

Im Mahlstrom der Moderne

Das globale Problem „Marine Litter“ stellt die Abfallwirtschaft vor eine große Herausforderung

Von Barbara Zeschmar-Lahl und Uwe Lahl



Dr. rer. nat.
Barbara Zeschmar-Lahl

ist Geschäftsführerin der BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH. Sie gehört zum Herausgeber-Team des Müll-Handbuchs, des Standardwerkes der Abfallwirtschaft.



Prof. (apl.) Dr. rer. nat. habil.
Uwe Lahl

ist seit 1. April 2014 Amtschef (Ministerialdirektor) des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur des Landes Baden-Württemberg. Seit 2008 ist er zudem außerplanmäßiger Professor an der TU Darmstadt und lehrt dort im Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft.

Folien, Verpackungen und andere Kunststoffprodukte wie Fischernetze sind seit einigen Jahren zu einem ernsthaften Problem der Verschmutzung der Oberflächengewässer, insbesondere aber der Meere geworden. In den Ozeanen kreisen diese Plastikabfälle derzeit in fünf großen Strudeln (Five Gyres). Der größte Strudel im Pazifik besitzt die Größe Europas. Es gibt auch kleinere, so auch vor Europas Haustür im Atlantik. Meeresmüll – „Marine Litter“ – sammelt sich auch in den Küstengebieten, sei es auf dem Meeresboden oder an den Stränden. Die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie 2008/56/EG¹, die die Meere bis 2020 in einen „guten Umweltzustand“ führen will, schätzt Abfälle im Meer neben der Fischerei als eine der größten Bedrohungen für die Meeresumwelt ein. Die Regierungen der Welt erkennen zunehmend das Ausmaß des Problems. So haben sie sich beim Erdgipfel von Rio 2012 verpflichtet, „eine signifikante Reduktion der Abfälle im Meer bis zum Jahr 2025“ zu erreichen. Der nachfolgende Beitrag zeigt, dass das Problem „Marine Litter“ so gravierend ist, dass eine Lösung auf den unterschiedlichsten Ebenen angestrebt werden muss. Die Abfallvermeidung, die globale Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Verhältnisse und die Entwicklung marin verträglicher Kunststoffe stellen drei Strategien dar, die sich gut ergänzen.

1 Hauptbestandteil Kunststoffabfälle, Verpackungskunststoffe dominierend

Jährlich werden bis zu 240 Millionen Tonnen Kunststoffprodukte neu produziert. Hiervon landen nach Schätzungen von UNEP (2009)² mehr als 6,4 Millionen Tonnen als Müll in den Ozeanen – rund acht Millionen Teile täglich. Allerdings basiert dieser Wert auf einer Abschätzung der National Academy of Science der USA aus dem Jahr 1975 und ist damit nicht mehr aktuell. Laut Plastics Europe (2012)³ werden weltweit gut 280 Millionen Tonnen an Kunststoffen jährlich produziert. Die damit befassten Wissenschaftler schätzen, dass rund zehn Millionen Tonnen an Plastikabfällen jährlich in die Meere eingebracht werden. Thompson (2006)⁴ schätzte sogar, dass rund zehn Prozent aller Kunststoffprodukte (das wären 28 Millionen Tonnen pro Jahr) letztlich in den Weltmeeren landen.

So stellen denn auch Kunststoffe („Makroplastics“) wie Plastiktüten, Flaschen, Flaschendeckel und Styropor den weitaus größten Anteil am „Marine Litter“ dar. Die Angaben zum Kunststoffanteil reichen von 60 bis 80 Prozent [Derraik (2002)⁵, Europäische Kommission (2013)⁶, Plastics Europe (o.J. (a))⁷] beziehungsweise bis 97 Prozent [Ryan (2014)]⁸. Hauptsächlich sind Kunststoffabfälle aus dem Verpackungssektor für das Abfallproblem in den Weltmeeren verantwortlich.

2 Eintragspfade

Nach Einschätzung von UNEP (2009)² stammt ein Großteil der Abfälle in den Meeren und Ozeanen von Tätigkeiten an Land. Als wesentliche Ursachen hierfür wird angegeben, dass eine geordnete Abfallwirtschaft fehlt und mit den Plastikprodukten nach Gebrauch sorglos umgegangen wird (Littering). Die Plastikprodukte werden von Regen, Schneeschmelze und Wind in die Kanalisation oder direkt in nahegele-

gene Wassersläufe verfrachtet und gelangen so ins Meer. Weitere Eintragspfade sind Abfälle und verlorene Gegenstände insbesondere aus Schifffahrt, Fischerei/Fischzucht, Offshore-Bergbau sowie legales und illegales Versenken im Meer.

Der Anteil, der aus den Einträgen von Land resultiert, variiert in Abhängigkeit von der Region. In der Nordsee beträgt das Verhältnis circa 50/50 zu den Einträgen von Schiffen. Die Analyse des Mülls, der im F4L-Projekt (2012-2013) aus der Nord- und Ostsee gefischt wurde, ergibt ein differenziertes Bild. Es überwiegen Abfälle aus der Fischereiwirtschaft. In anderen Seegebieten dominieren mehr die Land-Einträge. Als globale Faustzahl wird das Verhältnis 80/20 zu „Land-sourced/Sea-sourced Litter“ genannt [UNEP (2005)]⁹, wobei darauf hingewiesen wird, dass dieses Verhältnis viel zitiert wird, aber nicht belegt sei [BZL GmbH (2014)]¹⁰.

3 Makro-, Mikro- und Nanoplastics

Bei der Diskussion über den Meeresmüll (Marine Litter) stehen die sogenannten Makroplastics im Vordergrund der Betrachtung. In der marinen Umwelt führen sie zu Verletzungen und zum Tod von Meerestieren und -säugern, Reptilien und Fischen. Beispielsweise schnüren sich die Tiere ein, verheddern oder strangulieren sich. Manche verschlucken die Teile [UNEP (2009)]². Viele Tiere verhungern quasi mit vollem Magen.

Ökologisch problematisch ist zudem, dass der schwimmende Plastikmüll den weiträumigen Transport invasiver Arten in neue Lebensräume begünstigt und der abgesunkene Plastikmüll den Gasaustausch am Meeresboden behindert [Cole et al. (2011)]¹¹.

Als weiteres Problem erweist sich, dass diese Kunststoffe nicht biologisch abbaubar sind. Allenfalls versprödet das Material (Herauslösen der Weichmacher, Zersetzung durch UV-Einstrahlung). Im Zusammenspiel mit der Bewegung der Wellen werden diese Kunststoffe in immer kleinere Stücke zerrieben. Über Jahre und Jahrzehnte hinweg entstehen mikroskopisch kleine Kunststoffpartikel, die sogenannten sekundären „Mikroplastics“ (kleiner als 5 mm) oder möglicherweise sogar auch Nanoplastics, also Plastikteilchen mit einem Durchmesser von wenigen oder kleiner einem Mikrometer.

Davon zu unterscheiden sind primäre Mikroplastics („Microbeads“), die industriell erzeugt und für technische Zwecke (etwa als Abrasivmittel) in Produkten wie Kosmetika (Peelings, Zahnpasta) oder Putz- und Reinigungsmitteln eingesetzt werden [Cole et al. (2011)]¹¹. Auch dürfte der Eintrag über Abwässer (Waschvorgänge von Kunstfasertextilien) an Bedeutung gewinnen.

4 Mikroplastics als Trojaner

Mikroplastics (und auch Nanoplastics) können schädliche Chemikalien wie persistente organische Schadstoffe (POPs) aus dem Wasser aufnehmen und akkumulieren. Diese mit Schadstoffen angereicherten Plastikteilchen werden wiederum von im Wasser lebenden Organismen aufgenommen, was bei ihnen zu Schäden führen kann. Mikroplastics und die daran adsorbierten Schadstoffe können über Fische oder Meeresfrüchte auch in die menschliche Nahrungskette gelangen. Die Europäische Kommission (2013)⁶ spricht hier von „Trojanern“. So wurden Mikroplastics bereits in Miesmuscheln, Schalentieren, Plankton fressenden Fischen und Kot von Kegelrobben nachgewiesen. Wissenschaftler untersuchen gegenwärtig, welche gesundheitlichen Risiken mit diesem Belastungspfad verbunden sind [Hollmann et al. (2013)]¹². Zum Nachweis von Mikroplastics in der menschlichen Nahrung besteht der-

zeit noch ein Mangel an geeigneten analytischen Methoden [Hollmann et al. (2013)]¹².

5 Die „Joint Declaration for Solutions on Marine Litter“ der Kunststoff-Industrie

Die Kunststoffindustrie sieht sich durchaus auch in der Verantwortung für das Marine Litter-Problem. So haben bislang 58 Organisationen der Kunststoffindustrie aus 38 Ländern die „Joint Declaration for Solutions on Marine Litter“ unterzeichnet. Diese „Gemeinsame Erklärung“, die im Rahmen der 5. International Marine Debris Conference im März 2011 in Hawaii vorgestellt wurde, „umreißt klare Ziele für das Handeln der Industrie und wirbt für eine enge Zusammenarbeit einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure, um gemeinsam substanzielle Fortschritte in Sachen Meereschutz zu erzielen“ [Plastics Europe o.J., (b)]¹³.

Die Sechs-Punkte-Strategie beinhaltet die Schwerpunkte Erziehung, Forschung, Politik, Best Practice, Recycling/Verwertung sowie Vermeidung von Verlusten von Plastikpellets in der Produktions- und Lieferkette:

1. Zusammenarbeit im Rahmen öffentlich-privater Partnerschaften zur Vermeidung von Meeresabfällen. (Schwerpunkt: Erziehung)
2. Zusammenarbeit mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft und Forschern, um zu einem besseren Verständnis von Tragweite, Herkunft und Auswirkungen von Abfällen im Meer und zu Lösungen zu gelangen. (Schwerpunkt: Forschung)
3. Förderung umfassender, auf wissenschaftlichen Erkenntnissen fußender politischer Vorgehensweisen, sowie der Durchsetzung bestehender Gesetze, um Meeresabfälle zu vermeiden. (Schwerpunkt: Politik)
4. Verbreitung des Best-Practice-Ansatzes in der Abfallwirtschaft, insgesamt und insbesondere in Küstenregionen und Wassereinzugsgebieten. (Schwerpunkt: Best Practice)
5. Verbesserung der Möglichkeiten zur stofflichen und energetischen Verwertung von Kunststoffabfällen. (Schwerpunkt: Recycling/Verwertung von Kunststoffen)
6. Betreuung von Transport und Vertrieb von Kunststoffgranulaten und Erzeugnissen vom Lieferanten bis zum Abnehmer sowie zur Förderung dieser Praxis in der gesamten Lieferkette. (Schwerpunkt: Vermeidung von Verlusten von Plastikpellets in der Produktions- und Lieferkette)

Bis Ende 2012 waren im Rahmen dieser Deklaration rund 142 Projekte weltweit geplant (10), begonnen (106) oder abgeschlossen (22) worden; zwei Projekte wurden allerdings aufgegeben, für zwei weitere lagen keine Informationen zum Status vor. Der Großteil der Projekte (58) entfiel auf Erziehung/Bewusstseinsbildung, gefolgt von Recycling (36), Best Practices (16), Forschung (15), Produktions- und Lieferkette (9) und Politik (8) [Plastics Europe (2012a)]¹⁴.

Knapp die Hälfte der Projekte sind in fünf Staaten lokalisiert: USA (24), Südafrika (18), Malaysia (11), Canada (11) und Australien (9). Im asiatischen Raum gibt es noch Projekte in der Türkei (7), Japan (5), Vereinigte Arabische Emirate (3) sowie Indien/Nepal (1). In Südamerika gibt es nur Projekte in Brasilien (3). Auf dem afrikanischen Kontinent und in Ozeanien gibt es außer in den oben genannten Ländern keine weiteren Projekte.

Das Engagement der Kunststoffindustrie, ihren Beitrag zur Lösung des Marine-Litter-Problems zu leisten, ist loblich, aber reicht es auch aus? Kann die Abfallwirtschaft, kann ein vermehrtes Recycling von Kunststoffen das Problem lösen? Oder sind weiterreichende und vor allem verbindliche Maßnahmen erforderlich, um

den weiteren Eintrag von Kunststoffen in die marinen Ökosysteme zu verhindern? Und müsste die Kunststoffindustrie nicht gemäß dem Prinzip der erweiterten Produzentenverantwortung¹⁵ (extended producer responsibility, EPR) auch für die Kosten der durch Marine Litter entstandenen und entstehenden Schäden aufkommen oder zumindest daran beteiligt werden?

6 Lösungsansatz Abfallwirtschaft?

Ein großer Teil der Plastikabfälle im Meer ist Post-Consumer-Abfall und ist von Land aus ins Meer gelangt (Land-sourced). Daher könnte die Abfallwirtschaft eine wichtige Rolle bei der effektiveren Erfassung und Behandlung von insbesondere Kunststoffabfällen spielen.

Hier denkt man in erster Linie an die Entwicklungs- und Schwellenländer, denn dort ist der derzeitige Status der Abfallwirtschaft oftmals noch sehr unbefriedigend. Zudem ist aufgrund der Zunahme des privaten Konsums in den nächsten Jahren [Kennedy (2012)]³¹ eine weitere Steigerung der Verwendung kurzlebiger Kunststoffprodukte und damit eine Zunahme des Eintrags dieser Produkte in die Meeresumwelt zu erwarten.

6.1 Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Situation in Entwicklungs- und Schwellenländern

Die Steigerung der Erfassung der Abfallströme könnte helfen, die Einträge in die Umwelt zu verringern. Und es ist in jedem Fall zielführend, die abfallwirtschaftliche Situation in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu verbessern, um Energie und Ressourcen effizienter zu nutzen und den Eintrag von persistenten oder anderweitig problematischen Stoffen in die Umwelt zu minimieren.

Allerdings darf man hier nicht zu hohe Erwartungen hegen. Beispielsweise haben im Jahr 2009 Experten des Tellus-Instituts die weltweit erreichbaren Recyclingraten (für nicht gefährliche Abfälle) für verschiedene Szenarien abgeschätzt. Selbst bei einer Steigerung der Ökoeffizienz um Faktor 4 bis 2025 beziehungsweise Faktor 10 bis 2050 (Policy Reform Szenario) erwarten die Experten eine Recyclingquote von lediglich 30 Prozent (2025) beziehungsweise 60 Prozent (2050). Und bis zum Jahr 2100 werden maximal 70 Prozent Recycling erreicht werden [Tellus (2009)]¹⁶. Auch wenn diese Arbeit schon etwas älter ist, zeigt sie doch die Grenzen der Abfallwirtschaft auch in Zukunft auf.

Selbst wenn es gelänge, durch eine konzertierte Aktion die Abfallwirtschaft in allen Ländern so zu verbessern, dass die Abfallvermeidung einen hohen Stellenwert erhält und die heutigen Erfassungsquoten für Abfälle (und anschließende Verwertung oder Entsorgung) auf 80 Prozent gesteigert werden, würden immer



Abbildung 1: Plastikmüll am Strand (Indonesien)

Foto: BZL GmbH



Abbildung 2: Plastikmüll am Fluss (Indonesien)

Foto: BZL GmbH

noch 20 Prozent Abfälle verbleiben, die nicht erfasst werden. Dabei ist dieser Wert von 80 Prozent, global gedacht, ein extrem ambitioniertes Ziel, was wahrscheinlich auch in Jahrzehnten noch nicht erreicht werden kann. Die Erfassung und Entsorgung der Abfälle lässt sich nur bis zu einem definierten Grad steigern und die Kreisläufe lassen sich nicht vollständig schließen. Es ist daher auf absehbare Zeit von einem Schlupf auszugehen, der ins Meer gelangen wird.

Selbst bei einem sehr erfolgreichen Zukunftsszenario, das innerhalb der kommenden Jahre von hohen Anschlussgraden an die Abfallentsorgung (für Entwicklungsländer auf das westeuropäische Niveau) ausgeht, wird so viel „Schlupf“ verbleiben, dass weitere Lösungsstrategien erforderlich sind. Das Problem Marine Lit-

ter wird in einem Positivszenario durch die Abfallwirtschaft vermindert – aber nicht flächendeckend gelöst werden können.

6.2 Erfahrungen mit abfallwirtschaftlichen „Vorzeigeländern“

Der Eintrag von Kunststoffen in Gewässer ist nicht nur ein Problem von Entwicklungs- und Schwellenländern. Dies belegen die Funde von Marine Litter etwa an den Stränden von Nord- und Ostsee sowie dem Schwarzen Meer [Interwies et al. (2013)]¹⁷. In der Nordsee („Nordatlantik“) stammen die gefundenen Gegenstände vor allem aus maritimen Quellen (vor allem Fischerei, aber auch Schifffahrt, Offshore- und Fischzuchtanlagen) und küstennahen Aktivitäten/Tourismus. Haushaltsnaher Abfall spielt nur eine untergeordnete Rolle (7 bis 10 Prozent der gefundenen Gegenstände). Anders in der Ostsee: Hier stellen haushaltsnahe Abfälle einschließlich Hygieneabfälle (dazu zählen unter anderem Binden, Windeln, Tampons und Kondome) die größte Quelle dar, gefolgt von Abfällen aus ufer-/küstennahen Freizeit- und Tourismus-Aktivitäten. Im Schwarzen Meer hingegen dominieren Einwegverpackungen und kurzlebige Kunststoffartikel (etwa Flaschen, Beutel, Verpackungen für Knabberkram und Süßigkeiten, Dosen, Deckel und Verschlüsse) [Interwies et al. (2013)]¹⁷. Je nach Studie werden hier der Eintrag über Abwasser und schlecht kontrollierte Deponien, aber auch von Freizeit- und Tourismus-Aktivitäten (einschließlich Hobbyfischerei) sowie Schifffahrt und Hafenbetrieb als Hauptquellen genannt. Bezüglich der Rolle des grenzüberschreitenden Eintrags und des Eintrags über Flüsse lagen bislang keine Daten vor.

Diese Lücke haben Wiener Wissenschaftler unlängst eher unbeabsichtigt geschlossen. Bei ihrer zwei Jahre dauernden Untersuchung der Verbreitung von Fischlarven in der Donau zwischen Wien und Bratislava wurden sie fündig – allerdings anders als beabsichtigt. So fanden sie in diesem vergleichsweise kurzen Abschnitt (rund 50 Kilometer lang) von Europas zweitlängstem Fluss (rund 2.860 Kilometer) mehr Plastikmüll als Fischlarven, nach denen sie gesucht hatten. Hochgerechnet werden demnach mindestens 4,2 Tonnen Plastikmüll *täglich* von der Donau ins Schwarze Meer gespült. Davon entfallen rund vier Fünftel (79 Prozent) auf industrielles Rohmaterial in unterschiedlichsten Variationen (Pellets, Kügelchen, Flocken) und ein Fünftel (21 Prozent) – knapp 900 Kilogramm – auf „richtigen“ Plastikmüll [Lechner et. al (2014)]¹⁸.

Die berechneten 4,2 Tonnen Kunststoff stellen allerdings nur die Untergrenze dar. So wurden Materialien größer 5 Zentimeter aus methodischen Gründen nicht erfasst. Dabei tragen vor allem diese, so die Autoren mit Verweis auf Lattin et al. (2004)¹⁹, zu Marine Litter bei. Außerdem verfügen gerade Deutschland und Österreich – die beiden Länder, in denen die Zuflüsse zum Oberlauf der Donau bis kurz vor Bratislava liegen, über einen hohen Standard der Abwassererfassung und -reinigung. Daher dürften die Beiträge der anderen Donauanrainerstaaten vermutlich noch höher ausfallen: „Compared to Germany and Austria, all other neighbouring countries of the Danube feature lower standards in their wastewater and sewerage treatment (<http://www.icpdr.org>). Their potentially higher contributions to the Danube's plastic load should considerably cumulate and increase the average input at the mouth“ [Lechner et. al (2014)]¹⁸.

Auch im Hinblick auf abfallwirtschaftliche Standards dürfte sich die Situation ähnlich darstellen. So sind nach einer Studie im Auftrag der EU 2012 über die Abfallwirtschaft in der EU Österreich und die Niederlande führend, dicht gefolgt von Dänemark und Deutschland [BiPRO (2012)]²⁰. Wenn es schon diesen abfallwirtschaftlichen Vorzeige-Ländern nicht gelingt, den Eintrag von

Kunststoffabfällen in die Gewässer, hier die Donau und ihre Vorfluter, durch abfallwirtschaftliche und abwassertechnische Maßnahmen zu vermeiden beziehungsweise zu minimieren, welchen Erfolg kann man dann in anderen Ländern mit weniger entwickelten Standards erwarten?

Deshalb stellt sich die Frage, welche zusätzlichen Möglichkeiten es gibt, das Problem Marine Litter schon heute anzugehen.

7 Weitere Lösungsansätze zur Vermeidung von Marine Litter

Neben der Steigerung des Recyclings beziehungsweise Abfallvermeidung durch Erziehung und Bewusstseinsbildung kommen auch marktbasierende Instrumente in Frage wie Steuern, Abgaben, Gebühren, Pfandregelungen, Bußgelder, Geldstrafen, Haftungs- und Entschädigungsregelungen oder Anreize und Subventionen (etwa für Fischer, damit sie ihren „Plastik-Beifang“ zur Entsorgung mit an Land bringen) [UNEP (2009a)]²¹. In mehreren europäischen Ländern wurden bereits Steuern oder Abgaben auf Plastiktüten eingeführt. Dazu das deutsche Umweltbundesamt (2013)²²: „In Irland hat z. B. eine Abgabe auf den Vertrieb von Plastiktüten (Abgabe je Plastiktüte 44 Cent) zu einem Rückgang von 328 Plastiktüten auf 18 Plastiktüten pro Einwohner im Jahr 2010 geführt. Irland hat damit den geringsten Plastiktütenverbrauch pro Kopf in Europa. [...] Stellten Plastiktüten 2002 bei Implementierung der Maßnahme noch circa fünf Prozent der Müllfunde in Irland dar, reduzierte sich ihr Anteil bis 2007 auf unter ein Prozent. Neben der allgemeinen Reduktion der Umweltbelastung hat diese Maßnahme signifikant zur Bewusstseinsbildung in der irischen Bevölkerung gegenüber dem Problem der Belastung der Meere durch Abfälle beigetragen.“

Ein Verbot besonders problematischer Produkte (Plastiktüten?) steht auch immer wieder zur Diskussion, aktuell aufgrund der Veröffentlichung des EU-Grünbuchs zu Kunststoffen durch die Europäische Kommission (2013)⁶ und die daran anschließende Konsultation.

Ein weiterer Ansatzpunkt könnte das Chemikalienrecht – genauer: REACH – sein. Polymermoleküle von für den Verpackungssektor handelsüblichen PE, PP oder PET werden in der marinen Umwelt nicht abgebaut. Die Persistenz erreicht möglicherweise Halbwertszeiten von Jahrtausenden. In letzter Konsequenz würden die genannten Polymere zu den mit Abstand persistentesten Chemikalien gehören, die die Menschheit je erfunden und massenhaft in die Umwelt eingebracht hat. Diese Erkenntnis müsste unsere chemikalienrechtliche Bewertung des Kunststoffsektors verändern. Die Datenlage zeigt, dass Kunststoffe extrem beständig sind. Ob die hier behauptete „historische“ Persistenz gegeben ist, kann mangels eines ausreichenden Beobachtungszeitraums nicht abschließend beurteilt werden.

Demnach wäre zu überlegen, ob Polymere wie PET, PP oder PE stoffrechtlich nicht zu den persistenten Stoffe gezählt werden können oder sogar müssen. Sofern zur mangelnden Abbaubarkeit auch noch Aspekte wie Bioakkumulation hinzu kommen, gelangt man stoffrechtlich in einen Regelungsbereich, der im Fall anderer Stoffe zu einem Handlungsbedarf (unter REACH) geführt hat beziehungsweise führen muss. Man sollte eine Diskussion beginnen, ob man das REACH-Regelwerk auf Polymere ausdehnt, wie dies bei der damaligen Entscheidungsfindung zu REACH ursprünglich auch vorgesehen war. Die Einbeziehung der Polymere wurde kurz vor Beschlussfassung im Verlauf der Kompromissfindung herausgenommen und auf einen späteren Zeitpunkt vertagt. Eine Ausdehnung der REACH-Regelungen auf Kunststoffe würde in jedem

Fall auch den Aspekt der Abfallphase/Marine Litter mit einbeziehen müssen [Lahl et al. (2012)]²³.

Ein weiterer Ansatzpunkt könnte im Materialdesign liegen. So könnte eine Forderung lauten, dass bestimmte Kunststoffprodukte mit absehbar kurzer Gebrauchsdauer zukünftig konkrete Anforderungen an ihre echte, das heißt biologische Abbaubarkeit im Meer erfüllen müssen.

8 Verbesserung der marinen Verträglichkeit von Kunststoffen

Marin verträgliche Kunststoffe sind Polymere, die von lebenden Organismen – insbesondere Mikroorganismen – im Meerwasser so weit abgebaut werden können, dass die enthaltenen Kohlenstoffatome zum Aufbau von Biomasse genutzt werden können oder dass sie bei aeroben Bedingungen als Kohlendioxid (CO₂) und/oder bei anaeroben Bedingungen als CO₂ und Methan freigesetzt werden²⁵.

Im Grundsatz ist es möglich, Polymere chemisch so zu konstruieren, dass sie in der marinen Umwelt abbaubar sind, ohne dass hierbei neue Probleme mit toxischen oder persistenten Metaboliten entstehen. Chemisch ist dies zu erreichen, indem in die Polymerkette von PE, PP, PET u.a. Angriffspunkte für den enzymatischen Abbau, sogenannte Sollbruchstellen, eingebaut werden. Dies können Verzweigungen des Moleküls sein oder Heteroatome wie Sauerstoff oder ganze funktionelle Gruppen wie beispielsweise Hydroxy-, Carbonyl-, Peptid- oder Esterbindungen, Harnstoff, Carbamatbrücken oder Amide. Wenn die Bruchstücke des Abbaus ein Größe aufweisen, die ihnen die Passage ins Innere der Zellen erlaubt, ist der restliche Abbau deutlich einfacher. Je mehr dieser Angriffspunkte in die Polymerkette eingebaut werden, um so schneller findet der Abbau statt. Mit diesen Modifikationen verändert sich aber auch der Kunststoff, was seine Verpackungseigenschaften anbelangt. Es entstehen Zielkonflikte. Somit stehen wir vor komplexen, aber im Grundsatz lösbaaren chemischen Entwicklungsarbeiten.

Diese Auffassung wird von den allermeisten „Kunststoffchemikern“ geteilt, auch von denen, die in der Industrie tätig sind [BZL GmbH (2014)]⁹. So sind seit mehr als zehn Jahren unter marinen Bedingungen biologisch abbaubare Kunststoffe auf Basis von Polyhydroxyfettsäuren (PHAs) in der Entwicklung [Michel (2004)]²⁴.

Heute gibt es bereits Kunststoffe, die unter bestimmten Bedingungen – z. B. in einer Kompostierungs- oder Kläranlage (Abwasser, Klärschlamm) – biologisch abbaubar sind. So gab²⁷ beziehungsweise gibt es entsprechende Test- und Prüfvorschriften zum Beispiel von der American Society of Testing and Materials (61 active standards für „biodegrad* plastic“ auf www.astm.org), der ISO (International Standards Organisation, zehn published standards auf www.iso.org) oder dem CEN (European Committee for Normalisation, neun Einträge für „Bioabbau“ auf <http://standards.cen.eu>).

Die biologisch abbaubaren Kunststoffe, die auf dem Markt angeboten werden, bestehen in größeren Anteilen aus Polyestern (PLA, PHA, PBAT), die schwerer als Meerwasser sind. Diese Kunststoffe werden daher im Unterschied zu PE oder PP im Meer absinken. Konsequenterweise definiert der im Jahr 2005 von der American Society for Testing and Materials (ASTM) veröffentlichte und heute noch gültige (aktive) Standard D7081-05 [ASTM (2005)]²⁷ für nicht schwimmende Produkte aus Kunststoffen (einschließlich Verpackungen und Beschichtungen), unter welchen Bedingungen sie als biologisch abbaubar im Meerwasser (aerob) oder im Sediment (aerob und/oder anaerob) gelten können. Beispielsweise müssen Produkte, die nur aus einer Sorte Polymer bestehen (soge-

nannte homopolymers), einen 60-prozentigen Abbau ihres organischen Kohlenstoffs zu CO₂ innerhalb eines Jahres nachweisen. Für alle anderen Polymere und Substrate ist ein 90-prozentiger Abbau zu CO₂ nachzuweisen. Bei Einhaltung der Kriterien (beispielweise in Bezug auf Abbaubarkeit oder Toxizität) dürfen die Materialien und Produkte als „biologisch abbaubar in Meeresgewässern und Sedimenten“ gekennzeichnet werden.

Meeresbiologisch abbaubare Kunststoffe befinden sich derzeit überwiegend noch im Stadium der Forschung und Entwicklung. Die großen Anbieter haben hier jedoch auch Marktchancen, das heißt zumindest mittelfristig weltweit neue Absatzmärkte, im Blick. So hat sich etwa Procter & Gamble unter dem Titel „Degradable sachets for developing markets“ bereits im Jahr 2011 Verpackungen mit einer biologisch abbaubaren Versiegelung auf PHA-Basis, die innerhalb von 18 Monaten im Wasser mikrobiologisch abbaubar sein soll²⁸, praktisch weltweit patentieren lassen [Procter & Gamble (2011)]²⁹. Das Unternehmen hat entsprechende Patente in China, Kanada, USA, EU und über die World Intellectual Property Organization (WIPO), einer Teilorganisation der Vereinten Nationen, angemeldet.

Nichtsdestotrotz wird die Entwicklung und Umstellung beispielsweise des Verpackungssektors auf abbaubare Kunststoffe nur in einem längeren Zeitraum erfolgen können.

9 Gefährden marin verträgliche Kunststoffe das (werk)stoffliche Kunststoffrecycling?

Ist die Entwicklung und Einführung marin verträglicher (abbaubarer) Verpackungskunststoffe mit den heutigen westeuropäischen Recyclingsystemen (stoffliches Recycling) kompatibel? Hier sind möglicherweise Probleme zu erwarten, die sich aber technisch und/oder logistisch lösen lassen dürften. Schon heute werden Kunststoffverpackungen beim „Grünen Punkt“ mittels vollautomatischer Sortiertechnik nach Kunststoffarten getrennt. Mit abbaubaren Kunststoffen wird sich ein Recycling im herkömmlichen Sinn (Verpackung wird wieder Verpackung) vermutlich nicht realisieren lassen. Allerdings ist dieses Recycling-Leitbild auch in der Praxis des Grünen Punkts heute von nachgeordneter Bedeutung. So wurden von den in Deutschland im Jahr 2009 getrennt gesammelten 4,93 Millionen Tonnen Kunststoffabfällen rund 55 Prozent energetisch verwertet, davon drei Fünftel in Müllverbrennungsanlagen (WtE = Waste to Energy) und zwei Fünftel als Ersatzbrennstoff beispielsweise in Zementwerken. Die werkstoffliche Verwertung machte hingegen nur 41 Prozent aus und echtes Recycling (closed loop) war hierbei eher selten. [CONSULTIC (2010)]³⁰.

Ein neues Konzept für bioabbaubare Kunststoffe wäre beispielsweise das chemische Recycling. Also ist letztlich abzuwägen, was schwerer wiegt: das heutige nicht optimale stoffliche Recycling von Kunststoffverpackungen (was am Ende mehrheitlich doch in der energetischen Verwertung endet) oder eine Problemlösung für „Marine Litter“, die dann implizieren würde, für den Anteil der biologisch abbaubaren Kunststoffe ein neues chemisches Recyclingsystem aufzubauen. Oder, wenn man die heutigen Verhältnisse nicht weiter verbessern will, verbleibt es bei der energetischen Verwertung, wie sie heute praktiziert wird.

10 Ausblick

Das Problem „Marine Litter“ ist so gravierend, dass eine Lösung auf den unterschiedlichsten Ebenen angestrebt werden muss. Die Abfallvermeidung, die globale Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Verhältnisse (nicht nur in den Entwicklungs- und Schwellen-

Müll Manifest
für die europäischen Meere

SEAS AT RISK
BUND
50% Reduktion bis 2020
Action on Marine Litter Now

NO PLACE FOR WASTE

Wir fordern die EU-Kommission und die Minister auf:

- Das Problem Müll im Meer innerhalb einer Generation zu lösen (bis 2035).
- Die Reduktion von Müll im Meer in allen europäischen Ländern mit oberster Priorität zu behandeln.
- Ein Reduktionsziel von 50% für den Eintrag von Müll im Meer festzulegen, als ersten Schritt zur Erreichung des Guten Umweltzustandes im Sinne der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.
- Die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen für das Erreichen des 50% Reduktionszieles zu forcieren.
- Die Problematik von Müll im Meer bei den verantwortlichen Regierungsstellen aktiv zu thematisieren und so richtungweisend für eine europäische und internationale Verminderung des Mülls im Meer einzutreten.

Wir fordern die EU-Kommission und die Minister auf zur Unterstützung für eine:

- Strengere Gesetzgebung bei den derzeitigen minimalen Vorgaben für Recycling und Wiederbenutzung von Plastik- und anderen Produkten.
- Einführung einer erweiterten Herstellerverantwortung zur Förderung eines nachhaltigen Produkt designs und der Schaffung von Anreizen für die Wiederbenutzung und das Recycling von Plastik.
- Umsetzung von Maßnahmen, die den Verbrauch von Einweg-Plastikprodukten reduzieren.
- Um- und Durchsetzung des ‚generellen Verbotes‘ der Abfallbeseitigung von Schiffen auf See (MARPOL).
- Verpflichtende Abfallentsorgung über Entsorgungseinrichtungen im Hafen für alle Schiffe, einschließlich Fischerboote. Die Entsorgungskosten müssen dabei in den Hafengebühren enthalten sein.
- Effektivere Strafverfolgung und höhere Strafen bei illegaler Abfallentsorgung an Land oder auf See.
- Absolutes Verbot jeglicher Abfallentsorgung in polaren Meeresregionen.
- Unterstützung von Initiativen nach dem KIMO Modell ‚Fishing for Litter‘.
- Einführung eines harmonisierten Monitorings über Einträge von Müll im Meer und einer Bewertung der Umweltauswirkungen. Darüber hinaus müssen weitere Untersuchungen über die Auswirkungen des Eintrags von Mikroplastik in die Nahrungskette stattfinden.
- Stärkung des öffentlichen Bewusstseins über die Problematik durch Strandreinigungsaktionen und Bildungsprogramme.
- Harmonisierung und umfassende Durchsetzung einer EU-weiten Abfallpolitik an Land und auf See.

Supported by:

Sie kennen das Problem... handeln Sie jetzt!

Abbildung 3: Das MüllManifest des BUND gegen die Meeresverschmutzung (Quelle: BUND)

ländern, sondern auch in den westlichen Industrieländern) und die Entwicklung marin verträglicher Kunststoffe stellen daher drei Strategien dar, die sich gut ergänzen. Bei unverkrampfter Betrachtung gibt es letztlich kein schlagendes Argument, warum man die unterschiedlichen Lösungsstrategien (Vermeidung, Abfallwirtschaft, bessere Kunststoffe) alternativ beziehungsweise als Gegensatz sehen muss. Heute wird in der Debatte sehr stark polarisiert. Wer sich für „bessere“ Kunststoffe einsetzt, wird möglicherweise mit dem Vorwurf konfrontiert, der Meeresverschmutzung das Wort zu reden.

Gegen die Einführung verbesserter Kunststoffe als Problemlösung wird vorgebracht, dass abbaubare Kunststoffe als minderwertig im Sinne der Verpackungseigenschaft betrachtet werden müssen und damit das Litter-Problem verstärken würden. Weiter wird die Sorge geäußert, dass das Marine Littering akzeptabel werden könnte, wenn biologisch abbaubare Kunststoffe verfügbar wären, was den Verbraucher zum achtlosen Wegwerfen verleiten würde. Diese Sorge ist nicht unbegründet. Ob dies zum Problem wird, hängt zentral davon ab, wie die Lösungsstrategien kommuniziert werden. Chemiepolitisch ist es übrigens nicht das erste Mal, dass nach besseren Ersatzstoffen gerufen wurde. Bisher hatte man den Akteuren, die sich gegen die Chlorchemie und für Ersatzstoffe mit besseren Eigenschaften (beispielsweise geringere Persistenz) eingesetzt haben, nicht unterstellt, sie wollen damit die Umweltverschmutzung mit Chemikalien erleichtern. Richtig ist, dass nach erfolgter Substitution denktheoretisch aus den besseren Eigenschaften des Substituts auch ein Argument generiert werden könnte, weniger sensibel mit dem Substitut umgehen zu müssen. Aber mit der erfolgten Sub-

stitution hört doch nicht die Kommunikation über Umweltrisiken auf. Und es ist naiv anzunehmen, dass die Substitute so gut sein werden, dass sie sich nach dem Kontakt mit Meerwasser augenblicklich „in Luft auflösen“.

Wie schnell könnten marin verträgliche Kunststoffe verfügbar sein? Hier gehen die Meinungen auseinander. Vertreter der Wirtschaft erwarten eher längere Zeiträume. Sind es mehr als 10 Jahre oder mehr als 20 Jahre? Möglich würde so eine Entwicklung nur, so die einhellige Meinung, wenn der Staat beziehungsweise die Europäische Union (EU) hierfür klare regulatorische Rahmensetzungen vornehmen würde. Aber selbst dann würde die Entwicklung nicht über Nacht erfolgen können [BZL GmbH (2014)]⁹.

Somit sind wir für alle drei Ansatzpunkte – Vermeiden, Abfallwirtschaft, besser verträgliche Kunststoffe – mit Strategien konfrontiert, die keine sofortige Problemlösung ergeben. Daher kann das Argument: „es dauert zu lange“ oder „es geht nicht schnell genug“ gegen keine der drei Strategien als Gegenargument ins Feld geführt werden.

Wenn man das Problem „Marine Litter“ als großes, komplexes Problem ansieht, dann spricht doch vieles dafür, nicht nur auf eine einzige Lösungsstrategie zu setzen.

Von herausragender Bedeutung ist, das Verhalten der Bevölkerung zu verändern. Unter die Überschrift der Abfallvermeidung gehört letztlich auch die Förderung eines Verhaltens, wonach Kunststoffabfälle nicht in die Umwelt geworfen werden dürfen.

Fazit

Da Verhaltensmodifikationen und die Abfallwirtschaft das Problem Marine Litter allein auf absehbare Zeit nicht (vollständig) werden lösen können, wird in diesem Artikel die Frage untersucht, ob als dritte Strategie gefordert werden muss, die Kunststoffe für den Verpackungssektor selbst zu verbessern. Letztgenanntes würde bedeuten, dass in den nächsten Jahren für die mengenmäßig wichtigen Litter-Produkte Kunststoffe eingesetzt werden müssen, die nicht Jahrhunderte oder gar Jahrtausende im Meerwasser beständig sind. Dass die Besitzer von Fabriken und Patenten daran festhalten, ihre Produkte weiter vermarkten zu wollen, kann man nachvollziehen. Aber diesen Standpunkt muss man sich außerhalb der Kunststoffindustrie nicht zu eigen machen. Und die Chemische Industrie ist auch nicht einig in dieser Frage. Es wird schon längst an der Entwicklung besserer Kunststoffe gearbeitet. Es geht daher eher darum, durch ein klares "Phasing-out-Signal" die Debatte zu entscheiden und den Weg für eine neue Entwicklung frei zu machen.

Literatur und Anmerkungen

- 1 RICHTLINIE 2008/56/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:de:PDF>
- 2 UNEP (2009): Marine Litter: A global challenge (Abfälle im Meer: Eine globale Herausforderung). Im Internet: http://www.unep.org/pdf/unep_marine_litter_a_global_challenge.pdf
- 3 Plastics Europe (2012): Plastics – the Facts 2012, uploaded on 21/09/2012. Im Internet: <http://www.plasticseurope.org/cust/documentrequest.aspx?DocID=54693>
- 4 Thompson (2006): Thompson R.C.: Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. In: Krause J.C., Nordheim H., Brüger S. (Eds.): Marine Nature Conservation in Europe. Federal Agency for Nature Conservation, Stralsund, Germany, pp. 107–115, zit. in Cole et al. (2011), vgl. Fn. 11
- 5 Derraik (2002): Derraik J.G.B.: The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin 44, 842–852, zit. in Tim O’Brine, Richard C. Thompson: Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 60 (2010) 2279–2283. Im Internet: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.005>

- 6 Europäische Kommission (2013): GRÜNBUCH zu einer europäischen Strategie für Kunststoffabfälle in der Umwelt. Brüssel, den 3.5.2013, COM(2013) 123 final/2. Im Internet: http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green_paper/green_paper_de.pdf
- 7 Plastics Europe (o.J. (a)): Marine Litter Solutions. Our projects. Im Internet: <http://www.marinelittersolutions.eu/our-projects.aspx> (eingesehen am 21. März 2014)
- 8 Ryan (2014): Ryan P.G.: Litter survey detects the South Atlantic 'garbage patch'. Marine Pollution Bulletin 79 (2014) 220–224. Im Internet: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.010>
- 9 UNEP (2005): Marine Litter, an analytical overview. Im Internet: http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/anl_oview.pdf
- 10 BZL GmbH (2014): Lahl U., Zeschmar-Lahl B. Strategien zur Bekämpfung von „Marine Litter“ in Entwicklungsländern. Ergebnisse einer Expertenbefragung (Delphi-Analyse) im Auftrag der GIZ, 2014
- 11 Cole et al. (2011): Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. (2011): Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin 62, 2588–2597. Im Internet: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- 12 Hollmann et al. (2013): Hollmann P.C.H., Bouwmeester H., Peters R.J.B.: Microplastics in the aquatic food chain. Sources, measurement, occurrence and potential health risks. RIKILT Wageningen UR, June 2013. Im Internet: <http://edepot.wur.nl/260490>
- 13 Plastics Europe (o.J. (b)): The Plastics Portal: Marine Litter. Im Internet: <http://www.plasticseurope.de/kunststoff-nachhaltig/marine-litter.aspx> (eingesehen am 21. März 2014)
- 14 Plastics Europe (2012a): The Declaration of the Global Plastics Associations for Solutions on Marine Litter. Progress Report, Dezember 2012. Siehe auch: <http://www.marinelittersolutions.eu/>
- 15 Das Prinzip besagt, dass der Produzent oder Vertreiber die Verantwortung für die Auswirkungen seines Produkts auf die Umwelt übernimmt, und zwar über den gesamten Lebenszyklus von der Entwicklung bis zur Entsorgung.
- 16 Tellus (2009): Electris C., Raskin P., Rosen R., Stutz J.: The Century Ahead: Four Global Scenarios. Technical Documentation. Tellus Institute, 2009. <http://www.tellus.org/publications/files/TheCenturyAheadTechDoc.pdf>
- 17 Interwies et al. (2013): Interwies E., Görlitz S. (InterSus – Sustainability Services), Stöfen A. (University of Trier), Cools J., van Breusegem W. (Milieu), Werner S. (UBA), de Vrees L. (COM): Issue Paper to the „International Conference on Prevention and Management of Marine Litter in European Seas“. Final Version, 16th May 2013. Im Internet: http://www.marine-litter-conference-berlin.info/userfiles/file/Issue%20Paper_Final%20Version.pdf
- 18 Lechner et al. (2014): Lechner A., Keckeis H., Lumesberger-Loisl F., Zens B., Krusch R., Tritthart M., Glas M., Schludermann E.: The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. Environmental Pollution 188 (2014) 177–181. Im Internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749114000475/pdf?md5=ed81c3d10349bab5f149358ac081b003&pid=1-s2.0-S0269749114000475-main.pdf>
- 19 Lattin et al. (2004): Lattin, G.L., Moore, C.J., Zellers, A.F., Moore, S.L., Weisberg, S.B., 2004. A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. Mar. Pollut. Bull. 49, 291–294. Zit. in Lechner et al. (2014), vgl. Fn. 18
- 20 BiPRO (2012): BiPRO Beratungsgesellschaft für integrierte Problemlösungen: Screening of waste management performance of EU Member States. Report submitted under the EC project „Support to Member States in improving waste management based on assessment of Member States' performance“. Report prepared for the European Commission, DG ENV, July 2012. Im Internet: http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/Screening_report.pdf
- 21 UNEP (2009a): Guidelines on the Use of Market-based Instruments to Address the Problem of Marine Litter. Report commissioned by the United Nations Environment Programme, April 2009. Im Internet: http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/Economic_Instruments_and_Marine_Litter.pdf
- 22 Umweltbundesamt (2013): Plastiktüten. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/4453.pdf>
- 23 Lahl et al. (2012): Lahl U., Zeschmar-Lahl B.: Verbesserung des stofflichen Recyclings mittels REACH. Müll-Handbuch Kz. 0145, Lfg. 3, 2012. Im Internet: <http://www.muellhandbuchdigital.de/pos/1751/dokument.html>
- 24 Michel (2004): Michel K.: Biologisch abbaubare Werkstoffe. Stand der Forschung und Entwicklung zur Anwendung bioabbaubarer Verpackungsmaterialien. Semesterarbeit an der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit ABB Turbo Systems AG und Seed Sustainability, 2004. Im Internet: http://www.seed.ethz.ch/assets/doks/alt/ABB_2005-6-17_31_Michel_SA_BAW_public.pdf
- 25 Die sogenannten oxo-abbaubaren Kunststoffe erfüllen diese Anforderung allerdings nicht. Diese enthalten Additive, meist auf Metallbasis (Kobalt, Mangan, Eisen, Zink), die die Oxidation und den Abbau der Polymerketten, besonders unter Wärme und bei Anwesenheit von Sauerstoff, beschleunigen. „Welche Auswirkungen die Rückstände aus oxo-biologischen Abbauprozessen jedoch haben, ist unklar [...]. Oxo-abbaubare Kunststoffe könnten die Menge der Kunststoff-Mikropartikel, die in die Meeresumwelt gelangen, noch erhöhen und somit das Risiko des Verschluckens durch Tiere erheblich erhöhen [...]“, so die Europäische Kommission (2013), vgl. Fn. 6.
- 26 Einige dieser Standards – z.B. ASTM ASTM D5437-93 Practice for Weathering of Plastics Under Marine Floating Exposure (Withdrawn 1999) oder ASTM D5247-92 Standard Test Method for Determining the Aerobic Biodegradability of Degradable Plastics by Specific Microorganisms (Withdrawn 2004) – wurden allerdings wieder zurückgezogen.
- 27 ASTM (2005): ASTM D7081 – 05 Standard Specification for Non-Floating Biodegradable Plastics in the Marine Environment. Active Standard ASTM D7081 | Developed by Subcommittee: D20.96. Im Internet: <http://www.astm.org/Standards/D7081.htm>
- 28 „7. The package of any preceding claim, wherein the package disintegrates into pieces sufficiently small to pass through a one millimeter sieve, within 18 months after first and continuous exposure to water and sealant-degrading microorganisms.“ [Procter & Gamble (2011) [siehe Fn. 29], hier EP 2635626 A1]
- 29 Procter & Gamble (2011): The Procter & Gamble Company: Degradable sachets for developing markets. CA 2816680 A1, CN103201323 A, CA2816680A1, EP2635626A1, US20120107534, WO2012061482A1, jeweils eingetragen am 2. November 2011. <http://www.google.com/patents/CN103201323A?hl=de&cl=en>
- 30 CONSULTIC (2010): CONSULTIC Marketing & Industrieberatung GmbH: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2009 – Kurzfassung. Im Internet: http://www.bvse.de/pdf/oeffentlich/Kunststoff/101013-Kurzversion_September_2010.pdf
- 31 Kennedy (2012): Simon Kennedy: Middle Class in Emerging Markets Means Growth: Cutting Research. 2012-10-18 T23:01:00Z: „That's the forecast of Karen Ward and Frederic Neumann, economists at HSBC Holdings Plc. Their analysis is based on the estimate that almost 3 billion people, or more than 40 percent of today's population, will join the world's middle class by 2050 – defined as earning between \$3,000 and \$15,000 a year.“. Im Internet: <http://www.bloomberg.com/news/2012-10-18/middle-class-in-emerging-markets-means-growth-cutting-research.html>

Kontakt:

Dr. Barbara Zeschmar-Lahl

BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH
Lindenstr. 33 · D-28876 Oyten
Tel. 04207.699 838
eMail: bzl@bzl-gmbh.de · Internet: www.bzl-gmbh.de

Prof. (apl.) Dr. rer. nat. habil. Uwe Lahl

Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR
Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
Franziska-Braun-Straße 7 · D-64287 Darmstadt
Tel: +49 6151 163 748
eMail: U.Lahl@iwar.tu-darmstadt.de
Internet: www.iwar.tu-darmstadt.de/sur

Anzeige

Fachtagung

Ressourcenschonung – von der Idee zum Handeln 29. bis 30. April 2014

Da die Teilnehmer/Innenanzahl begrenzt ist, wird eine baldige Anmeldung empfohlen.



Haus der Industrie, – Großer Festsaal
Schwarzenbergplatz 4, A-1031 Wien,
<http://www.re-source2014.at/>