kunststoff in reiner Form eingesetzt wird und als

solcher auch wieder eingesammelt werden kann (z. B. PET). Viele Kunststoffe werden als sogenannte Kunststoff-Compounds eingesetzt und enthalten daher Zuschlagsstoffe, die ein Recycling unsinnig erscheinen lassen. Hier ist es sinnvoller, den nach wie vor hohen Energieinhalt der Kunststoffe am Ende ihres Lebenszyklus zur Strom- oder Wärmeerzeugung einzusetzen.

**3. *Wo liegen die größten Herausforderungen im Bereich der Kunststoffe/Biokunststoffe (Rohstoffe, F+E etc.) und wie schätzen Sie das Potential von Unternehmen in NRW (im Vergleich zum Weltmarkt) ein?***

Die Durchschnittspreise für viele Standard- und technische Kunststoffe liegen unterhalb von 2 €/kg. Es ist für Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen durchaus eine Herausforderung, in diese Preisregion vorzudringen. Problematisch sind hier vor allem die sogenannten „drop in“-Ansätze, bei denen versucht wird, ein „erdölbasiertes“ Monomer (daraus werden anschließend Polymere hergestellt) aus einem Kohlenhydrat zu erzeugen. Die dabei erzielbaren Ausbeuten liegen bei ca. 30 % bis 35 % (theoretisches Maximum). Durch Fermentation erzeugte Monomere haben ein weiteres Problem. Viele Fermentationen laufen bei Temperaturen um 35 °C und müssen zur Abführung der Reaktionswärme gekühlt werden. Während eine klassische chemische Reaktion häufig mit Dampf beheizt wird (Koppelprodukt der Stromherstellung), sind gekühlte chemische/biologische Reaktionen „stromgetrieben“ und setzen damit das Vorhandensein von günstiger Elektrizität voraus.

Ein anderer Weg ist es, möglichst „rohstoffgerechte“ Monomersynthesen durchzuführen, d. h. möglichst viel Kohlenstoff und Sauerstoff ins Monomere einzubauen. Das Polymer Polyethylenfuranoat (PEF) ist hier ein herausragendes Beispiel. Es gibt mehrere – nicht-deutsche – Firmen, die an diesem Polymeren arbeiten. Vorteilhaft ist hier, dass große potentielle Abnehmer wie Coca Cola und Danone diese Projekte aktiv begleiten und so das unternehmerische Risiko verringern. Ansonsten ist der Zeitrahmen zur Neueinführung eines Polymeren mit 10 Jahren sicher nicht zu knapp bemessen. Zusätzlich dazu kommt noch das Prozessrisiko der Monomersynthese.

Die Entwicklung und Herstellung von Biopolymeren findet eher außerhalb Deutschlands statt. Materialien wie PLA, PEF, Bio-PE werden üblicherweise außerhalb Deutschlands hergestellt und allenfalls zur Weiterverarbeitung importiert. Gründe sind in der besseren und preiswerten Verfügbarkeit der Rohstoffe zu sehen. Auch die Energiekosten – vor allem Stromkosten – spielen eine Rolle.

**4. *Welche Herausforderungen werden, vor dem Hintergrund der anzunehmenden Entwicklungen (Stichwort „Megatrends“) auf den Bereich der Werkstoffe/Kunststoffe einwirken und welcher Handlungsbedarf wird daraus abgeleitet?***

Der Boom der nicht-konventionellen Öl- und vor allem Gasgewinnung verbilligt die Herstellung der Standardkunststoffe gegenüber den Biokunststoffen weiter und lässt in den nächsten Jahren für letztere eher schwächere Wachstumsraten erwarten.

Aus Sicht von F+E gibt es viele Lücken im Bereich der Biokunststoffe, d. h. es gibt keinen 1:1-Ersatz eines Biowerkstoffs für einen Werkstoff auf petrochemischer Basis. Dabei dürfen nicht nur die Eigenschaften des „nackten“ Polymeren betrachtet werden, sondern

auch die entsprechenden Polymer-Compounds und die Weiterverarbeitung. Das heißt der Kunststoffverarbeiter darf erwarten, dass er Werkstoffe erhält, die gleich gut oder besser

zu verarbeiten sind wie die entsprechenden petrochemischen Polymere, ohne dass er sich einen neuen Maschinenpark leisten muss.

Spezielle Entwicklungen von Biowerkstoffen im Bereich der Hochleistungskunststoffe machen nur wenig Sinn, da sich hier viele verschiedene Polymere mit völlig unterschiedlichen Eigenschaftsprofilen einen mengenmäßig sehr kleinen Markt teilen.

**5. Welche Chancen und Risiken bietet sowohl der Markt als auch F+E bei konventionellen und biobasierten Kunststoffen der chemischen Industrie in Deutschland bzw. NRW, bezogen auf weltweite Entwicklungen?**

Diese Frage wurde schon in den Antworten 3 und 4 beantwortet.

Als Fazit: Bio ist dann interessant, wenn Prozesse vereinfacht werden können bzw. wenn es gelingt, neue bessere Materialien bereitzustellen, die aber eine ähnliche Kostenposition haben müssen. Wenn neue Materialien bearbeitet werden sollen, ist unerlässlich, dass zumindest ein Endanwender für dieses Material mit im Boot sitzt und dafür sorgt, dass dieses Material auch eingesetzt wird. Trotzdem gilt, dass für neue Materialien – neben allen anderen Risiken – mit einem Zeitraum von 10 Jahren bis zur erfolgreichen Marktdurchdringung gerechnet werden muss.

**6. Welchen Einfluss können Werkstoffe auf langlebigere Nutzung von Produkten haben?**

Die richtige Werkstoffauswahl hilft die Langlebigkeit (wo gefordert) eines Bauteils zu verlängern.

**7. Welchen Einfluss haben nanotechnologische Applikationen bei bereits genutzten Materialien, um diese langlebiger, ressourceneffizienter, wirtschaftlicher zu machen? Gibt es negative Aspekte dieser Entwicklung?**

Die Beherrschung der Nanotechnologie ist ein Schlüssel zum Erfolg. Durch vertieftes Verständnis der Vorgänge auf der „Nanoebene“ ist es möglich, innovative Werkstoffe aus Polymeren und nanotechnologisch hergestellten Füllstoffen zu designen. Als Beispiele seien hier der grüne Reifen oder Rotorblätter für Windkraftanlagen genannt. Bei richtiger Anwendung stellt diese Art der Nanotechnologie keine Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Nanomaterialien können nur sinnvoll wirken, wenn diese fest in eine Polymermatrix eingebunden sind.

**8. Inwieweit gibt es Unterschiede – sowohl in chemisch-technischer Hinsicht als auch bei der rechtlichen Einordnung – bei der Kompostierbarkeit zwischen petrochemisch und biobasierten Kunststoffen und wie wirken sich diese Unterschiede bei der Verwendung/Einsatzmöglichkeiten aus?**

Zur rechtlichen Einordnung der Kompostierbarkeit kann ich nichts sagen. Chemisch ist es

einem bio-abbaubaren Polymeren egal, ob es aus petrochemischen oder nachwachsenden Quellen stammt. Wichtig ist nicht alle biobasierten Polymere sind automatisch bio-abbaubar. Dies ist eine Funktion der Polymerarchitektur nicht der Herkunft des Rohstoffes.

**9. Welche Forschungstrends zeichnen sich aktuell bei den petrochemischen und biobasierten Kunststoffen ab?**

Polymer-F+E hat sich in den letzten Jahren nicht auf die Herstellung völlig neuer Werkstoffe konzentriert. Firmen, die dies getan haben, sind gescheitert. Da hier auch Firmen wie Shell (Carilon), und andere global agierenden Unternehmen vertreten waren, kann es an fehlendem Kapital nicht gelegen haben. Es zeigt sich vielmehr ein Trend, durch geschicktes Kombinieren bestehender Monomere zu Werkstoffen mit einem verbesserten Eigenschaftsprofil zu kommen. Völlig neue biobasierte Werkstoffe werden es hier schwer haben, außer es gibt einen oder mehrere Endanwender, die einen neuen Werkstoff von der Industrie fordern (siehe PEF, Antwort 3).

**10. Welche Unterschiede in physikalisch-mechanischen Eigenschaften sowie der Verarbeitbarkeit bestehen zwischen konventionellen und biobasierten Kunststoffen und welche Probleme ergeben sich daraus bei der Weiterverwertung/Recycling von biobasierten Kunststoffen aufgrund anderer Eigenschaften?**

Solange ein thermisches Recycling durchgeführt wird, sind die Eigenschaften unterschiedlicher Polymere nicht relevant. Eine stoffliche Verwertung ist auch mit dem heute vorhandenen Kunststoffmix nur schwer sinnvoll vorstellbar (siehe auch Antwort 2).

**11. Welchen Entwicklungsstand haben biobasierte Kunststoffe aktuell erreicht und in welchem Umfang (sowohl Einsatzgebiete als auch Menge) eignen sich diese jetzt bzw. kurzfristig als Ersatz für konventionelle Kunststoffe?**

Mengenmäßig sind biobasierte Werkstoffe auch auf absehbare Sicht nicht in der Lage, die petrochemischen Polymere zu ersetzen. Wie in Antwort 3 ausgeführt wurde, sind sogenannte „drop in“ wirtschaftlich nur schwer darstellbar. Völlig neue Polymere erfordern neue Monomersynthesen, neue Polymersynthesen und am Ende zumindest auch eine Anpassung - wenn nicht sogar Neuanschaffung – von Verarbeitungsmaschinen.

Bei höherwertigen technischen Anwendungen müssen häufig auch noch entsprechende Neuzulassungen beantragt werden.

Technisch gibt es Biopolymere, die in der Lage sind, viele der heutigen Standardkunststoffe bzw. technischen Kunststoffe zu ersetzen. Häufig sind dies aber keine 1:1-Lösungen, sondern der Anwender muss mangels eines passenden Biowerkstoffes einen deutlich höherwertigen einsetzen, was unmittelbar auch die Werkstoffe zum Teil drastisch verteuert.

**12. Welche Stärken und Schwächen haben biobasierte Kunststoffe gegenüber petrochemisch basierten, besonders im Hinblick auf Einsatzmöglichkeit, technische Eignung, Toxizität, Ressourceneinsparung (sowohl in der Produktion als auch beim späteren Einsatz) und Recyclebarkeit?**

Biowerkstoffe sind speziell im Bereich der Standardwerkstoffe häufig Polyester und sind damit - im Gegensatz zu den Polyolefinen wie z. B. Polyethylen - anfällig gegen Hydrolyse. Sie haben einen deutlichen Dichtenachteil (ca. 20 %) und sind häufig auch deutlich schwieriger zu verarbeiten.

**13. *Wie beurteilen Sie das Entwicklungs- sowie das Wachstumspotential und die Einsatzmöglichkeiten biobasierter und biologisch abbaubarer Kunststoffe und wo sehen Sie Forschungsbedarf?***

Bio ist ein allgemeiner Trend und damit auch die Forderung nach Bioprodukten. Bioprodukte spielen immer da eine Rolle, wo es gelingt, durch „Bio“ einen Mehrwert darzustellen, seien es Polymere mit besseren Eigenschaften oder günstigere Herstellverfahren. Im ersteren Fall gilt aber nach wie vor das in der Antwort 3 Gesagte zum unternehmerischen Risiko bei neuen Werkstoffen.

**14. *Biologische Abbaubarkeit: Bei welchen Anwendungen ist diese Eigenschaft vorteilhaft und bei welchen nachteilig und wie beeinflusst das die Wiederverwendung (Recycling), welches sind die typischen abiotischen Abbauvorgänge bei den technischen Polymeren in der Natur?***

Biologische Abbaubarkeit ist die Eigenschaft eines Werkstoffs, aber grundsätzlich erst einmal kein Vorteil oder Nachteil. Viele der heutigen Biowerkstoffe werden nur in industriellen Kompostieranlagen ausreichend schnell zersetzt. Grundsätzlich wird Kunststoffmüll, egal woher dieser stammt, eher durch abiotische Vorgänge wie Sonnenlicht etc. zersetzt werden, bevor Bakterien dann die Bruchstücke weiter verstoffwechseln. Das biologische Abbauen von Werkstoffen mit hohem Energieinhalt ist wirtschaftlich bedenklich, da Kohlendioxid freigesetzt wird ohne einen weiteren Nutzen zu haben.

**15. *Welche industriellen Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich durch Innovationen in der Textil- bzw. Verbundwerkstoffforschung?***

Keine Antwort