



**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

# **Einsparpotenziale beim Kunststoffeinsatz durch Industrie, Handel und Haushalte in Deutschland**

**Studie im Auftrag der  
NABU Bundesgeschäftsstelle**

Henning Wilts, Nadja von Gries,  
Bettina Rademacher, Yuuki Peters

Februar 2015

## **Kontakt zu den Autoren**

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH**

Henning Wilts

Döppersberg 19

42103 Wuppertal

Tel. +49-202-2492-139

E-Mail: [henning.wilts@wupperinst.org](mailto:henning.wilts@wupperinst.org)

## Inhalt

1	Einleitung.....	7
2	Heutige und zukünftige Nutzungen.....	8
2.1	Umwelteinwirkungen entlang des Produktlebenszyklus.....	8
2.2	Kunststoffe und ihre Sortenvielfalt.....	9
2.3	Kunststoffeinsatz in Deutschland.....	15
2.4	Treiber des Kunststoffverbrauchs.....	16
2.5	Zukunftsszenarien für den Einsatz von Kunststoffen.....	17
3	Identifikation konkreter Einsparpotenziale.....	20
3.1	Allgemeine Strategien der Ressourceneinsparung.....	20
3.1.1	Konsistenz, Suffizienz, Effizienz.....	20
3.1.2	Einsparpotenziale entlang der Wertschöpfungskette.....	21
3.2	Methodisches Vorgehen zur Analyse konkreter Fallbeispiele.....	23
3.3	Konkrete Fallbeispiele für Reduktionspotenziale.....	23
3.3.1	Produktion.....	23
3.3.2	Handel.....	29
3.3.3	Haushalt.....	32
3.4	Wirkungsabschätzungen mit Blick auf die neun Optionen.....	37
3.5	Identifikation von Schlüsselfaktoren.....	48
3.6	Optimierungs-Szenario.....	49
4	Umsetzungsansätze.....	52
4.1	Maßnahmen der öffentlichen Hand.....	52
4.1.1	Grüne Öffentliche Beschaffung (GPP).....	52
4.1.2	Vorgaben zum Produktdesign.....	54
4.2	Maßnahmen im Bereich der Industrie.....	55
4.2.1	Effizienz der Kunststoffnutzung im Produktionsprozess.....	56
4.2.2	Labelling.....	56
4.3	Maßnahmen im Bereich des privaten Konsums.....	58
4.3.1	Verbraucherkampagnen.....	58
4.3.2	Ermöglichen alternativer Konsumstile in „Living Labs“.....	59
5	Fazit.....	61
6	Literatur.....	62



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verträglichkeit verschiedener Kunststoffsorten beim Recycling .....	18
Abbildung 2: Verlauf des Kunststoffeinsatzes in verschiedenen Einsatzbereichen (in kt) unter der Annahme einer konstanten Kunststoffintensität und eines linearen sektoralen Wachstums (inflationsbereinigt).....	18
Abbildung 3: Verlauf des Kunststoffeinsatzes in verschiedenen Einsatzbereichen (in kt) unter der Annahme eines stagnierenden Umsatzes .....	19
Abbildung 4: Verlauf des Kunststoffeinsatzes bei Kombination beider Effekte (in kt) .....	19
Abbildung 5: Zielebenen und Maßnahmenbereiche entlang der Lebensweg-Stufen von Produkten.....	22
Abbildung 6: Vergleich der Wanddickenverteilung (in mm) im Bodenbereich des Hohlkörpers hergestellt mit dem Flexringwerkzeug (oben) und mit konventionellem Werkzeug (unten) ...	26
Abbildung 7: Carbon Recycling .....	28
Abbildung 8: PSS Kategorien .....	35
Abbildung 9: Durchschnittliche tatsächliche Nutzungsdauer und maximale technische Lebensdauer ausgewählter Heimwerkergeräte in Privatbesitz (in Stunden) .....	35
Abbildung 10: Allgemein geschätztes Einsparpotenzial durch Modernisierung der Produktion .....	39
Abbildung 11: Gesamtkunststoffverbrauch im Jahr 2030 im Referenzszenario und in den beiden Alternativszenarien (in kt) .....	51

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: LCIA Profile.....	13
Tabelle 2: Kunststoffverarbeitung in Deutschland nach Branchen 2003-2013, in 1.000 t.....	15
Tabelle 3: Kunststoffverarbeitung nach Kunststoffarten in Deutschland, in 1.000 t.....	15
Tabelle 4: Einsatzbereiche für Regranulate aus Sekundärkunststoffen (Herkunft: Verpackungen).....	29
Tabelle 5: Beispiele für die versteckte Reduzierung des Inhalts (Kunststoffverpackungen) ..	30
Tabelle 6: Stärken und Schwächen von Option 1 .....	38
Tabelle 7: Stärken und Schwächen von Option 2 .....	40
Tabelle 8: Stärken und Schwächen von Option 3 .....	41
Tabelle 9: Stärken und Schwächen von Option 4 .....	42
Tabelle 10: Stärken und Schwächen von Option 5 .....	43
Tabelle 11: LCA Einkaufstüte .....	44
Tabelle 12: Stärken und Schwächen von Option 6 .....	45
Tabelle 13: Stärken und Schwächen von Option 7 .....	46
Tabelle 14: Stärken und Schwächen von Option 8 .....	46
Tabelle 15: Stärken und Schwächen von Option 9 .....	47
Tabelle 16: Geschätzte Einsparpotenziale in den zwei Alternativszenarien .....	50
Tabelle 17: Umsetzungsbeispiele für Vorgaben der öffentlichen Beschaffung mit Bezug zu Kunststoffen .....	53

# 1 Einleitung

Die weltweite Nutzung fossiler Rohstoffe zur Herstellung von Kunststoff nimmt seit Jahren kontinuierlich zu. Die globale Kunststoffproduktion ist zwischen 1950 und 2012 von 1,7 auf 288 Millionen Tonnen (Mt) angestiegen, wovon im Jahr 2012 allein in Europa 57 Mt hergestellt wurden<sup>1</sup>. Damit ebenfalls verbunden sind stetig steigende Mengen an Abfällen: 2012 sind allein in der Europäischen Union (EU) 25 Mt Kunststoffabfälle angefallen<sup>2</sup>. Die Anwendung umweltschädlicher Extraktionsverfahren hat erhebliche negative Auswirkungen auf Natur und Umwelt zur Folge<sup>3</sup>. Außerdem birgt der Einsatz von Zuschlagstoffen bei der Herstellung von Kunststoffen potenzielle Gefährdungen für Mensch und Umwelt. Gleichzeitig ist Kunststoff jedoch kaum noch aus unserem täglichen Leben wegzudenken: Kunststoffe ersetzen durch ihre vielseitige Anwendbarkeit andere ressourcenintensive Rohstoffe, durch ihre Materialeigenschaften tragen sie in vielen Bereichen auch zur verminderter Umweltbelastung bei (z.B. durch Leichtbau von Fahrzeugen, Dämmmaterialien). Die Reduktion des Kunststoffeinsatzes erscheint im Kontext der Diskussionen um die Verringerung globaler Ressourcenverbräuche und mit ihnen verbundenen Umweltbelastungen als eine wesentliche Lösungsoption, solange der verringerte Kunststoffverbrauch entlang der gesamten Produktwertschöpfungskette insgesamt zu geringeren Umwelteinwirkungen, weniger Abfall und Extraktion von fossilen Rohstoffen führt und der Einspareffekt nicht durch die substituierten Produkte kompensiert wird. Trotz verschiedener umweltpolitischer Initiativen auf EU-Ebene fehlen bisher jedoch weitgehende Konzepte zur systematischen Planung und Umsetzung, insbesondere für eine flächendeckende Vermeidung von umweltkritischem Kunststoffeinsatz.

Vor diesem Hintergrund zielt diese Studie darauf ab,

- den Status Quo des Einsatzes von Kunststoffen in Deutschland und Europa zu beschreiben, relevante Treiber zu identifizieren und ein Referenzszenario für den Einsatz von Kunststoffen zu entwickeln (Kapitel 2);
- Optionen zu identifizieren, wie der Einsatz von Kunststoffen reduziert werden könnte und die damit verbundenen Vor- und Nachteile jeweils aus einer umfassenden Umweltperspektive zu berücksichtigen (Kapitel 3) sowie
- konkrete Instrumente und Handlungsansätze zu beschreiben, die zur Realisierung dieser Optionen beitragen würden und die dabei erzielbaren Effekte im Rahmen möglicher Alternativ-Szenarien abzubilden (Kapitel 4).

---

<sup>1</sup> PlasticsEurope 2013

<sup>2</sup> Ebd., S.22

<sup>3</sup> Weiss et al. 2012

## 2 Heutige und zukünftige Nutzungen

### 2.1 Umwelteinwirkungen entlang des Produktlebenszyklus

Der Einsatz von Kunststoffen ist – wie bei allen anderen Materialien auch – mit zahlreichen Umweltbelastungen verbunden, von der Rohstoffgewinnung, über die Produktion und die Nutzung bis hin zur Entsorgung.

#### Rohstoffgewinnung und –verarbeitung

Ausgangspunkt für Kunststoffe sind hauptsächlich Erdöl, Kohle und Erdgas, wobei rund 5 % der jährlichen Ölförderung für die Kunststoffproduktion verwendet werden<sup>4</sup>. Ölreserven befinden sich überwiegend in den ärmeren Regionen der Welt, in denen indigene Völker und bedrohte Tierarten keine Lobby haben, um sich gegen die Zerstörung ihres Lebensraums zu wehren<sup>5</sup>. Dabei kommt es nach wie vor zu teilweise erheblichen Verschmutzungen von Gewässern mit teilweise katastrophalen Folgen für die betroffenen Ökosysteme. Auch in der Produktion und Verarbeitung von Kunststoffen kommt es zu signifikanten Umwelteinwirkungen. Bei der Herstellung und Anwendung von Polymeren werden organische Lösungsmittel benutzt, (z.B. bei Polymerisationsverfahren) die als eindeutig gesundheitsschädlich gelten<sup>6</sup>. Verschiedene der dabei verwendeten Monomere wie Vinylchlorid (VC) und Acrylnitril (AN) wurden als krebserregend klassifiziert. Dadurch ergeben sich Anforderungen des Arbeitsschutzes und bei Gefahrguttransporten. Hinzu kommt der erhebliche Energiebedarf für die Verarbeitung mit den damit verbundenen Klimabelastungen: Nach Angaben der Europäischen Kommission verursachten allein die im Jahr 2010 in der EU-27 über 98 Mrd. genutzten Plastiktüten jeweils CO<sub>2eq</sub>-Emissionen von 1,58kg pro Stück, insgesamt ca. 15 Mio. Tonnen CO<sub>2eq</sub><sup>7</sup>.

#### Nutzungsphase

Verschiedene der in Kunststoffprodukten verwendeten Zusatzstoffe sind nicht fest in diesen gebunden und können so mit der Zeit potentiell in die Umwelt und den menschlichen Körper gelangen. Besonders weitreichende Auswirkungen auf alle Stoffwechselforgänge im Körper haben dabei hormonell oder anderweitig in geringen Konzentrationen wirksame Substanzen, wie Weichmacher (zum Beispiel Phthalate), Bisphenol A (BPA), bromierte Flammschutzmittel und Organozinnverbindungen, wobei vor allem Babys und Kleinkinder empfindlich auf diese Belastungen reagieren können. Die Folgen können vom erhöhten Asthmarisiko bis hin zu Brustkrebs oder Unfruchtbarkeit reichen<sup>8</sup>. Eine Erhebung des Umweltbundesamts zur Schadstoffbelastung von Kindern hat gezeigt, dass Phthalate und Bisphenol A im Urin nahezu aller getesteten Kinder in Deutschland nachweisbar sind<sup>9</sup>. Weitere Studien legen nahe, dass hormonelle Chemikalien auch Übergewicht und Diabetes zur Folge haben können<sup>10</sup>.

---

<sup>4</sup>PlasticsEurope 2012a

<sup>5</sup>Greenpeace 2002

<sup>6</sup>Gnauck/ Fründt 1991

<sup>7</sup> Europäische Kommission 2013, S. 14

<sup>8</sup> Spechter 2005, Bornehag et al. 2004

<sup>9</sup>UBA 2009

<sup>10</sup>Manikkam et al. 2013, Wang et al. 2011



## Nachnutzungsphase

Wenn kunststoffhaltige Produkte am Ende ihrer Nutzungsphase unweigerlich zu Abfällen werden, verursachen sie insbesondere durch die Vermüllung von Flüssen und Ozeanen erhebliche Probleme. Rund 8 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle gelangen jährlich vor allem über Flüsse in die Ozeane<sup>11</sup>. Die Meeresschutzorganisation Oceana schätzt, dass weltweit jede Stunde rund 675 Tonnen Müll direkt ins Meer entsorgt werden, die Hälfte davon aus Kunststoffen. Laut einer Studie des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) treiben bis zu 18.000 Kunststoffteile in jedem Quadratkilometer der Weltozeane<sup>12</sup>. Eine Erhebung der marinen Abfallsituation im Baltischen Meer durch das Projekt MARLIN von 2011 bis 2013 hat gezeigt, dass der dort an Stränden vorgefundene Abfall<sup>13</sup> zu 56% aus Kunststoff bestand, im Wesentlichen Flaschendeckel, Plastiktüten und –verpackungen, Kunststoffbesteck oder nicht mehr definierbare Kleinteile aus Kunststoff. Auf der Ostseeinsel Fehmarn führt der NABU seit drei Jahren ein sogenanntes Spülsaum-Monitoring durch. Als Grundlage der Monitorings dienen die wissenschaftlichen Standards der regionalen Meeresschutzabkommen OSPAR und HELCOM. Dabei zeigte sich, dass etwa 62 Prozent der erfassten Müllmengen aus Kunststoff bestehen<sup>14</sup>. Eine 2015 in Science veröffentlichte Studie zeigt, dass sich ohne verbesserte Abfallinfrastrukturen die Menge der Kunststoffeinträge in die Ozeane bis zum Jahr 2025 um den Faktor 10 erhöhen könnte<sup>15</sup>.

Mit Strömungen wandern die Kunststoffe über die Meere und sammeln sich nach Jahren in großen Strömungswirbeln an<sup>16</sup>. Südöstlich von Hawaii hat sich in der im Uhrzeigersinn drehenden Meeresströmung des Pazifiks ein gigantischer Müllwirbel gebildet, in dessen Zentrum drei Millionen Tonnen Kunststoffabfall rotieren. Dieser wächst stetig und hat sich nach einer Studie des Scripps Instituts für Ozeanographie in San Diego in den letzten 40 Jahren ver Hundertfach<sup>17</sup>. Eine besondere Problematik bildet das sogenannte Mikroplastik (Kunststoffteile kleiner als 5mm). Untersuchungen des Alfred-Wegener-Instituts haben gezeigt, dass Kläranlagen in Deutschland aktuell in sehr unterschiedlichem Ausmaß in der Lage sind, die Kunststoffanteile aus Abwässern herauszufiltern und somit relevante Mengen in natürliche Gewässer eingeleitet werden<sup>18</sup>.

## 2.2 Kunststoffe und ihre Sortenvielfalt

Betrachtet man Kunststoffe, ihre Umwelteinwirkungen und Einsparpotenziale, so muss dabei zwischen einer Vielzahl extrem unterschiedlicher Kunststoffsorten unterschieden werden. Kunststoffe sind komplexe synthetisch-organische Werkstoffe, die im Wesentlichen aus Makromolekülen (Polymeren) und einer Mischung anderer Substanzen wie Additiven bestehen<sup>19</sup>. Zuletzt werden durch den Verarbeitungsprozess auch die Werkstoffeigenschaften und Umweltauswirkungen eines Kunststoffes festgelegt. Kunststoffe lassen sich damit je nach Zusammensetzung und Verarbeitung in schematische Kategorien unterteilen. Dabei wird vor-

---

<sup>11</sup> Jambeck et al. 2015

<sup>12</sup> UNEP 2006

<sup>13</sup> EU 2014

<sup>14</sup> NABU 2014

<sup>15</sup> Jambeck et al. 2015

<sup>16</sup> Ebd.

<sup>17</sup> Goldstein et al. 2012

<sup>18</sup> Mintenig et al. 2014, S.35 ff.

<sup>19</sup> Kaiser 2011

wiegend unterteilt zwischen thermisch-mechanischen Verhalten mit folgender Unterteilung: (1) Thermoplaste (z.B. Plastiktüte) und thermoplastische Elastomere (z.B. Schlauch im Fahrzeugbau), (2) Elastomere (z.B. Haushaltsgummi) und (3) Duroplaste (z.B. Außenhaut eines Motorradhelms). Diese Kategorien umfassen wiederum zahlreiche Kunststoffsorten. Im Folgenden sollen die gemessen am Marktanteil in Europa sechs wichtigsten Sorten dargestellt werden, die zusammen etwa 80% der Gesamtnachfrage an Kunststoffen in Europa ausmachen<sup>20</sup>.

### Polyethylen (PE) – PE-HD, PE-LD & PE-LLD

Polyethylen ist mit einem Anteil von 29,5 Prozent der europaweit am meisten produzierte Kunststoff. PE wird in drei wesentliche Typen unterteilt, (1) PE-High Density (PE-HD) mit

Recyclingsymbol
 <p>02 PE-HD    04 PE-LD</p>
Produktbeispiele


schwach verzweigten Polymerketten und daher mit einer hohen Dichte, (2) PE-Low Density (PE-LD) mit stark verzweigten Polymerketten und daher mit einer geringen Dichte, sowie (3) PE-Linear Low Density (PE-LLD) ein lineares Polyethylen niedriger Dichte.

Das wichtigste Anwendungsgebiet von PE-HD sind im Blasformverfahren hergestellte Hohlkörper, wie z.B. Flaschen für Reinigungsmittel im Haushalt, aber auch großvolumige Behälter<sup>21</sup>. Außerdem werden aus PE-HD im Extrusion- und Vakuumverfahren spezielle Fasern, Folien und Rohre hergestellt, die z.B. für den Wasser- und Deponiebau eingesetzt werden. PE-LD und PE-LLD hingegen wird vor allem in der Folienproduktion eingesetzt. Anwendungsbeispiele sind Agrar-, Frischhalte-, Schrumpf-, und Mehrschichtfolien sowie Beschichtungen von Gebrauchsartikeln,

wie z.B. Kabelummantelungen<sup>22</sup>.

Recyclingsymbol
 <p>05 PP</p>
Produktbeispiele


### Polypropylen (PP)

Auch PP gehört zu den extrem vielseitig eingesetzten Kunststoffen mit jeweils sehr unterschiedlichen Materialeigenschaften. PP hat eine hohe Steifigkeit, Härte und Festigkeit und kann mit mineralischen Füllstoffen wie z.B. Kreide oder Glasfasern angereichert werden<sup>23</sup>. Zudem ist PP bei Raumtemperatur gegen Fette und organische Lösungsmittel beständig.

Die vielseitigen Eigenschaften erlauben einen breiten Einsatz; zu den wichtigsten Anwendungsbereichen gehören flexible und starre Verpackungen, gefolgt von Faserprodukten. Jedoch findet PP auch Einsatz in medizinischen Produkten, wie z.B. Einwegspritzen, Diagnostikgeräten und Kathetern sowie z.B. als Sicherheitsfolie für Banknoten.

<sup>20</sup> PlasticsEurope 2012a, S.8

<sup>21</sup> Ceresana 2013a

<sup>22</sup> Ceresana 2010

<sup>23</sup> Ceresana 2012

## Polyvinylchlorid (PVC)



PVC ist eines der Hauptprodukte der chemischen Industrie und ein thermoplastischer Kunststoff mit harten bis spröden Eigenschaften, welche erst durch Zugabe von Weichmachern und Stabilisatoren geändert werden. Etwa 40% der PVC Produkte entfallen auf den Bausektor, hier werden vor allem Fensterprofile, Rohre, Fußbodenbeläge oder Dachbahnen verarbeitet<sup>24</sup>.

PVC-Hartschaum wird in der Faserverbundtechnologie als Sandwichwerkstoff eingesetzt, z.B. in Sportbooten, Rotorblättern für Windkraftanlagen und im Waggonbau. Geschäumtes PVC in Plattenform wird als Trägermaterial für Werbemedien wie Bilder und Grafiken verwendet. Außerdem wird PVC als Beschichtung oder Isoliermaterial für Produkte in der Automobil-, Bau-, Konsumgüterindustrie oder Medizintechnik eingesetzt<sup>25</sup>.

## Polystyrol (PS), expandiertes Polystyrol (PS-E)



PS ist ein transparenter, weiß geschäumter Thermoplast. PS-E ist eine expandierte Variante von PS und wird als Schaumstoff eingesetzt, bekannt auch als Styropor. Ein wesentlicher Nachteil des Werkstoffes ist die eingeschränkte Temperatur- und Spannungsbeständigkeit sowie die UV-Empfindlichkeit.

Hauptanwendungsbereiche finden sich in der Verpackungsindustrie, besonders im Bereich der Lebensmittelverpackungen (z.B. Joghurtbecher), aber auch in Gehäusen von Monitoren, Fernsehern, Druckern und weiteren elektrischen Geräten sowie Konsumprodukten<sup>26</sup>. In der Elektrotechnik wird PS wegen seiner Isolationsfähigkeit verwendet. PS findet auch Anwendung für Massenartikel (z.B. DVD Verpackungen oder Büroartikel), im Bauwesen als Dämmstoff und im Modell- und Kulissenbau.

<sup>24</sup> Chemie.de 2014

<sup>25</sup> Ceresana 2014

<sup>26</sup> Ceresana 2013b

## Polyethylenterephthalat (PET)

Recyclingsymbol
Produktbeispiele

PET ist ein thermoplastischer Kunststoff und wurde ursprünglich nur für Fasern verwendet, heute jedoch für eine Vielzahl von Verpackungen. PET-Fasern werden mittlerweile auch aus recycelten PET-Flaschen gewonnen, um daraus u.a. Polyesterfasern für Fleecestoffe zu produzieren. Die Eigenschaften von PET werden von der Kristallinität des Stoffes bestimmt. Das teilkristalline PET-C hat eine hohe Festigkeit, Steifigkeit und Temperaturbeständigkeit, jedoch nur eine geringe Schlagzähigkeit. Amorphes PET-A hingegen ist transparent und besitzt eine geringere Härte, Steifigkeit und Temperaturbeständigkeit, dafür bessere Schlagzähigkeit und Dimensions-

stabilität. Hauptanwendungsgebiet von PET sind blasgeformte Flaschen mit unterschiedlichen Wanddicken - dünnwandige Flaschen sind Einwegflaschen und dickwandige Flaschen sind Mehrwegflaschen. Außerdem wird PET-A für fotografische Filme und Magnetbänder, Schreibfolien, Klebebänder sowie für Elektroisierfolien eingesetzt. PET-C hingegen wird oft für Formteile in elektrischen Kleingeräten, Zahnrädern oder Rollen verwendet.

## Polyurethan (PUR)

Recyclingsymbol
Produktbeispiele

PUR ist ein Kunstharz und kann je nach Herstellung hart und spröde, aber auch weich und elastisch sein. In aufgeschäumter Form ist PUR als dauerelastischer Weichschaum (z. B. für Matratzen, Möbelpolster, Autositze oder Sportschuhsohlen) oder als harter Montageschaum (z.B. als Isolationsmaterial in Gebäuden oder in Kühlgeräten) bekannt. Ein weiteres Anwendungsbiet von PUR ist der Einsatz in Lacken und Beschichtungen. Hier wird PUR als Grundierung, Deck- und Beschichtungslack oder Klebstoff verwendet.

## Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)

Recyclingsymbol
Produktbeispiele

In Rohform ist ABS ein farbloser grauer Feststoff und findet überwiegend Verwendung bei Haushalts- und Konsumprodukten. In Europa wird über 50% der ABS-Produktion für die Automobil- und Elektroindustrie verwendet, da es sich gut für Beschichtungen von Metallen und Polymeren eignet. Beispiele von ABS Anwendungen sind Gehäuse von Elektrogeräten und Computern, thermogeformte Automobil- und Elektronikteile, Motorradhelme, Spielzeuge (z.B. Lego® Bausteine), Musikinstrumente (z.B. Mundstücke von Klarinetten und Saxophonen oder Randeinfassungen von Gitarren) sowie in 3D-Druckern.

### Umwelteinwirkungen der verschiedenen Kunststoffsorten

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Umweltprofile der hier dargestellten Kunststoffe. Auf Basis von standardisierten Lebenszyklusanalysen werden sowohl für die Produktion benötigte Inputs als auch damit verbundene Umweltbelastungen (Outputs) betrachtet, so z.B. das Treibhausgaspotenzial betrachtet. Die signifikanten Unterschiede für praktisch alle Kategorien einer Lebenszyklusanalyse verdeutlichen, dass die verschiedenen Kunststoffsorten sich in sehr unterschiedlicher Weise auf die Umwelt auswirken. Insbesondere die komplexeren technischen Kunststoffe wie PUR oder ABS sind mit höheren Belastungen pro Kilogramm Kunststoff verbunden – werden aber auch in wesentlich geringeren Mengen eingesetzt.

Parameter	Einheit	Wert (pro 1 kg)								
		PE-HD	PE-LD	PE-LLD	PP	PVC	PS	PET	PUR	ABS
<b>Input</b>										
Abiotisches Abbaupotenzial (ADP) mineralische Elemente	[kg Sb eq.]	4,4E-08	5,2E-08	6,5E-08	1,4E-07	n/a	9,21E-07	0,03	7,44E-06	n/a
Abiotisches Abbaupotenzial (ADP) fossile Brennstoffe	[MJ]	72,0	72,8	71,3	70,4	55,46	74,7	69,4	77,14	94,72
<b>Output</b>										
Erderwärmungspotenzial (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> ]	1,80	1,87	1,79	1,63	1,9	2,25	2,15	2,90	3,1
Versauerungspotenzial (AP)	[g CO <sub>2</sub> eq.]	4,28	4,36	4,33	4,32	5,3	5,38	7,9	6,19	8,0
Eutrophierungspotenzial (EP)	[g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.]	1,20	1,25	1,15	1,18	0,62	0,48	0,81	0,84	n/a
Ozonabbaupotenzial	[g CFC-11 eq.]	6,4E-04	8,2E-04	5,7E-04	5,5E-04	n/a	1,63E-05	0,01	2,65E-05	<0,001
Feinstaub	[g PM10 ep.]	3,97	4,09	4,01	3,97	0,430	0,15	6,92	0,103	1,7

**Tabelle 1: LCIA Profile**

**Quelle: PlasticsEurope 2012b**

Die Vielzahl eingesetzter Kunststoffsorten ermöglicht dabei eine möglichst weitgehend an die konkreten Produkthanforderungen angepasste Produktion. Insbesondere der Markt für glasfaserverstärkte Verbundkunststoffe ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen, Haupteinsatzbereiche der europäischen Gesamtproduktion von ca. 1 Mio. Tonnen sind der Transportbereich, der Bausektor, die Elektronikindustrie sowie die Sport- und Freizeitindustrie<sup>27</sup>. Gleichzeitig ergeben sich durch die Komplexität der gemischt anfallenden Kunststoffe besondere Herausforderungen für das stoffliche Recycling, wodurch häufig der Weg in die thermische Verwertung gesucht wird. Ein Anstieg der Kunststoffvielfalt behindert die Generierung ausreichend großer sortenreiner Kunststoffmengen und damit die Überwindung der kritischen Masse, die für einen ökonomischen Betrieb der Verwertungsinfrastrukturen erforderlich ist<sup>28</sup>. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Herausforderungen, die sich zudem aus der zunehmenden Anzahl verwendeter Kunststoffsorten pro Produkt ergeben. In rot markiert sind die Stoffkombinationen, die in einem Kunststoffgemisch eine wirtschaftliche stoffliche Verwertung (ohne vorhergehende sortenreine Sortierung) aus technischen Gründen verhindern.

Abbildung 1: Verträglichkeit verschiedener Kunststoffsorten beim Recycling

		Zumischwerkstoff							
Kunststoffe		PE	PVC	PS	PC	PP	PA	SAN	ABS
Matrixwerkstoff	PE	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich
	PVC	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	beschränkt verträglich
	PS	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich
	PC	nicht verträglich	in kleinen Mengen verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	verträglich
	PP	in kleinen Mengen verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich
	PA	nicht verträglich	nicht verträglich	in kleinen Mengen verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich
	SAN	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich	verträglich
	ABS	nicht verträglich	beschränkt verträglich	nicht verträglich	verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	nicht verträglich	verträglich

■ verträglich  
■ beschränkt verträglich  
■ in kleinen Mengen verträglich  
■ nicht verträglich

Quelle: Kurz et al. 2009

<sup>27</sup> Witten et al. 2014 S. 12

<sup>28</sup> Tolinski 2012

## 2.3 Kunststoffeinsatz in Deutschland

Bei der im Fokus dieser Studie stehenden Betrachtung von Einsparpotenzialen beim Kunststoffeinsatz muss nicht nur zwischen den verschiedenen Kunststoffsorten, sondern auch zwischen den konkreten Einsatzbereichen unterschieden werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Kunststoffverarbeitung nach Branchen in Deutschland im Zeitraum 2003/ 2005 bis 2013. Dabei zeigt sich, dass die Gesamtmenge der verarbeiteten Kunststoffe in Deutschland nur unwesentlich gestiegen ist. Die drei Hauptanwendungsbereiche in Deutschland sind der Verpackungs-, Bau- und Fahrzeugsektor, die zusammen über zwei Drittel der Gesamtmengen auf sich vereinen. Vergleichsweise stark angewachsen sind die Kunststoffeinsatzmengen in den Bereichen Landwirtschaft und Medizin, die zusammen jedoch nur ca. 5% der Gesamtmengen ausmachen.

Branche	2003	2005	2007	2009	2011	2013
Verpackung	3498	3696	4050	3780	4110	4115
Bau	2491	2822	3150	2610	2780	2760
Fahrzeuge	954	997	1150	950	1170	1180
Elektro/ Elektronik	795	795	920	695	730	705
Haushaltswaren		336	365	315	350	345
Möbel		504	480	410	450	455
Landwirtschaft		280	310,0	330,0	370,0	370
Medizin		168	215	230	260	270
Sonstiges		1602	1860	1410	1640	1555
Gesamt	10600	11200	12500	10730	11860	11755

Tabelle 2: Kunststoffverarbeitung in Deutschland nach Branchen 2003-2013, in 1.000 t

Quelle: Consultic 2014

**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die Entwicklung der verarbeiteten Kunststoffmenge differenziert nach den unterschiedlichen Kunststoffsorten. Dabei zeigt sich auch hier über den betrachteten Zeitraum ein relativ stabiles Bild – allein bei PVC hat es in den vergangenen Jahren einen deutlicheren Rückgang der eingesetzten Mengen gegeben.

Kunststoffart	2007	2009	2011	2013
PE-LD/LLD	1850	1695	1720	1715
PE-HD/MD	1380	1266	1500	1505
PP	1980	1706	2030	1985
PS	415	386	385	345
PS-E	240	236	315	315
PVC	1865	1556	1610	1560
ABS,ASA,SAN	300	225	260	310
PA	355	290	345	285
PET	500	483	445	620
PUR	810	644	750	760
Sonst. Kunststoffe	2260	1835	1965	1830
Gesamt	12500	10730	11860	11755

Tabelle 3: Kunststoffverarbeitung nach Kunststoffarten in Deutschland, in 1.000 t

Quelle: Consultic 2014

Die hier gewählte Betrachtung legt den Fokus auf die im Inland zur Produktion von Gütern eingesetzten Kunststoffmengen. Diese Güter werden natürlich teilweise für den Export produziert, gleichzeitig werden kunststoffhaltige Produkte importiert. Diese Abgrenzung erfolgt zum einen vor dem Hintergrund der Instrumentenbetrachtung in Kapitel 3: Nur auf die hier im Produktionsprozess eingesetzten Mengen lässt sich auch über Vorgaben, Standards u.ä. Einfluss nehmen. Zum anderen existieren auch keine verlässlichen Angaben zu den Kunststoffmengen, die als Bestandteil von Gütern oder Komponenten importiert werden.

## 2.4 Treiber des Kunststoffverbrauchs

Eine Betrachtung von Einsparpotenzialen beim Kunststoffeinsatz sollte sich zunächst der Frage stellen, welche unterschiedlichen Treiber in der Vergangenheit den Einsatz von Kunststoffen so stark haben ansteigen lassen. Global betrachtet wächst der Kunststoffmarkt zur Zeit im Durchschnitt jährlich um mehr als 8,5%<sup>29</sup>. Dieses Wachstum wird getragen von internen und externen Markttreibern, die im Folgenden dargestellt werden sollen.

### Interne Treiber des Kunststoffmarktes

1. Weiterentwicklung technischer Materialeigenschaften: Die fortschreitende technische Entwicklung führt zu immer neuen Kunststoffsorten, von den naturbasierten Kunststoffmaterialien bis hin zu chemisch-modifizierte Materialien wie der vollständig synthetischen Herstellung von Kunststoffmolekülen (z.B. Bakelit, Epoxidharz oder Polyvinylchlorid). Jede dieser Entwicklungen brachte neue Materialeigenschaften mit sich, so dass heute eine breite Vielfalt von schmelzbaren (Thermoplaste), nicht schmelzbaren (Duroplaste), dehnbaren (Elastomere), gemischten (Copolymere), kristallartigen, matten und faserigen Kunststoffsorten zur Verfügung stehen.
2. Erweitertes Anwendungsgebiete: Immer mehr Produktkomponenten werden durch Kunststoff ersetzt, die damit Materialien wie Metall, Glas oder Holz verdrängen. Besonders in der Automobilindustrie werden Bulk Moulding Compounds (BMC), Scheinwerferlampen oder Innenverkleidungen jetzt überwiegend aus Kunststoff hergestellt<sup>30</sup>. Auch in der Verpackungsindustrie zeichnet sich eine fortschreitende Ausweitung der Anwendungsgebiete ab. Es wird erwartet das PET Produkte auch in den nächsten sechs Jahren (2014-2020) eine jährliche Wachstumsrate von 8,5% erreichen werden<sup>31</sup>. Dabei wird das Wachstum hauptsächlich von der steigenden Nachfrage von Verpackungsprodukten für kohlesäurehaltigen Erfrischungsgetränke getrieben.
3. Weiterentwickelte Fertigungsprozesse: Die Fertigungsprozesse von Kunststoff wurden in der Vergangenheit enorm verkürzt bei gleichzeitig reduziertem Investitionsaufwand, wodurch die Attraktivität für Kunststoffprodukte bei vielen Industrie- und Handwerksbetrieben stieg. Durch neuartige Fertigungsverfahren konnten auch die Eigenschaften von Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere verbessert werden. Ein Beispiel ist die Verstärkung von einfachen Thermoplasten mit Glasfasern, wodurch eine bessere Beständigkeit gegenüber mechanischen Einflüssen erzielt wurde. Der gesunkene Aufwand bei Produktionsprozessen erlaubt zudem eine flexiblere Anpassung an individuelle Kundenwünsche.
4. Verbesserte Recyclingoptionen: Mit der EU-Abfallrahmenrichtlinie und der damit verbundenen Aufwertung der stofflichen Verwertung hat auch das stoffliche Recycling von

<sup>29</sup> Abts 2010, S.10

<sup>30</sup> Platt 2003

<sup>31</sup> Grand View Research 2014



Kunststoffen an Bedeutung gewonnen. Auch wenn in Europa im Jahr 2012 erst 24% der Kunststoffabfälle einem stofflichen Recycling zugeführt wurden<sup>32</sup> und es sich dabei häufig noch eher um Downcyclingprozesse handelt, gelangen damit Sekundär-Kunststoffmengen zu günstigen Konditionen auf den Markt.

5. **Kostenersparnisse durch Skaleneffekte:** Durch die globale Nachfrage von Kunststoffen und die steigende Zahl an Produktionsstätten in Niedriglohn- bzw. Entwicklungsländern hat sich die Kostenstruktur und das Produktionsvolumen erheblich gewandelt. Niedrigpreis-Kunststoffprodukte nutzen dabei Skaleneffekte und günstige Produktionsbedingungen, insbesondere im asiatischen Raum. China ist mit 23,9% der führende Kunststoffproduzent der Welt und fast die Hälfte der gesamten Produktion (44,6%) stammt vom asiatischen Kontinent<sup>33</sup>. Zusätzlich zu der globalen Nachfrage wird dieser Trend durch steigender Automatisierungsgrad und Prozesseffizienz der Produktion, sinkende Durchschnittskosten, Lernkurveneffekte und Konsolidierungen von Betriebsstandorten weiter verstärkt.

#### **Externe Treiber des Kunststoffmarktes**

1. **Steigende Nachfrage:** PET-Flaschen haben in Deutschland im Bereich der alkoholfreien Getränke mittlerweile einen Marktanteil über 80%<sup>34</sup>. Nicht nur im Getränkesektor, sondern auch in der Automobil-, Möbel-, Textil- und Elektronikindustrie werden traditionelle Materialien wie Holz, Metall oder Glas immer weiter verdrängt und durch kunststoffbasierte Substitute ersetzt.
2. **Preisanstieg von alternativen Werkstoffen:** Rohstoffpreise für Stahl, Aluminium, Holz oder Baumwolle sind in den letzten zehn Jahren stark gestiegen oder waren enormen Preisschwankungen ausgesetzt. Der Preis für Kunststoffe ist stark an den ebenfalls schwankenden Erdölpreis gekoppelt, dessen Volatilität aber unter dem vieler metallischer Rohstoffe lag. Durch die Vielzahl an verschiedenen Kunststoffsorten mit unterschiedlichen Grundrohstoffen und steigenden Recyclingraten wurde Kunststoff in vielen Bereichen verstärkt nachgefragt<sup>35</sup>.

## **2.5 Zukunftsszenarien für den Einsatz von Kunststoffen**

Als Grundlage für die Betrachtung zukünftiger Einsparpotenziale sollen im Folgenden verschiedene Szenarien zum Einsatz von Kunststoffen in Deutschland entwickelt werden. Dabei ist zu betonen, dass es sich hierbei um mögliche Szenarien auf Grundlage transparenter, aber verschieden realistischer Annahmen handelt, nicht jedoch um Prognosen mit dem Anspruch, die reale Entwicklung möglichst präzise vorhersagen zu können!

Für die Entwicklung des Kunststoffeinsatzes sind dabei insbesondere zwei zentrale Faktoren zu berücksichtigen: Einerseits die Wachstumsraten der zentralen Einsatzbereiche für Kunststoffe: Würde z.B. der Bausektor in Deutschland erhebliche Wachstumsraten aufweisen, so wäre auch mit einem steigenden Kunststoffeinsatz zu rechnen. Andererseits Veränderungen der Kunststoffintensität der verschiedenen Sektoren: Bei einem deutlichen Anstieg des Kunststoffanteils im Fahrzeugsektor wäre ebenfalls mit einer Steigerung der eingesetzten Kunststoffmenge zu rechnen, selbst wenn der Sektor insgesamt stagnieren würde. Aus der Kombination beider Effekte ergibt sich dann ein Gesamtszenario, das als Referenzszenario

<sup>32</sup> PlasticsEurope 2014, S.21

<sup>33</sup> Ebd., S.11

<sup>34</sup> GfK 2010

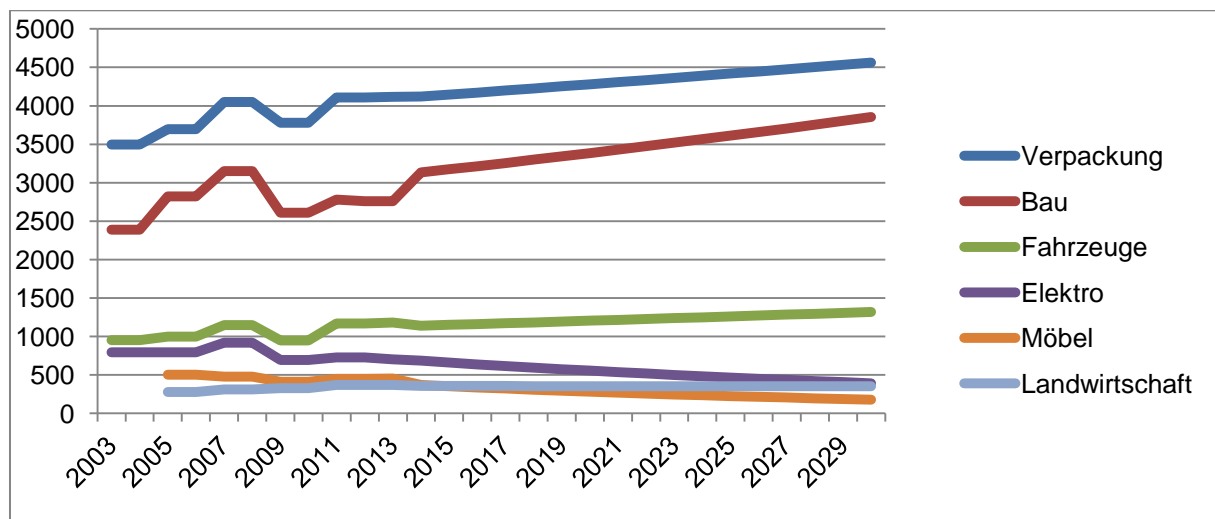
<sup>35</sup> Plasticker 2014

für die im weiteren Verlauf der Studie zu entwickelnde Option zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes dienen soll.

Die im Folgenden dargestellten Szenarien basieren auf folgenden Annahmen:

- Für das Wachstum der Wirtschaftssektoren bis 2030 wurde vom durchschnittlichen realen Wachstum im Zeitraum 2003 bis 2013 auf Basis der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes ausgegangen.
- Für die Ermittlung der Kunststoffintensität wurden die dargestellten Daten auf Basis der Consultic-Studien verwendet und ebenfalls eine konstante Weiterentwicklung des Verlaufs im Zeitraum 2003 bis 2013 angenommen.

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf des Kunststoffeinsatzes in den verschiedenen Einsatzbereichen bis zum Jahr 2030 unter der Annahme einer konstanten Kunststoffintensität je Sektor (Kunststoffeinsatzmenge im Verhältnis zum sektoralen BIP) und einem linearen sektoralen Wachstum auf Basis der vorliegenden Daten der zum realen Umsatzanstieg der Jahre 2003-2013. Hier zeigt sich deutlich, dass insbesondere die Entwicklung im Bau- und Verpackungssektor in der Vergangenheit zu einem Anstieg der eingesetzten Mengen geführt hat und bei einer sich linear fortsetzenden Entwicklung zu einer signifikanten Steigerung des Kunststoffeinsatzes führen würde.



**Abbildung 2: Verlauf des Kunststoffeinsatzes in verschiedenen Einsatzbereichen (in kt) unter der Annahme einer konstanten Kunststoffintensität und eines linearen sektoralen Wachstums (inflationsbereinigt)**

Abbildung 2 verdeutlicht den zweiten Effekt, die steigende Menge Kunststoff pro Euro Umsatz in den verschiedenen Einsatzbereichen (wie beschrieben unter der Annahme eines konstanten Umsatzes). Hier zeigt sich ebenfalls ein signifikanter Anstieg im Bau- und Verpackungsbereich, insbesondere aber die steigende Bedeutung des Fahrzeugsektors durch einen steigenden Kunststoffanteil.

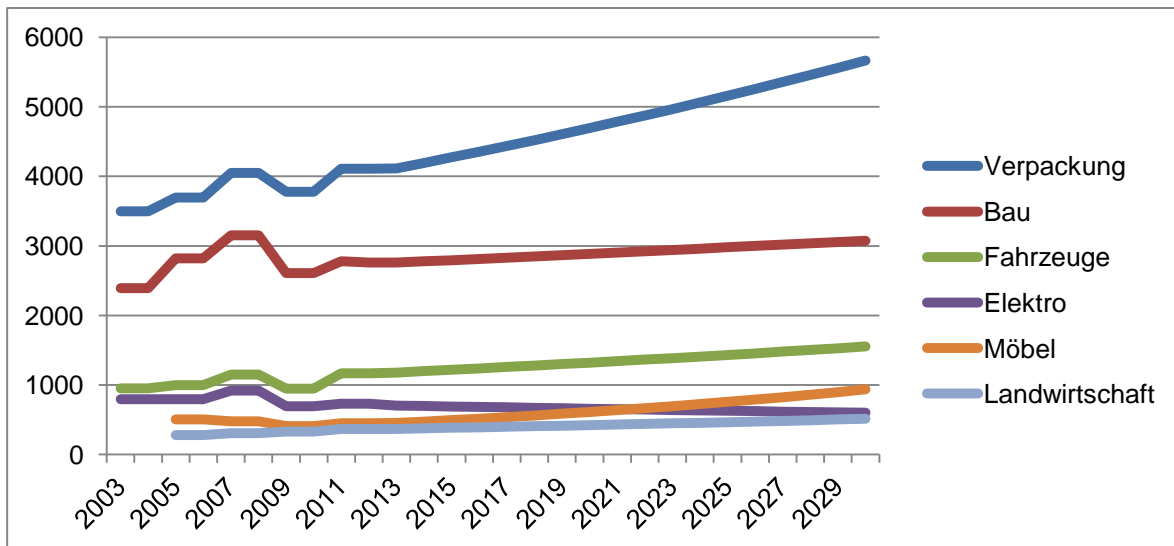


Abbildung 3: Verlauf des Kunststoffeinsatzes in verschiedenen Einsatzbereichen (in kt) unter der Annahme eines stagnierenden Umsatzes

Kombiniert man beide Effekte (sektorale Umsatzwachstumstrends und sektoral steigender Kunststoffeinsatz je umgesetzt Euro), so ergibt sich folgendes Szenario für die Entwicklung der Kunststoffeinsatzmengen in Deutschland. Demnach wäre bis zum Jahr 2030 mit einer weiteren Steigerung der Einsatzmengen zu rechnen: Ausgehend von einem Kunststoffeinsatz von 9.585 kt in 2013 würde sich für das Jahr 2030 eine Gesamtmenge von 12.227 kt ergeben, was einem Anstieg der in Deutschland eingesetzten Menge von ca 28% entsprechen würde, insbesondere in den Bereichen Verpackungen und Bau. Der Anstieg der Kunststoffeinsatzmengen in Deutschland liegt damit unter dem beobachteten Anstieg der globalen Kunststoffproduktion, worin sich einerseits Unterschiede im wirtschaftlichen Wachstum zwischen Europa und z.B. Asien, andererseits aber auch die Verlagerung kunststoffintensiver Prozesse ins Ausland widerspiegeln.

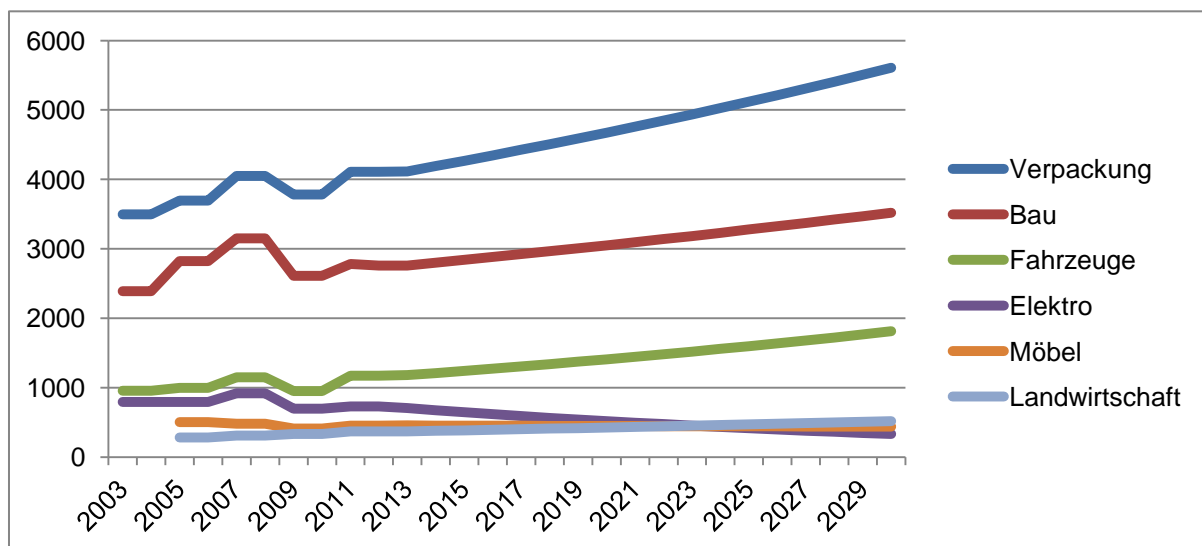


Abbildung 4: Verlauf des Kunststoffeinsatzes bei Kombination beider Effekte (in kt)

## 3 Identifikation konkreter Einsparpotenziale

Aufbauend auf die in Kapitel 2 entwickelten Szenarien eines stetig ansteigenden Kunststoffeinsatzes und den damit verbundenen Umwelteinwirkungen sollen im Folgenden Optionen identifiziert und analysiert werden, wie dieser Einsatz von Kunststoffen reduziert werden könnte. Dabei ist jedoch im Detail zu untersuchen, welche strategischen Ansätze in welchen konkreten Anwendungsfeldern umsetzbar erscheinen und welche Vor- und Nachteile damit aus einer umfassenden Umweltperspektive verbunden sein könnten.

### 3.1 Allgemeine Strategien der Ressourceneinsparung

Die aktuellen Debatten um nachhaltigen Konsum, neue Produkt-Nutzungsmodelle oder die Vermeidung von Abfällen im Rahmen von Zero Waste Strategien weisen auf einem sehr abstrakten Niveau eine Vielzahl möglicher Ansätze auf, die grundsätzlich geeignet sein könnten, den Einsatz von Kunststoffen und die damit verbundenen Umweltbelastungen zu reduzieren. Dabei lassen sich verschiedene Systematisierungsansätze unterscheiden, die jeweils aus ganz unterschiedlichen Perspektiven einzelne Strategien zur Einsparung von Ressourcen beschreiben.

#### 3.1.1 Konsistenz, Suffizienz, Effizienz

Grundsätzlich lassen sich aus dem Ziel eines nachhaltigen Ressourcenmanagements drei unterschiedliche Strategien ableiten, den gesamtgesellschaftlichen Ressourcenverbrauch im Sinne einer intra- und intergenerationellen Gerechtigkeit nachhaltig zu gestalten: die Konsistenz-, die Effizienz und die Suffizienzstrategie. Die drei Strategien sind auf einem sehr abstrakten Niveau entwickelt worden, lassen sich aber alle auch auf den konkreten Bereich der Reduktion des Einsatzes von Kunststoffen anwenden.

##### Konsistenz

Konsistenz als Zielvorgabe für die Entwicklung des sozio-industriellen Metabolismus ist in verschiedenen Ansätzen beschrieben worden, die sich vor allem seit den 1980er Jahren entwickelt haben. Allen Ansätzen gemeinsam ist, dass sie vor allem auf eine Veränderung der Qualität von Stoffströmen abzielen, eine Senkung der Ressourcenverbräuche ist aus dieser Perspektive zunächst nicht zwingend notwendig. Die Zielvorstellung des Konsistenzansatzes ist es, den sozio-industriellen Metabolismus so zu gestalten, dass er sich möglichst problemlos in den bestehenden Naturstoffwechsel eingliedern kann. Dabei wird häufig auf eine biologische Abbaubarkeit als wesentliches Kriterium abgestellt, doch zeigen die Beispiele Gülle und CO<sub>2</sub>, dass es sich trotz dieser Eigenschaft und trotz dessen, dass es sich um Stoffe handelt, die Bestandteil natürlicher Stoffflüsse sind, um problembehaftete Stoffe handeln kann, wenn zu viel davon in einem bestimmten Raum in einem bestimmten Zeitraum vorhanden ist. Bei der Produktgestaltung betont der Konsistenz-Ansatz vor allem den Verzicht auf öko-toxikologische und persistente Produkte, für die auch eine Kreislaufführung höchstens eine zeitliche Verlagerung des Problems darstellen würde. Auf der Produktebene stellt vor allem der Cradle to Cradle-Ansatz eine konsequente Umsetzung des Konsistenz-Prinzips dar. Danach sollen alle Verbrauchsgüter entweder so gestaltet sein, dass sie sich endlos weiterverwenden lassen oder aber problemlos wieder in den Naturhaushalt integrie-

ren lassen<sup>36</sup>. Ziel soll es dabei sein, den physikalisch unvermeidbaren Qualitätsverlust der verwendeten Rohstoffe möglichst zu minimieren.

### Effizienz

Der Effizienzansatz leitet sich vor allem aus Überlegungen zur Komplexität des sozio-industriellen Metabolismus und zu Unsicherheiten über seine Wirkungszusammenhänge ab. Daraus erwächst eine grundlegende Skepsis gegenüber Versuchen, technische Systeme in Naturkreisläufe einzubetten. Der Effizienzansatz zielt daher darauf ab, den Stoffdurchsatz des Systems insgesamt zu reduzieren: Da quasi jede Umweltbelastung in irgendeiner Form durch Ressourcenextraktion und -nutzung sowie dem damit verbundenen Abfallaufkommen verursacht wird, soll angesichts der Komplexität der Beziehungen zwischen Umwelt und sozio-industriellem Metabolismus der Umfang der Ressourcenextraktion als Indikator für schädliche Auswirkungen auf das Ökosystem herangezogen werden. Die Betrachtung aggregierter Stoffmengen ist vielerorts kritisiert worden, weil mit unterschiedlichen Stoffen natürlich auch unterschiedliche Umwelteffekte verbunden sind. Der Effizienzansatz geht aber insgesamt davon aus, dass für die allermeisten Stoffe die Auswirkungen auf die Umwelt noch nicht mit ausreichender Sicherheit bestimmt werden können, sodass es angesichts des Unwissens über die genauen Zusammenhänge besser wäre, die Größe der technischen Systeme im Vergleich zur Umwelt auf ein bestimmtes Maß zu begrenzen.

### Suffizienz

Neben Ansätzen der Effizienz- und Konsistenzsteigerung sind insbesondere Suffizienz-Ansätze zu betrachten, wie sie unter anderem von Schneidewind/Zahrnt kürzlich prominent hervorgehoben wurden<sup>37</sup>. Die Notwendigkeit der Suffizienz als Strategie eines nachhaltigen Ressourcenmanagements ergibt sich aus der empirischen Erfahrung, dass Güter zwar zunehmend effizienter und mit geringeren Umweltbelastungen hergestellt werden, diese Einsparungen aber durch eine immer weiter steigende Nachfrage zunichte gemacht werden. Häufig führen Ressourceneinsparungen in der Produktion oder der Nutzung sogar zu niedrigeren Kosten und setzen damit auch ökonomische Anreize, solche effizienten Produkte vermehrt zu nutzen (sogenannte Rebound-Effekte<sup>38</sup>). Suffizienzstrategien als stark normativ geprägtes Konzept fokussieren daher auf das rechte Maß des Konsums: „Es fordert nicht, auf das Notwendige zu verzichten, sondern mit dem Ausreichenden zufrieden zu sein.“<sup>39</sup> Mit Bezug auf die Entstehung von Kunststoff-Abfällen ist die Suffizienzperspektive durchaus relevant, weil sie die Notwendigkeit von Konsumprozessen als Auslöser von Ressourcenverbräuchen und anschließender Entstehung von Abfällen hinterfragt.

### 3.1.2 Einsparpotenziale entlang der Wertschöpfungskette

Einen deutlich anwendungsorientierteren Ansatz verfolgt die Analyse von Einsparpotenzialen entlang der Wertschöpfungskette. Durch die Zuordnung von Zielen, Zielvorgaben, Mitteln und Maßnahmen zu den einzelnen Lebenszyklus-Stufen lässt sich dabei insbesondere prüfen, welche Maßnahmen sich gegenseitig stützen, in welchen Bereichen möglicherweise Maßnahmen fehlen und wie insgesamt ein möglichst wirksames Zusammenspiel erreicht

---

<sup>36</sup> vgl. Scheelhaas/ Braungart 2009

<sup>37</sup> Schneidewind/ Zahrnt 2013

<sup>38</sup> Vgl. Sachs 2002, S.52.

<sup>39</sup> Vgl. Scherhorn 2002, S.16

werden kann (chain-approach). Die folgende Abbildung definiert für die Gliederung von Maßnahmen, Mitteln und Zielvorgaben Zielebenen entlang der Wertschöpfungsketten von Produkten. Es wird der gesamte Lebenszyklus von der Rohstoffbereitstellung bis zur Behandlung der Abfälle berücksichtigt. Dabei sind die Bereiche Produktion und Produkte zu unterscheiden. Im Übergangsbereich ist außerdem die Distribution zu berücksichtigen. Zielebene 1 fokussiert auf die Reduktion von Umweltauswirkungen und Auswirkungen auf den Menschen durch den Einsatz von Rohstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ein spezieller Ansatz ist dabei insbesondere die Reduktion von Abfallmengen und Schadstoffgehalten in Abfällen und Produkten (die irgendwann auch zu Abfällen werden). Diese Aspekte betreffen insbesondere Zielebene II.

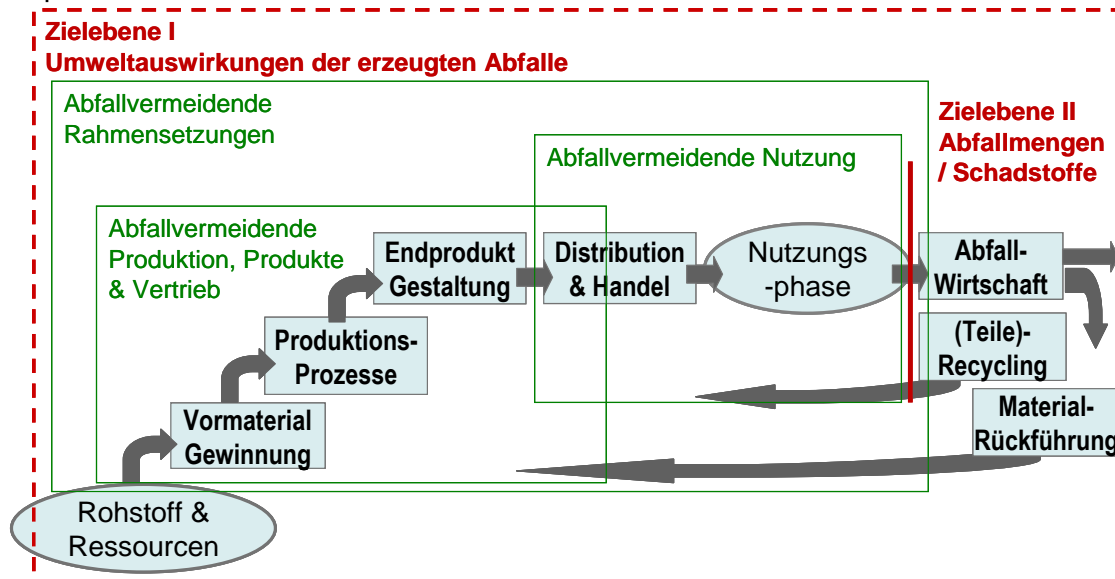


Abbildung 5: Zielebenen und Maßnahmenbereiche entlang der Lebensweg-Stufen von Produkten

Quelle: Dehoust et al. 2013

Um diese Ziele erreichen zu können, sollten Maßnahmen (ebenfalls) entlang des gesamten Lebensweges ansetzen. In Anlehnung an die Strukturierung beispielhafter Maßnahmen zur Abfallvermeidung in der EU-Abfallrahmenrichtlinie lassen sich dabei folgende konkrete Ansatzpunkte zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes differenzieren:

- Maßnahmen, die die Rahmenbedingungen beeinflussen, z.B.
  - der Einsatz ökonomischer Instrumente wie Steuern und Abgaben auf bestimmte Materialien oder ihre Inhaltsstoffe
  - die Förderung von Forschung und Entwicklung für die Produktion oder Einsatz von Kunststoffen
- Maßnahmen, die in den Bereichen der Produktion und der Distribution wirken wie z.B.
  - die Förderung von Ökodesign-Aspekten in Bezug auf die Art des Kunststoffeinsatzes, die Anzahl der eingesetzten Kunststoffsorten etc.
  - Maßnahmen zur Diffusion der besten verfügbaren Technologien für die Herstellung und den Einsatz von Kunststoffen durch Sensibilisierung oder Förderung einzelner Unternehmen
  - Unterstützung freiwilliger Vereinbarungen oder verbindlicher Selbstverpflichtungen, z.B. mit Blick auf den Einsatz oder die Deklaration von Zuschlagstoffen
- Maßnahmen, die die Beschaffung und Nutzung von Produkten beeinflussen wie z.B.

- der Einsatz markt-basierter Instrumente zur Beeinflussung von Konsummustern (zum Beispiel die Einführung von Pfandsystemen oder Abgaben auf kunststoffhaltige Produkte wie Einkaufstüten)
- Maßnahmen zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für besonders umweltfreundliche Kunststoffe oder Materialalternativen
- die Förderung von Vorgaben für das öffentliche Beschaffungswesen
- Maßnahmen zur Verlängerung oder Intensivierung der Produktnutzung wie Leasing, Sharing, Wiederverwendung und Reparatur

### 3.2 Methodisches Vorgehen zur Analyse konkreter Fallbeispiele

Betrachtet man diese generische Liste von Maßnahmen, so zeigt sich, dass - wenn es um die Abschätzung möglicher Vermeidungspotenziale und damit verbundener Umwelteffekte geht - angesichts der äußerst komplexen Zusammenhänge zwischen Produktdesign, Nutzungsmustern und auch der Nachnutzungsphase jeweils der konkrete Einzelfall betrachtet werden muss. Im Folgenden sollen daher neun konkrete Ansätze zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes untersucht werden. Dabei wurden jeweils drei Beispiele aus den Bereichen Industrie, Handel und Haushalte ausgewählt:

- Option 1: Substitution durch erneuerbare Rohstoffe
- Option 2: Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen
- Option 3: Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten
- Option 4: Kunststoffleichte Verpackungsoptionen
- Option 5: Kompletter Verzicht auf Kunststoffverpackungen
- Option 6: Verringerung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten
- Option 7: ReUse Elektronik
- Option 8: Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstatt Produkte
- Option 9: „Plastik fasten“

Für diese neun Optionen zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes werden im Folgenden anhand konkreter Fallbeispiele jeweils die grundsätzliche technische, rechtliche und ökonomische Machbarkeit beschrieben.

### 3.3 Konkrete Fallbeispiele für Reduktionspotenziale

#### 3.3.1 Produktion

##### Option 1: Substitution durch nachwachsende Rohstoffe

Ein erster, in der Praxis bereits eingesetzter Ansatz zur Reduktion von erdöl-basierten Kunststoffen ist ihre Substitution durch in ihren Eigenschaften vergleichbare Materialien auf Basis erneuerbarer Rohstoffe. Nachwachsende Rohstoffe und biotechnologische Prozesse gewinnen in der Kunststoffbranche zunehmend an Bedeutung. Man unterscheidet bei biobasierten Kunststoffen zwischen nicht biologisch abbaubaren Polyolefinen und PET (auch als „drop-ins“ bezeichnet, da zur Herstellung die Wertschöpfungskette nur am Anfang angepasst werden muss und die Eigenschaften der Produkte identisch zur fossilen Variante sind), bio-

basierten technischen Kunststoffen und biologisch abbaubaren Kunststoffen<sup>40</sup>. Letztere bezeichnen Stärkeblends aus thermoplastisch modifizierter Stärke und anderen biologisch abbaubaren Polymeren, sowie Polyester wie beispielsweise Polymilchsäure (PLA) oder Polyhydroxyalkanoate (PHA). Anders als Zellulosewerkstoffe sind alle diese Materialien erst seit wenigen Jahren im Produktionsmaßstab verfügbar und werden vor allem für kurzlebige Produkte wie Verpackungen verwendet. Technische Kunststoffe hingegen bilden eine große Gruppe mit vielen speziellen Polymeren, darunter biobasierten Polyamiden (PA), Polyestern (z.B. PTT, PBT), Polyurethanen (PUR) und Polyepoxiden für die unterschiedlichsten Nutzungen. Beispiele für Anwendungsfelder sind textile Fasern, Schaumstoffe, Gehäuseteile, Leitungen, etc. Biologische Abbaubarkeit spielt bei solchen langlebigen Kunststoffen (engl. durables) keine Rolle. Der Anteil nachwachsender Rohstoffe kann jedoch je nach Anwendungsfeld bis zu 100 Prozent betragen. Mittlerweile bieten viele biobasierte Polymere einen gleichwertigen Ersatz für konventionelle Kunststoffe. Dies gilt vor allem für das durch Fermentierung von Stärke und Zucker hergestellte Polylactid (PLA) sowie Polyethylenterephthalat (Bio-PET) und biobasiertes Polyethylen (Bio-PE), welche aus Zuckerrohr/ Bioethanol hergestellt werden. Darüber hinaus sind kommerziell erhältliche Polyamide (Bio-PA), basierend auf Rizinusöl, am Markt verfügbar (zum Beispiel von BASF, Evonik, der Akro-Plastic GmbH). Bio-Polypropylen (Bio-PP) und Polyhydroxyalkanoate (Bio-PHA), befinden sich hingegen noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

Naturfaserverstärkte Kunststoffe werden bisher weltweit nur in vergleichsweise kleinen Mengen hergestellt. In Deutschland liegt ihr Marktanteil bei etwa 5 Prozent der gesamten Kunststoffproduktion<sup>41</sup>. Der Fokus der Forschung liegt hier derzeit auf der Optimierung des Spritzgießprozesses von naturfaserverstärkten Polymeren, Polylactiden (PLAs), Polyamiden etc. und den Materialeigenschaften (z. B. Kristallisationsverhalten, Wärmeformbeständigkeit, mechanische Eigenschaften) für technische Anwendungen<sup>42</sup>. Gleichzeitig stellen die Materialeigenschaften biobasierter Kunststoffe häufig noch ein signifikantes Hemmnis dar: Materialien fließen nicht normgerecht, schrumpfen zu stark in der Form oder trocknen ungeplant in der Maschinenpause ein. Biobasierte Polymere werden daher selten in Reinform eingesetzt, da die Eigenschaften eines einzelnen Polymers nicht ausreichend für die speziellen Endanforderungen sind<sup>43</sup>. Wesentliches Hemmnis sind bisher die Herstellungskosten, die in der Regel die Nutzung konventioneller Kunststoffe noch deutlich attraktiver erscheinen lässt. Optimale Entsorgungswege für biobasierte Kunststoffe müssen ebenfalls noch entwickelt werden. Aktuell ist ihre Menge zu gering, um unter wirtschaftlichen Aspekten ein Recycling durchzuführen.<sup>44</sup>

---

<sup>40</sup> European Bioplastics 2014

<sup>41</sup> BMEL 2013

<sup>42</sup> VDI 2012

<sup>43</sup> Kroner 2013

<sup>44</sup> Fraunhofer ISI 2013



#### **Fallbeispiel: Kunststoff aus Milch**

Die Qmilch Deutschland GmbH ist Inhaber einer neuartigen Technologie zur Herstellung eines Biopolymers, das aus dem Milcheiweiß Kasein besteht und aus Rohmilch hergestellt wird. Jährlich werden in Deutschland 1,9 Mio. Tonnen Milch entsorgt, die zwar nicht mehr für den Verzehr geeignet ist, allerdings trotzdem als wertvoller Rohstoff mit großem Potenzial für technische Zwecke gilt. Als Granulat vereint das Qmilch Polymer die prozess- und verwendungstechnischen Vorteile von Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren. Das Material kann elastisch oder als Hartstoff gefertigt werden und ist auch in Pulverform erhältlich. Es ist ohne zusätzliche Hilfsmittel biologisch abbaubar, rohöl-frei, besitzt antiallergische und antibakterielle Eigenschaften und eignet sich somit auch für antibakterielles Spielzeug für Kinder, Endprodukte der Medizintechnik<sup>45</sup>.

#### **Option 2: Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen**

Ein zweiter Ansatz zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes in der Produktion ist die Steigerung der Materialproduktivität entlang der einzelnen Produktionsstufen: Konkrete Produkte oder Dienstleistungen sollen dabei bei gleicher Funktionalität und Qualität mit einer geringeren Kunststoffmenge hergestellt werden. Bezogen auf den gesamten Materialeinsatz zeigen Untersuchungen, dass die Materialproduktivität seit 1960 lediglich um den Faktor 2 gestiegen ist, während die Arbeitsproduktivität im gleichen Zeitraum um den Faktor 3,5 anstieg<sup>46</sup>. Im Folgenden werden zwei innovative Beispiele dargestellt, in denen relevante Einsparungen von Kunststoffen erzielt werden konnten oder entsprechende Potentiale prognostizierbar sind.

#### **Einsparung des Angusses beim Spritzgießen von Klein- und Mikroteilen**

Signifikante Mengen des bereitgestellten Kunststoffs werden beim Spritzgießen von Klein- und Mikroteilen durch die Überdimensionierung der Standardaggregate für den Anguss verschwendet. Spritzgussverfahren sind vor allem bei thermoplastischen Kunststoffen mit Produkten in hoher Stückzahl das dominierende Verarbeitungsverfahren mit extrem vielfältigen Anwendungsbereichen. Vor diesem Hintergrund entwickelte das österreichische Unternehmen Wittmann Battenfeld GmbH eine Spritzgießmaschine, die Einsparungen durch mikrotaugliche Dosierung einer thermisch homogenen Kunststoffmasse ermöglicht. Dies verkürzt außerdem die Zykluszeiten und führt so im Vergleich zu Standardmaschinen zu Kosteneinsparungen von rund 30 bis 50 % sowie Materialeinsparungen im Anguss von bis zu 90 %<sup>47</sup>.

#### **Dynamische Wanddickensteuerung**

Um die Wanddickenverteilung verbessern zu können, werden z.B. bei der Rohrherstellung statisch verstellbare Flexringwerkzeuge eingesetzt. Die BIG-Spielwarenfabrik GmbH & Co. KG erforschte dazu in einem Pilotprojekt, ob dies auch mithilfe einer dynamischen Verstellung im Bereich des Extrusionsblasformens möglich ist. Dazu wurde das Blasformwerkzeug, mit dem das BIG-Bobby-Car hergestellt wird, mit einer Flexringhülse und einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung nachgerüstet<sup>48</sup>. Abbildung 5 zeigt an zwei aufgesägten Form-

<sup>45</sup> Qmilch 2014

<sup>46</sup> Baron et al. 2005

<sup>47</sup> Koll 2012

<sup>48</sup> Gross et al. 2008

teilhälften die Wanddickenverteilungen, die mit dem konventionellen bzw. mit dem mit der Flexringhülse nachgerüsteten Kopf erreicht wurden. Durch die Vermeidung der Verdickungen im Kardantunnelbereich konnte das Gewicht um 50 g reduziert werden. Da die Kühlzeit des Teils wesentlich von der Wanddicke abhängt, konnte auch die Zykluszeit um 6 s verringert werden.

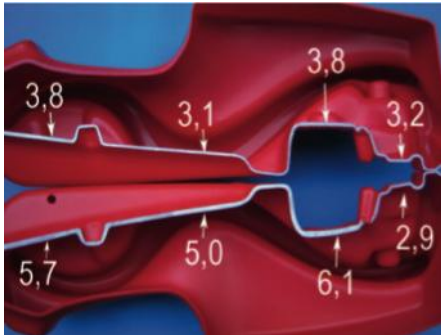


Abbildung 6: Vergleich der Wanddickenverteilung (in mm) im Bodenbereich des Hohlkörpers hergestellt mit dem Flexringwerkzeug (oben) und mit konventionellem Werkzeug (unten)

Quelle: Gross et al. 2008

### FaerchPlast

Im Bereich Kunststoff-Verpackungen hat sich das dänische Unternehmen Faerch Plast darauf spezialisiert, dem Handel kunststoffleichte Verpackungslösungen anzubieten, die auf eine deutliche Gewichtsreduzierung abzielen<sup>49</sup>. Durch gezielte Designänderungen konnte dabei das Verpackungsgewicht ohne nennenswerte Veränderungen für die Kunden um insgesamt 30 % reduziert werden<sup>50</sup>. Ein zweiter Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit bei Faerch Plast war die Reduzierung der Kunststoffvielfalt: Die entwickelten Verpackungen bestehen fast vollständig aus Monomaterial und erlauben so die Nutzung von über 99% des Rohstoffs<sup>51</sup>.

Weitere innovative Kunststoffeinsparoptionen ergeben sich z.B. auch im Bereich der Mehrweg-Getränkeverpackungen: Beispielsweise hat der Hersteller Corvaglia ein Verschluss-System für Kunststoffflaschen entwickelt, das anstatt der traditionellen zweiteiligen Konstruktion auf ein einteiliges Konzept allein aus HDPE setzt. Damit können pro Flasche für Gewinde und Verschluss ca. 40% des notwendigen Kunststoffs eingespart werden, in ähnlicher Höhe ergeben sich Energie- und Kosteneinsparmöglichkeiten<sup>52</sup>.

### Option 3: Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten

Ein dritter Ansatz zur Reduktion der Einsatzmengen von (Primär-)Kunststoffen im Produktionsprozess ist der verstärkte Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten. Durch die zumindest teilweise Schließung solcher Stoffkreisläufe könnte der Einsatz von Primär-Kunststoffen mit den damit verbundenen Umwelteinwirkungen signifikant reduziert werden. Während die bei der

<sup>49</sup> Brooks 2011

<sup>50</sup> Ebd.

<sup>51</sup> BITC 2014

<sup>52</sup> Corvaglia 2011, S. 20

Erzeugung und Verarbeitung anfallenden Sekundärkunststoffe aufgrund der hohen Sortenreinheit in Deutschland bereits in hohem Maße in den Produktionsprozess zurückgeführt werden, werden die nach dem Produktgebrauch anfallenden Kunststoffabfälle in deutlich geringerem Umfang einer werkstofflichen Verwertung zugeführt. Die technischen Voraussetzungen hierfür haben sich in den vergangenen Jahren vor allem durch Fortschritte in der Sortiertechnik deutlich erhöht, so können beispielsweise gemischt gesammelte Leichtverpackungen (LVP) und stoffgleiche Nichtverpackungen in hochwertigen Sortieranlagen in einzelne Produktströme wie bspw. Kunststoffe und Metalle aufgetrennt werden. Mittels Trommelsieben, Windsichtern und Ballistikseparatoren wird das Verpackungsgemisch nach Größe, Gewicht und Form sortiert. Magneten und Wirbelstromabscheider trennen Fe- und NE-Metalle von den übrigen Materialien. Am Ende der Sortierung liegen insgesamt mehr als 10 Fraktionen vor, bestehend aus Fe- und NE-Metallen, diversen Kunststoffsorten, Folien, Mischkunststoffen, Flüssigkeitskartons, einem PPK-Anteil sowie dem Sortierrest.

### **Vision Carbon Recycling**

Die Versorgung mit Grundwerkstoffen wie Kunststoffen, Papier, Holz, Baumwollfasern erfolgt momentan aus fossilen Rohstoffen – hauptsächlich Erdöl – und Biomasse aus Forst- und Landwirtschaft. Die Versorgung aus fossilen Rohstoffen ist problematisch, weil am Ende der Nutzungskette meist durch Verbrennung zusätzliches Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangt. Die Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen wird zunehmend problematisch, weil der Verbrauch forstlich basierter Biomasse in Europa schon über dem Weltdurchschnitt liegt und der Verbrauch immer mehr durch Importe gedeckt wird; und weil im Bereich agrarischer Rohstoffe der Konflikt zwischen "Tank und Teller" besteht und die globale Anbaufläche benötigt wird, um die Weltbevölkerung zu ernähren.

Wie kann vor diesem Hintergrund die Versorgung mit kohlenbasierten Grundwerkstoffen nachhaltig gesichert werden? In Zukunft muss das Recycling von kohlenstoffreichen Abfällen weiter ausgebaut werden. Dabei geht es nicht nur um die bereits etablierten Verwertungsrouten werkstofflichen Recyclings. Zusätzlich müssen die nicht sortenreinen Mischfraktionen über Vergasung oder Verbrennung mit Abscheidung von Kohlendioxid in das Recycling einbezogen werden. Hierzu wird erneuerbare Energie benötigt, um den technischen Kreislauf des Kohlenstoffs nachhaltig zu gestalten.

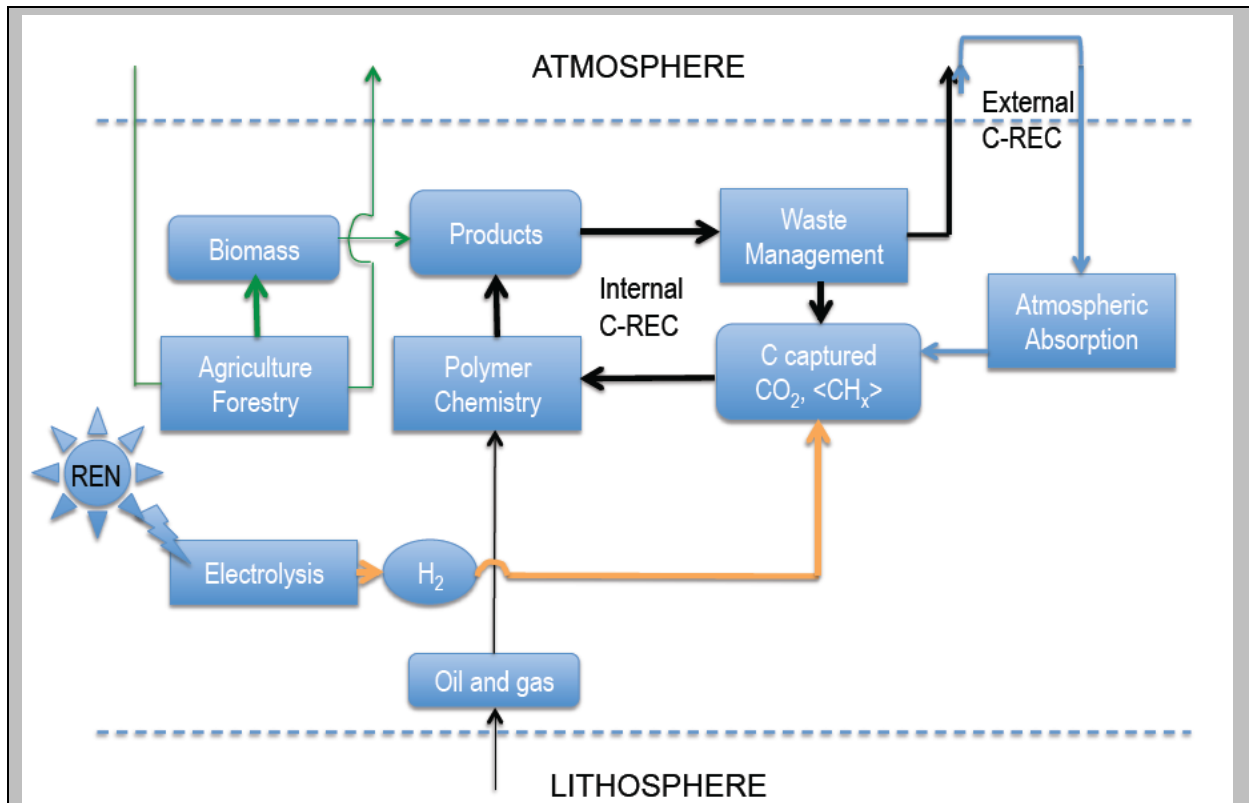


Abbildung 7: Carbon Recycling

Quelle: Bringezu (2012)

Die Synthese von Grundwerkstoffen aus einem kohlenstoffreichen Gemisch oder aus Kohlendioxid führt zu "Kunst-"Stoffen. Diese spielen daher für die nachhaltige Gestaltung des sozio-industriellen Stoffwechsels eine entscheidende Rolle. Nur wenn es gelingt, das Carbon Recycling in Produktion und Konsum auch mit ihrer Hilfe auszubauen, kann der Druck von den natürlichen Ökosystemen genommen werden.

Die Verpackungsabfälle machen wie dargestellt den mengenmäßig größten Anteil der anfallenden Kunststoffabfälle aus. Sekundärkunststoffe aus dem Verpackungsbereich werden im Anschluss an eine Kunststoffsortentrennung (PE, PP, PS, polyolefinreiche Mischkunststoffe) zu Regranulaten, Agglomeraten und/oder Mahlgut aufbereitet. Abnehmer sind vor allem Produzenten aus dem Bereich der Folienherstellung (Einkaufstüten, Müllsäcke etc.) sowie der Herstellung langlebiger Güter bspw. für Haushaltswaren oder Produkte für den Baubereich. Die nachfolgende Tabelle gibt einen qualitativen Überblick über die Einsatzbereiche einzelner Kunststoffzyklate und benennt Produktbeispiele.

Sekundärkunststoffe	Einsatzbereich (Beispiele)	Produktbeispiele
PE-LD-Folienregranulat	Bau Verpackungen Haushaltswaren	Tragetaschen, Abfallsäcke, Folien für Verpackungen (keine Lebensmittel) und Bauanwendungen, Rohre, Profile, Rasengitter.
PP-Regranulat	Fahrzeugbau Bau Verpackungen	Automobilteile (z.B. Unterbodenapplikationen, Radkästenschutz), Rohre, Verpackungen (Non-Food, z.B. Flaschen), Lagerkästen, Regentonnen, Komposter
PE-HD-Regranulat	Bau Haushaltswaren	Kabelschutz-, Abwasser- und Drainerrohre, Profile, Abfallbehälter, Aufbewahrungskörbe, Eimer, Rasengitter
PS-Regranulat	Haushaltswaren Möbelindustrie	Schubladenbox, Kleiderbügel, Möbelelemente, Pflanzentrays
EPS-Mahlgut	Bau	Zuschlagstoff für Leichtlochziegel und Leichtbeton, Styroporplatten und -blöcken (Zugabe zu Frischmaterial)
PO-Regranulat aus Mischkunststoffen	Bau Haushaltswaren	Profile, Rohre, Paletten, Verpackungsboxen, Bauzaunfüße, Palisaden, Brettprofile, Sitzbänke, Pfosten
PET-Regranulat	Verpackungen	Flaschen, Folien, Elektronikgeräte

Tabelle 4: Einsatzbereiche für Regranulate aus Sekundärkunststoffen (Herkunft: Verpackungen)

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.3.2 Handel

Neben den Herstellern kunststoffhaltiger Produkte kommt auch dem Handel eine zentrale Bedeutung mit Blick auf mögliche Reduktionspotenziale für den Kunststoffeinsatz zu. In vielen Bereichen verfügt gerade der Handel über den notwendigen Einfluss auf seine Zulieferer, um kunststoffleichte Produkte zu unterstützen – das zeigt sich im besonderen Maße im Verpackungsbereich als nach wie vor wichtigstem Segment für den Einsatz von Kunststoffen (ca. 35% des Kunststoffeinsatzes in Deutschland).

#### Option 4: Kunststoffleichte Verpackungsoptionen

Zahlreiche Beispiele zeigen die Einsparpotenziale auf, die über die Gestaltung von Produkten und ihren Verpackungen realisiert werden könnten. Vielfältige technische Lösungen zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes im Handel stehen damit zu Verfügung, die Entscheidung über ihren Einsatz liegen jedoch in erster Linie beim Handel – insbesondere bei den von ihnen vertriebenen Eigenmarken (s. Option 2). Leider geht die beobachtbare Entwicklung in Deutschland häufig in die genau entgegengesetzte Richtung. Die Verbraucherzentrale Hamburg (2015) weist seit Jahren auf versteckte Preiserhöhungen durch die Reduktion von Verpackungsinhalten bei gleichem oder nicht adäquat gesenkten Preisen hin. Damit

verbunden ist natürlich auch ein gesteigerter Kunststoffeinsatz, wenn das Verhältnis von Produkt zu Kunststoff derart gesenkt wird.

	<p>Produkt: Bio-Cornflakes, Alnatura (Eigenmarke)</p> <p>Alter Inhalt: 375g</p> <p><b>Neuer Inhalt: 300g</b></p>		<p>Lion Schokoladenriegel, Nestle (EDEKA), Süßigkeiten</p> <p>5 Riegel a 42 g (210 g)</p> <p><b>6 Riegel a 30 g (180 g)</b></p>
---	--	---	---

**Tabelle 5: Beispiele für die versteckte Reduzierung des Inhalts (Kunststoffverpackungen)**

Quelle: Verbraucherzentrale 2015

Einen ganz wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes im Handel leisten Mehrwegverpackungen im Getränkebereich, da diese direkt wiederbefüllt und bis zu 40 mal wiederverwendet werden können. Mehrwegflaschen werden häufig in Getränkekisten mit 6, 12, 20 oder 24 Flaschen verkauft und verbleiben in der Regel Eigentum des Besitzers, werden also praktisch nur verliehen<sup>53</sup>. Trotz einer gesetzlichen Zielgröße von 80 Prozent für Mehrwegverpackungen und ökologisch vorteilhafte Einwegverpackungen (z.B. Getränkekartons) ist der Anteil von Mehrwegverpackungen jedoch insbesondere im Bereich der Erfrischungsgetränke seit Jahren rückläufig und deutlich unterhalb der Zielgröße<sup>54</sup>.

Einen Beitrag zur Vermeidung von Abfällen sowie zur Reduzierung des Kunststoffeinsatzes leisten auch wiederverwendbare Transportverpackungen (definiert in der Verpackungsverordnung als Verpackungen, die den Transport von Waren erleichtern, Waren auf dem Transport vor Schäden bewahren oder die aus Gründen der Sicherheit des Transports verwendet werden und beim Vertreiber anfallen). Mehrweg-Transportverpackungen sind in verschiedenen Bereichen bereits etablierter Bestandteil einer funktionierenden Transportlogistik. Bekannte Systeme wie das System der EURO-Tauschpaletten zählen zu den effizientesten und erfolgreichsten Mehrwegsystemen überhaupt; gleichzeitig werden im gewerblichen Bereich der Transportverpackungen noch Potenziale gesehen, Betriebe und Umwelt Mehrwegsystemen gleichermaßen zu entlasten<sup>55</sup>. In Österreich versucht der Logistikverbund Mehrweg die Effizienz der Mehrweg-Transportlogistik durch Regelung der organisatorischen Abwicklung der unterschiedlichen Mehrweg-Transportverpackungen zu steigern, indem unterschiedliche, nicht kompatible Mehrwegverpackungen vermieden werden<sup>56</sup>. Beispielsweise arbeitet eine spezielle Arbeitsgruppe zur Zeit an der Entwicklung eines gemeinsamen Anforderungsprofils für Tray-Lösungen im Bereich Bier-Multipacks. Vertreter des Handels, der Brauereien und der Poolanbieter haben ein Anforderungsprofil entwickelt, in dem alle relevanten Details wie

<sup>53</sup> Reiterer 2005, S. 6

<sup>54</sup> [Heinisch](#) 2013, S. 1

<sup>55</sup> mehrweg.at o.J.a

<sup>56</sup> mehrweg.at o.J.b

z.B. Flaschentypen, Gebinde-Kombinationen, Mindestflaschen pro Lage bei Vollgut und Leergut, Stapelhöhe von Trays und Paletten, Kompatibilität, Poolanforderungen etc. festgelegt wurden und diese somit zur weiteren Senkung von Kosten durch Mehrwegverpackungen beitragen<sup>57</sup>.

### Option 5: Komplettverzicht auf Verpackungen

Einen deutlich radikaleren Ansatz zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes und weiterer Ressourcen im Handel stellen Konzepte dar, bei denen einzelne Supermärkte komplett auf den Einsatz von Verpackungen oder kunststoffhaltige Produkte verzichten. Eines der bekanntesten Beispiele dabei ist Original Unverpackt in Berlin, eröffnet im September 2014 - ein Supermarkt, der auf Einwegverpackungen verzichtet. Er richtet sich damit sowohl an konsum- und umweltbewusste Kunden, die sich für die Herkunft ihrer Produkte interessieren, als auch an solche, die selbst die Menge ihres Einkaufs bestimmen wollen. Das Ideal des unverpackten Einkaufens zielt sowohl auf die Reduktion von Kunststoffabfällen als auch auf das Verhindern von Lebensmittelabfällen ab, da vordefinierte Verpackungsgrößen wegfallen und der Kunde somit gemäß seinem konkreten Bedarf einkaufen kann. Unverpackt ist das größte, aber bei weitem nicht das einzige Projekt dieser Art. Ähnliche Läden gibt es u.A. in Kiel oder in Bonn.

Neben Unverpackt und ähnlichen Konzepten ist insgesamt ein Trend zu beobachten, zumindest für einzelne Produktgruppen auf Kunststoffverpackungen zu verzichten, insbesondere bei Bio-Lebensmitteln und naturbelassenen Drogerieartikeln. Die Lebensmittel werden dabei in Mehrwegbehältnissen oder Papieren angeliefert; aufbewahrt in sogenannten Bulk Bins (Spendersystemen) können sie per Handdruck in selbst mitgebrachte Behältnisse, Recyclingpapiertüten o.Ä. umgefüllt werden. Auch in anderen Ländern gewinnt das sogenannte „bulk buying“ an Bedeutung. Nicht immer steht dabei nur der Verzicht auf Verpackungen allein im Fokus. Ein vom Food Security Network of Newfoundland and Labrador veröffentlichtes „Toolkit“ zielt auf die Unterstützung von lokalen Einkaufsgemeinschaften ab, wodurch einerseits der Kunststoffverbrauch in Form von Verpackungen deutlich gesenkt wird, gleichzeitig aber jedoch auch verschiedene andere positive Effekte erzielt werden sollen<sup>58</sup>:

- Kosteneinsparungen insbesondere bei hochwertigeren Bio-Lebensmitteln
- Gemeinsame Entwicklung von Kompetenzen im Bereich gesunde Ernährung und Kochen
- Erfahrungen im Umgang mit Labeln im Bereich Lebensmittel
- Unterstützung lokaler Gemeinschaften durch geteilte Erfahrungen und Zugang zu neuen Rezepten und Esskulturen



Quelle: Capps 2011

<sup>57</sup> mehr-weg.org o.J.

<sup>58</sup> Capps 2011

## Option 6: Verringerung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten

Plastiktüten stehen seit längerem im Fokus der Diskussion um die Reduktion des Einsatzes von Kunststoffen. Die Plastiktüte gilt als eines der zentralen Symbole einer Wegwerfgesellschaft – angesichts ihrer in der Regel nur einmaligen Nutzung und einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von weniger als einer halben Stunde. Auch das 2013 veröffentlichte „Grünbuch der Kommission zu einer europäischen Strategie für Kunststoffabfälle in der Umwelt“ betont, dass es „im Interesse der Abfallvermeidung und Ressourceneffizienz [...] wünschenswert [ist], Maßnahmen zur Vermeidung der Verbreitung von kurzlebigen und zum einmaligen Gebrauch vorgesehenen Erzeugnissen (wie Kunststofftaschen) zu ergreifen.“<sup>59</sup> Das Grünbuch versucht, Antworten auf die Frage zu geben, wie Kunststoffherzeugnisse während ihres gesamten Lebenszyklus nachhaltiger gestaltet und ihre Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit verringert werden können. Im Dezember 2014 hat sich der Rat der Europäischen Union darauf geeinigt, in den Mitgliedsstaaten entweder bis zum Jahr 2018 eine Gebühr einzuführen oder andere Maßnahmen zu treffen, die die Abgabe auf 90 Tüten pro Person und Jahr in 2019 bzw. 40 Tüten in 2025 reduzieren<sup>60</sup>. Auch ein teilweises Verbot wäre dabei eine Option, wie es sich beispielsweise im vom U.S. Congress erlassenen „Plastic Bag Reduction Act of 2009“<sup>61</sup> befindet. Verschiedene Städte insbesondere in Kalifornien haben darüber noch hinausgehende, umfassende Verbote für die Abgabe von Plastiktüten erlassen.

Einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes leisten dabei vor allem Gebührensysteme wie in Irland, wo sämtliche Einwegtüten nur gegen eine Gebühr von zunächst 15 Cent, seit 2007 22 Cent abgegeben werden. Dadurch wurde einerseits in kürzester Zeit die Abgabe von 328 auf 21 Tüten pro Kopf und Jahr reduziert, gleichzeitig wurden auch von den Einzelhändlern sehr unterschiedliche Systeme zur Verwendung von Mehrwegtüten initiiert<sup>62</sup>. Unabhängig von möglichen stofflichen Alternativen stellen Mehrwegtüten bei ausreichender Nutzungshäufigkeit auch ökobilanziell die präferierte Lösung dar.

### 3.3.3 Haushalt

#### Option 7: ReUse Elektronik

In den vergangenen Jahrzehnten haben Reparatur und Wiederverwendung von Gebrauchsgütern erheblich an Bedeutung verloren. Gründe dafür sind u.a. die gestiegene Komplexität vor allem elektronischer Produkte sowie die immer kürzeren Innovationszyklen, die zu einem schnellen Wertverlust von Produkten führen. Diese Entwicklungen zeigen sich z.B. in der Erst-Nutzungsdauer von Elektronikgeräten, die nach Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes in Deutschland beispielsweise für Haushaltsgroßgeräte zwischen 2004

---

<sup>59</sup> Europäische Kommission 2013b

<sup>60</sup> EU 2014

<sup>61</sup> H.R. 2091, introduced 4/22/09; [http://plasticbaglaws.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/05/fed\\_HR-2091.pdf](http://plasticbaglaws.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/05/fed_HR-2091.pdf), s. auch etwa das kalifornische Recht: Assembly Bill No. 2449 CHAPTER 845, An act to add and repeal Chapter 5.1 (commencing with Section 42250) to Part 3 of Division 30 of the Public Resources Code, relating to recycling. (Approved by Governor September 30, 2006. Filed with Secretary of State September 30, 2006.) [http://plasticbaglaws.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/02/leg\\_CA\\_AB-2449-text1.pdf](http://plasticbaglaws.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/02/leg_CA_AB-2449-text1.pdf).

<sup>62</sup> Department of Environment, Community and Local Government 2007



und 2012/ 2013 von 14,1 auf 13 Jahre gesunken ist<sup>63</sup>. Trotz dieser Hemmnisse beginnen Konsumenten sich zunehmend von der Wegwerf-Mentalität abzuwenden, wie z.B. die Ergebnisse der Studie „Reuse – One step beyond“ zeigen<sup>64</sup>. Insbesondere Wiederverwendungs-Netzwerke können durch Kooperation verschiedener Akteure, mit einem integrierten Qualitätsmanagement und unter geeigneten Rahmenbedingungen erhebliche Wiederverwendungspotenziale erschließen<sup>65</sup>. Hierdurch kann die Nachfrage nach Neuprodukten verringert werden und in einer geringeren Inanspruchnahme von Primärkunststoffen resultieren. Die Verlängerung der Nutzungsdauer elektronischer Produkte durch Second hand und Reparaturangebote steht u.a. im Fokus vieler nationaler Abfallvermeidungsprogramme, die als einen wesentlichen Ansatz Ansätze zur Förderung von ReUse-Netzwerken enthalten<sup>66</sup>. Ein wesentliches Hemmnis für Reparatur und Wiederverwendung ist das Verhältnis von Reparatur- und Neukaufkosten von Produkten. Aus Kundensicht lohnt es sich häufig nicht, Elektro- und Elektronikaltgeräte wie etwa Smartphones im klassischen Reparaturgeschäft reparieren zu lassen. Ein erfolgsversprechender Ansatz scheint hier allerdings die Etablierung von sozial-wirtschaftlich orientierten oder auf dem Ehrenamt basierenden Kooperationsstrukturen zu sein<sup>67</sup>. So zeigen beispielsweise die Wiederverwendungs-Netzwerke in Flandern und Österreich, die auf einer Kooperation der Abfall- und Sozialwirtschaft basieren, oder die Repair Cafés, bei denen ehrenamtlich tätige Reparatexperten und Verbraucher mit kaputten Gegenständen zusammenkommen und bei Kaffee und Tee diese gemeinsam reparieren, dass alle Beteiligten einen Nutzen aus Wiederverwendung und Reparatur ziehen können<sup>68</sup>. Oftmals bestehen aber auch rechtliche Unsicherheiten wie etwa bei Fragen der Gewährleistung und Haftung beim Wieder-in-verkehr-bringen gebrauchter Elektrogeräte. Produktlabels als Kennzeichen für Sicherheitsprüfungen, Energieverbrauchsmessungen oder die Einhaltung standardisierter Verfahren bei der Produktbehandlung sind dabei wesentliche Stellschrauben. Werden die Produkte derartig aufgearbeitet, dass hohe Qualitätsstandards erfüllt werden, können die Vergabe von Garantien und die Einräumung eines Rückgaberechts auch von Verkäuferseite unbedenklich erfolgen. Gleichzeitig sind solche Serviceleistungen maßgeblich für Kaufentscheidungen.

Obwohl die Kooperation und Netzwerkbildung im Bereich Wiederverwendung zahlreiche Chancen bietet, die ein Konkurrenieren von Gebrauchtprodukten mit Neuware und das Erschließen von ungenutzten Wiederverwendungspotenzialen ermöglicht<sup>69</sup>, sind die ökologischen Effekte der Wiederverwendung bisher in vielen Bereichen nicht ausreichend erforscht<sup>70</sup>. Wiederverwendung muss sich im Gegenteil häufig mit dem Hinweis auseinandersetzen, dass die Wiederverwendung von Geräten, die nicht neuesten Energieeffizienzanforderungen genügen, sogar mit Umweltbelastungen verbunden sein könnte. Eine Studie des Öko-Instituts hat jedoch untersucht, wie viel effizienter ein neues Notebook tatsächlich sein müsste, damit sich der Ersatz des alten und weniger energieeffizienten Geräts aus ökologischen Gesichtspunkten lohnt<sup>71</sup>. Die Ergebnisse zeigen, dass der Umweltaufwand bei der

---

<sup>63</sup> Prakash et al. 2015 S. 17

<sup>64</sup> Wilts/ von Gries 2013

<sup>65</sup> Ebd.

<sup>66</sup> EEA 2014

<sup>67</sup> Wilts/ von Gries 2014

<sup>68</sup> Ebd.

<sup>69</sup> Wilts/ von Gries 2014

<sup>70</sup> Wilts et al. 2014

<sup>71</sup> Prakash et al. 2012

Herstellung eines Notebooks so hoch ist, dass er sich durch eine erhöhte Energieeffizienz in der Nutzung nicht in realisierbaren Zeiträumen amortisieren lässt. Bei einer 10%-igen Energieeffizienzsteigerung des neuen Notebooks im Vergleich zum alten liegen die Amortisationszeiten zwischen 33 und 89 Jahren. Vor diesem Hintergrund könnten verpflichtende produkt-politische Ökodesign-Maßnahmen für IKT-Geräte auf Aspekte wie Möglichkeiten der Auf- und Nachrüstung, modularer Aufbau, recyclinggerechte Konstruktion, Ersatzteilverfügbarkeit, Standardisierung von Komponenten und Mindestgarantie die Rahmenbedingungen für Wiederverwendung und Reparatur erheblich verbessern<sup>72</sup>.

### Option 8: Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstelle von Produkten

Ein zweiter Ansatz zur Einsparung von Kunststoffen, der in erster Linie auf die Veränderung von Konsummustern abzielt, ist die Stärkung von Dienstleistungen als Ersatz für die Anschaffung kunststoffhaltiger Produkte – sogenannte „product service systems“ (PSS). Ausgangspunkt dieser Konzepte ist der grundsätzliche Zweifel, ob zur Befriedigung von Konsumbedürfnissen tatsächlich notwendigerweise der Kauf bzw. Besitz einzelner Produkte notwendig ist oder ob diese nicht auch durch innovative Dienstleistungen befriedigt werden können. Das PSS Konzept beinhaltet ein Strategiewechsel von der Optimierung einzelner Güter – oder im konkreten Fall ihres Kunststoffanteils – hin zur Optimierung ihrer Nutzung bzw. der Resultate, die durch ihre Nutzung erzielt werden<sup>73</sup>. PSS kann damit auch als Umsetzung einer ‘functional economy’<sup>74</sup>, angesehen werden, die darauf abzielt „den größtmöglichen Nutzen über einen so lange wie möglichen Zeitraum erzielen und dabei so wenig wie möglich Ressourcen und Energie einzusetzen. Im Gegensatz zur Wiederverwendung in den Optionen 4 und 7 und der damit verbundenen Kunststoffeinsparung durch Verlängerung der Nutzungsdauer geht es bei PSS um Kunststoffeinsparungen durch eine intensiviertere Produktnutzung<sup>75</sup>. Der PSS-Ansatz ist in der Realität in sehr unterschiedlichen Konzepten umgesetzt worden: produkt-orientierte PSS, nutzungs-orientierte PSS und ergebnis-orientierte PSS (Schmidt-Bleek verwendet das Beispiel des Rasenmähers: Im ersten Fall kann z.B. ein Rasenmäher geleast werden, im zweiten Fall wird er nur ausgeliehen und im dritten Fall ein Vertrag abgeschlossen, der im Ergebnis einen gemähten Rasen vorsieht<sup>76</sup>.

---

<sup>72</sup> Das designmäßige Potenzial die Lebensdauer von Produkten zu verlängern, zeigen produkttechnische Ansätze wie etwa das Smartphone-Konzept Phonebloks (Golem 2013): Das Smartphone besteht aus einzelnen Modulen, mit denen ein Smartphone zusammengebaut und erweitert werden kann. Kürzlich hat beispielsweise Google einen neuen Prototyp eines modularen Smartphones vorgestellt (Golem 2015).

<sup>73</sup> Beuren et al. 2013, Stahel, 1997a

<sup>74</sup> Stahel 1997b, S.91

<sup>75</sup> Fischer et al. 2012, Mont 2004

<sup>76</sup> vgl. Schmidt-Bleek 2008

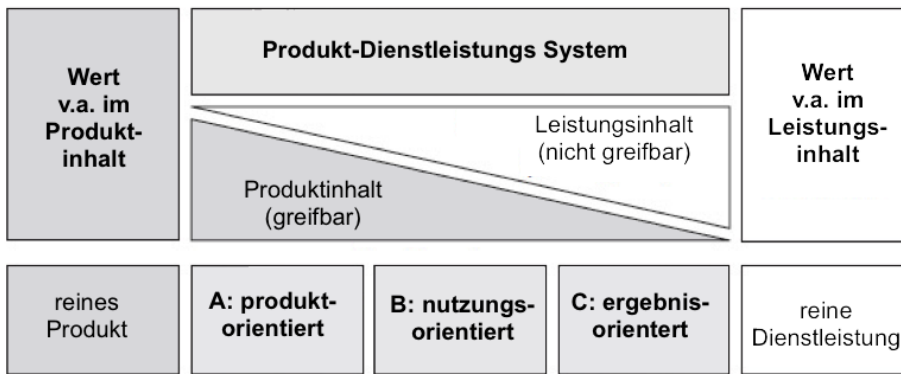


Abbildung 8: PSS Kategorien

Quelle: Tukker 2007

Konkrete Fallbeispiele für PSS-Konzepte mit tatsächlicher Marktrelevanz in Deutschland sind z.B. der Besuch eines Waschalons anstatt des Besitzes einer eigenen Waschmaschine. Auch die Einrichtung gemeinsam genutzter Waschkeller in Mehrfamilienhäusern bietet Ansätze für Ressourceneinsparungen, die u.a. zu einem verringerten Einsatz von Kunststoffen beitragen könnten. Zur Unterstützung solcher Systeme hat z.B. die Fachstelle Nachhaltiges Bauen der Stadt Zürich einen Leitfaden herausgegeben, der das „Zusammenspiel von betrieblichen, ökologischen, ökonomischen, sozialen und nicht zuletzt auch gestalterischen Faktoren“ im Zusammenhang mit Waschküchen beschreibt, die u.a. für bis 20% des Stromverbrauchs in Mehrfamilienhäusern verantwortlich zeichnen<sup>77</sup>. Ausgangspunkt eines zweiten Beispiels ist die äußerst niedrige reale Nutzungszeit von Werkzeugen in Haushalten, so dass die tatsächliche Nutzungszeit teilweise erheblich unter der möglichen technischen Nutzungsdauer liegt. Spezielle Baumärkte wie z.B. Rentas bieten daher zunehmend die Möglichkeit an, hochwertige Werkzeuge für kurze Zeiträume auszuleihen. Durch die Nutzung eines Gerätes durch mehrere Nutzer ergeben sich somit klare Materialeinsparpotenziale – auch wenn Kunststoffe dabei nur einen kleineren Teil ausmachen.

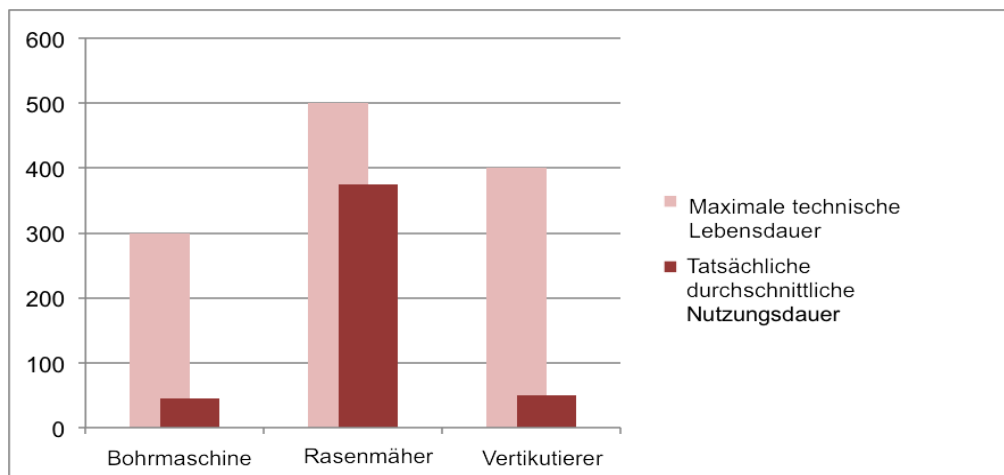


Abbildung 9: Durchschnittliche tatsächliche Nutzungsdauer und maximale technische Lebensdauer ausgewählter Heimwerkengeräte in Privatbesitz (in Stunden)

Quelle: Behrendt und Behr 2000

<sup>77</sup> Stadt Zürich 2012

Die Studie „Nutzen statt Besitzen“ der Heinrich-Böll-Stiftung in Zusammenarbeit mit dem NABU entwickelte beispielsweise Kommunikationskonzepte und –strategien zur Verbreitung solcher Angebote und fand heraus, dass sowohl Zielgruppenspezifität, Image- und Informationskampagnen, aber auch gesetzliche Rahmenbedingungen dabei eine zentrale Rolle spielen. Entscheidend für den Erfolg eines solchen Angebots ist demnach sowohl die Schaffung von Vertrauen in das jeweilige Angebot, was z.B. durch transparente Bewertungen und sozialen Austausch erreicht werden kann, als auch gute, ansprechende Slogans und die zielgruppenspezifische Ansprache potentieller Nutzer, vor allem im Falle der internetbasierten Angebote. Die Studie zeigte auch, dass die Themen «Nachhaltigkeit» und «Ökologie» im Gegensatz zu Kosten- und Qualitätsaspekten sowie die Betonung sozialer Effekte, bis hin zur Bildung von Freundschaften, zweitrangig bei der Kundenansprache sind<sup>78</sup>.

### Option 9: „Plastik fasten“

Den mit Sicherheit radikalsten Ansatz zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes stellen Projekte dar, die unter dem Schlagwort „Plastik fasten“ einen temporären Totalverzicht auf alle kunststoffhaltigen Produkte propagieren. U.a. in Wuppertal wurde ein solcher Selbstversuch über zwei Wochen hinweg unter freiwilliger Beteiligung von ca. 20 Haushalten durchgeführt, organisiert von der Station Natur und Umwelt der Stadt Wuppertal mit Unterstützung der Bergischen Universität Wuppertal, der Verbraucherzentrale NRW, der Umweltberatung sowie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt und Energie GmbH. Ziel des Projektes war die explizite Sensibilisierung für das Thema Reduzierung bzw. Vermeidung von Kunststoffen im Alltag, „die potentiell gesundheitsgefährdend sind, unsere Umwelt verschmutzen und Ressourcen verschwenden“<sup>79</sup>. Durch umfassende Information in Form von Fachvorträgen und Workshops, Erfahrungsaustausch zwischen den Teilnehmern und praktischer Unterstützung sollten Kinder, Jugendliche und Erwachsene bestärkt werden, dass sie einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und ihrer eigenen Gesundheit leisten können, wenn sie zukünftig Kunststoffe in ihrem Alltag reduzieren bzw. vermeiden. Die Aktion schloss an fortlaufende Aktionen der Station Natur und Umwelt, bei denen bereits Kindergarten- und Schulkinder über Projekte wie die „Müllwerkstatt“ und dem Schulprojekt „MÜLLENium“ im Selbstversuch erleben, über welche langen Zeiträume Kunststoffverpackungen als Abfall in der Natur erhalten bleiben. Konkrete Fragestellung des Projektes war im Alltag zu überprüfen, ob Konsumenten im Alltag tatsächlich auf Verpackungen beim Einkauf von Lebens- und Reinigungsmitteln, Kosmetika, Spielzeug etc. sowie Unterhaltungselektronik und Einrichtungsgegenständen, die Kunststoffe enthalten, verzichten können und ob es geeignete Alternativen gibt.

Ausgangspunkt für die meisten der Teilnehmer waren weniger Umweltbelastungen bei der Kunststoffproduktion, sondern insbesondere befürchtete Gesundheitsgefährdungen durch Bisphenol A und Phthalate. Vor diesem Hintergrund konnten kunststoffhaltige Produkte beim Fachbereich Analytische Chemie der Bergischen Universität Wuppertal abgegeben werden, der diese Gegenstände auf Schadstoffe untersuchte. Von den zwanzig im Rahmen des Projekts untersuchten Gegenständen (z.B. Ketten, PET-Flaschen, Kinderspielzeuge, ein Ball, ein Joghurt-Becher) wiesen die meisten keine Belastungen auf, die über die rechtlichen

---

<sup>78</sup> Leismann et al. 2012

<sup>79</sup> STNU 2014, S. 2

Grenzwerte hinausgingen - die Ausnahme bildete u.A. ein alter PVC-Teppichbelag<sup>80</sup>. Die zweiwöchige Aktion verdeutlichte allen Beteiligten die Bedeutung, die Kunststoffe im Rahmen heutiger Konsummuster haben. In vielen Bereichen war es nur unter großen Aufwendungen – wenn überhaupt – möglich, kunststofffreie Alternativen zu finden. Speziell bei Kunststoffverpackungen im Lebensmittelbereich wurden teilweise intensive Diskussionen mit dem Supermarktpersonal notwendig, wenn auf Umverpackungen, Folien u.ä. verzichtet werden wollte. Trotzdem war die Aktion insgesamt ein deutlicher Beleg für die Wahlmöglichkeiten der Konsumenten in ihrem Alltagsverhalten. Die teilnehmenden Haushalte schafften es über den Aktionszeitraum von zwei Wochen hinweg fast komplett auf Kunststoffe zu verzichten und reduzierten damit auch ihren anfallenden Kunststoffabfall auf nahezu Null. Dieses Ergebnis war jedoch nur durch hohen persönlichen Aufwand aller Beteiligten möglich, die sich im Rahmen des Projekts vertieft z.B. in rechtliche Vorgaben zur Produktdeklaration einarbeiteten. Ein solches Engagement ist sicherlich nur bei Haushalten mit einer hohen Sensibilisierung für Umwelt- und Gesundheitsthemen sowie einer hohen Akzeptanz für suffiziente Lebensstile zu erwarten.

### 3.4 Wirkungsabschätzungen mit Blick auf die neun Optionen

Für alle neun konkreten Optionen zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes stellt sich natürlich die Frage, in welchem Ausmaß sie tatsächlich zu einer Reduktion des Einsatzes von Kunststoffen führen bzw. welche Vor- und Nachteile mit ihnen verbunden sein könnten. Zum anderen sind Chancen und Gefahren zu prüfen, die sich in der Interaktion mit anderen Akteuren oder aus der Veränderung von Rahmenbedingungen ergeben könnten: Führt der Verzicht auf Kunststoff nur zur Verlagerung von Umweltbelastungen (zeitlich, räumlich oder medial)? Sind Rebound-Effekte vorstellbar? Sind technische Innovationen absehbar, die eine signifikante Umwertung der erzielbaren Umwelteffekte nach sich ziehen würden?

#### Option 1: Substitution durch erneuerbare Rohstoffe

Der dargestellte Ansatz der Reduktion erdöl-basierter Kunststoffe durch Kunststoffe auf Basis erneuerbarer Rohstoffe verdeutlicht, wie stark technisches Potential und tatsächlich erwartbare Relevanz von Alternativen auseinandergehen können und unterstreicht damit die Bedeutung ökonomischer und rechtlicher Rahmenbedingungen. Der Biokunststoffgesamtmarkt wird nach Expertenmeinung auch in den nächsten Jahren zweistellig wachsen und seine Produktionskapazitäten deutlich ausweiten. Biokunststoffe werden sich aber nach heutigem Stand der Technik in absehbarer Zeit trotzdem zu keiner echten Konkurrenz gegenüber Massenkunststoffen wie PE, PP oder PVC entwickeln – wohl aber zu einer ernsthaften Alternative und Ergänzung in technischen Nischen, bei kurzlebigen Artikeln und für verbrauchernahe Produkte<sup>81</sup>. Die Hauptgründe dafür sind ökonomische Hemmnisse (vor allem Produktionskosten und Kapitalverfügbarkeit), Schwierigkeiten beim Aufskalieren von Technologien, die kurzfristige Verfügbarkeit biobasierter Rohstoffe und die Notwendigkeit des Kunststoffsektors, sich an die neuen Kunststoffe anzupassen<sup>82</sup>.

---

<sup>80</sup> Seidel 2014

<sup>81</sup> Gahle et al. 2007, S. 4

<sup>82</sup> Shen et al. 2009, S. 2

Das maximale Gesamtpotenzial technischer Substitution petrochemischer Kunststoffe durch ihre biobasierten Alternativen kann nach Untersuchungen an der Universität Utrecht auf 270 Mt oder 90% der 2007 weltweit konsumierten Polymere (inklusive Faserstoffe) geschätzt werden<sup>83</sup>. Obwohl es unter anderem aufgrund von Flächennutzungskonkurrenzen nicht möglich sein wird, dieses technische Substitutionspotenzial kurz- bis mittelfristig zu nutzen, zeigen z.B. von European Bioplastics veröffentlichte Studien, dass aus technischer Perspektive sehr hohe Chancen für den Ersatz petrochemischer durch biobasierte Kunststoffe bestehen.

Die Einschätzung von Biokunststoffen ist insgesamt ambivalent. Der größte Vorteil biobasierter Kunststoffe ist die Schonung fossiler Ressourcen wie Erdöl und Erdgas. Zudem können sie mit einheimischen Wertschöpfungsketten hergestellt werden, was Arbeitsplätze in der Landwirtschaft und den weiterverarbeitenden chemischen Betrieben schafft. Allerdings gibt es bisher nur wenige und nicht verallgemeinerbare Analysen ihres Beitrags zum Klima- und Ressourcenschutz und zur anderweitigen Entlastung der Umwelt<sup>84</sup>. Untersuchungen haben gezeigt, dass Bio-Kunststoffe relativ langsam verrotten, was für die Verwertung in industriellen Kompostierungs- und Vergärungsanlagen ein Problem darstellt. Weiterhin liegt ein großes Problem der Bio-Kunststoffe darin, dass für ihre Herstellung auf Ressourcen zurückgegriffen wird, die ansonsten zur Produktion von Nahrungsmitteln dienen könnten. Der intensive Anbau von Rohstoffen wie Zuckerrüben, Mais oder Kartoffeln verursacht Umwelt- und Gesundheitsschäden, etwa durch Pestizide, Dünger und einen hohen Wasserverbrauch<sup>85</sup>. Insgesamt wird damit die globale Konkurrenz um Nutzflächen weiter verstärkt<sup>86</sup>. Eine 2012 veröffentlichte Übersichtsstudie zu biobasierten Kunststoffen weist auch auf den verstärkten Einsatz genetisch modifizierter Pflanzen als Eingangsstoff hin, insbesondere in den USA<sup>87</sup>.

**Option 1: Substitution durch nachwachsende Rohstoffe**

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Herstellung mit einheimischen Wertschöpfungsketten</li> <li>• Möglichkeit der klimaneutralen Entsorgung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz in Reinform wegen nicht normgerechten Fließens häufig nicht möglich</li> <li>• Vergleichsweise hohe Herstellungskosten</li> <li>• Langsame Verrottungszeit problematisch für industriellen Kompostierbetrieb</li> <li>• Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion</li> <li>• Umwelt- und Gesundheitsschäden durch intensiven Rohstoffanbau, Transport und energieintensive Verarbeitungen</li> <li>• Bislang noch fehlende Infrastrukturen zur Kreislaufführung</li> </ul>

**Tabelle 6: Stärken und Schwächen von Option 1**

Insgesamt weist der Ansatz damit ein durchaus relevantes Potential zur Verringerung des Einsatzes konventioneller Kunststoffe auf. Aus einer Umweltperspektive ist jedoch insbesondere die Herkunft und Produktion der eingesetzten natürlichen Rohstoffe entscheidend. Hier besteht weiterhin Bedarf an einer verbesserten Transparenz und Zertifizierung der Lieferketten.

<sup>83</sup> Ebd., S. 2

<sup>84</sup> Beier 2009

<sup>85</sup> Rosseau 2010

<sup>86</sup> Bringezu et al. 2012

<sup>87</sup> Álvarez-Chávez et al. 2012

## Option 2: Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen

Ganz im Gegensatz zu Option 1 ist die Verbesserung der Materialeffizienz beim Einsatz von Kunststoffen ein weitgehend wirtschaftlich getriebener Prozess, bei dem Markteingriffe und externe Rahmenbedingungen sicherlich unterstützend wirken können, sich aber eher auf die Geschwindigkeit der Diffusion neuer Technologien auswirken. Die dargestellten Beispiele verdeutlichen, dass trotz anfänglicher Investitionskosten langfristig erhebliche Kosten eingespart werden können. Eine Studie des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung<sup>88</sup> gibt auf Basis einer Erhebung zur *Modernisierung der Produktion* aus dem Jahr 2009 Aufschluss über das allgemein geschätzte Einsparpotenzial in verschiedenen Industrien, von denen eine Vielzahl Kunststoff als Teil von Endprodukten verarbeitet.

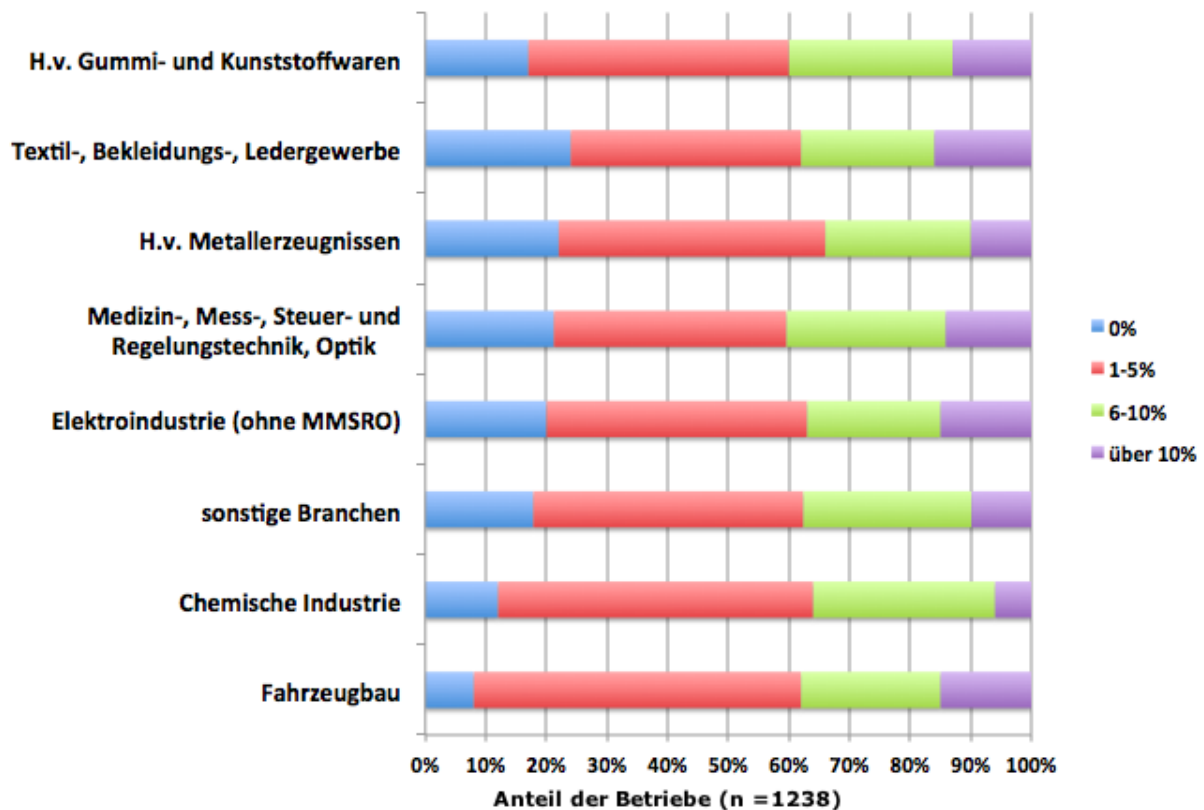


Abbildung 10: Allgemein geschätztes Einsparpotenzial durch Modernisierung der Produktion

Quelle: Fraunhofer ISI (2011)

In der nachfolgenden Tabelle sind zentrale Stärken und Schwächen des Ansatzes zusammengefasst.

<sup>88</sup> Schröter et al. 2011

*Option 2: Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen*

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenersparnisse durch Materialeinsparung</li> <li>• Zeitersparnis im Produktionsprozess</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten zur Modernisierung des Produktionsprozesses</li> <li>• Personelle und zeitliche Ressourcen zur Konzeption und Umsetzung selten vorhanden<sup>89</sup></li> </ul>

**Tabelle 7: Stärken und Schwächen von Option 2**

Insgesamt ist eine verbesserte Materialeffizienz in der Verarbeitung von Kunststoffen aus ökologischer Sicht eindeutig wünschenswert, gleichzeitig sind in den meisten Bereichen eher inkrementelle Verbesserungen zu erwarten<sup>90</sup>. Zu berücksichtigen sind insbesondere bei diesem Ansatz Rebound-Effekte, wenn durch die optimierten Produktionsprozesse der Produktpreis gesenkt werden kann und damit die eingesparten Mengen zumindest teilweise durch eine gesteigerte Nachfrage ausgeglichen werden. Die Vermeidung solcher Rebound-Effekte wird umfassende, über den Kunststoffeinsatz hinausgehende Ansätze erfordern, z.B. in Form allgemeiner Ressourcensteuern (eine Übersicht der zentralen Argumente gibt z.B. Meyer 2012).

### Option 3: Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten

Der Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten ist in vielen Bereichen bereits gängige Praxis und verschiedene Produkte weisen Rezyklat-Anteile von über 90% auf - bei vergleichbaren Qualitäten wie Produkten aus Primärkunststoffen. Recyclingunternehmen verweisen darauf, dass die Nachfrage nach hochwertigen Rezyklaten das Angebot häufig übersteigt, es fehlt jedoch an entsprechendem verlässlichen Input in die Anlagen. Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Getrennterfassung, zu materialspezifischen Recyclingquoten oder zu Rezyklatanteilen könnten hier wesentlich zur Schließung von Stoffkreisläufen beitragen<sup>91</sup>.

Während die prinzipiellen Stärken eines Recyclings von Kunststoffen für viele Produktbereiche und Abfallströme inklusive damit verbundener Kosteneinsparpotentiale unbestritten sind, ergeben sich jedoch eine ganze Reihe von Hemmnissen, die der Realisierung dieser Potentiale entgegen stehen. Im Bereich der ökonomischen Hemmnisse ist dabei insbesondere die aktuelle Konkurrenz zur thermischen Verwertung zu nennen. Als informatorische Hemmnisse bestehen nach wie vor relevante Unsicherheiten über die tatsächlichen Qualitäten der Kunststoffabfälle (z.B. im Blick auf Störstoffe, Zusammensetzung etc.) an den verschiedenen Schnittstellen entlang der Verwertungskette. Hier ist jedoch erkennbar, dass dieses Hemmnis bereits von verschiedenen Akteuren aufgegriffen und durch Zertifizierungsmaßnahmen, Label etc. adressiert wird (u.a. der Blaue Engel mit seinem Label für Produkte aus Recyclingkunststoffen RAL-UZ 30a oder die Ansätze des EuPR zur Etablierung eines europäischen Labels). Als deutlich relevanter ist hier die zunehmende Komplexität von kunststoffhaltigen Produkten einzuschätzen, wobei insbesondere die Zunahme an Verbunden und die

<sup>89</sup> Vgl. VDI 2011, S.22/23

<sup>90</sup> Zettl et al. 2014

<sup>91</sup> Vgl. BIO IS 2013



Vielzahl der in kleinen Mengen eingesetzten spezifischen Kunststoffsorten deren hochwertige Verwertung erschwert. In Tabelle 7 sind die Stärken und Schwächen des Ansatzes zusammengefasst.

<b>Option 3: Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Kostenersparnisse durch Einsatz von Sekundärkunststoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überkapazitäten in der thermischen Verwertung führen aktuell zu Kostennachteilen für Kunststoffrezyklate</li> <li>• Unsicherheiten über Qualitäten der Sekundärkunststoffe</li> <li>• Erschwerung der stofflichen Verwertung durch zunehmende Komplexität von kunststoffhaltigen Produkten</li> <li>• Fehlende Wertschätzung der Verbraucher für Sekundärkunststoffe</li> </ul>

**Tabelle 8: Stärken und Schwächen von Option 3**

Insgesamt bietet die Stärkung der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen und damit verbunden die Erhöhung der eingesetzten Menge an Sekundärkunststoffen erhebliche Potenziale, die mit der Produktion von Primärkunststoffen verbundenen Umweltbelastungen zu reduzieren. Allerdings sind unter den aktuellen Rahmenbedingungen – Überkapazitäten in der Abfallverbrennung, fehlende Vorgaben für ein recyclingfreundliches Design - insbesondere im Bereich der heterogen anfallenden Produktabfälle nicht alle kunststoffhaltigen Abfallströme sinnvoll – sowohl von einem ökonomischen als auch einem ökologischen Standpunkt – stofflich verwertbar; das gilt z.B. insbesondere für den Produktbereich dünner Folien, wo die energetische Verwertung auch in der Ökobilanz besser abschneidet<sup>92</sup>.

#### Option 4: Kunststoffeichte Verpackungsoptionen

Der hohe Anteil der im Bereich Verpackungen eingesetzten Kunststoffe unterstreicht die grundsätzlichen Potentiale, durch ein optimiertes Verpackungsdesign und Mehrweglösungen signifikante Einsparungen zu erzielen. Verpackungsdesign erfolgt jedoch in erster Linie aus Marketing-Gesichtspunkten und soll der Steigerung von Absatz und Marktanteilen dienen. Aus Sicht der Unternehmen nachvollziehbarerweise spielt dabei der Materialeinsatz – auch aus Perspektive der Kosten – nur eine stark untergeordnete Rolle. Für die Abschätzung der Potentiale im Bereich der Verkaufsverpackungen kommt für Deutschland hinzu, dass durch bei Einführung des Grünen Punktes bereits eine Reihe der leicht umsetzbaren Potentiale realisiert wurden – auch wenn die Gesamt-Verpackungsmengen wieder eine ansteigende Tendenz aufweist.

Von daher können insbesondere Transportverpackungen als wichtiger Ansatzpunkt gesehen werden, da diese weit weniger jenen absatzfördernden Überlegungen bezüglich Design, Lifestyletrends etc. unterliegen, die im direkten Konsumbereich angestellt werden. Zudem sind Transportverpackungen in der Regel keine Werbe- und Informationsträger, die Wahl zwischen Einweg und Mehrweg entscheidet sich anhand Fragen der Praktikabilität, des Handlings, der Schutz der Produkte sowie insbesondere der Kostenreduktion. Nach Einschätzungen der Industrie fallen Transportverpackungen in Betrieben in der Regel in weit größeren Mengen an als Verkaufsverpackungen beim privaten Endverbraucher, so dass die Entsorgungskosten eine tatsächlich relevante Rolle spielen. In Österreich hat ein Pilotprojekt

<sup>92</sup> Dehne et al. 2011

die Potenziale und Möglichkeiten der Einführung von Mehrweg-Transportsystemen für Elektrogroßgeräte im Raum Wien untersucht und allein in dieser Branche für Wien ein Einsparungspotenzial von 1.100 Tonnen pro Jahr durch den Ersatz von Einwegverpackungen (hier vornehmlich Kartonagen, Styropor und Folien) ermittelt. Dazu werden Einsparungen durch verringerte Transportschäden sowie positive ökologische Effekte durch schonendere Rückführung von Altgeräten erwartet<sup>93</sup>.

Auch für den Bereich der Mehrweg-Getränkeverpackungen ist die ökologische Vorteilhaftigkeit in einer Vielzahl von Studien dokumentiert; das Öko-Institut hat bereits 2009 im Auftrag des NABU ein Gutachten vorgelegt, wonach eine auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen abzielende Besteuerung für Getränkeverpackungen jährlich bis zu 400.000 Tonnen Kunststoffabfälle (und damit auch 1,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen) einsparen könnte<sup>94</sup>. Der konkrete Umweltvorteil ist dabei jedoch abhängig von den Transportdistanzen der Mehrweggebinde – von daher wäre hier insbesondere die regionale Produktion zu stärken<sup>95</sup>.

**Option 4: Kunststoffleichtes Verpackungsdesign**

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> <li>• Kostenersparnisse durch geringeren Energie- und Materialeinsatz für die Produktion leichterer Kunststoffverpackungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten zur Umstellung des Produktionsprozesses</li> <li>• Materialkosten spielen beim Verpackungsdesign nur untergeordnete Rolle</li> </ul>

**Tabelle 9: Stärken und Schwächen von Option 4**

Insgesamt ist das Thema Verpackungsabfälle stark in der öffentlichen Wahrnehmung verankert und die Verringerung der Verpackungsmengen ist in vielen Fällen auch im Transport mit weiteren Umweltentlastungen verbunden. Eine detaillierte Regulierung des Verpackungsdesigns für einzelne Produktgruppen ist jedoch kaum praktikabel vorstellbar, der Fokus sollte daher insbesondere auf die Stärkung von Mehrwegsystemen gelegt werden. Hier existieren im Getränkebereich bereits gesetzliche Zielvorgaben, die zur Zeit noch deutlich unterschritten werden; ebenso sind im Bereich der Transportverpackungen noch erhebliche Einsparpotenziale zu vermuten.

**Option 5: Komplettverzicht auf Verpackungen**

Der Komplettverzicht auf Kunststoffverpackungen hat in den vergangenen Jahren hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit erregt und wichtige Debatten um den Sinn und Unsinn von Kunststoffverpackungen angestoßen. Die Diskussion um den Verzicht auf Kunststoffverpackungen im Handel verweist dabei auch auf grundsätzliche rechtliche Hemmnisse und Gefahren der Verlagerung von Umweltbelastungen. So wird der Verzicht auf Kunststoffverpackungen zum Beispiel durch Artikel 23 bis 26 in der EU-Verordnung Nr. 834/2007 und Artikel 57 bis 62 in der EU-Verordnung Nr. 889/2008 erschwert, die die Regeln für die Kennzeichnung von Bio-Lebensmitteln vorgeben. Hier wird u.a. die Kennzeichnungspflicht für ökolo-

<sup>93</sup> mehrweg.at o.J.a

<sup>94</sup> Dehoust et al. 2009

<sup>95</sup> Reiterer 2005

gisch produzierte landwirtschaftliche Erzeugnisse und Lebensmittel definiert. Viele Einzelhändler greifen für diese Unterscheidbarkeit in ihrem Sortiment auch bei Bio-Produkten auf Kunststoffverpackungen zurück und verweisen dabei zusätzlich auf mögliche Vorteile, die Ware beim Transport zu schützen und frisch zu halten. Mögliche Alternativen wie kunststofffreie Banderolen oder Aufkleber finden bisher nur in Ausnahmefällen Anwendung. In Tabelle 5 sind zentrale Stärken und Schwächen des Ansatzes zusammengefasst.

<b>Option 5: Komplettverzicht auf Verpackungen</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> <li>• Reduzierung von Lebensmittelabfällen durch Wegfallen vordefinierter Verpackungsgrößen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung von Lebensmittelabfällen durch erhöhte Haltbarkeit von Lebensmitteln bei zweckmäßiger Verpackung</li> </ul>

**Tabelle 10: Stärken und Schwächen von Option 5**

Insgesamt weist das Thema relevante Potentiale zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes auf, betrifft bisher jedoch eher eine interessierte Minderheit der Verbraucher. Aus ökologischer Sicht ist eine differenzierte Sicht angebracht, wo zweckmäßige Verpackungen z.B. tatsächlich zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen beitragen könnten. Nach Untersuchungen im Auftrag des bayerischen Umweltministeriums eignen sich insbesondere folgende Lebensmittelgruppen aufgrund ihrer Unempfindlichkeit gegen mechanische oder stoffliche Einflüsse von außen oder ihres Frischecharakters und der damit verbundenen kurzen Verweildauer im Geschäft für den offenen Verkauf: Frischobst und Frischgemüse; Speiseöl; Butter, Käse; Brot und frische Backwaren; Nudeln, Vollgetreide, frische Fleisch- und Wurstwaren<sup>96</sup>. Stand ist jedoch, dass es im Frischwaren-, Konserven- und Trockenproduktebereich abgesehen von Einzelbeispielen und Pilotprojekten kaum Mehrwegsysteme gibt, obwohl viele Produkte grundsätzlich durchaus für Mehrwegverpackung geeignet wären. Als Einstiegsbarrieren werden die Investitionskosten gesehen, die für die Beschaffung der Verpackungseinheiten selbst sowie die Rücknahme- und Waschsyste anfallen. Auf Herstellerseite besteht darüber hinaus bei neuen Verpackungen vielfach die Befürchtung, aufgrund ungebräuchlicher Größen und Formen vom Handel nicht gelistet zu werden. Ein Teil der anfallenden Kosten und Probleme könnte durch die Verwendung eines bestehenden, einheitlichen Systems und daraus entstehende Synergie- und Größeneffekte verringert werden<sup>97</sup>.

Umfangreiche Lebenszyklusuntersuchungen unterschiedlicher Verpackungsoptionen des Department of Environmental Quality in Oregon haben die grundsätzlichen Optimierungspotentiale unterstrichen, gleichzeitig aber auch auf die unterschiedlichen Ansatzpunkte hingewiesen: Je nach Produkt ergeben sich zentrale Stellschrauben beispielsweise beim Design von Transportverpackungen, wenn sie größere Mengen pro LKW erlauben<sup>98</sup>. Ein konkretes Beispiel war dabei die Umstellung auf Transportsäcke anstatt Kartons für nicht-zerbrechliche Konsumgüter: So hat z.B. der Bekleidungshersteller Norm Thompson Outfitters Einsparun-

<sup>96</sup> StMUGV 2005, S. 50

<sup>97</sup> Ebd., S. 51

<sup>98</sup> DEQ 2006

gen von jährlich 700 Tonnen Verpackungsmaterial und durch entsprechend optimierte Logistik eine Kostenreduktion von jährlich 1,3 bis 1,8 Mio. US Dollar dokumentiert<sup>99</sup>.

### Option 6: Verringerung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten

Die politische Diskussion um die Plastiktüte ist insbesondere wegen der hohen Symbolkraft nachzuvollziehen. Die Anzahl genutzter Plastiktüten (Einweg und Mehrweg) beträgt in Deutschland pro Kopf und Jahr bereits jetzt nur 71 Stück (viert niedrigster Wert in Europa bei einem EU-27-weiten Durchschnitt von 198 Stück). In Deutschland betrug der Kunststoffinlandsverbrauch im Jahr 2011 9,65 Mio. Tonnen, davon wurden nur 68.000 Tonnen für Plastiktüten genutzt<sup>100</sup> - auch wenn diese in besonderem Maße zur Vermüllung von Gewässern durch Kunststoffe beitragen. Ein mögliches Verbot von Kunststofftüten (oder die Einführung entsprechender Gebühren/ Steuern) birgt zudem auch die Gefahr einer Verlagerung auf Alternativen, die aus Umweltsicht nicht unbedingt besser abschneiden würden. Wie zum Beispiel eine Ökobilanz-Studie zu drei verschiedene Einkaufstüten festgestellt hat, kann die konventionelle Plastiktüte – je nach Nutzungshäufigkeit – geringere Umweltbelastungen aufweisen als eine Papier- oder Bioplastiktüte<sup>101</sup> (siehe Tabelle 10).

Ökobilanz verschiedener Einkaufstüten			
	Papier (30% Recycling- fasern)	Kompostierbarer Kunststoff	Polyäthylen
Energieverbrauch (MJ)	2622	2070	763
Fossiler Brennstoffverbrauch (kg)	23,2	41,5	14,9
Siedlungsabfälle (kg)	33,9	19,2	7,0
Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> t)	0,08	0,18	0,04
Wasserverbrauch (l)	3801	3850	220

**Tabelle 11: LCA Einkaufstüte**

**Quelle: Chaffee und Yaros (2007)**

Das Umweltbundesamt weist darüber hinaus auf weitere mögliche Probleme bei der Substitution von herkömmlichen Plastiktüten durch Papiertüten oder biologisch abbaubare Plastiktüten hin<sup>102</sup>: So könnten Verbraucher animiert werden, die Tüten nun mit ruhigem Gewissen in der Natur zu entsorgen. Die dargestellten Beispiele verdeutlichen die Notwendigkeit, für die Verringerung des Kunststoffeinsatzes sowohl auf der Angebots- als auch der Nachfrageseite anzusetzen: Die Einführung bzw. Ausweitung von Gebühren- bzw. Steuerlösungen hat die Nachfrage nach Einwegkunststofftüten in vielen Ländern deutlich reduziert. Gleichzeitig müssen jedoch alternative Mehrwegsysteme unterstützt werden, um den Kon-

<sup>99</sup> DEQ 2005, S. 2

<sup>100</sup> UBA 2013

<sup>101</sup> Chaffee/ Yaros 2007

<sup>102</sup> UBA 2013

sumenten eine tatsächliche Alternative zur Wegwerftüte anzubieten. Die folgende Tabelle versucht, wichtige Stärken und Schwächen zusammenzufassen.

<b>Option 6: Verringerung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Minderung des Kunststoffeintrags in Gewässer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr einer Verlagerung auf aus Umweltsicht nicht bessere Alternativen</li> <li>• Möglicherweise irreführende Wertevermittlung und Animation der Verbraucher zur Tütenentsorgung in der Natur bei Papiertüten/biologisch abbaubaren Plastiktüten als Alternative</li> </ul>

**Tabelle 12: Stärken und Schwächen von Option 6**

Insgesamt sind alle Maßnahmen zur Reduzierung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten als absolut sinnvoll einzuschätzen. Die eindeutig größten Potenziale liegen im Bereich Mehrweg, wenn diese entsprechend häufig genutzt werden. Politische Initiativen wie „plastic bag bans“ auf kommunaler Ebene können wichtige Treiber sein, um Mehrwegsysteme zu fördern.

### Option 7: ReUse Elektronik

Die Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten durch Wiederverwendung und Reparatur ist ein insgesamt erfolgversprechender Ansatz, die Kunststoffnachfrage zu verringern – wobei bisher eher Einsparungen kritischer Metalle im Fokus der Diskussion standen. Während auch das Produktrecycling Energie benötigt sowie Kosten und Emissionen verursacht, verspricht die Wiederverwendung als Alternative zum Produktneukauf insbesondere bei Produkten, die besonders ressourcen- und energieaufwendig in der Herstellung sind (wie etwa Elektro- und Elektronikaltgeräte), besonders hohe Ressourceneinsparpotenziale. Der hohe Kunststoffanteil in Elektro- und Elektronikgeräten verdeutlicht das hohe Einsparpotenzial: Haushaltsgroßgeräte haben einen durchschnittlichen Kunststoffanteil von 19 Gewichtsprozent<sup>103</sup>. Bei einer Waschmaschine (Gewicht von 65 kg<sup>104</sup>) entspricht das etwa 12 kg pro Produkt. Der Kunststoffanteil in kleinen Haushaltsgeräten beträgt über 37 Gewichtsprozent, während Produkte der Informations- und Kommunikationstechnik sowie der Unterhaltungselektronik etwa 30 Gewichtsprozent Kunststoffe enthalten<sup>105</sup>. Gleichzeitig ist speziell in Elektro- und Elektronikaltgeräten der Einsatz von Kunststoffen hauptsächlich aus Kostengründen tendenziell steigend<sup>106</sup>, wodurch das Einsparpotenzial durch Wiederverwendung und Reparatur zusätzlich unterstrichen wird. Hinzu kommt, dass die Kunststoffteile in Elektro- und Elektronikgeräten häufig mit Flammhemmern belastet sind, die das stoffliche Verwertungspotenzial erheblich reduzieren<sup>107</sup>. Hier kann eine Verlängerung der Produktlebensdauer demnach erhebliche Mengen an Kunststoffen einsparen, die durch das Recycling derzeit

<sup>103</sup> Empa 2009

<sup>104</sup> nach Huisman et al. 2007

<sup>105</sup> Empa 2009

<sup>106</sup> Bio Intelligence Service 2011

<sup>107</sup> vgl. Forschungsprojekt des Wuppertal Instituts (Laufzeit 10/12 - 05/14): Plastcycle - Entwicklung von Instrumenten und Maßnahmen zur Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen - mit Schwerpunkt Sekundärkunststoffe. <http://wupperinst.org/projekte/details/wi/p/s/pd/414/>

überhaupt nicht erschlossen werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Stärken und Schwächen des Ansatzes zusammengefasst.

<b>Option 7: ReUse Elektronik</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> <li>• Einsparung von Primärkunststoffen, die nicht durch das Recycling erschlossen werden können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oftmals ungünstiges Verhältnis von Reparatur- und Neukaufkosten</li> <li>• Rechtliche Unsicherheiten bei Gewährleistung und Haftung</li> <li>• Unzureichendes Wissen über ökologische, ökonomische und soziale Aspekte der Wiederverwendung</li> </ul>

**Tabelle 13: Stärken und Schwächen von Option 7**

Insgesamt kann die Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten einen erheblichen Beitrag zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes leisten. Die Umwelteffekte von Wiederverwendung können allerdings unter bestimmten Bedingungen auch negativ ausfallen, z.B. wenn Wiederverwendung und Reparatur den Güterkonsum als Zweit- oder Drittprodukt begünstigen (z.B. ein zweiter Fernseher im Schlafzimmer). Zur Unterstützung der Wiederverwendung und damit der Reduktion des Kunststoffeinsatzes haben sich z.B. in Österreich Vorgaben zur Verfügbarkeit von Ersatzteilen, einheitliche Qualitätsstandards in der Reparatur und Verschärfungen des Gewährleistungs- und Garantierechts als förderlich erwiesen<sup>108</sup>.

### Option 8: Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstatt Produkte

Prinzipiell bietet das Konzept der PSS erhebliche Potentiale zur Senkung des Kunststoffverbrauches, wenn einzelne Produkte durch eine Vielzahl von Nutzern in Anspruch genommen werden. Die Palette möglicher Produkte ist dabei praktisch unbegrenzt, trotzdem sind solche Ansätze einer Leasing- oder Sharing-Ökonomie bisher eher noch als Nischenphänomene anzusehen. Der Erfolg z.B. von Carsharing-Konzepten verdeutlicht aber, dass durch webbasierte Anwendungen und den damit verbundenen Vereinfachungen der Inanspruchnahme eine erhebliche Marktdynamik entwickelt werden kann. Verschiedene Studien (z.B. Tukker 2004, Busemann 2014) weisen darauf hin, dass PSS nicht zwangsläufig zu Ressourceneinsparungen führen müssen: Abhängig insbesondere vom Verhältnis der Ressourcenaufwendungen in der Produktions- und Nutzungsphase können PSS auch zu erheblichen Reboundeffekten führen. Am Beispiel des Carsharings lässt sich beispielsweise diskutieren, ob durch das (im Vergleich zum Kauf eines eigenen Autos) vergleichsweise kostengünstige und niedrighschwellige Angebot nicht die Nachfrage im Individualverkehr sogar erhöht wird – mit entsprechenden Folgen für den Kunststoffeinsatz im Fahrzeugsektor.

<b>Option 8: Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstatt Produkte</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr von Rebound-Effekten durch Mehrkonsum wegen Kosteneinsparungen</li> </ul>

**Tabelle 14: Stärken und Schwächen von Option 8**

<sup>108</sup> UBA 2014, S. 2

Umfassende systemische Innovationen wie die Dematerialisierung der Gesellschaft durch Leasing, Sharing und andere Dienstleistungsangebote weisen unbestritten massive Potentiale auf, den Einsatz u.a. von Kunststoffen zu reduzieren. Wie dargestellt sind damit aber eventuell auch deutliche Rebound-Effekte und andere Risiken verbunden, die durch die geschickte Gestaltung externer Rahmenbedingungen adressiert werden müssen (z.B. die sinnvolle Einbindung von Carsharing-Konzepten in integrierte Raumplanungskonzepte zur Reduktion des individuellen Nahverkehrs oder umfassendere Ökosteuerreformen mit Blick auf externalisierte Kosten der Ressourceninanspruchnahme). Ob und wie dies gelingen wird, bildet eine der wesentlichen Ursachen von Unsicherheiten bezüglich zukünftiger Entwicklungen.

### Option 9: „Plastik fasten“

Über alle neun hier betrachteten Ansätze hinweg leistet der Komplettverzicht auf Kunststoffe sicherlich den potentiell höchsten Beitrag zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes. Radikale Ansätze wie „Plastik fasten“ können jedoch auch einer pauschalisierenden Verurteilung von Kunststoffen führen und damit auch das Risiko beinhalten, die positiven Beiträge der unterschiedlichen Kunststoffe sowohl zur Umwelt- als auch zur Gesundheits- und Lebensqualität zu übersehen. Durch die umfassende Beratung und den intensiven Austausch der Teilnehmer wurden in diesem konkreten Fallbeispiel jedoch vor allem Sensibilitäten geschärft und auch Informationsbedürfnisse (z.B. mit Blick auf Inhaltsstoffe) aufgezeigt, auf die die Kunststoffindustrie in Zukunft gezielter eingehen und die die Politik durch erweiterte bzw. transparentere Kennzeichnungspflichten adressieren sollte. Über die Projektdauer hinweg entwickelten die Teilnehmer ein zunehmend differenzierteres Verständnis von Kunststoffen und den mit ihnen möglicherweise verbundenen Umwelt- und Gesundheitsgefahren.

<b>Option 9: „Plastik fasten“</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signifikante Reduktion des Kunststoffeinsatzes</li> <li>• Sensibilisierung der Verbraucher für Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch Kunststoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrenzte Verfügbarkeit kunststofffreier Alternativprodukte</li> <li>• Hoher persönlicher Aufwand</li> <li>• Gefahr der pauschalen Verurteilung von Kunststoffen</li> <li>• Ökobilanz ungewiss</li> </ul>

**Tabelle 15: Stärken und Schwächen von Option 9**

Konzepte des Totalverzichts auf Kunststoffe wie „Plastik fasten“ bilden insgesamt wichtige Grundlagen für den bewussten Umgang mit Kunststoffen und geben sowohl den Verbrauchern als auch den Unternehmern wichtige Impulse für die Verbesserung von Konsum- und Produktionsmustern. Als dauerhaftes Lebensmodell wird es vermutlich nur für eine Minderheit in Frage kommen. Forschungsbedarf besteht bei der Frage, inwieweit die Konsumenten durch einen verringerten Konsum Ressourcen einsparen oder wo sie eventuell auch auf ressourcenintensivere Optionen (z.B. Verpackungen aus Aluminium anstatt Kunststoff) zurückgreifen und damit die Gesamtbilanz schmälern.

### 3.5 Identifikation von Schlüsselfaktoren

Die Betrachtung aller neun hier dargestellten Optionen zeigt, dass alle Ansätze unterschiedliche Stärken und Schwächen aufweisen, unterschiedliche Akteure adressieren und bereits unterschiedlich etabliert sind. Ein abschließendes Ranking der Optionen ist daher ebenso wenig sinnvoll wie die Fokussierung auf einzelne Ansätze. Die effektive Reduzierung von Umweltbelastungen durch einen verringerten Einsatz von Kunststoffen wird nur gelingen, wenn sowohl Industrie, Handel als auch die Verbraucher dazu beitragen und die Politik die Umsetzung der dargestellten Vermeidungsoptionen durch die Setzung entsprechender Rahmenbedingungen unterstützt. Vor dem Hintergrund der neun beschriebenen konkreten Optionen, die in der Realität tatsächlich bereits zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes geführt haben, lassen sich jedoch einzelne Schlüsselfaktoren identifizieren, die zum Erfolg dieser Ansätze geführt haben bzw. ihre Effektivität beeinflussen.

1. Sowohl die Betrachtung der mit der Produktion, der Nutzung sowie der Nachnutzungsphase verbundenen Umweltbelastungen als auch möglicher Schwächen der hier dargestellten Ansätze betonen die globale Dimension der Problematik: Während die meisten Vorteile des Kunststoffeinsatzes uns direkt in Deutschland oder Europa zu Gute kommen (billigere Produkte, höherer Komfort etc.), sind die negativen Effekte räumlich und zeitlich verlagert und damit schwieriger durch direkte, z.B. produktpolitische Maßnahmen zu adressieren. Wie bei praktisch allen Rohstoffen erzählen die aktuellen Preise nicht die „ökologische Wahrheit“ und verleiten damit zu einem übermäßigen Ressourceneinsatz, der deutlich über einem gesamtgesellschaftlichen Maximum liegt.
2. Im Bereich der Industrie und des Handels sind in unterschiedlichen Bereichen Einsparpotenziale vorhanden, die mittel- bis langfristig sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Perspektive als sinnvoll einzuschätzen sind. In vielen Fällen unterbleiben die dafür notwendigen Investitionen jedoch aus einer zu starken Fokussierung auf kurzfristige Effekte. Die dargestellten Beispiele zeigen, dass die Überwindung einer solchen Kurzfristperspektive Wettbewerbsfähigkeit und Marktposition von Unternehmen stärken kann – insbesondere wenn sie damit proaktiv auf Bedürfnisse von Kunden eingeht, wie sie sich beispielsweise in Konzepten des verpackungsfreien Einkaufens äußern.
3. Die dargestellten erfolgreichen Ansätze unterstreichen auch die Bedeutung der Verbraucher und ihrer Konsumententscheidungen. Insbesondere die Optionen mit den potentiell tatsächlich relevanten Einsparpotentialen gehen über die rein technischen Ansätze hinaus und beinhalten in unterschiedlicher Form die Veränderung von Konsummustern. Auch mit Blick auf die aktuellen Entwicklungen auf dem globalen Energiemarkt, dem Ölpreisverfall u.a. in Folge der massiven Ausweitung des Frackings in den USA, ist eine rein marktgetriebene Verringerung des Kunststoffeinsatzes nicht zu erwarten. Die Analyse der Treiber zeigt, dass der Fokus auf die Kosten des Materialeinsatzes allein eher noch eine Ausweitung der Einsatzmengen zulasten anderer Rohstoffe begünstigen würde.
4. Gleichzeitig zeigen die Erwartungen zu Mengeneffekten die Bedeutung veränderter rechtlicher Rahmenbedingungen. Für die allermeisten der dargestellten Optionen im Bereich Produktion und Handel sind rechtliche Vorgaben entweder Ausgangspunkt oder wichtiger Verstärker von Innovationen gewesen. Dabei scheint eine direkte



mengenorientierte Steuerung oder Regulierung des Kunststoffeinsatzes weder umsetzbar oder sinnvoll – angesichts der Vielzahl von Einsatzbereichen und der beobachtbaren Innovationsdynamik scheinen solche Eingriffe nur bei sehr konkreten Umweltgefahren angebracht. Insgesamt sollte auch der Einsatz von Kunststoffen im Rahmen eines umfassenderen Policy-Mix ressourcenpolitischer Instrumente eingebettet werden.

### 3.6 Optimierungs-Szenario

Basierend auf den dargestellten Einschätzungen für die neun dargestellten Optionen zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes soll im Folgenden das zu Beginn entwickelte Referenzszenario mit zwei möglichen Alternativszenarien verglichen werden. Dazu wurden zwei Abschätzungen vorgenommen:

1. Welche Effekte würden sich durch eine Fokussierung auf die „low hanging fruits“ der einzelnen Optionen ergeben, die sich ohne größeren Widerstand oder eine reine Umverteilung möglicher Kosteneinsparungen ergeben könnten?
2. Welche Effekte wären theoretisch vorstellbar, wenn auf allen drei Ebenen (öffentliche Hand, Unternehmen, Haushalte) auch harte Eingriffe in den rechtlichen Rahmen, bestehende Business-Modelle oder Konsummuster vorstellbar wären?

Auf Basis der vorliegenden Informationen wurde der Versuch unternommen, mögliche Effekte der neun Optionen bis zum Zeithorizont des Referenzszenarios 2030 zu quantifizieren. Die möglichen Effekte wurden in drei Wirkungskategorien unterteilt: Eine eher inkrementelle Reduzierung, für die ein durchschnittliches Einsparpotential von 5% angenommen wird, ein mittlerer Effekt mit einer Reduktion von bis zu 20% und systemische Innovationen mit Einsparpotentialen von bis zu 50% - die Größenordnungen orientieren sich dabei an den in Kapitel 3 dargestellten Einzelfällen, ohne dass sich daraus tatsächlich präzise, verallgemeinerbare Angaben ziehen lassen könnten. Bezugspunkt ist dabei jeweils der Einsatz primärer, erdöl-basierter Kunststoffe. Dabei wurde differenziert zwischen den zwei beschriebenen Optionen der „low hanging fruits“ sowie der „harten Markteingriffe“.

Die folgende Tabelle im Überblick die getroffenen Annahmen und differenziert dabei zwischen den verschiedenen Einsatzgebieten: Während einzelne Optionen sich nur auf ausgewählte Einsatzgebiete beziehen, betreffen andere Optionen (wie z.B. der Totalverzicht auf kunststoffhaltige Produkte beim „Plastik fasten“) sämtliche der dargestellten Bereiche. Die letzte Spalte stellt den möglichen Gesamteffekt auf die einzelnen Einsatzbereiche dar. Die Tabelle beinhaltet die geschätzten Effekte für beide Szenarien (in grün für Szenario 1, in rot für Szenario 2). Erneut handelt es sich um Szenarien, die nicht den Anspruch erheben können, zukünftige Entwicklungen vorherzusagen. Die einzelnen Einschätzungen bis zum Jahr 2030 sind mit erheblichen Unsicherheiten über technologische Innovationen, die Entwicklung rechtlicher Rahmenbedingungen etc. verbunden. Trotzdem erlauben die Szenarien eine Einschätzung, inwieweit das in der Vergangenheit beobachtbare Wachstum des Kunststoffeinsatzes durch hier dargestellten Optionen beeinflussbar sein könnte.

## Einsparpotenzial Szenario 1

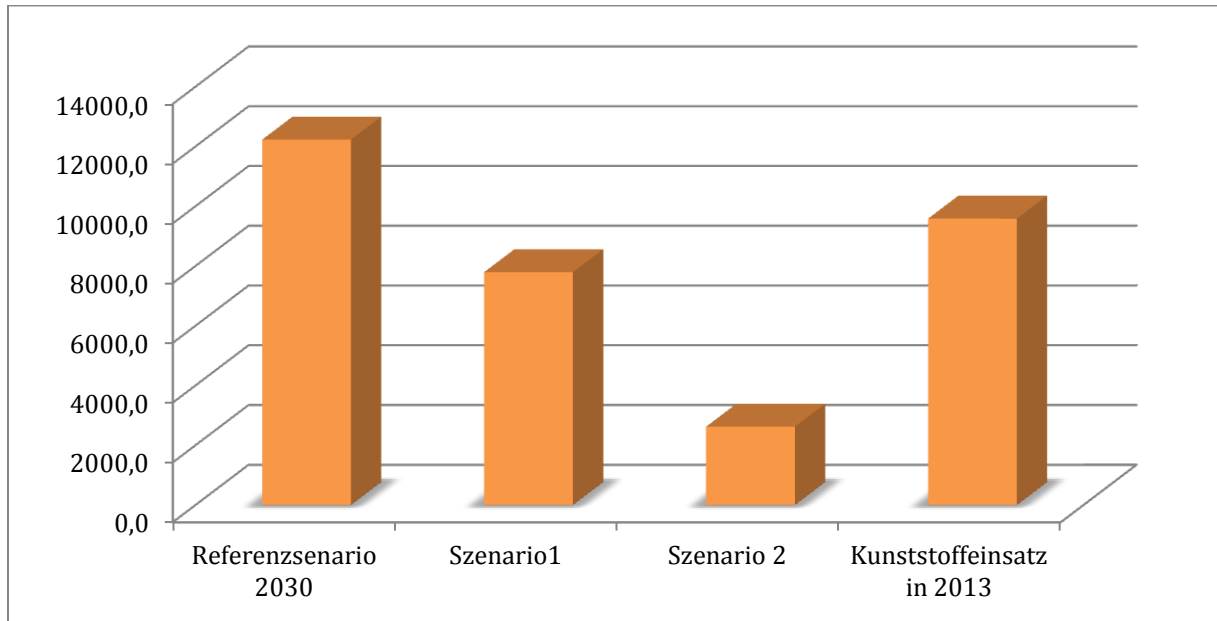
## Einsparpotenzial Szenario 2

Sektor/ Option	1 - Substitution durch erneuerbare Rohstoffe	2 - Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen	3 - Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten	4 - Kunststoffleichte Verpackungsoptionen	5 - Kompletter Verzicht auf Kunststoffverpackungen	6 - Alternativen zu Plastiktüten	7 - ReUse Elektronik	8 - Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstatt Produkte	9 - „Plastik fasten“
Verpackung	5%	5%	5%	20%	5%	5%			5%
	20%	20%	20%	50%	20%	5%			20%
Bau	5%	5%	20%					5%	5%
	20%	20%	50%					20%	5%
Fahrzeuge	5%	5%	20%					5%	5%
	20%	20%	50%					20%	20%
Elektro	5%	5%	20%				5%	5%	5%
	20%	20%	50%				20%	20%	20%
Möbel	5%	5%	20%					5%	5%
	20%	20%	50%					20%	20%
Landwirtschaft	5%	5%	20%						5%
	20%	20%	50%						5%

Tabelle 16: Geschätzte Einsparpotenziale in den zwei Alternativszenarien

Würde man tatsächlich von der flächendeckenden Umsetzung aller dargestellten Optionen ausgehen, stellt sich natürlich die Frage nach den Gesamteffekten auf das in Kapitel 1 dargestellte Szenario, das ja von einem weiteren Anstieg der in Deutschland eingesetzten Kunststoffmengen ausging - getrieben durch die wirtschaftliche Entwicklung wichtiger Anwendungsbereiche sowie einer sich weiter steigenden Kunststoffintensität der Wertschöpfung. Die folgende Abbildung zeigt links den Referenzwert für das entwickelte Szenario im Jahr 2030, daneben die Gesamteinsatzmengen auf Basis der oben vorgenommenen Abschätzungen. Im Szenario 1 wäre damit eine Reduktion der Einsatzmengen von ca. 40% bzw. ca. 4,4 Megatonnen auf dann 7,791 Megatonnen vorstellbar – wenn sämtliche der hier dargestellten neun Optionen tatsächlich umgesetzt würden. Dieser Wert ergibt sich aus der Addition sämtlicher in Tabelle 15 dargestellten Einsparungen in Bezug auf die jeweiligen Sektoren. So würden beispielsweise im Einsatzbereich Landwirtschaft im Szenario 1 jeweils 5% durch den Einsatz von biobasierten Kunststoffen, optimierter Produktionsprozesse und den Verzicht von Konsumenten sowie 20% durch den Einsatz von Rezyklaten eingespart. Im Szenario 2 – mit allen dargestellten Unsicherheiten und den getroffenen Annahmen zur Umsetzung tatsächlich massiver Markteingriffe – wäre prinzipiell vorstellbar, den Kunststoffeinsatz auf insgesamt 2,620 Megatonnen bzw. 80% zu reduzieren. Die Reduktionspotenziale

würden damit in einer Größenordnung liegen, wie sie Weizsäcker mit dem Faktor 5 als für „Formel für ein nachhaltiges Wachstum“ angibt<sup>109</sup>.



**Abbildung 11: Gesamtkunststoffverbrauch im Jahr 2030 im Referenzszenario und in den beiden Alternativszenarien (in kt)**

Interessant ist dabei auch der Vergleich mit den aktuellen Einsatzmengen im Jahr 2013, dargestellt in der rechten Säule: Selbst die flächendeckende Umsetzung aller Optionen würde demnach im Szenario 1 im 2030 nur zu einer geringfügigen Reduktion gegenüber den aktuellen Einsatzmengen führen. Nur unter den Annahmen des Szenario 2 wäre auch eine deutliche Reduktion unter den aktuellen Wert vorstellbar. Abschließend ist zu betonen, dass die hier dargestellten Betrachtungen der Einsatzmengen keinerlei Aussagen über die damit verbundenen Umweltauswirkungen erlauben – weder mit Blick nur auf Kunststoffe, insbesondere jedoch nicht mit Blick auf mögliche Ausweichalternativen. Wie dargestellt, würde eine solche Betrachtung die detaillierte Analyse sämtlicher Einzelfälle erfordern und damit weit über den im Rahmen dieser Studie leistbaren Aufwand hinausgehen. Trotzdem zeigen die Ergebnisse eindrücklich, dass eine reale Reduktion von Kunststoffeinsatzmengen nur durch massive und umfassende Eingriffe erreichbar wären.

<sup>109</sup>Hargroves et al. 2010.

## 4 Umsetzungsansätze

Angesichts der in Kapitel 3 dargestellten Optionen zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes stellt sich die Frage, über welche konkreten Instrumente und Handlungsansätze eine Umsetzung in der Praxis ermöglicht oder unterstützt werden könnte. Dazu sollen im Folgenden zwischen Maßnahmen der öffentlichen Hand, Maßnahmen im Bereich der kunststoffverarbeitenden Unternehmen sowie auch Ansätzen mit Blick auf den privaten Konsum und Einzelhandel unterschieden werden.

### 4.1 Maßnahmen der öffentlichen Hand

Im Bereich der Maßnahmen der öffentlichen Hand betrifft der Einsatz von Kunststoffen eine ganze Reihe von Regelungsbereichen, auf die auf unterschiedlichen Ebenen (kommunal, national, europäisch) Einfluss ausgeübt werden könnte. Im Folgenden werden mit der öffentlichen Beschaffung und Vorgaben zum Produktdesign zwei Instrumente beschrieben, die sich hinsichtlich ihrer Eingriffstiefe deutlich unterscheiden, beide aber signifikanten Einfluss auf Menge und Art der eingesetzten Kunststoffe nehmen könnten.

#### 4.1.1 Grüne Öffentliche Beschaffung (GPP)

In der EU werden jährlich Waren und Dienstleistungen im Wert von 2.000 Milliarden Euro öffentlich beschafft - dies entspricht 19% des Bruttosozialprodukts der Europäischen Union. Die Initiative zur Einführung eines sogenannten "Grünen Öffentlichen Beschaffungswesen"<sup>110</sup> (green public procurement, GPP) hat das Ziel, die Umwelteinwirkungen der öffentlich getätigten Beschaffungen zu minimieren und darüber hinaus Aufmerksamkeit auf Umweltthemen zu richten. Auf europäischer Ebene wurde das Richtziel gesetzt, dass bis 2010 50% aller öffentlichen Auftragsvergaben "grün" sein sollte. Dazu hat die Kommission auf Basis verschiedener ökobilanzieller Betrachtungen eine Reihe von Produktdatenblättern entwickelt, darunter sogenannte GPP-Kriterien für 19 verschiedene Produktgruppen in 10 Sektoren, welche Teil eines GPP-Training-Werkzeugkastens für öffentliche Stellen sind.

Seit Januar 2010 sammelte die Europäische Kommission Beispiele zu Grüner Öffentlicher Beschaffung in der Praxis, um damit zu demonstrieren, wie Europäische Behörden erfolgreich 'grüne' Ausschreibungen eingeführt haben, und jene zu beraten, die dies ebenfalls vorhaben. Eine Sichtung aller dort aufgeführten 62 Beispiele zeigt, dass mindestens 11 Beispiele Kriterien beinhalten, die sich auf Kunststoffe beziehen (vgl. Hansen/ Kaysen 2013). **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt zwei der dort aufgeführten Fallbeispiele.

---

<sup>110</sup> In der Europäischen Union wird GPP folgendermaßen definiert: "ein Prozess, bei dem Behörden darauf achten, Waren, Dienstleistungen und Arbeiten mit reduzierten Umwelteinwirkungen entlang deren Lebenszyklus zu beschaffen, wenn diese mit den Waren, Dienstleistungen und Arbeiten mit der gleichen Hauptfunktion verglichen werden, die ansonsten an deren Stelle beschafft würden." Europäische Kommission (2013e).

Sektor	Beschaffungsziel	Verwendete Kriterien	Ergebnisse	Gewonnene Erkenntnisse
Schulen, Essen Italien	Ziel ist die Unterstützung biologischer Landwirtschaft und biologischer Nahrungsketten, die Gewährleistung von Lebensmittelsicherheit und ausgewogener Ernährung und die Förderung der Abfallvermeidung von aktuellen und potentiellen Lieferanten durch den schulischen Verpflegungsdienst. Seit 2001 hat Rom einen schrittweisen Ansatz zur Gestaltung seiner Essens- und Cateringauschreibungen verfolgt, um Nahrungsdienstleistungen graduell nachhaltiger und innovativer zu machen.	Die aktuellste veröffentlichte Ausschreibung beinhaltet auch Kriterien, dass Einmal-Materialien (z.B. Windeln) biologisch abbaubar und/ oder recyclingfähig sein müssen, und dass Keramiksteller und Tafelgeschirr, Glas und Stahl als Besteck verwendet werden müssen. Letztere haben das Potenzial, die Verwendung von Kunststoffen zu verringern oder komplett zu verhindern.	Der Ansatz hat den Markt im Bezug auf Nachhaltigkeit und Qualität verbessert. Unternehmen sind sich nun bewusst, dass sie es mit einer öffentlichen Administration zu tun haben, die die strikte Erfüllung der in den Ausschreibungen spezifizierten Bedingungen verlangt. Daher nehmen sie den Angebotsprozess sehr ernst und sind motiviert, ihre eigene Leistung zu verbessern.	Die gewonnenen Erkenntnisse fokussieren insgesamt auf Ernährungspraktiken, betonen aber, dass: - die Erweiterung der Schulernährungspraxis auf weitere öffentliche Cafeterien in Rom überlegt wird (z.B. in Gefängnissen, Krankenhäusern). - die Prinzipien, auf denen der aktuelle Vertrag basiert in der Zukunft gleich bleiben werden.
Ambulanz Schweden	Die Beschaffungsmaßnahme der Bezirksverwaltung Stockholm begegnete einer Reihe von Hindernissen. Eine innovative Vor-Beschaffungsprozedur wurde benötigt, damit ein Dialog mit einigen Herstellern von Krankenwagen initiiert werden konnte, um die Möglichkeit der Entwicklung eines Krankenwagens, der von erneuerbarem Brennstoff angetrieben wird, diskutiert werden konnte.	Thema des Vertrags: Beschaffung eines grünen Krankenwagens. Die Nachhaltigkeitskriterien des Ausschreibungsverfahrens beziehen sich auch auf Kunststoffe: eine PVC-freie Bodenmatte, ein PVC-freies Elektrizitätskabel.	Die Zusammenarbeit zwischen Stadt und Lieferanten war entscheidend für den Erfolg des Pilotprojektes. Die Bezirksverwaltung arbeitete auch gemeinsam mit dem Lieferanten - dem Hersteller der Krankenwagen, um neue Lösungen zur Erfüllung dieser Bedingungen zu finden.	- Diese gesammelten Erfahrungen schufen eine Messlatte für ähnliche Aktionen in Stockholm.

Tabelle 17: Umsetzungsbeispiele für Vorgaben der öffentlichen Beschaffung mit Bezug zu Kunststoffen

Quelle: Hansen/ Kaysen 2013

Trotz der Vielzahl erfolgreicher Beispiele spielt die grüne öffentliche Beschaffung insgesamt noch nicht die Rolle, die ihrem Potenzial zur Förderung ressourcen-effizienter oder in diesen konkreten Fallbeispielen kunststoffvermeidenden Produkten entsprechen würde. Auf Basis

einer durch Interviews mit Schlüssel-Akteuren der Grünen Öffentlichen Beschaffung in Dänemark ergänzten Literaturlauswertung wurden drei grundsätzliche Hemmnisse für die Vermeidung von Kunststoffabfällen durch GPP identifiziert:

- Ein wesentliches Hemmnis ist die Tatsache, dass öffentliche Beschaffungen nach wie vor oft auf dem Kaufpreis anstatt auf den Gesamtbetriebskosten basieren, was häufig dazu führt, dass „grüne“ Alternativen deutlich teurer abschneiden oder regionale Produkte benachteiligt werden. Würden alle Kosten für den Träger der Beschaffungsmaßnahme mit einbezogen, wären grüne Lösungen in einigen Fällen wettbewerbsfähig.
- Außerdem fehlen dezentralisierten Käufern oft das Wissen und die Kompetenzen, um Kunststoffabfall und –einsatz vermeidende Beschaffungskriterien einzuführen. Hier könnte eine intensiviertere Ausbildung und Beratung der Käufer einen wichtigen Lösungsansatz darstellen.
- Das dritte identifizierte Hemmnis ist das Fehlen einer Bewertungsmethode zur Messung des Effekts von Kriterien, wodurch die Motivation für Käufer, Abfallvermeidung in ihre Ausschreibungen einzubeziehen, unterlaufen wird. Daher wurde z.B. von Hansen und Kaysen (2013) vorgeschlagen, entsprechende Methoden zu entwickeln oder produktgruppenspezifische und regelmäßig aktualisierte Abfallvermeidungskriterien bei Grüner Öffentlicher Beschaffung als verpflichtend vorzusetzen.

#### 4.1.2 Vorgaben zum Produktdesign

Einen gegenüber den ökonomischen Anreizen der öffentlichen Beschaffung deutlich härteren Markteingriff stellen Vorgaben zum Design konkreter Produkte dar, die damit auch einer besonderen ökologischen Rechtfertigung bedürfen. In Deutschland hat der Bundesrat<sup>111</sup> mit Blick auf das Grünbuch der EU-Kommission die Bundesregierung gebeten, sich in den weiteren Beratungen insbesondere für ein auf Langlebigkeit und sortenreine Wiederverwertbarkeit ausgerichtetes Produktdesign, für die Forschung und Entwicklung von für die Meeresumwelt verträglicheren Materialien, ein internationales Verbot der Deponierung von Kunststoffabfällen und die Reduktion von schiffseitigen Abfalleinträgen in das Meer einzusetzen (Ziff. 2). Zusätzlich bittet der Bundesrat die Bundesregierung, zeitnah Maßnahmen zu ergreifen, um kurzlebige und für den einmaligen Verbrauch vorgesehene Erzeugnisse (Plastiktüten, Einweggetränkerverpackungen) zu vermeiden sowie die Ausweitung der Erfassung und Verwertung von Kunststoffen (insb. stoffgleiche Nichtverpackungen) sicherzustellen (Ziff. 3). Im Rahmen der Konsultation zum Grünbuch Kunststoffabfälle wurden Designaspekte als ein wesentliches Element für die Verbesserung von Kunststoffkreisläufen genannt. Dabei wurde zum einen auf den Einsatz von Additiven verwiesen, zum anderen aber auch die Anzahl und Verwendung unterschiedlicher Kunststoffsorten: Zahlreiche Stakeholder, darunter auch das niederländische Umweltministerium befürworteten Vorgaben zur Mono-Verwendung von Kunststoffen: „(...) the number of elements or components which make up the product should be reduced“<sup>112</sup>. Ein relevanter Ansatzpunkt könnte daher die Entwicklung von Standards für kunststoffhaltige Produkte durch die Europäische Kommission sein, insbesondere mit Blick auf die Konsistenz des Kunststoffeinsatzes, aber auch auf die Kreislauffähigkeit. Auch das

---

<sup>111</sup> Bundesrat 2013b

<sup>112</sup> BIO IS 2013, S. 52

Europäische Parlament hat in seinem Beschluss vom 14. Januar 2014 zu einer Europäischen Strategie „Plastic waste in the environment“ darauf hingewiesen, dass bis 2020 umwelt- und gesundheitsgefährdende Substanzen in Kunststoffprodukten verboten werden sollten, ebenso „Substances that can also make recycling processes more difficult, should be phased out of the market or banned outright, as soon as possible before 2020 to in order develop a market for reused and recycled materials, (...)“. In diesem Zusammenhang sollen auch konkrete Kriterien entwickelt werden, die zu einem Ersatz von Einweg-Produkten oder besonders kurzlebigen kunststoffhaltigen Produkten durch längerlebige Materialien/ Produkte beitragen.

Als ein möglicher Ansatzpunkt für solche Regelungen wird immer wieder die EcoDesign-Richtlinie genannt. Basierend auf den Erfahrungen zur Regulierung des Marktzugangs für energieverbrauchende Produkte ist hier zum einen festzustellen, dass sich dieser Prozess noch über Jahre hinwegziehen wird, zum anderen dass angesichts der unüberschaubaren Vielzahl von Kunststoffsorten und kunststoffhaltiger Produkte eine umfassende Regulierung nicht realistisch erscheint. Es scheint daher für eine kurz- und mittelfristige Verbesserung des Einsatzes von Sekundärkunststoffen vielversprechender, Branchenprozesse anzustoßen, die an den ökonomischen Interessen sowohl der kunststoffverarbeitenden Industrie als auch der Verwerter ansetzen. Als ein Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung eines solchen Branchenprozesses können dabei die Design-Richtlinien der European PET Bottle Platform gelten. Diese Richtlinien wurden in einem gemeinsamen Prozess mit anerkannten Experten aus der PET-Flaschen-Industrie, der Kunststoffindustrie sowie der Recyclingbranche entwickelt und sollen dazu beitragen, bereits in der Design-Phase Aspekte der werkstofflichen Recyclingfähigkeit zu berücksichtigen. „Then again, the ease with which you can separate and recycle PET bottles can be compromised by many factors including the choice of bottle colour, barrier systems, use of additives, closures composition and labels.“<sup>113</sup> Ausgangspunkt der Entwicklung war die Feststellung, dass eine Betrachtung dieser Aspekte nur ganz zu Beginn des Design-Prozesses sinnvoll sein kann – nachträglich zu berücksichtigende Umweltvorgaben führen in der Regel zu erheblichen Zusatzkosten anstatt zu möglichen Kosteneinsparungen. Auch wenn relevante Teile des PET-Recyclings zur Zeit außerhalb Europas stattfinden, verdeutlicht das Beispiel die grundsätzlichen Möglichkeiten optimierter Wertschöpfungsketten durch Design-Richtlinien.

## 4.2 Maßnahmen im Bereich der Industrie

Es ist davon auszugehen, dass kunststoffverarbeitende Unternehmen nur in Ausnahmefällen Materialien wie Kunststoffe ersetzen, wenn der Verzicht nicht direkte Kosteneinsparungen oder Produktverbesserungen ermöglichen würde. Trotzdem sind auch auf Unternehmensebene konkrete Handlungsansätze vorstellbar, die z.B. über technologische Innovationen oder verbesserte Informationsflüsse entlang der Wertschöpfungskette eine Verringerung des Einsatzes von Kunststoffen ermöglichen könnten. Gleichzeitig sind angesichts der erkennbaren Sensibilisierung für den Einsatz von Kunststoffen (z.B. bei der Verschmutzung von Meeren durch Kunststoffe) auch Maßnahmen im Rahmen der Corporate Social Responsibility oder freiwillige Selbstverpflichtungen vorstellbar, die zu relevanten Umweltentlastungen führen könnten. Im Folgenden sollen zwei Ansätze beschrieben werden, bei denen sowohl

---

<sup>113</sup> EPBP o. J.

durch effizienz- als auch konsistenz-orientierte Maßnahmen klare Vorteile für die teilnehmenden Unternehmen identifizierbar wären.

#### 4.2.1 Effizienz der Kunststoffnutzung im Produktionsprozess

Wie in Kapitel 3 dargestellt, weist die Materialeffizienz der Kunststoffnutzung in Produktionsprozessen teilweise noch erhebliche Potenziale auf. Ein konkretes Beispiel für Maßnahmen zu ihrer Realisierung bietet ein vom Department for Environmental Quality des US-Bundestaats Oregon initiiertes Projekt mit Fokus auf Einsparpotenziale im Bereich Verpackungen<sup>114</sup>. In Kooperation mit sieben national und international tätigen Unternehmen wurden insbesondere Transportverpackungen optimiert: Obwohl selbst bei den Unternehmen aufgrund einiger Hemmnisse nicht alle möglichen Änderungen realisiert wurden und diese bereits vorher eine Vorreiterrolle in Umweltsachen innehatten, betragen die geschätzten finanziellen Einsparungen durch diese Maßnahmen in drei Unternehmen mehr als 994.000 Dollar im Jahr. Auf Basis dieser Projektergebnisse wurden konkrete Maßnahmen beschrieben, die auch andere Unternehmen zur Teilnahme an vergleichbaren Projekten motivieren sollen. Die Ausgangshypothese dabei lautet, dass den Unternehmen diese Potentiale in der Regel durchaus grundsätzlich bewusst sind, es aber an konkreten Informationen zur Rentabilität entsprechender Umsetzungsmaßnahmen mangelt; dementsprechend wurde der Fokus auf Öffentlichkeitsarbeit und die Entwicklung maßgeschneiderter Informationsmaterialien gelegt.

Als entscheidend wurde dabei vor allem angesehen, Unternehmen, die daran interessiert sind, ihre Verpackungen nach deren Abfallvermeidungspotenzial zu evaluieren, technische Assistenz zur Verfügung zu stellen. Der entscheidende Knackpunkt ist dabei die Glaubwürdigkeit und anerkannte Expertise der beratenden Institution; in Deutschland müssen daher auch z.B. das VDI-Zentrum für Ressourceneffizienz oder ähnliche Einrichtungen der Bundesländer wesentliche Ansprechpartner sein, um bestehende Programme zu ergänzen und eine gezielt auf Kunststoffeinsparpotenziale ausgerichtete Kampagne zu initiieren. Im Fall Oregon erwiesen sich dabei insbesondere die öffentlich geförderten Lebenszyklusanalysen unterschiedlicher Verpackungsansätze als nützlich. Viele weitere Verpackungsoptionen könnten in einem ähnlichen Prozess evaluiert werden. Beispiele sind

- die Bewertung der Lebenszyklusanalysen von biobasierten vs. konventionellen Kunststoffen.
- die Bewertung möglicher Zielkonflikte zwischen besonders häufig wiederverwendbarer und extrem recycelbarer Transportverpackung (und Entwicklung eines Modells zur maßgeschneiderten Bewertung unternehmensspezifischer Optionen).
- die Auswertung der Einkaufsstützenfrage: Papier, Plastik oder Leinen?
- der Vergleich von Füllmaterialien zum Versand brüchiger Artikel.
- die Bewertung von aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern extrahiertem Holz und Faserstoffen im Gegensatz zu Produkten aus 'konventionellen' Wäldern.

#### 4.2.2 Labelling

Ein in vielen Bereichen erfolgreicher, vor allem aber im Bereich Kunststoffe vielversprechender Ansatz wäre ein verbessertes Labelling von Kunststoffprodukten. Viele Verbraucher füh-

---

<sup>114</sup> DEQ 2006



len sich offensichtlich überfordert durch die sehr technischen Angaben zu Kunststoffanteilen und Zuschlagstoffen, die ihnen trotzdem keine einfache und transparente Einschätzung der Produkte ermöglichen. Die Entwicklung konkreter Angaben im Sinne eines produktbezogenen ökologischen Fußabdrucks als Maß, das anhand vielfältiger Kriterien die Umweltleistung einer Ware oder Dienstleistung entlang des Lebenszyklus misst<sup>115</sup>, würde an entsprechende Überlegungen auf europäischer Ebene im Kontext der Leitinitiative "Strategie Europa 2020 - Ein Ressourceneffizientes Europa"<sup>116</sup> anschließen. Eines der dort genannten Ziele ist die "Entwicklung eines allgemeinen methodischen Ansatzes, der Mitgliedsstaaten und den privaten Sektor dazu befähigt, die Umweltleistung von Produkten, Dienstleistungen und Unternehmen abzuschätzen, anzugeben und zu messen, basierend auf einer allumfassenden Begutachtung der Umwelteinwirkungen über den Lebenszyklus ('ökologischer Fußabdruck')". Mittlerweile befinden sich 27 Pilotvorhaben für ausgesuchte Produkte (PEF) und Organisationen (OEF) zur Findung einer entsprechenden Methodik in einer dreijährigen Testphase<sup>117</sup>. Im Bereich der Kunststoffe war PlasticsEurope eine der ersten Industrieorganisationen, die Umweltdaten über Prozesse der Kunststoffproduktion ihrer Mitgliedsunternehmen veröffentlichte. Mittlerweile stehen ca. 70 Ökoprofil-Berichte zur Verfügung, die verwendete Polymere sowie Standardprozesse der Kunststoffverarbeitung umfassen<sup>118</sup>. Mit den Ökoprofilen sollten durchschnittliche Industriedaten zusammengestellt werden, die als Maßstab für individuelle Verbesserung, zur Produktentwicklung unter Umweltkriterien und zur Optimierung der Behandlung von Kunststoffabfällen verwendet werden können. Außerdem sollten neutrale, objektive Daten ohne Interpretationen zur Verfügung gestellt werden. Trotz der tiefgreifenden Veränderungen der Methodik der Lebenszyklusanalyse seit der ersten Veröffentlichung der Ökoprofile (z.B. die Entwicklung neuer Konzepte wie Umweltproduktdeklarationen (EPD) oder den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck) sind diese noch immer eine stabile Datenquelle.

Die Erfahrungen zum Beispiel im Projekt „Plastik fasten“ (Option 9) zeigen, dass die bisherigen Auszeichnungen als verwirrend und unzureichend wahrgenommen werden. Die Nichtregierungsorganisation bizNGO entwickelte dafür eine 'Plastics Scorecard'<sup>119</sup> als Einstieg in umfassende Methode zur Bewertung des „chemischen Fußabdrucks“ von Kunststoffen und insbesondere als Ratgeber für sichere Alternativen. Sie evaluiert die Kunststoffe auf Basis zweier Kriterien: Herstellung und Produktfußabdruck. Die 'Punktzahl für den Fortschritt zu sichereren Chemikalien bei der Herstellung' bewertet Polymere auf einer Skala von 0 (am Gefährlichsten) bis 100 (am Harmlosesten). Bei der Bewertung von zehn Polymeren schnitten fünf alltäglich genutzte Polymere aufgrund der intensiven Nutzung besonders besorgniserregender Chemikalien mit 0 ab: Polyvinylchlorid (PVC), Polycarbonat, Polystyrol, Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) und Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS). Drei Polymere - Polymilchsäure (PLA), Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) - sind sehr viel weiter im Bezug auf sicherere Chemikalien, da ihre Hauptausgangsstoffe keine besonders besorgniserregenden Chemikalien sind. Polyethylenterephthalat (PET) und Ethylen-Vinylacetat (EVA) bewegen sich im Mittelfeld. Der Produktfußabdruck misst die Anzahl und den Anteil gefährlicher Chemikalien in Produkten und ermöglicht Käufern so die Bewertung von Produkten. Ein solches Label müsste ergänzt werden durch detailliertere Informationen (z.B. über

---

<sup>115</sup> Manfredi et al. 2012

<sup>116</sup> Europäische Kommission 2011

<sup>117</sup> European Commission 2013

<sup>118</sup> PlasticsEurope 2011

<sup>119</sup> Blake/ Rossi 2014

webbasierte Informationsportale in Verbindung mit QR-Codes), um auch den Informationsbedürfnissen der im Detail interessierten Konsumenten zu entsprechen. Das Projekt „Plastics Scorecard“ beschreibt auch ein Fünf-Schritte-Programm für Unternehmen, die ihren chemischen Fußabdruck reduzieren möchten:

**1. Ist es notwendig?** Ein erster kritischer Ansatz zum Einsatz von Chemikalien, z.B. Zusatzstoffen in Kunststoffen, ist die Frage, ob diese für die Produktleistung notwendig sind.

**2. Ermittlung sicherer Alternativen.** In Fällen, in denen Zusatzstoffe notwendig sind, ist unter anderem die Substituierung einer gefährlichen Chemikalie mit einer sichereren Alternative eine Option. Zum Beispiel ersetzen im Elektroniksektor viele Firmen bromierte Flammschutzmittel durch Alternativen.

**3. Nutzung sichererer Polymere.** Die wichtigste Maßnahme, die von Unternehmen ergriffen werden kann, ist der Wechsel zu Polymeren, die bei der Herstellung besser abschneiden und weniger Zusatzstoffe benötigen. So werden sowohl gefährliche Stoffe als auch der Herstellungsfußabdruck reduziert. Durch die Umstellung der Firma Dignity Health auf PVC-freie Infusionsbeutel wurden beispielsweise etwa 1.543.467 Pfund PVC, 673.023 Pfund des reproduktionstoxischen Stoffes DEHP und 33.651 Pfund der hormonwirksamen Substanz BPA innerhalb von sechs Jahren vermieden.

**4. Schließung der Kreisläufe und Nutzung recycelter Materialien.** Diese Maßnahme wird allgemein bevorzugt, da hier der chemische Fußabdruck signifikant verringert werden kann, indem die Umwelteinwirkungen der Herstellungsphase entfallen. Allerdings stellt das Rückbleiben bei der primären Herstellung verwendeter giftiger Chemikalien ein Bedenken dar.

**5. Neudesign des Produkts.** Das Neudesign des Produkts birgt das Potenzial, den Wert des Produktes zu verbessern und dabei gleichzeitig den chemischen Fußabdruck zu reduzieren. Beispielsweise können Firmen Elektronikprodukte so designen, dass Kunststoffanteile nicht mit Hitze in Berührung kommen, und so die Nutzung von Flammschutzmitteln überflüssig machen.

### 4.3 Maßnahmen im Bereich des privaten Konsums

Ein weiterer Schwerpunkt soll auf mögliche Handlungsansätze gelegt werden, die von KonsumentInnen ausgehen könnten. Insbesondere im Bereich suffizienter Lebensstile sind bereits vielfältige Good Practice Beispiele erkennbar, die u.a. zu einer Verringerung des Einsatzes von Kunststoffen geführt haben und keineswegs auf die Unterstützung oder Mitwirkung von Unternehmen oder der öffentlichen Hand angewiesen waren. Die folgenden zwei Ansätze stellen einen äußerst konkreten Ansatz dar, öffentlichkeitswirksam Druck auf Unternehmen auszuüben sowie einen eher grundsätzlichen Ansatz, der auf die Ermöglichung alternativer Konsumstile abzielt.

#### 4.3.1 Verbraucherkampagnen

Im Bereich des privaten Konsums erscheint insbesondere eine verstärkte Kooperation und Koordination der vielen Initiativen angezeigt, die sich mit dem Thema Kunststoffeinsatz und möglichen Gefährdungen der Umwelt oder der menschlichen Gesundheit beschäftigen. Trotz intensiver Regulierung sind viele Verbraucher besorgt insbesondere über Zuschlagstoffe in Kunststoffen und empfinden die Kommunikation der Unternehmen in diesem Bereich als unzureichend. Ein Beispiel dafür ist die im Juli 2011 von Greenpeace initiierte und in Kooperation mit verschiedenen Umweltorganisationen durchgeführte globale Kampagne DETOX!, die darauf abzielt, den Einsatz gefährlicher Chemikalien in der Textilindustrie einzudämmen. Seitdem testet Greenpeace die Abwässer von Textilfabriken in China, fertige Textilien und

sogar das Wasser, das nach der Wäsche aus den Waschmaschinen läuft<sup>120</sup>. Dabei ließen sich sowohl im Wasser wie auch in der Kleidung eine Vielzahl an Chemikalien nachweisen, von denen viele als langlebig gelten und sich damit im Körper und in der Umwelt anreichern können.

Die Umweltschutzorganisation forderte daher die Modemarken auf, den Einsatz aller gefährlichen Chemikalien einzustellen und gefährliche Chemikalien bei der Produktion von Kleidung, Schuhen und anderen Konsumgütern durch unschädliche Substanzen zu ersetzen. Zwar ist die Erfüllung der Forderungen eine Selbstverpflichtung der Unternehmen, die Umsetzung wird allerdings von Greenpeace öffentlichkeitswirksam überprüft. Bereits 26 globale Textilfirmen, darunter Adidas, H&M oder Zara, haben sich seit 2011 im Rahmen der Detox-Kampagne von Greenpeace zu einer sauberen Produktion verpflichtet. Greenpeace erarbeitet dabei gemeinsam mit den Unternehmen Maßnahmenpläne, um gemeinsam die industrielle Freisetzung von gefährlichen Chemikalien in der Textil- und Bekleidungsproduktion zu unterbinden. Außerdem erstellte Greenpeace im Jahr 2013 einen Textilratgeber, der dem Verbraucher dabei helfen soll, zu erkennen welche Marken wirklich schadstofffreie Kleidung garantieren<sup>121</sup>. Eine Ausweitung dieser Kampagne auf andere Bereiche gesundheitssensiblen Kunststoffeinsatzes – z.B. im Bereich Kosmetik - scheint nur logisch, ohne dass damit eine ordnungsrechtliche Regulierung ausgeschlossen würde.

#### 4.3.2 Ermöglichen alternativer Konsumstile in „Living Labs“

Die Forschung zu nachhaltigen Konsummustern hat in der Vergangenheit immer wieder darauf hingewiesen, dass das Angebot von Informationen zwar eine notwendige, aber definitiv nicht ausreichende Bedingung für veränderte Konsumstile darstellt. Konsummuster werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Pfadabhängigkeiten stabilisiert: technische Infrastrukturen, Rechtsvorschriften, kulturell geprägte Werte etc. Ein solches, teilweise über Jahrzehnte hinweg entwickeltes „Regime“ bildet quasi eine Art Filter, der unliebsame Informationen praktisch ausblendet und damit zu seiner fortlaufenden Stabilisierung beiträgt. Die umfassende, praktisch alle Lebensbereiche umfassende Nutzung von Kunststoffen kann ebenfalls als stabiles Regime interpretiert werden: Die nachgewiesenen Vorteile vieler Kunststoffe haben zu einer Situation geführt, in der der Kunststoffeinsatz als alternativlos wahrgenommen und praktisch nicht mehr in Frage gestellt wird. Die Transitionsforschung beschreibt als einen Ausweg aus einer solchen Situation die Unterstützung von Nischen, in denen systemische Innovationen in einer geschützten Umgebung sich entwickeln und erprobt werden können. Aus einer evolutorischen Perspektive tragen diese Nischenprozesse dazu bei, eine Modulation des bestehenden Systems zu ermöglichen und die im Regime herrschenden Pfadabhängigkeiten zu überwinden. Praktisch geht es darum, überhaupt Möglichkeiten zu schaffen, den Verzicht auf Kunststoffe in einzelnen Bereichen zu erproben und auf seine Sinnhaftigkeit und Umsetzbarkeit überprüfen zu können, z.B. durch Aktionen wie „Plastik fasten“, die überhaupt erst ein Bewusstsein für den Einsatz von Kunststoffen und mögliche Alternativen schaffen.

Mit Blick auf die Produkt- und Dienstleistungsentwicklung zeigt sich zunehmend, dass eine verstärkte Akteurs- und Nutzerintegration zum Verständnis systemischer Effekte beitragen

---

<sup>120</sup> Greenpeace 2015a

<sup>121</sup> Greenpeace 2015b

und dadurch große Potenziale freisetzen könnte. Beispielsweise wird geschätzt, dass etwa 26-36 Prozent des Energieverbrauchs im Haushalt durch Verhaltensänderungen beeinflussbar sind<sup>122</sup> – warum sollten die Einsparpotenziale für Kunststoffe nicht in ähnlichen Größenordnungen liegen? Die Einbeziehung von Nutzern in die frühen Phasen der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen kann dabei helfen, Problemen vorzubeugen, Bedarfe und Strategien zu definieren sowie abzugleichen und damit die Wettbewerbsfähigkeit und ökologische Richtungssicherheit von soziotechnischen Innovationen zu fördern<sup>123</sup>. In der Forschung und Produktentwicklung wurde solchen Schnittstellen zu sozial-ökologischen Transformationen von Konsummustern bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Dies ist unter anderem darin begründet, dass Mittel und Einrichtungen für die explorative und experimentelle Forschung in realweltlichen Umgebungen (z. B. Haushaltslaboren) fehlen<sup>124</sup>.

Ein erfolgversprechender Ansatz zur Adressierung dieses Defizits ist die Unterstützung sogenannter Living Labs. Living Labs stellen ein Innovationssystem zur Verfügung, in dem unterschiedliche Methoden der Nutzerintegration in den Innovationsprozess (von der Beobachtung, über die Anwendungserprobung bis hin zur Ko-Kreation) gewählt und getestet werden können. Der Ansatz des Living Lab (Definition mit Fokus auf nachhaltige Entwicklung siehe unten) wurde ursprünglich am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt<sup>125</sup>. Hier wurden insbesondere für den Bereich des Wohnens große Potenziale aufgezeigt. Verschiedene realweltliche Umgebungselemente werden in Living Labs so konfiguriert, dass reale Nutzungsmuster beobachtet und adressiert werden können. Ein „Living Lab für nachhaltige Entwicklung“ ist ein auf offene soziotechnische Innovationsprozesse abzielender Forschungsansatz, bei dem Nutzer, relevante Akteure der Wertschöpfungsketten sowie weitere, im Nutzungsumfeld relevante Akteure die Entwicklung und Anwendung von neuen Produkten, Dienstleistungen und Systemlösungen mitgestalten. Der interaktive Innovationprozess findet in den realen Umgebungen der Nutzer (z. B. Nutzerbeobachtungen, Feldtests) und / oder in auf Nutzerinteraktion ausgelegten Laboratorien (z. B. für die Prototypenentwicklung) statt. Er wird von Effizienz, Suffizienz und Konsistenz berücksichtigenden Nachhaltigkeitskriterien geleitet und zielt darauf ab, zu global und langfristig verallgemeinerbaren, inter- und intragenerationell tragfähigen Produktions- und Konsummustern beizutragen. Eine Studie unter Beteiligung des Wuppertal Instituts hat insgesamt 69 verschiedene, aktuell in der Umsetzung befindliche Living Labs identifiziert, viele davon mit Bezug zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes, z.B. das Innovative Retail Laboratory (IRL) in Saarbrücken oder das Restaurant of the Future in Wageningen (NL)<sup>126</sup>. Verschiedene Projekte zur Evaluierung von Kunststoff- bzw. Kunststoffabfallvermeidungsansätzen befinden sich zur Zeit in der Beantragung – insbesondere im Bereich der Quantifizierung von Reduktionspotenzialen für einzelne Ressourcen und Rohstoffe besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, um die Ergebnisse einzelner Living Labs konsistent vergleichbar zu machen.

---

<sup>122</sup> Wood/ Newborough 2003

<sup>123</sup> Liedtke et al. 2012

<sup>124</sup> Jackson 2005

<sup>125</sup> Pierson/ Lievens 2005

<sup>126</sup> Von Geibler et al. 2013 , S. 39ff

## 5 Fazit

Mit Blick auf die Ausgangsfragestellungen der Studie lässt sich feststellen, dass der Einsatz von Kunststoffen in Deutschland aller Voraussicht nach weiter ansteigen wird, getrieben durch das Wachstum besonders kunststoffintensiver Sektoren wie dem Bereich Verpackungen, gleichzeitig jedoch auch durch eine steigende Kunststoffintensität, dem steigenden Anteil an Kunststoffen in vielen Produktbereichen. Das hier entwickelte Referenzszenario geht von einem Anstieg der in Deutschland eingesetzten Kunststoffmengen von 28% aus. Damit verbunden werden Umweltbelastungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette sein, von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Vermüllung der Meere durch Kunststoffabfälle. Von daher ist die Verringerung der Einsatzmengen – wie bei allen Rohstoffen – ein elementarer Baustein einer Ressourceneffizienzstrategie. Dabei müssen Kunststoffe jedoch auch immer im Gesamtzusammenhang natürlicher Ressourcen gesehen werden, eine reine räumliche und/ oder zeitliche Verlagerung von Umweltbelastungen ist auf jeden Fall zu vermeiden.

Die dargestellten Optionen verdeutlichen anhand einer Vielzahl einzelner Fallbeispiele, dass eine solche Reduktion möglich ist und in vielen Fällen zu ökologischen und ökonomischen Vorteilen führen kann. Materialeffizienz, Mehrweg und die Ermöglichung bewusster Konsumententscheidungen verdeutlichen, dass ein Anstieg der Kunststoffeinsatzmengen nicht zwangsläufig erfolgen muss. Die Umsetzung dieser Potentiale wird jedoch den Einsatz informatorischer, ökonomischer und regulatorischer Instrumente erfordern, da angesichts des Ausmaßes externalisierter Umweltkosten die vorhandenen Anreize in vielen Bereichen noch nicht ausreichen, um Investitionen in innovatives Produktdesign, effiziente Produktionstechnologien oder neue „kunststoffleichte“ Geschäftsmodelle zu rechtfertigen.

Gleichzeitig zeigt die Studie aber auch den erheblichen Forschungsbedarf auf, der sich aus der Gestaltung entsprechender Instrumente und der Abschätzung ihrer Wirkungen ergibt: Der hohe Anteil von Im- und Exporten erschwert die Abschätzung konkreter Umwelteffekte, die stark von der konkreten Umsetzung von Umweltstandards oder der Qualität abfallwirtschaftlicher Infrastrukturen abhängen. Speziell die Komplexität der unterschiedlichen Kunststoffsorten erschwert pauschale Aussagen, wobei die Vielfalt eingesetzter Sorten und Zuschlagstoffe selbst ein Hemmnis für die Schließung von Stoffkreisläufen darstellt. Trotz aller Unsicherheiten unterstreichen die vorhandenen Analysen jedoch den Grundsatz der Abfallhierarchie, dass Vermeidung und Wiederverwendung grundsätzlich die oberste Priorität eingeräumt werden sollte, Ausnahmen bedürfen klarer Begründungen im jeweiligen Einzelfall.

## 6 Literatur

- Álvarez-Chávez, C.R., Edwards, S., Moure-Eraso, R., Geiser, K. (2012). Sustainability of bio-based plastics: general comparative analysis and recommendations for improvement. *Journal of Cleaner Production* 23(1): 47-56.
- American Chemistry Council (2014): Plastics in Automotive Applications. <http://plastics.americanchemistry.com/Market-Teams/Automotive>
- Witten, E.; Kraus, T.; Kühnel, M. (2014). Composites-Marktbericht 2014 - Marktentwicklungen, Trends, Ausblicke und Herausforderungen. URL: [http://www.composites-germany.org/images/market-information/20141008\\_marktbericht\\_gfkcfc.pdf](http://www.composites-germany.org/images/market-information/20141008_marktbericht_gfkcfc.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Baron, R.; Alberti, K.; Gerber, J.; Jochem, E.; Bradke, H.; Dreher, C.; Ott, V. (2005). Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen. Abschlussbericht. Wiesbaden.
- Becker, K., Pick-Fuß, H., Conrad, A., Zigelski, C., Dr. Kolossa-Gehring, M. et al. (2009). Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 - Human-Biomonitoring-Untersuchungen auf Phthalat- und Phenanthrenmetabolite sowie Bisphenol A. UBA Umwelt & Gesundheit | 04/2009.
- Behrendt, S., Behr, F. (2000). Öko-Rent im Bereich "Heimwerken, Baueigenleistungen und Gartenpflege": Fallstudie im Rahmen des Projektes "Eco-Services for sustainable development in the European Union." IZT, Berlin.
- Beier, Wolfgang (2009). Biologisch Abbaubare Kunststoffe. Umweltbundesamt. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3834.pdf>; zuletzt abgerufen am 08.11.14
- Beuren, F.H., Gomes Ferreira, M.G., Cauchick Miguel, P.A. (2013). Product-service systems: a literature review on integrated products and services. *Journal of Cleaner Production* 47, 222–231. doi:10.1016/j.jclepro.2012.12.028
- BIO Intelligence Service (2011). Plastic Waste in the environment. European Commission DG ENV.
- Blake, Ann, Rossi, Mark (2014). 5 steps to reduce the chemical footprint of plastic products. GreenBiz, 1.Juli 2014. URL: <http://www.greenbiz.com/blog/2014/07/01/5-steps-reduce-chemical-footprint-plastic-products>; zuletzt abgerufen am 13.02.2015.
- Bornehag, C., Sundell, J., Weschler, C.J., Sigsgaard, T., Lundgren, B., Hasselgren, M., Hägerhed-Engman, L. (2004). The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phthalates in House Dust: A Nested Case–Control Study. *Environ Health Perspect.* 112(14); 1393-1397.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMEL) (2008): Förderungsschwerpunkt „Biobasierte Polymere und Biobasierte Naturfaserverstärkte Kunststoffe“. [http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/fnr/pdf/FSP\\_Biobasierte\\_Polymere.pdf](http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/fnr/pdf/FSP_Biobasierte_Polymere.pdf); zuletzt abgerufen am 08.11.14.
- Business in the Community (BITC) (2014). Nampak Plastics Europe - Infiniti milk bottle. URL: <http://www.bitc.org.uk/our-resources/case-studies/nampak-plastics-europe-infiniti-milk-bottle>; zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Brickwood (n.d.). Introducing Infiniti – Our New Lightweight Bottle. URL: <http://www.brickwood.com.au/infiniti>; zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Bringezu, S. (2014). Land use requirements and the circular economy. Presentation at the International Resource Panel (IRP) session on Decoupling & Circular Economy at the European Resource Forum. 11. November 2014, Berlin. URL: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/bringezu\\_stefan\\_0.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/bringezu_stefan_0.pdf); zuletzt abgerufen am 19.03.2015.
- Bringezu, S., Schütz, H., Obrian, M. (2012). Beyond biofuels : assessing global land use for domestic consumption of biomass ; a conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. In: *Land Use Policy*, Vol. 29, S. 224-232.

- Brooks, Josh (2011). 15% weight cut as Nampak Plastics redesigns milk bottle. Packaging News, 24. Februar 2011. URL: <http://www.packagingnews.co.uk/news/nampak-cuts-15-weight-in-first-hdpe-milk-bottle-redesign-for-a-decade/>; zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- BUND (2012). Broschüre "Achtung Plastik!". Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
- Busemann, J. (2014): Ressourceneinsparpotentiale durch Product Service Systems. Masterarbeit an der TU Wien, Wien.
- Capps, D. (2011): Bulk Buying Club Best Practices Toolkit URL: [http://www.foodsecuritynews.com/Publications/Bulk\\_Buying\\_Club\\_Best\\_Practices\\_Toolkit.pdf](http://www.foodsecuritynews.com/Publications/Bulk_Buying_Club_Best_Practices_Toolkit.pdf), zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Ceresana (2010). Marktstudie Polyethylen – LDPE. Ceresana Research. 1. Auflage, UC-1405.
- Ceresana (2012). Marktstudie Polypropylen. Ceresana Research. 2. Auflage, UC-4205.
- Ceresana (2013a). Marktstudie Polyethylen – HDPE. Ceresana Research. 2. Auflage, UC-4305.
- Ceresana (2013b). Marktstudie Polystyrol. Ceresana Research. 1. Auflage, UC-6205.
- Ceresana (2014). Marktstudie Polyvinylchlorid. Ceresana Research. 3. Auflage, UC-9505.
- Chafee, C. Yaros, B. R. (2007). Life cycle assessment for three types of grocery bags—recyclable plastic; compostable, biodegradable plastic; and recycled, recyclable paper. Boustead Consulting & Associates Ltd. Progressive Bag Alliance Report.
- Chemie.de (2014). Polyvinylchlorid. <http://www.chemie.de/lexikon/Polyvinylchlorid.html>
- Chen, Y.J. (2014): Bioplastics and their role in achieving global sustainability. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2014, 6(1):226-231
- Consultic (2014). Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2013. Kurzfassung. Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH, Alzenau.
- Corvaglia (2011). Corvaglia – Blick in die Praxis. Rohstoff - Effizienz konkret am Beispiel von Getränkeverpackungen. URL: [http://www.technologieforum.ch/documents/technologietag/0\\_05\\_romeo\\_corvaglia.pdf](http://www.technologieforum.ch/documents/technologietag/0_05_romeo_corvaglia.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Dehne, Iswing; Oetjen-Dehne, Rüdiger; Kanthak, Manfred (2011). Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen. Kurzfassung. Umweltbundesamt, Texte 19/2011.
- Dehoust, Günter, Petschow, Ulrich, Wegener, Henrike, Acker, Hendrik (2009). Steuern oder Sonderabgaben für Getränkeverpackungen und ihre Lenkungswirkung. Öko-Institut, im Auftrag des Naturschutzbund Deutschland e.V. Darmstadt, Berlin.
- Dehoust, Günter, Jepsen, Dirk, Knappe, Florian, and Wilts, Henning. Inhaltliche Umsetzung von Art. 29 Der Richtlinie 2008/98/EG : Wissenschaftlich-Technische Grundlagen Für Ein Bundesweites Abfallvermeidungsprogramm. UBA Texte 38/2013, 2013.
- Department of Environment, Community and Local Government (2007). Plastic Bags. URL: <http://www.environ.ie/en/Environment/Waste/PlasticBags/>; zuletzt abgerufen am 19.03.2015.
- Department of Environmental Quality (DEQ) (2006). Business Packaging Waste Prevention Project (2002 – 2005). Project Evaluation Report, February 2006.
- DEQ (Department of Environmental Quality) (2005). Packaging Waste Reduction Case Study. URL: <http://www.deq.state.or.us/lq/pubs/docs/sw/packaging/csnormthompson.pdf>, zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- EPA (2005). A Cross-Species Mode of Action Information Assessment: A Case Study of Bisphenol A. National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. Report EPA/600/R-05/044F, <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=135892>
- European Environment Agency (EEA) (2014). Waste prevention in Europe — the status in 2013. EEA Report No. 09/2014.
- Empa (2009). Material Composition. <http://www.ewasteguide.info/node/4074> (Zugriff am 10. Februar 2015)
- Engelmann, Sven (2012). Advanced Thermoforming: Methods, Machines and Materials, Applications and Automation. Wiley. ISBN: 978-0-470-49920-7

- Europäische Kommission (2015). Organisation Environmental Footprint (OEF) News. URL: [http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/organisation\\_footprint.htm](http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/organisation_footprint.htm); zuletzt abgerufen am 13.02.2015.
- Europäische Kommission (2014). Online Resource Efficiency Platform (OREP). URL: [http://ec.europa.eu/environment/resource\\_efficiency/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/index_en.htm); zuletzt abgerufen am 13.02.2015.
- Europäische Kommission (2013). Impact Assessment for a Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste to reduce the consumption of lightweight plastic carrier bags, Commission staff working document. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0444&from=EN>, zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Europäische Kommission (2013b). GRÜNBUCH zu einer europäischen Strategie für Kunststoffabfälle in der Umwelt .COM (2013) 123 final. 07.03.2013, Brüssel.
- Europäische Kommission (2013c). Environment: Helping companies and consumers navigate the green maze. Press Release, 9. April 2013, Brussels. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-310\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-310_en.htm); zuletzt abgerufen am 10.04.2015.
- Europäische Kommission (2011). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571 final.
- Europäische Union (2014). Final Report of Baltic Marine Litter Project Marlin - Litter Monitoring and Raising Awareness 2011-2013.
- European Bioplastics (2012): Was sind Biokunststoffe? [http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/04/fs/Biokunststoffe\\_de.pdf](http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/04/fs/Biokunststoffe_de.pdf); zuletzt abgerufen am 08.11.14
- European Union (2014). Press Release. 3363rd Council Meeting. Environment. 17. December 2014, Brussels.
- Faerch Plast (n.d.). Faerch Plast Reduce Energy Consumption by 33% Per Thousand Trays. Artikel auf Copybook.com. URL: <http://www.copybook.com/packaging/faerch-plast-as/articles/faerch-plast-reduce-energy-consumption-by-33-per-thousand-trays>; zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Faerch Plast (2007). Environment – Care for the future. Juni 2007, Holstebro/ Obernai/ Surrey.
- Fischer, S., Steger, S., Jordan, N.D., O'Brien, M., Scheppelmann, P. (2012). Leasing Society (No. IP/A/ENVI/ST/2012-10). Directorate General for Internal Policies. Policy Department A: Economic and Scientific Policy, Brussels.
- Fraunhofer Institut (2013): Biokunststoff: Vor- und Nachteile, Markt, Perspektiven. Interview mit Thomas Wodke. <http://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/interviews/interviews-2013/wodke.html>; zuletzt abgerufen am 08.11.14
- Gahle, Christian; Carus, Michael; Geuder, Matthias (2007). Marktanalyse Biokunststoffe – Verfügbarkeit – Akteure – Märkte – Trends. Im Auftrag der Firma der Firma „Reifenhäuser GmbH & Co. KG Maschinenfabrik. URL: [http://recyclingportal.eu/pdf/Marktsituation\\_Biokunststoffe.pdf](http://recyclingportal.eu/pdf/Marktsituation_Biokunststoffe.pdf); zuletzt abgerufen am 16.02.2015.
- GfK (2010). Verpackungsstruktur – Consumer Tracking. Gesellschaft für Konsumforschung. [http://www.einwegflasche.de/pdf/Charts\\_LZ\\_AfG.pdf](http://www.einwegflasche.de/pdf/Charts_LZ_AfG.pdf)
- Gnauck, Bernhard, Fründt, Peter (1991). Einstieg in die Kunststoffchemie: 3. Auflage. Hanser Fachbuch. ISBN-10: 3446156291.
- Goldstein, M.C., Rosenberg, M., Cheng, L. (2012). Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biology Letters*. 09.05.2012. doi: 10.1098/rsbl.2012.0298.
- Golem (2013). Ein Smartphone mit wechselbaren Komponenten. Online-Artikel vom 12.09.2013. URL: <http://www.golem.de/news/phonebloks-ein-smartphone-mit-wechselbaren-komponenten-1309-101563.html>; zuletzt abgerufen am 11.02.2015.



- Golem (2015). Googles neuer Project-Ara-Prototyp. Online-Artikel vom 15.01.2015. URL: <http://www.golem.de/news/modulares-smartphone-googles-neuer-project-ara-prototyp-1501-111720.html>; zuletzt abgerufen am 11.02.2015.
- Grand View Research (2014). Plastics Market Analysis By Product (PE, PP, PVC, PET, Polystyrene, Engineering Thermoplastics), by Application (Film & Sheet, Injection Moulding, Textiles, Packaging, Transportation, Construction) and Segment Forecasts to 2020. ISBN: 978-1-68038-232-7.
- Greenpeace (2002). Erdöl – Gefahr für Umwelt, Klima, Menschen. Kiel. URL: [http://gruppen.greenpeace.de/wuppertal/service\\_files/infoliste\\_files/meere\\_oel\\_offshore/erdoel\\_hintergrund\\_august\\_2002.pdf](http://gruppen.greenpeace.de/wuppertal/service_files/infoliste_files/meere_oel_offshore/erdoel_hintergrund_august_2002.pdf); zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Greenpeace (2015a). Chemie in Textilien - Entgiftet unsere Kleider. URL: <https://www.greenpeace.de/kampagnen/detox>; zuletzt abgerufen am 13.02.2015.
- Greenpeace (2015b). Detox-Kampagne - Aktionen und News. URL: <http://greenpeace-frankfurt.de/index.php/landwirtschaft-lebensmittel/detox>; zuletzt abgerufen am 13.02.2015.
- Gross, H., Kubisch, P., Raum, M.R. (2008). Materialeinsparung bei komplexen Formen. Kunststoffe 07/2008. Carl Hanser Verlag, München. URL: [http://www.gross-k.de/wwwKL%20gross\\_KU104295\\_KU7\\_08\\_.pdf](http://www.gross-k.de/wwwKL%20gross_KU104295_KU7_08_.pdf); zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Hargroves, K.; Smith, M.; Desha, C.; Stasinopoulos, P. (2010). Faktor Fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum. Droemer, München.
- Hansen, J.P., Kaysen, O. (2013). Waste Prevention through GPP – with focus on plastic. Plastic Zero, Kopenhagen, Malmö, Hamburg.
- Heinisch, J. (2013). Abfüllung von Getränken in Mehrweg - und ökologisch vorteilhaften Einweggetränkeverpackungen, Berichtsjahr 2010. UBA-Texte 13/2013. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4442.pdf>, zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Huisman, J., Magalini, F., Kuehr, R., Maurer, C., Ogilvie, S. et al. (2007). 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. United Nations University, Bonn.
- Jackson, T. (2005). Motivating Sustainable Consumption: A Review of Evidence on Consumer Behavior and Behavioral Change. Policy Studies Institute: London.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347(6223); 768-771.
- Kaiser, W. (2011). Kunststoffchemie für Ingenieure - Von der Synthese bis zur Anwendung. Carl Hanser Verlag. München. ISBN 978-3-446-43047-1.
- KHS (2014). KHS-Linienstrahler für noch mehr Materialeinsparung bei PET-Flaschen. Presseinformation vom 16.07.2014. URL: <http://www.khs.com/nc/presse/presstexte/presseinformationen/meldung/pressrelease/mit-khs-everywhere-pionierarbeit-geleistet.html>; zuletzt abgerufen am 08.11.2014.
- Koll, S. (2012). Mikrospritzgießen: Präzision lässt sich mit Energie- und Kosteneffizienz verbinden. K-Zeitung online, 06.07.2012. URL: <http://www.k-zeitung.de/mikrospritzgießen-präzision-lässt-sich-mit-energie-und-kosteneffizienz-verbinden/150/1905/39337/>; zuletzt abgerufen am 07.11.2014.
- Kroner, W. (2013): Praxistest in Anwendung und Verarbeitung: biobasierte Kunststoffe im Alltag. Ergebnisse vom Fachsymposium des Biopolymernetzwerks 2013 in Würzburg. [https://www.vci.de/Downloads/Biobasierte\\_Kunststoffe\\_im\\_Alltag.pdf](https://www.vci.de/Downloads/Biobasierte_Kunststoffe_im_Alltag.pdf); zuletzt abgerufen am 08.11.14.
- Kurz, U., Hintzen, H., Laufenberg, H. (2009). Konstruieren, Gestalten, Entwerfen - Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Studium der Konstruktionstechnik, 4., erweiterte Auflage, Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Leismann, Kristin, Schmitt, Martina, Rohn, Holger, Baedeker, Carolin (2012). Nutzen statt Besitzen. Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. Schriften zur Ökologie Band 27, Heinrich Böll Stiftung, Berlin.

- Liedtke, C., Welfens, M.J., Rohn, H., Nordmann, J. (2012). LIVING LAB: user-driven innovation for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13, 106-118.
- Manfredi, Simone; Allacker, Karen; Chomkham, Kirana; Pelletier, Nathan; de Souza, Danielle Maia (2015). Product Environmental Footprint (PEF) Guide. Deliverable 2 and 4A of the Administrative Arrangement between DG Environment and the Joint Research Centre No N 070307/2009/552517, including Amendment No 1 from December 2010. Ispra, Italy.
- Manikkam, M., Tracey, R., Guerrero-Bosagna, C., Skinner, M.K. (2013). Plastics Derived Endocrine Disruptors (BPA, DEHP and DBP) Induce Epigenetic Transgenerational Inheritance of Obesity, Reproductive Disease and Sperm Epimutations. *PLoS ONE* 8(1): e55387. doi:10.1371/journal.pone.0055387.
- Mehrweg.at (o.J.a). Allgemeines zu Mehrweg-Transportverpackungen. URL: [http://www.mehrweg.at/www\\_main.php?page\\_id=358](http://www.mehrweg.at/www_main.php?page_id=358), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Mehrweg.at (o.J.b). Verbunde und übergeordnete Organisationen. URL: [http://www.mehrweg.at/www\\_main.php?page\\_id=355](http://www.mehrweg.at/www_main.php?page_id=355), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Mehrweg.org (o.J.). Aktuell 2014. URL: <http://mehrweg.org/index.php>, zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Meyer, E. (2012). Der Beitrag von Ressourcensteuern zu wirksamer Ressourcenschonung. Diskussionspapier. Forum ökologische-soziale Marktwirtschaft. URL: <http://www.foes.de/pdf/2012-08-Diskussionspapier-Ressourcensteuern.pdf>, zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Mintenig, S., Int-Veen, I., Löder, M., Gerds, G. (2014). Mikroplastik in ausgewählten Kläranlagen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV) in Niedersachsen. Probenanalyse mittels Mikro-FTIR Spektroskopie. Abschlussbericht. 08. Oktober 2014, Helgoland.
- Mont, O. (2004). Product-service systems: panacea or myth? *Internationella miljöinstitutet, Univ., Lund*.
- NABU (2014). Knapp 200 Müllteile auf 100 Metern Strand. Ergebnisse des NABU-Spülsaum-Monitorings auf Fehmarn und Rügen. 3. September 2013. URL: <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/aktionen-und-projekte/meere-ohne-plastik/14984.html> ; zuletzt abgerufen am 19.03.2015.
- Pierson, J., Lievens, B. (2005). Configuring Living Labs For A 'Thick' Understanding Of Innovation. *Ethnographic Praxis in Industry Conference Proceedings* 1, 114-127.
- Plasticker (2014). bvse-Marktbericht Kunststoffe - Oktober 2014. <http://plasticker.de/preise/marktbericht2.php?j=14&mt=10&quelle=bvse>
- Plastic Planet (n.d.). Plastik als Umweltproblem. URL: [http://www.plastic-planet.de/hintergrund\\_plastikalsproblem.html](http://www.plastic-planet.de/hintergrund_plastikalsproblem.html); zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- PlasticsEurope (2011). Eco-profiles and Environmental Declarations. Life Cycle Inventory (LCI) Methodology and Product Category Rules (PCR) for Uncompounded Polymer Resins and Reactive Polymer Precursors. Version 2.0, April 2011.
- PlasticsEurope (2012a). Plastics – the Facts 2012: An analysis of European latest plastics production, demand and waste data for 2011. Association of Plastics Manufacturers. URL: [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121120170458-final\\_plasticsthefacts\\_nov2012\\_en\\_web\\_resolution.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121120170458-final_plasticsthefacts_nov2012_en_web_resolution.pdf); zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- PlasticsEurope (2012b). Eco-profiles and Environmental Product Declarations. Association of European Plastics Manufacturers.
- PlasticsEurope (2013). Plastics – the Facts 2013: An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. Association of Plastics Manufacturers. URL: [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131014095824-final\\_plastics\\_the\\_facts\\_2013\\_published\\_october2013.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131014095824-final_plastics_the_facts_2013_published_october2013.pdf); zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- PlasticsEurope (2014). Plastics – the Facts 2014/2015. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. Association of Plastics Manufacturers. URL: [http://issuu.com/plasticseuropeebook/docs/final\\_plastics\\_the\\_facts\\_2014\\_19122](http://issuu.com/plasticseuropeebook/docs/final_plastics_the_facts_2014_19122); zuletzt abgerufen am 19.03.2015.
- Platt, D. (2003). Engineering and High Performance Plastics Market Report. Rapra Technology Limited, Shawbury.

- Prakash, S.; Dehoust, G.; Gsell, M.; Schleicher, T. (2015). Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“. Zwischenbericht: Analyse der Entwicklung der Lebens-, Nutzungs- und Verweildauer von ausgewählten Produktgruppen. UBA-Texte 10/2015. URL: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_10\\_2015\\_einfluss\\_der\\_nutzungsdauer\\_von\\_produkten\\_auf\\_ihre\\_umwelt\\_obsoleszenz\\_17.3.2015.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_10_2015_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_auf_ihre_umwelt_obsoleszenz_17.3.2015.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Prakash, S.; Liu, R.; Schischke, K.; Stobbe, L. (2012): Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten. URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4316.pdf>; zuletzt abgerufen am 15.07.2013.
- Qmilk (2014): Granulat. <http://de.qmilk.eu/produkte/qmilk-granulat/>; zuletzt abgerufen am 14.11.2014.
- Reiterer, V. (2005). Ökologischer und ökonomischer Vergleich von Mehrweg- und Einwegverpackungen am Beispiel Mineralwasser. Land Steiermark, Fachabteilung 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft. URL: [http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10193549\\_4334719/be396b08/319a\\_internet.pdf](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10193549_4334719/be396b08/319a_internet.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Rochman, C., Lewison, R., Eriksen, M., Teh, S. (2013). Plastic contamination in marine habitats may be a source of PBDEs in fish tissue. SETAC North America. Nashville, TN.
- Rosseau, M. (2010): Biokunststoff: Lösung oder neues Problem? Econitor Magazin. [https://www.econitor.de/magazin/lifestyle/bio-kunststoff-loesung-oder-neues-problem\\_8411.html](https://www.econitor.de/magazin/lifestyle/bio-kunststoff-loesung-oder-neues-problem_8411.html); zuletzt abgerufen am 08.11.14
- Sachs, W. (2002): Die zwei Gesichter der Ressourcenproduktivität. In: Linz, M. (Hrsg.): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125, Wuppertal. S. 49-56.
- Scheelhaas, T., Braungart, M. (2009): Kreislaufschöpfung statt mühsames Recyceln, Cradle to Cradle. In: Müll & Abfall 3/2009, S. 106-112.
- Scherhorn, G. (2002): Die Logik der Suffizienz. In: Linz, M. (Hrsg.): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125, Wuppertal. S. 15-26.
- Schmidt-Bleek, F. (2008). Nutzen wir die Erde richtig?: Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen, Auflage: 4. ed. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main.
- Schneidewind, Uwe, Zahrnt, Angelika (2013). Damit gutes Leben einfacher wird - Perspektiven einer Suffizienzpolitik. Oekom Verlag, München.
- Schröter, Markus; Lerch, Christian; Jäger, Angela (2011). Materialeffizienz in der Produktion: Einsparpotenziale und Verbreitung von Konzepten zur Materialeinsparung im Verarbeitenden Gewerbe. Endberichterstattung an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Karlsruhe.
- Seidel, Carolin (2014). Plastik fasten: Schädliche Stoffe im Babyflaschen-Sauger. WZ newslinE, 16. Dezember 2014. URL: <http://www.wz-newslinE.de/lokales/wuppertal/plastik-fasten-schaedliche-stoffe-im-babyflaschen-sauger-1.1817726>; zuletzt abgerufen am 11.02.2015.
- Shen, Li; Haufe, Juliane; Patel, Martin K. (2009). Product overview and market projection of emerging bio-based plastics. PRO-BIP 2009, Final Report. June 2009, Utrecht.
- Spechter, Achim-Jürgen (2005). Umweltfaktoren, Pestizide und Brustkrebs - eine klinische Fall-Kontroll-Studie. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- Stadt Zürich, Fachstelle Nachhaltiges Bauen (2012): Ratgeber Effizient Waschen und Trocknen im Mehrfamilienhaus. Zürich.
- Stahel, W.R. (1997a). The service economy: "wealth without resource consumption"? Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 355, 1309–1319. doi:10.1098/rsta.1997.0058
- Stahel, W.R. (1997b). The functional economy: cultural and organizational change. The Industrial green game: implications for environmental design and management 91–100.

- Statistisches Bundesamt, 2010. Staat & Gesellschaft - Haushaltsvorausberechnung - Vorausberechnung Haushalte in Deutschland [WWW Document]. URL <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Haushaltsvorausberechnung/Tabelle/VorausberechnungHaushalte.html> (accessed 10.13.14).
- STNU (2014). "Plastik fasten - Wie geht das?" Der Selbstversuch für Wuppertaler Haushalte in den Herbstferien vom 04. bis 18.10.14. Kurzbeschreibung. URL: [http://www.stnu.de/typo3temp/secure\\_downloads/15/0/c9a0293474135402d01afdbae1f1ba4272b1cec8/Plastik\\_fasten\\_14-10-04.pdf](http://www.stnu.de/typo3temp/secure_downloads/15/0/c9a0293474135402d01afdbae1f1ba4272b1cec8/Plastik_fasten_14-10-04.pdf); zuletzt abgerufen am 11.02.2015.
- StMUGV (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz) (2005). Abfallvermeidung durch Regionalvermarktung. Ergebnisse einer Modelluntersuchung. URL: [http://www.stmuv.bayern.de/umwelt/abfallwirtschaft/doc/regiomarkt\\_bericht.pdf](http://www.stmuv.bayern.de/umwelt/abfallwirtschaft/doc/regiomarkt_bericht.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Talwar, S., Wiek, A., Robinson, J. (2011). User Engagement in Sustainability Research. *Science and Public Policy*, 38, 379-390.
- Tolinski, M. (2012). *Plastics and Sustainability: Towards a Peaceful Coexistence between Bio-based and Fossil Fuel-based Plastics*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Tukker, A. (2004). Eight types of product-service system: eight ways to sustainability? *Experiences from SusProNet. Business Strategy and the Environment* 13, 246-260. doi:10.1002/bse.414
- UBA (Umweltbundesamt) (2014). Wiederverwendung – Sammeln, Prüfen, Reparieren, Aufrüsten und Qualitätssichern von Gebrauchsgütern. Ergebnis-Dokumentation der Arbeitsgruppe II. Fachtagung „Wider die Verschwendung – konkrete Schritte zur Abfallvermeidung“ am 22. Mai 2014. URL: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/wider\\_die\\_verschwendung\\_dokumentation\\_ag2\\_ohne\\_links.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/wider_die_verschwendung_dokumentation_ag2_ohne_links.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Umweltbundesamt (UBA) (2013). Plastiktüten. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/4453.pdf>; zuletzt abgerufen am 11.02.2015.
- ULS (2007). The ULS Report – Review of Life Cycle Data Relating to Disposable, Compostable, Biodegradable and Reusable Grocery Bags. URL: <http://heartland.org/sites/default/files/threetypeofgrocerybags.pdf>, zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- UNEP (2006). Marine Litter. An analytical overview. URL: [http://www.unep.org/regionalseas/Publications/Marine\\_Litter.pdf](http://www.unep.org/regionalseas/Publications/Marine_Litter.pdf); zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- VDI (2011). Umsetzung von Ressourceneffizienz-Maßnahmen in KMU und ihre Treiber. Erste Ergebnisse zur VDI ZRE Umfrage. Oktober 2011, Berlin.
- VDI (2012). Rohstoffquelle Biomasse – Stand und Perspektive. VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse Nr. 1.
- Verbraucherzentrale (2015). Anbieter sparen – Verbraucher zahlen: Kleinere Menge zum gleichen Preis! Februar 2015, Verbraucherzentrale Hamburg. URL: <http://www.vzhh.de/ernaehrung/32535/Versteckte%20Preiserhoehungen.pdf>; zuletzt abgerufen am 10.02.2015.
- Von Geibler, J.; Erdmann, L.; Liedtke, C.; Rohn, H.; Stabe, M.; Berner, S.; Jordan, N.; Leismann, K.; Schnalzer, K.; Greiff, K.; Wirtz, M. (2013). Living Labs für nachhaltige Entwicklung. Potenziale einer Forschungsinfrastruktur zur Nutzerintegration in der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen. URL: [http://f10-institut.org/fileadmin/f10\\_userdaten/Projekte/NLL\\_BRO\\_RZ5\\_web\\_ES.pdf](http://f10-institut.org/fileadmin/f10_userdaten/Projekte/NLL_BRO_RZ5_web_ES.pdf), zuletzt abgerufen am 31.03.2015.
- Wang, T., Li, M., Chen, B., Xu, M., Xu, Y., Huang, Y., Lu, J., Chen, Y., Wang, W., Li, X., Liu, Y., Bi, Y., Lai, S., Ning, G. (2011). Urinary Bisphenol A (BPA) concentration associates with obesity and insulin resistance. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2011-1989>.

- Weiss, Martin, Haufe, Juliane, Carus, Michael, Brandao, Miguel, Bringezu, Stefan, Hermann, Barbara, Patel, Martin K. (2012). A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials. *Journal of Industrial Ecology* 16(S1); 169-181. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00468.x
- Wilts, Henning, and von Gries, Nadja (2013). "Reuse - One Step Beyond." *Machbarkeitsstudie*. Wuppertal.
- Wilts, H., James, K. and von Gries, N. (2014). Capturing status, trends and impacts of re-use – an analytical framework. ETC Working Paper.
- Wood, G., Newborough, M. (2003). Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design. *Energy and Buildings*, 35, 821-841.
- Zettl, Elisabeth, Hawthorne, Craig, Joas, Reinhard, Lahl, Uwe, Litz, Benjamin, Zeschmar-Lahl, Barbara, Joas, Anke (2014). Analyse von Ressourceneffizienzpotenzialen in KMU der chemischen Industrie. VDI ZRE Publikationen, Oktober 2014, München.