

Verstärkte Gletscherschmelze, steigende Meeresspiegel, extremere Niederschlagsintensitäten, zunehmende Wetterextreme sind Folgen des Klimawandels. Rauchende Schornsteine, Waldrodung, extensive Viehwirtschaft, dies sind Dinge, die wir unmittelbar für die globale Erwärmung verantwortlich machen. Aber was ist mit dem Müll, den wir täglich produzieren? Nach gesetzlicher Interpretation definiert sich Abfall in Deutschland als »alle beweglichen Sachen, [...] deren sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss.« (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz). Municipal Solid Waste (MSW) beschreibt direkten Müll, der in jedem Haushalt anfällt. Dies schließt Industriemüll, Gefahrenstoffe oder Bauschutt nicht mit ein, sondern beinhaltet ausschließlich das, was wir im Haushalt täglich wegwerfen. Jeder Deutsche produzierte im Jahr 2009 durchschnittlich 587 kg Müll (vgl. United Nations Statistics Division 2011). Den größten Anteil daran hat der Haus- und Sperrmüll (44%), danach kommen Wertstoffe (32%) und organische Abfälle, die knapp ein Viertel der von uns verursachten Abfälle ausmachen (vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011).

Jeder EU-Bürger wirft nach einem jüngsten Statement von EU-Kommissar John Dalli durchschnittlich 179 kg Lebensmittel pro Jahr weg, 42% davon werden im Haushalt verschwendet (vgl. Handelsblatt 2011). Damit landen jedes Jahr für jeden Bundesbürger Lebensmittel im Wert von 330 Euro im Müll – eine Menge, die ausreicht, das Berliner Olympiastadion 14 Tage lang jeden Tag zu füllen (vgl. Tagesspiegel 2011). Der WWF gibt an, dass ein Drittel aller erzeugten Lebensmittel auf dem Weg zwischen Landwirt und Verbraucher im Müll landet – diese Lebensmittel finden erst gar nicht den Weg in den Haushalt. Eine kurze Unterbrechung der Kühlkette, unsachgemäßer Transport oder ein nahendes Mindesthaltbarkeitsdatum lassen aus genießbaren Lebensmitteln Müll werden (vgl. World Wide Fund 2011).

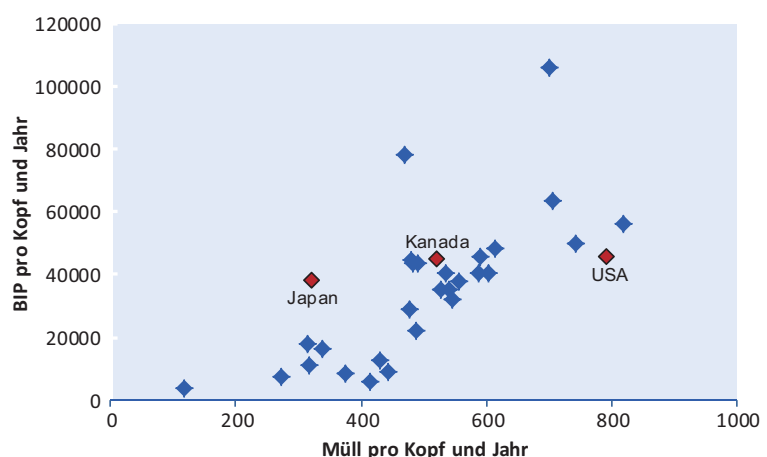
Auch international sehen die Statistiken wenig erfreulich aus: Nach Angaben der U.S. Environmental Protection Agency (EPA) produzieren die USA rund 790 kg an Hausmüll pro Kopf jedes Jahr. Damit sind sie weltweit Spitzenreiter in der Müllproduktion pro Kopf unter den Flächenstaaten dieser Erde. Nur knapp ein Drittel dieser Menge wird recycelt und verbleibt so im Verbraucherzyklus. Abbildung 1 zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen der Höhe des Bruttoinlandsprodukts pro Kopf und der häuslichen Müllproduktion: Je höher das BIP pro Kopf, desto mehr häuslicher Müll wird produziert. Interessant ist der Vergleich zwischen den USA und Japan: Beide Länder wiesen ein ähnlich hohes BIP pro Kopf aus, jedoch war die urbane Müllproduktion in Nordamerika mehr

als doppelt so hoch als in Japan. Mögliche Gründe liegen in einem geringeren Umweltbewusstsein der Amerikaner verglichen mit dem Rest der Welt und einer gewissen »Wegwerf-Mentalität«. Abbildung 2 illustriert die internationale Hausmüllproduktion pro Kopf. Die klassischen Industriestaaten produzieren mit Abstand den meisten Müll, obwohl die Schwellenländer aufholen: Angaben für China reichen von 118 kg pro Kopf für das Jahr 2009 (vgl. United Nations Statistics Division 2011) bis zu 440 kg für das Jahr 1998 (vgl. Suo Cheng et al. 2001).

In der westlichen Welt ist Müll nur am Rande ein täglicher Bestandteil unseres Lebens: Wir trennen im besten Fall unseren Müll, bringen ihn zur Mülltonne und können zusehen, wie diese in regelmäßigen Abständen abgeholt wird. In Entwicklungs- und Schwellenländern wie Indien und China landet der Abfall regelmäßig in Flüssen, im Meer und an Wegesrändern. Nur ein geringer Anteil wird unschädlich gemacht, der Rest stellt damit eine massive Gesundheitsgefahr für Mensch und Tier dar. Müll in Entwicklungsländern weist andere Charakteristika auf als der in Industrieländern: Er ist dichter, einzelne Partikel sind im Durchschnitt kleiner, er enthält mehr Feuchtigkeit und organische Stoffe wie Essensabfälle. Dies führt in Regionen mit hohen Temperaturen und Luftfeuchtigkeit zu schnelleren Zersetzungsraten. Je schneller sich Müll zersetzt, desto mehr Treibhausgas werden freigesetzt. Steigende Urbanisierungsraten verschlimmern das Problem: Eine hohe Bevölkerungsdichte erschwert eine angemessene Abfallentsorgung durch die Kommune, diese kann mit der Abfallentwicklung kaum mithalten (vgl. Zerbock 2003).

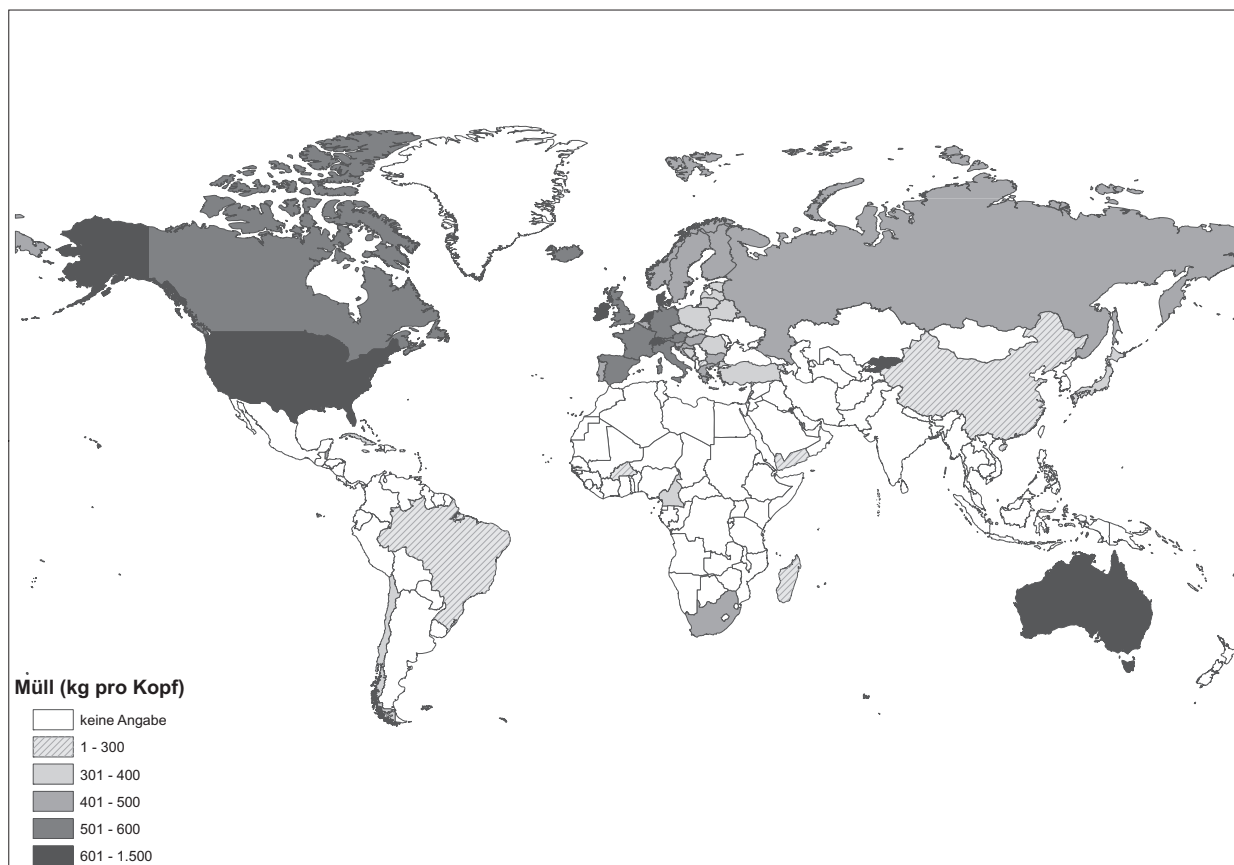
Wegen fehlender Mülllagerstätten wird der Mülltransport länger, teurer und weniger effizient. Je mehr Müll produziert wird, desto mehr Müll muss auch entsorgt werden. Da-

Abb. 1
Zusammenhang zwischen Hausmüllproduktion und Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2009



Quelle: OECD Database (2011); World Bank (2011).

Abb. 2
Müllproduktion 2009



Aufgrund fehlender Werte wurden für Australien, Brasilien, Russland, Kanada und Japan die Daten für 2007 bzw. 2008 verwendet.

Quelle: United Nations Statistics Division (2011); OECD Factbook (2010); Statistics Bureau Japan (2008); Statistics Canada (2010); Hyder Consulting (2009).

für gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die offensichtlichste ist die Müllhalde. Diese hat jedoch zahlreiche Nachteile: Sie vergiftet die Umwelt direkt über Wasser, Luft und Erde. In Deutschland und anderen Industriestaaten sind Deponien gesetzlich streng reglementiert, in Entwicklungsländern unterliegen sie jedoch kaum Vorschriften und haben so eine verheerende Wirkung: Durch Feuchtigkeit und Regen zersetzt sich der Müll, gefährliche Stoffe wie Chemikalien werden freigesetzt. Diese gelangen in das Grundwasser, senken dessen Qualität und schädigen so den Mensch und die Umwelt. Besonders Plastikmüll und andere sich langsam zersetzende Stoffe verbleiben in der Umwelt, werden über Flüsse in die Meere gespült, füllen die Mägen von Meerestieren und Vögeln, die anschließend verhungern. Die Algenproduktion steigt, die Artenvielfalt geht zurück, kurz: Das ökologische Gleichgewicht der Natur wird gestört. Darüber hinaus verstopft Müll an Land Abflüsse und legt sich über den Boden, so dass Hochwasserereignisse sich häufen, da das auftretende Wasser nicht mehr in den Boden sickern kann. Existieren große Mülllagerstätten, steigt das

Risiko eines Brandes, der enorme Mengen an Giftstoffen freisetzt.

Mülldeponien haben aufgrund von Emissionen auch einen direkten negativen Effekt auf das Klima. Vergleicht man verschiedene Optionen, Küchen- und Gartenabfällen zu entsorgen, hat eine Lagerung auf der Deponie deutlich negative Effekte (vgl. EU 2011). Eine Tonne Garten- und Küchenabfälle erzeugt bei der offenen Zersetzung auf einer Mülldeponie fast 1,2 Tonnen CO₂-äquivalentes Gas. Angesichts dieser Gefahren rief die EU schon 1999 die EU Landfill Directive aus, um die negativen Umweltwirkungen von Mülldeponien zu verringern. Dazu wurden einige technische Richtlinien – z.B. Vorschriften, welcher Müll wie gelagert werden muss, und welche Art Müll überhaupt in Deponien gelagert werden darf – festgeschrieben, denen Mülldeponien unterliegen sollen.

Weitere Möglichkeiten, mit Müll umzugehen, sind das Recycling von Abfällen und die Energiegewinnung aus Müll.

Diese beiden Optionen nutzen den anfallenden Müll weiter und haben deswegen Vorteile gegenüber der bloßen Lagerung. Recycling reduziert die Verschmutzung von Luft und Wasser durch die Herstellung neuer Produkte aus bereits genutzten Rohstoffen und senkt den CO₂-Ausstoß. Mülltrennung sorgt dafür, dass die wiederverwertbaren Anteile des Mülls, getrennt von nicht nutzbaren Teilen, erhalten bleiben. Die Vereinigten Staaten verursachten 2008 etwa 250 Mill. Tonnen Müll, von denen 83 Mill. Tonnen recycelt wurden. Das heißt rund ein Drittel der täglichen Müllproduktion von 2,1 kg wurde recycelt und kompostiert. Dadurch wurden 182 Mill. Tonnen an CO₂ eingespart, was den gleichen Effekt hat, wie 33 Mill. Autos von den Straßen zu nehmen. Zum Vergleich: Auf Amerikas Straßen finden sich geschätzte 250 Mill. Autos. Rund 32 Mill. Tonnen Hausmüll wurden zur Energiegewinnung verbrannt, das entspricht 12,7% allen US-Hausmülls, der produziert wird (vgl. United States Environmental Protection Agency 2009).

Ein anderer Weg, Müll zu verwerten, ist die Energiegewinnung. Dies geschieht meist durch Verbrennung und der Nutzung von Dampfgeneratoren oder durch Vergärung. In Müll sind riesige Mengen Energie gespeichert, die durch die Verbrennung nutzbar gemacht werden. Problematisch ist diese Methode, da durch Verbrennung nicht nur Energie und Emissionen, sondern auch Chemikalien freigesetzt werden. Der Ausstoß dieser Schadstoffe konnte jedoch in den letzten Jahren dank moderner Filtersysteme und eines ausgeklügelten Verbrennungskonzepts entscheidend reduziert werden, so dass z.B. der Dioxinausstoß unter nationale Grenzwerte gesenkt werden konnte. Japan ist der weltweite Vorreiter bezüglich der Energiegewinnung durch Müllverbrennung: Während in Deutschland im Jahr 2006 39% des Mülls zur Energiegewinnung verbrannt wurden, waren es in Japan im selben Jahr fast 80% (vgl. Focus 2011). Durch Vergärung organischer Stoffe, beispielsweise Biomüll oder eigens hierfür angebaute Energiepflanzen, kann Biogas hergestellt werden: Dieses »Abfallprodukt« dient der Erzeugung elektrischer Energie, zum Betrieb von Fahrzeugen oder kann nach entsprechender Aufbereitung in ein Gasversorgungsnetz einspeist werden.

Die European Energy Agency veröffentlichte im Frühjahr 2011 einen Bericht, in dem sie mit Hilfe eines Life-Cycle-Ansatzes auf die vermeidbaren Emissionen von Municipal Solid Waste eingeht (vgl. European Energy Agency 2011). Der Ansatz berücksichtigt alle Effekte, die durch die Müllbeseitigung erzeugt werden, d.h. auch potenzielle Effekte von Richtlinien und Methoden des Müllmanagements, und kann so Auswirkungen jeglicher Änderungen im Müllbeseitigungssystem auf andere Sektoren modellieren. Betrachtet wurden die EU sowie Norwegen und die Schweiz.

Dabei wurde zwischen zwei Arten von Treibhausgasemissionen unterschieden: Einerseits gibt es direkte Emissionen,

die aufgrund der Müllentsorgung entstehen. Darunter fallen z.B. Methan, das von Müllhalden erzeugt wird, oder CO₂-Emissionen von Transport, Verbrennungs- und Recyclinganlagen. Darüber hinaus gibt es die vermeidbaren Emissionen, die aufgrund von Ressourcenaufbereitung oder der verminderten Nutzung von neuen Rohstoffen in Folge der Aufbereitung eingespart werden. Schon eine Studie aus dem Jahr 2008 (vgl. European Energy Agency 2008) zeigt, dass durch entsprechende Maßnahmen bis 2020 Treibhausgasemissionen von rund 45 Mill. Tonnen vermieden werden könnten. Ein verbessertes Müllbeseitigungssystem in der EU seit dem Ende der 1990er Jahre hat bereits Wirkung gezeigt: Direkte Emissionen erreichten 2002 ihren Höchststand und verringern sich seither (vgl. European Energy Agency 2011). Dank vermehrtem Recycling und, zu geringerem Grade, der Nutzung von Müll für die Energieerzeugung konnten mehr und mehr Emissionen eingespart werden. Die Hauptfaktoren für diese Entwicklung sind verminderte Methanemissionen aus Mülldeponien und geringere direkte Emissionen durch Recycling. Dies ist hauptsächlich der EU Landfill Directive zuzuschreiben: Durch die geringere Lagerung von Müll auf Deponien wird weniger Methan freigesetzt. Gleichzeitig wird durch Recycling weniger Rohmaterial verbraucht. Dies führt zu verringerten Emissionen. Im besten Fall, bei einem kompletten Verbot der Lagerung von Municipal Solid Waste auf Deponien, könnten bis 2020 durch Nutzung von Müll 2 Mill. Tonnen Emissionen mehr eingespart werden, als direkt emittiert werden: Eine positive Klimabilanz wäre die Folge.

Literatur

- Akinbode, F. (2010), »Impact of Solid Waste on Health and the Environment«, Walden University, online verfügbar unter: http://www.slidefinder.net/a/app7akinbodef_pp2/17433681.
- Baldasare, A. (2011), »Municipal Solid Waste Management in Developing Countries«, online verfügbar unter: http://sai-dc.com/download/resources/waste_management_final.pdf.
- EU (1999), »Landfill directive«, online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:EN:NOT>.
- European Environment Agency (2008), »Better management of municipal waste will reduce greenhouse gas emissions«, EEA Briefing No 1/2008, online verfügbar unter: http://www.eea.europa.eu/publications/briefing_2008_1.
- European Environment Agency (2011), »Waste Opportunities. Past and Future Climate benefits from better municipal waste management in Europe«, online verfügbar unter: <http://www.eea.europa.eu/publications/waste-opportunities-84-past-and>.
- Eurostat (2011), »Abfallaufkommen (Tonnen, kg pro Person), letzte Aktualisierung: 31-08-2011«, online verfügbar unter: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupModifyTableLayout.do>.
- Focus (2011), »Entsorgung. Aus Abfall wird Strom«, online verfügbar unter: http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/klima/neue_technologien/entsorgung-aus-abfall-wird-strom_aid_380393.html.
- Handelsblatt (2011), »Verschwendung: 90 Millionen Tonnen Lebensmittel landen im Müll«, online verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/panorama/aus-aller-welt/90-millionen-tonnen-lebensmittel-landen-im-muell/4609258.html>.
- Johnke, B. (o.J.), »Emissions from waste incineration«, online verfügbar unter: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/5_3_Waste_Incineration.pdf.
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, zuletzt geändert am 11. August 2010, online verfügbar unter: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/krw-_abfg/gesamt.pdf.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011), »Umwelt – Aufkommen an Haushaltsabfällen, Umweltstatistik 2008«, online verfügbar unter: http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu4.asp.

Süddeutsche Zeitung (2011), »Lebensmittel als Energie-Erzeuger. Aus Müll Geld machen«, online verfügbar unter: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/lebensmittel-als-energie-erzeuger-aus-muell-geld-machen-1.1012508>.

Suocheng, D., K.W. Tong und W. Yuping (2001), »Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem«, *Utilities Policy* 10, 7–11.

Tagesspiegel (2011), »Lebensmittel : Die große Verschwendung«, online verfügbar unter: <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/die-grosse-verschwendung-jedes-jahr-landen-in-deutschland-rund/4621036.html>.

United Nations Statistics Division (2011), »Environmental Indicators: Waste«, online verfügbar unter: <http://unstats.un.org/unsd/environment/municipalwaste.htm>.

United States Environmental Protection Agency (2009), »Municipal Solid Waste Generation, Recycling and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2008«, online verfügbar unter: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw2008rpt.pdf>.

World Bank (2005), »Waste Management in China: Issues and Recommendations«, Urban Development Working Papers, East Asia Infrastructure Department, Working Paper No. 9.

World Wide Fund (2011), »Vom Acker in den Abfall: Ein Drittel der Lebensmittel landet im Müll«, online verfügbar unter: http://www.wwf.de/presse/details/news/vom_acker_in_den_abfall_ein_drittel_der_lebensmittel_landet_im_muell/.

Zerbock, O. (2003), »Urban Solid Waste Management: Waste Reduction in Developing Nations«, online verfügbar unter: http://www.cee.mtu.edu/sustainable_engineering/resources/technical/Waste_reduction_and_incineration_FINAL.pdf.

Zhang, D.Q., S.K. Tan und R.M. Gersberg (2010), »Municipal Solid Waste Management in China: Status, Problems and Challenges«, *Journal of Environmental Management* 91(1), 623–633.