



Rat für
NACHHALTIGE
Entwicklung



Ressourcenmanagement und Siedlungsabfallwirtschaft

Challenger Report für den
Rat für Nachhaltige Entwicklung



Ressourcenmanagement und Siedlungsabfallwirtschaft

Challenger Report für den
Rat für Nachhaltige Entwicklung

Ressourcenmanagement und Siedlungsabfallwirtschaft
Challenger Report für den Rat für Nachhaltige Entwicklung

Autor: Dr. Henning Friege
N3 Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner

Oktober 2014

Inhaltsverzeichnis

1. Warum ein „Challenger Report“?	4
2. Abfallwirtschaft: Viele Schritte nach vorn ... und jetzt?	7
3. Die Abfallwirtschaft heute und morgen: Neue Herausforderungen	9
4. Von der Abfallwirtschaft zum Management von Stoffströmen	26
Auf einen Blick: Die Herausforderungen	32
5. Prioritäre Stoffe und bevorzugte Verwertungswege	34
6. Ansatzpunkte für nachhaltiges Ressourcenmanagement	40
7. Instrumente	47
Fazit: Die Herausforderungen angehen	57
8. Schlussbemerkung: Was heute zu tun ist	60
Glossar	62

→ [Link zum Glossar](#)

1. Warum ein „Challenger Report“?

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung hat sich in früheren Jahren bereits intensiv mit der notwendigen Verringerung des Ressourcenverbrauchs und den Möglichkeiten auseinandergesetzt, Abfälle als Quelle neuer Ressourcen zu nutzen.¹ Seine Vision ist es, Deutschland zu einem „Rohstoffland“ zu machen. Dieser Ansatz weist nicht nur den ökologisch richtigen Weg, sondern ist auch wegen der Knappheit Europas an wichtigen Rohstoffen ökonomisch von hoher Bedeutung: Je mehr unsere technisch hoch entwickelte Industrie auf Sekundärrohstoffe zurückgreifen kann, desto unabhängiger wird die Rohstoffversorgung von geostrategischen Risiken.

Die Bundesregierung hat in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie ein wichtiges Ziel für den Ressourcenverbrauch gesetzt, nämlich die Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln – das heißt: für die Herstellung der gleichen Menge an Gütern nur halb so viel Rohstoffe einzusetzen. Die Diskussion in Deutschland und Europa über die künftige Ressourcenstrategie und die Rolle der Abfallwirtschaft im Rahmen dieser Strategie nimmt Fahrt auf. Dabei gibt es zwar viele einzelne Ansätze, aber kaum durchgängige Konzepte, die im Sinne nachhaltiger Entwicklung das Management von stofflichen Ressourcen, Abfällen und Energie verbinden. Die Aufmerksamkeit der Medien gilt mal seltenen Mineralien, die Europa importieren muss, mal Plastikmüll in Ozeanen, mal kritischen Stoffen in Recyclingmaterial, das dann für Verbraucher gefährlich werden könnte. All dies sind unterschiedliche Facetten einer für Politiker wie Verbraucher nicht übersehbaren globalen Stoffwirtschaft. Politische Debatten über Entsorgungsfragen enden häufig mit der Forderung nach der Verschärfung vorhandener oder dem Erlass neuer Verwertungsquoten. Auf der anderen Seite ist eine Tendenz zum „Downcycling“, also einer Nutzung zurückgewonnener Materialien für minderwertige Produkte, festzustellen. Der Vorsitzende des Umwelt-Sachverständigenrates kritisierte kürzlich mangelnde Anstrengungen zur Reduzierung der Abfallströme.

Abfallwirtschaft scheint einfach: Wenn man etwas nicht wegwirft, dann wird „Abfall vermieden“. Hinter einer individuellen Entscheidung, ein Produkt länger zu nutzen, anstatt es zu entsorgen, stecken komplizierte sozioökonomische Zusammenhänge, die von einer großen Zahl von Rahmenbedingungen beeinflusst werden. Steckt man etwas in die „richtige“ gelbe, braune, blaue ... Mülltonne, „wird Abfall verwertet“. Doch der Weg vom gebrauchten Produkt zu (Sekundär-)Rohstoffen ist nicht einfacher als der Weg von den Rohstoffen zum Produkt. Die Verwertung eines Abfalls ist eine technologische Herausforderung und stellt ökonomisch gesehen sowohl Chance wie Risiko

1 Wie Deutschland zum Rohstoffland wird. Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung an die Bundesregierung, Texte Nr. 39, Berlin 2011

dar, abhängig von aktuellen Marktpreisen, Produktnormen und staatlichen Vorgaben. Abfallwirtschaft ist eben nicht einfach!

Überlegungen zu einer nachhaltig orientierten Ressourcenwirtschaft erfordern eine Analyse unserer heutigen Organisation von Abfallwirtschaft und deren Optimierung im Zusammenhang mit der Produktgestaltung. „Denn jedem Anfang wohnt ein Zauber inne“, heißt es bei Hermann Hesse über menschliche Beziehungen. Für Produkte gilt: Jedem Anfang wohnt der Abfall inne, denn bei der Herstellung wird dem Produkt sein „Schicksal“ nach Gebrauch mit auf den Weg gegeben. Dieses „Schicksal“ wird durch Haltbarkeit, geplante Nutzungsdauer, Erkennbarkeit in Abfallgemischen, Zusammensetzung, Möglichkeit der Zerlegung, Abbaubarkeit, Heizwert usw. beeinflusst. Dabei stoßen wir auf eine Reihe von Herausforderungen:

- Verbindung des Produktdesigns mit den Möglichkeiten der Abfallwirtschaft als Voraussetzung für nachhaltiges Ressourcenmanagement.
- Bewertung unterschiedlicher abfallwirtschaftlicher Optionen für ein Produkt oder ein Abfallgemisch, da die gesetzlichen Prioritäten, z. B. „Wiederverwendung vor Wiederverwertung“ oder „Stoffliche Verwertung vor energetischer Nutzung“, auch nach der Abfallrahmen-Richtlinie im Einzelfall umkehrbar sind.
- Das „Was, Wo und Wie“ der Abfallverwertung, da das „Schließen von Kreisläufen“ auch zum Verschleppen kritischer Stoffe in neue Produkte führen kann.

Deutschland ist keine Insel: Die europäische Rechtsetzung und der globale Handel müssen bei Überlegungen zum Ressourcenmanagement beachtet werden. Die Rückgewinnung von Ressourcen aus den weltweit zunehmenden Abfallströmen ist eine Herausforderung auch für einschlägige Industriebranchen: Sie entwickeln entsprechende Anlagen zur Sortierung sowie stofflichen, energetischen oder biologischen Verwertung und treiben durch Innovationen die Gewinnung von Sekundärrohstoffen voran. Die Bundesregierung hat diesen Aspekt in ihre Ressourcenstrategie als Teil des Ressourceneffizienzprogramms (ProgRes) aufgenommen.² Es ist hier nicht der Platz, auf die Risiken und Chancen des Ressourcenschutzes weltweit einzugehen. Insoweit wird auf die Initiative „Sustaining consumption and production by doubling yearly rates of domestic resource efficiency“ des Rates für Nachhaltige Entwicklung an die Bundesregierung³ verwiesen.

In diesem Challenger Report werden Wurzeln erkennbarer Defizite der Siedlungsabfallwirtschaft, das sind die häuslichen Abfälle und die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle,

² Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes)“, Berlin 2012

³ http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/20140129_German_RNE_on_SDG.pdf

und deren Regelung analysiert. Die produktionsbedingten Abfälle sind nicht Thema des Reports. Danach werden Schritte zu einer Verschränkung mit dem nachhaltigen Management von Ressourcen aufgezeigt.

Nachhaltige Abfallwirtschaft heißt nicht, die ökologischen Ziele obenan zu stellen, sondern diese mit volkswirtschaftlichen Chancen und Risiken sowie sozialen Belangen ins Verhältnis zu setzen und insgesamt zu optimieren.⁴ Deutschland kann viele Themen bei Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft nur im europäischen Kontext angehen.⁵ Daher besteht die Chance, für die noch am Anfang befindliche „Ressourcenstrategie“ der EU Zeichen zu setzen und die weitere politische Richtung zu prägen. In diesem Challenger Report geht es um ein Grundverständnis für den Aufbau des Ressourcenmanagements und Vorschläge für heute notwendige und realisierbare Schritte auf der Basis nachhaltigen Denkens.

⁴ <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/nachhaltigkeit/>

⁵ Wesentliche EU-Richtlinien bzw. Veröffentlichungen in diesem Zusammenhang:

- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and the Council of 19 November 2008 on Waste and repealing certain Directives; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:EN:PDF>
- Projekt zur Überarbeitung abfallwirtschaftlicher Ziele; <http://www.wastetargetsreview.eu/>
- European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011)571; http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm
- European Commission (2008): Communication on the Raw Materials Initiative “Meeting our critical needs for growth and jobs in Europe” – COM (2008) 699
- European Commission (2011): Review of the Thematic Strategy on waste prevention and recycling

2. Abfallwirtschaft: Viele Schritte nach vorn ... und jetzt?

Ein Blick zurück: Vor 40 Jahren bestand für die Bundesrepublik Deutschland die Herausforderung darin, eine zutiefst umweltschädliche Müllbeseitigung zu beenden und erste Schritte zur Wiederverwertung von Abfällen zu unternehmen: Etwa 10.000 Deponien nahmen unsortierten Müll aller Art auf. Sonderabfälle wurden mit Hausmüll vermischt abgelagert und führten zu gravierenden Grundwasserschäden. Explosive Deponiegaskonzentrationen bedrohten in einigen Fällen sogar benachbarte Siedlungen. Nach der Schließung der meisten Deponien, dem Start des Recyclings von Papier und Glas und der Verringerung der Menge industrieller Abfälle bestand die Herausforderung vor 20 Jahren darin, die Ablagerung abbaubarer (= reaktiver) Abfälle gänzlich einzustellen und das Recycling von Wertstoffen systematisch auszubauen. Mit dem 1. Juni 2005 endete in Deutschland die Ablagerung von Hausmüll auf Deponien. Müllverbrennungsanlagen (MVA) sowie mechanisch-biologische Anlagen (MBA) dienen heute der Vorbehandlung von Abfällen mit dem Ziel, nur noch inertes Material zu erzeugen, damit in Deponien keine umweltschädlichen Emissionen mehr entstehen. Mit der Verantwortung der Hersteller für die Abfallphase ihrer Produkte („extended producer responsibility“⁶) wurde – beginnend mit Verpackungen – ein Instrument eingeführt, von dem man sich eine Verbesserung der Wertstoffeffizienz, eine Verringerung der Abfallmengen sowie eine Veränderung des Produktdesigns in Richtung auf Wiederverwertbarkeit verspricht.

Einige Zahlen machen deutlich, wie die damaligen Herausforderungen gemeistert wurden:

- Die Altpapiererfassung stieg von 4,8 Mio. t (1990) auf 14 Mio. t (2007); während 1990 damit noch weniger als 50 % des Altpapiers getrennt gesammelt wurden, sind es heute weit über 80%.⁷
- Die Recyclingquote für mineralische (Bau-)Abfälle stieg von 1995 bis 2005 von etwa 50 % auf knapp 90%.⁸
- Die Behandlung von Siedlungsabfällen in Deutschland führte 1990 zu über 25 Mio. t Emissionen an CO₂-Äquivalenten. Das Umweltministerium stellte fest, dass schon im Jahr 2005 die Bilanz positiv war: Es wurden ca. 4,5 Mio. t durch stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen vermieden und damit die Klimabilanz entlastet.⁹

⁶ Überblick über die Entwicklung von EPR bei R. Lifset, A. Atasu, N. Tojo: „Extended Producer Responsibility – National, International, and Practical Perspectives“, J. Ind. Ecology 17 (2), 162–166 und Themenheft des Journals for Industrial Ecology

⁷ B. Bilitewski, Th. Krüger: „Grenzen des Altpapierrecyclings“, Vortrag, Nordhausen 2010

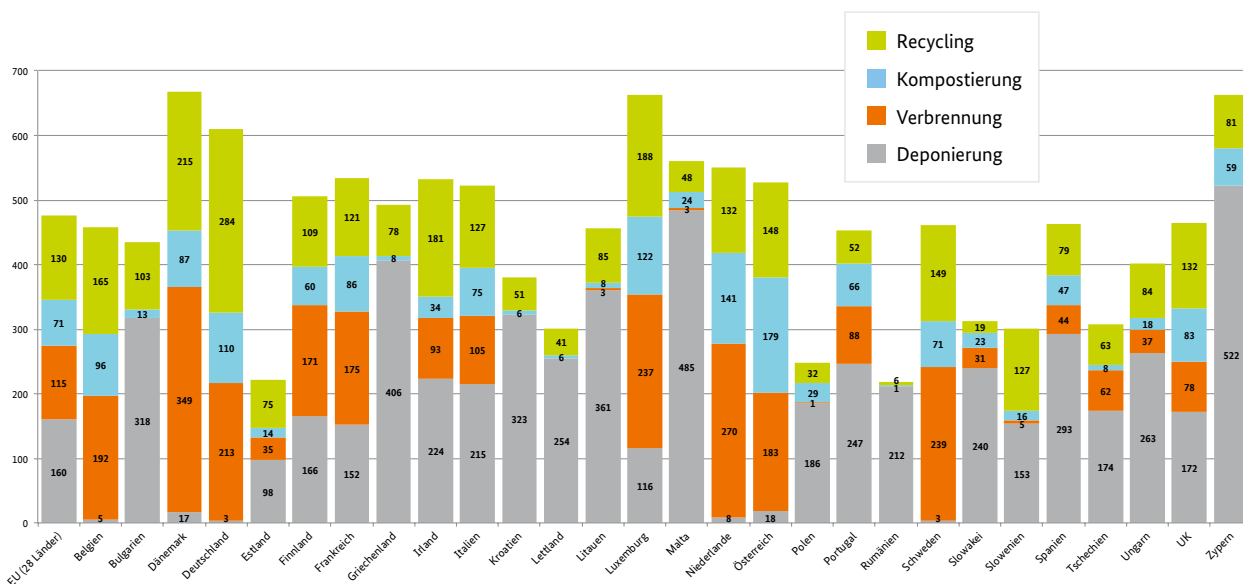
⁸ <http://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/arge-kreislaufwirtschaftstraeger-bau.html>

⁹ BMUNR: „Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland“, UMWELT 10/2004, I–XXIV

Ähnliche Entwicklungen wie in Deutschland sind u. a. auch in den Niederlanden, Skandinavien und der Schweiz zu verzeichnen. Im Durchschnitt liegen die Mitgliedsländer der EU allerdings noch deutlich zurück. Die folgende Grafik zeigt, dass

- in den neuen Mitgliedstaaten und Südeuropa ein hoher Anteil an Siedlungsabfällen deponiert wird,
- Länder mit hohem Anteil an energetischer Verwertung auch vergleichsweise hohe stoffliche Verwertung praktizieren.

Aufkommen und Behandlung von Siedlungsabfällen (in kg pro Einwohner)



Daten: EUROSTAT 2012

Die zeitlichen Vorgaben der EU für den „Ausstieg“ aus der Hausmülldeponierung¹⁰ werden in vielen Ländern nicht erreicht. Das bedeutet weiterhin enorme Emissionen von Treibhausgasen aus den Deponien.

¹⁰ Die Reduzierungsziele liegen lt. Landfill Directive bezogen auf das Basisjahr 1995 bei -25% bis 2006, -50% bis 2009 bzw. -65% bis 2016 für alle abbaubaren Abfälle. Alle süd- und osteuropäischen Länder sowie Irland deponieren mind. 50% ihres Siedlungsabfalls (EEA: Managing municipal solid waste (2013)).

3. Die Abfallwirtschaft heute und morgen: Neue Herausforderungen

Die Herausforderungen für Abfallwirtschaft wachsen – allein schon, was die Mengen betrifft: Boomende Volkswirtschaften produzieren mehr Abfälle als Länder mit wesentlich geringerem Durchschnittseinkommen, z.B. 0,65 kg Abfall pro Person und Tag in Afrika gegenüber 2,2 kg Abfall in den OECD-Ländern. Während in den OECD-Ländern die gesamte erzeugte Abfallmenge in etwa konstant bleiben wird, verdoppelt sich bis 2025 die Menge der Abfälle weltweit von 3,5 auf 6,1 Mio. t pro Tag.¹¹ Nachhaltige Entwicklung bei steigendem Wohlstand wird vor allem in den heutigen Schwellenländern nicht mit Konsumverzicht erreicht werden. Die Chance besteht jedoch, Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Dafür gibt es mehrere Wege:

- effizienterer Einsatz von Rohstoffen in Produktion und Produkten,
- Wiederverwertung von Abfällen,
- längere Nutzungsdauer von Gütern,
- Nutzungsintensivierung, z. B. Gebrauch durch mehr Menschen im gleichen Zeitraum.

Die letzten beiden Wege bedeuten im Wortsinne, dass Abfall vermieden wird.

Abfallverwertung: Schein und Sein

Die Verwertung von Abfällen spielt in Deutschland bereits eine große Rolle. Allerdings sagen die „Quoten“ oder „Recyclingraten“ wenig darüber aus, was verwertet wird, und nichts darüber, wie die zurückgewonnenen Wertstoffe wieder eingesetzt werden. Die Abfallrahmenrichtlinie kennt mehrere Bezugsgrößen für Recyclingquoten.¹² Die Bundesregierung bezieht Recyclingdaten auf die Summe der Siedlungsabfälle. Für die Berechnung der Quote wird die Menge der in eine „endgültige“ Recyclinganlage verbrachten Abfälle herangezogen. „Endgültige“ Anlagen sind z. B. solche zur Papiersortierung, Verpackungssortierung, Kompostierung, nicht aber Anlagen zur energetischen Verwertung. Die Kennzahl für die „stoffliche Verwertung“ ist also eine Input-Größe. Für 2009 errechnete die Bundesregierung eine Recyclingquote von 63 %. Das Abfallrecht (KrWG) gibt eine zukünftige Gesamtverwertungsquote von 65 % vor, die angesichts dieser statistischen Basis leicht zu übertreffen sein dürfte. Die Deutsche Gesellschaft für

¹¹ D. Hoornweg, P. Bhada-Tata: What a Waste (Hrsg.: World Bank), Washington D.C. 2012

¹² Working Paper „Establishing rules and calculation methods for verifying compliance with the targets set in Article 11 (2) of Directive 2008/98/EC“, 22.11.2010 eingereicht beim TAC

Abfallwirtschaft (DGAW) berücksichtigt dagegen Verluste in den Sortieranlagen und sieht eine Recyclingquote von nur 31 bis 41 % als realistisch an.¹³

- Bei einigen getrennt gesammelten Abfallfraktionen gibt es starke Verunreinigungen durch Hausmüll oder sonstige fehlerhafte Befüllung („Fehlwürfe“). Vor allem in der „Gelben Tonne“ für Leichtverpackungen (LVP) finden sich im Durchschnitt 35 %, in Großstädten bis zu 50 % Fehlwürfe.¹⁴ Dies stört den folgenden Sortierprozess erheblich. Die Ausbeute an stofflich verwertbarem Material liegt bei Sortieranlagen für LVP deutlich unter 50%.¹⁵
- Kunststoffgemische aus Sortieranlagen können häufig nicht stofflich verwertet werden. Der Anteil der stofflichen Verwertung von Plastikabfällen (ohne Produktionsabfälle) liegt bei etwa 12%.¹⁶ Der größte Teil wird direkt in Müllverbrennungsanlagen (MVA) oder nach Sortierung in Zementöfen energetisch genutzt, ein etwa gleich großer Teil vor allem nach China exportiert, dessen Aufbereitung wir nicht kontrollieren können.
- Altpapier verliert bei jedem „Umlauf“ an Faserlänge. Da aber eine bestimmte minimale Faserlänge für die Stabilität des Papiers bzw. Kartons erforderlich ist, liegt der maximal erreichbare Sekundäranteil bei ca. 85 %, die infolge Verschmutzung real etwa 70 bis 80 % bezogen auf den Input erreicht. Bei Glas als anorganischem Material sind die Verluste in der Aufbereitung deutlich geringer.
- Aus der mechanischen Stufe mechanisch-biologischer Aufbereitungsanlagen (MBA) gewinnt man vor allem Metalle. Der größte Teil der übrigen Wertstoffe wie Kunststoffe oder Papier kann wegen Vermischung und Verunreinigung nur als Ersatzbrennstoff (EBS) Verwendung finden. Die fertigen „Komposte“ müssen wegen ihrer Störstoffanteile meist beseitigt werden.
- Auf der anderen Seite werden aus der Müllverbrennungssasche Eisen- und Nicht-eisen-Metallschrotte (Fe- und NE-Schrotte) gewonnen, die nicht in die Recyclingquote eingehen, was aber die Gesamtquote nicht wesentlich erhöhen würde.

Ist Deutschland also wirklich Recycling-Weltmeister? Da es bisher keine verbindlichen Definitionen der EU für die Berechnung der Quoten gibt, bleibt die Frage unbeantwortet. Die angeblich hohe „Recyclingquote“ versperrt die Sicht auf ungelöste Probleme in

13 T. Obermeier, DGAW, 22.6.2011; http://www.tomm-c.de/fileadmin/pdf/2011/Recyclingquoten_zwischen_Abfallstatistik_und_politischen_Zielvorstellungen.pdf

14 Man erkennt daran auch die Lücke zwischen guten Absichten und richtigem Tun: 77 % der Bundesbürger bezeichnen Abfalltrennung als ihren wichtigsten Beitrag zum Umweltschutz. Siehe BMU: Umweltbewusstsein in Deutschland 2012, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Ufoplan-FKZ 37111711, Marburg 2013; <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4396.pdf>

15 H.-G. Baum: Neuausrichtung der Verpackungsentsorgung unter Beachtung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft (Hrsg.: VKU), Berlin/Fulda 2014

16 C. Lindner: „Kunststoffrecycling in Deutschland. Potentiale und Realität“; https://www.itad.de/information/studien/20130620_Lindnerconsulting_KunststoffrecyclinginDeutschland.pdf

der Abfallwirtschaft. Eine auf den Input bezogene Quote ist – wie oben gezeigt – Augenscheinerei. Eine Orientierung am Output der Sortierung wäre besser, würde aber noch keine Aussage zur Qualität der gewonnenen Rohstoffe beinhalten.¹⁷

Was bedeutet Qualität bei einem Recycling-Werkstoff? Das Abfallrecht fordert die getrennte Bereitstellung und Sammlung von Wertstoffen, die „hochwertig“ zu verwerten sind (KrWG § 8 Abs. 1). Das Gesetz ermächtigt die Bundesregierung sogar, eine Verwertungskaskade, also eine bestimmte Reihenfolge von Produktstufen absteigender „Wertigkeit“, vorzuschreiben (§ 8 Abs. 2). In der Regel wird jedoch lediglich die stoffliche von der energetischen Verwertung abgegrenzt. Bei der ersteren wird noch nach „rohstofflich“ und „werkstofflich“ differenziert: Unter „rohstofflicher“ Verwertung wird z. B. die Nutzung von Kunststoffabfällen als Kohlenstoffträger (Ersatz für Koks in Hochöfen) verstanden. Bei der werkstofflichen Verwertung findet man bei Kunststoffen eine große Spannweite von geringer zu hoher Qualität: Das beginnt mit der Extrusion eines Polymeren-Gemischs zur Herstellung von Zaunpfählen und endet mit der Nutzung sortenreinen PETs zum Spinnen von Textilfasern oder gar zur erneuten Herstellung von Getränkeflaschen, was wegen der hohen technischen und hygienischen Anforderungen die absolute Ausnahme darstellt.¹⁸ Wo liegen die Hindernisse? Bei Plastikmaterial behindern zahlreiche zusätzliche Inhaltsstoffe, Verschmutzung und mangelnde Sortierbarkeit spezieller Fraktionen die Verwertung. Hauptproblem bei Komposten ist die Verschmutzung des Bioabfalls mit Müllbestandteilen bzw. darin enthaltenen Schadstoffen. Ein Kompost aus Bioabfall ist nur dann verwertbar, wenn er „gütesichert“ ist.

Der „Kreislauf“ ist bei vielen Abfällen nur Fiktion¹⁹ – wir haben viel erreicht, müssen aber feststellen, dass die Verwertung von Abfällen zur Rückgewinnung wertvoller Ressourcen deutlich vorangebracht werden muss.

17 C. Velis, P.H. Brunner: „Recycling and resource efficiency: it is time for a change from quantity to quality“, Waste Management & Research 31 (6), 539–540 (2013)

18 Von 3 Mio. Mg PET-Flaschen wurden 2010 in Europa etwa 50% eingesammelt. Von dem Sekundär-PET wurden in Deutschland 25–30%, in Europa 8% wieder für Lebensmittelverpackungen eingesetzt (A. K. Wimmer et al.: Recycling von PET-Flaschen und Verpackungsmaterialien im Food-Contact-Bereich, Müll-Handbuch Kz. 2971 (Lfg. 2/13)).

19 Siehe dazu beispielsweise K.J. Thomé-Kozmiensky: „Recycling und Ressourcenökonomie“, ReSource 2/2010, 4–7, sowie ders.: „Irrungen und Wirrungen“, ReSource 3/2012, 4–8.

Erweiterte Herstellerverantwortung: Schwierige Umsetzung

Unsere aktuelle Abfallverwertungsstrategie ist das Ergebnis einer etwa 40 Jahre währenden Entwicklung, die durch steigenden Konsum und damit zunehmenden Bedarf an Beseitigungsmöglichkeiten geprägt war. Nur sporadische Papier- und Textilsammlungen durch karitative Träger überdauerten das Ende der Not nach dem Zweiten Weltkrieg: Im westdeutschen Wirtschaftswunder waren sie Randerscheinungen. In der früheren DDR genossen sekundäre Wertstoffe aufgrund des Devisenmangels dagegen hohe Priorität („SeRo-System“) und waren deutlich teurer als im Westen. Aus Gründen des Umweltschutzes erwies sich in den 70er-Jahren die Schließung zahlreicher Müllkippen als notwendig. Immer weniger Deponieraum bedeutete, mit dem verbleibenden Deponievolumen in Westdeutschland sparsam umzugehen. Dies führte ab Mitte der 70er-Jahre zum Aufbau kommunaler Systeme für Wertstoffe und zur Errichtung von Sortieranlagen, die meist von privaten Unternehmen betrieben wurden. Dabei wurde das abgetrennt, was leicht erkennbar, wenig verschmutzt und einfach aufzubereiten war: Papier, Kartonagen, Behälterglas, zum Teil auch schon Kunststoffe und Metalle („trockene Wertstofftonne“). Die Wiedervereinigung und die damit einhergehende Konsumwelle führten dazu, dass diese Entwicklung in der ehemaligen DDR in den 90ern beschleunigt nachgeholt wurde, während das SeRo-System, da wirtschaftlich nicht mehr tragfähig, vom Markt verschwand.

Eine erste bundesweite Regelung zum Recycling wurde 1991 mit der Verpackungsverordnung geschaffen. Diese Verordnung hatte eine völlig neue politische Dimension: Die Produzenten der Packmittel übernahmen die Kostenverantwortung für die Entsorgung der Verpackungen. Dadurch wurde für Leichtverpackungen aus Kunststoffen, Verbunden, Aluminium und Weißblech sowie für Papierverpackungen und Glasflaschen ein System neben der kommunalen Abfallwirtschaft geschaffen („duales System“). Dieses System erzielt die notwendigen Einnahmen nicht mehr über Gebühren der Bürger und Betriebe (=Abfallerzeuger), sondern über Lizenzentgelte der Hersteller für die jeweiligen Verpackungen („der Grüne Punkt“). Das System läuft auf privatwirtschaftlicher Basis ohne Beteiligung der Kommunen. Die Produzenten organisieren Sammlung, Transport und Behandlung der Abfälle nicht selbst, sondern delegieren sie auf etwa zehn Systembetreiber wie die DSD GmbH, Redual, Interseroh. Die zwischen Systembetreibern und Herstellern bzw. Handel bestehenden Vereinbarungen berücksichtigen die verpackungsspezifischen Kosten für Sammlung, Recycling und Vermarktung als Sekundärrohstoff, dies bedeutet z.B. wesentlich höhere Beträge für Kunststoff- als für Kartonverpackungen. Daneben entstehen erhebliche Transaktionskosten: Für 1,9 Mio. t

Leichtverpackungen liegen die Schätzungen zwischen 66 Mio. und 168 Mio.€, also zwischen 35 und 90 €/t.²⁰

Der Grundsatz der Verantwortung des Herstellers für sein Produkt nach Nutzung hat in Europa, Nordamerika und Ostasien als „extended producer responsibility“ (EPR) große Bedeutung erlangt. Bei den Verpackungen wird die Herstellerverantwortung kollektiv wahrgenommen, während sich bei individueller EPR jeder Hersteller um „sein“ Produkt kümmern muss. Die individuelle Verantwortung der Produzenten für ihre Produkte ist zwar einerseits logistisch kompliziert, da der Nutzer mit dem Hersteller bei Gebrauchs-ende des jeweiligen Produkts in Kontakt treten muss; auf der anderen Seite entsteht ein Druck auf den Hersteller, seine Produkte im Hinblick auf ihre Verwertung optimal zu gestalten. Das logistische Problem der individuellen Spielart der Herstellerverantwortung im Massenmarkt für Verpackungen kann man sich an einem einfachen Beispiel klarmachen: Hering in Tomatensauce wird von mehreren Herstellern angeboten; es ist schwer vorstellbar, wie die Dosen mit Restinhalten über den Handel oder öffentliche Sammelstellen zu den jeweiligen Produzenten zurückkommen. Daher entstehen in solchen Fällen Organisationen, die für die Hersteller eintreten und die Rücknahme der gebrauchten Produkte, hier Lebensmittelverpackungen, organisieren. Sie übernehmen damit für alle oder Gruppen von Herstellern (kollektive) Produzentenverantwortung („producer responsibility organization“). Die Geschichte der dualen Systeme zeigt allerdings gravierende Probleme, die im Rahmen einer kollektiven Produzentenverantwortung auftreten können²¹:

- Mangelnde Transparenz für die beteiligten Hersteller auf dem Abfallmarkt mit seiner asymmetrischen Informationslage, damit zunächst enorm hohe Kosten
- Geringes Interesse der Systeme an Sammlung mit hohem Serviceniveau und hochwertigen Recyclingwegen, damit Verlust an Qualität und sozialen Standards durch Preisdumping
- Symbiose von Herstellern bzw. Handelsketten und dualen Systemen zur Kostenminimierung durch Scheinentsorgung („Selbstentsorger-Fiktion“)
- Zunehmende „Trittbrettfahrer“-Mentalität von Verpackungsherstellern, begünstigt durch mangelnde öffentliche Kontrolle, mit der Folge, dass die Systemkosten auf immer weniger Schultern verteilt werden
- Sozialdumping (im Hinblick auf Löhne) und Ökodumping (im Hinblick auf „hochwertige Verwertung“) durch ruinösen Wettbewerb

²⁰ H.-G. Baum: Neuausrichtung der Verpackungsentsorgung unter Beachtung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft (Hrsg.: VKU), Berlin/Fulda 2014

²¹ Siehe hierzu die ausgewogene Darstellung von Cantner et al.: Evaluierung der Verpackungsverordnung (Hrsg.: Umweltbundesamt), UBA-Texte 6/2011, Dessau 2011.

- Missbräuchliche Nutzung des Sammelsystems für Leichtverpackungen durch Haushalte, die Restabfall zur Einsparung von Gebühren für die kommunale Restmüllentsorgung in die „Gelbe Tonne“ werfen
- Weitgehende Duldung auch hoher Fehlwurfquoten durch die dualen Systeme und durch die Kommunen, da Erstere die bei den Sortierbetrieben anfallenden Kosten in die Preisbildung für die Hersteller einkalkulieren und Letztere die Gebührenrechnung für ihre Bürger klein halten können.

An ökologischen Erfolgen der Verpackungsverordnung sind zu nennen:

- Fortfall bzw. Minimierung von Umverpackungen,
- Aufbau von Systemen für die Rücknahme von Transportverpackungen,
- Entwicklung und Nutzung technisch anspruchsvoller Sortiersysteme,
- neue Verwendungsmöglichkeiten für Recyclate.

Ferner ging der spezifische Packmittelverbrauch ein Stück weit zurück, auch getrieben durch die damit verbundene Verringerung von Logistikkosten. Für die Hersteller machte sich die Einsparung von Material wirtschaftlich positiv bemerkbar, dem stehen jedoch auf der anderen Seite die Lizenzkosten gegenüber: Sammlung und Behandlung von Leichtverpackungen kosten immer noch etwa doppelt so viel wie die gleiche Menge an Restabfall. Dies zeigt, dass der Aufwand für die Erzeugung von Sekundärrohstoffen aus Kunststoff- und Verbundverpackungen größer ist als für die Primärrohstoffe – allerdings einschließlich der mit dem System verbundenen hohen Transaktionskosten. Bei den übrigen Packmitteln, etwa Kartonagen, stellt sich das anders dar: Bei Altpapierpreisen um 60 €/t rechnet sich das komplette System ohne Zuschüsse. Ökologisch gesehen spart der Einsatz von Altpapier erhebliche Mengen an Energie und Wasser und verringert die Emissionen an klimarelevanten Gasen und Schadstoffen deutlich.

Wichtige weitere Abfallströme, für die in Europa eine mehr oder weniger umfassende Herstellerverantwortung (EPR) gilt, sind u. a.

- Altfahrzeuge
- Altbatterien
- Gebrauchte Elektro- und Elektronikgeräte.

Im Unterschied zur Verpackungsverordnung wurde für die Elektroaltgeräte mit der „Stiftung ear“ eine Stelle mit Aufsichtscharakter geschaffen („Clearinghouse-Modell“), die zum einen die Meldungen über in Verkehr gebrachte Geräte entgegennimmt und zum anderen die Abholung von gesammelten Altgeräten organisiert. Die ear ist jedoch selbst nicht im operativen Geschäft tätig. Damit konnten einige gravierende Probleme

vermieden werden, die sich bei der Verpackungsverordnung (s.o.) gezeigt haben. Der gestiegene Marktwert von Teilen gebrauchter Elektro- und Elektronikgeräte führt allerdings dazu, dass gut ein Drittel aller Geräte außerhalb der Systeme von Kommunen oder Herstellern gesammelt werden, wobei zum Teil Geräte zur Gewinnung von Kupfer oder dgl. ohne Rücksicht auf eventuelle Schadstoffemissionen zerstört werden.²² Auf die Entwicklung der E-Schrott-Aufbereitung von einem reinen Abfallmarkt zu einem Markt mit partiell positiven Preisen hat die Gesetzgebung in Europa und Deutschland nicht reagiert. Die bisherigen Erfahrungen zeigen im Gegensatz zu den Verpackungen wenige Probleme mit Trittbrettfahrern, andererseits sind in Deutschland zu bemängeln²³:

- hohe Verluste an Altgeräten durch Entwendung oder Zerstörung bei der Sammlung, z.T. verbunden mit Umweltschäden²⁴,
- illegaler Export mit der Folge technisch unzureichender und gesundheits- wie umweltgefährdender Aufbereitung in Westafrika, China und Indien sowie in osteuropäischen Hinterhof-Werkstätten,
- geringe Rückgewinnungsquoten seltener Metalle durch fehlerhafte Aufbereitung, meist infolge von zu frühem Shreddern der Geräte,
- geringe Aktivitäten des Handels zur Rücknahme von Elektroaltgeräten,
- nicht auf Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit ausgerichtetes Design der Geräte mit wenigen Ausnahmen,
- fehlende Übersicht über die in einzelnen Städten gesammelten Mengen und die Sammelwege.

Die von der EU mit der neuen [WEEE-Richtlinie](#) ab 2016 vorgegebene Zielmarke von 45% Sammelmenge bezogen auf die in drei vorhergehenden Jahren in Verkehr gebrachte Menge an neuen Elektro- und Elektronikgeräten wird in Deutschland noch nicht erreicht. Die Kennzahl ist unter dem Gesichtspunkt eines strategisch angelegten Ressourcenschutzes als wenig signifikant anzusehen: 20 Waschmaschinen sind danach ebenso gut für die Quotenerfüllung wie etwa 8000 Laptops. Die darüber hinaus in der europäischen Richtlinie genannten Ziele für die stoffliche Verwertung von Materialien aus der Aufbereitung von Elektro- und Elektronikgeräten, die für einzelne Gruppen gelten, lassen sich z.B. bei weißer Ware allein durch Stahlrecycling und bei Beleuchtungskörpern allein durch Glasrecycling erreichen. Es ist daher nicht verwunderlich,

22 37 % bezogen auf das Gesamtgewicht der Altgeräte werden außerhalb der legalen Systeme gesammelt, siehe U. Lange: „Significance of the informal sector“, VKU/ISWA Beacon Conference, 17.–18.11.2013, Düsseldorf.

23 H. Friege, M. Oberdörfer, M. Günther: „Vergleich von Sammelsystemen für Elektroaltgeräte in Europa“, Müll und Abfall 46 (4), 208–215 (2014), sowie H. Friege: „Ressourcenschonung am Beispiel von Elektro- und Elektronikgeräten. I. Grenzen des WEEE-Ansatzes“, Müll und Abfall 44 (2), 80–93 (2012)

24 Die „Beraubung“ eines Kühlschranks um den Verdichter bzw. die Kühlwendeln aus Kupfer verursacht im Durchschnitt rd. 1,2 t CO₂-Emissionsäquivalente (entsprechend Flug nach Tokio und zurück).

dass die Rückgewinnung seltener Metalle aus der Altgeräte-Sammlung noch erheblich zu wünschen übrig lässt.

Für Altbatterien gibt es eine Rückgabepflicht der Abfallerzeuger und eine Rücknahmepflicht für Hersteller, Gemeinden und Handel. Die Rückgabequoten lagen 2012 bezogen auf die in Verkehr gebrachte Menge bei etwa 43 %. Dies gilt nicht für die klassischen Starterbatterien, auf die seit einigen Jahren ein Pfand erhoben wird; deren Rücklaufquote nähert sich mittlerweile 100 %.

Nach 20 Jahren Erfahrung mit der Herstellerverantwortung (EPR) kann man feststellen: eine gute Idee, deren Umsetzung in vielen Fällen nicht richtig funktioniert. Daraus müssen wir für die Reform bestehender und die Einführung neuer EPR-Systeme lernen.

Hier geht es nicht weiter: Grenzen des Recyclings

Recycling stößt auf technische sowie ökonomische und damit überwindbare, aber auch auf nicht überwindbare physikalische und chemische Grenzen. Dies lässt sich an der Wiedergewinnung von Metallen aus Elektroaltgeräten beispielhaft zeigen: Der für das Recycling sinnvollste Weg führt nach der Sammlung zur Vorbehandlungsanlage, in der schadstoffhaltige Bauteile wie Plastikgehäuse mit hohem Anteil an heute nicht mehr eingesetzten Flammenschutzmitteln entfernt und die Geräte nach Modulen für die Weiterverarbeitung zerlegt werden. Solche Module sind z. B. Leiterplatten, Bildschirme, Lüftermotoren, Festplatten. Wenn diese Zerlegung in einem frühen Stadium endet, weil nicht in die entsprechende Technik investiert wurde und das Recyclingunternehmen nur an der Ausbeute von Fraktionen mit hohem Gehalt an Kupfer, Edelstahl etc. interessiert ist, dann wird die Rückgewinnung seltener Metalle unmöglich gemacht: Was einmal in Richtung Eisen-Metallurgie oder Stahl-Metallurgie gegangen ist, steht für die Wiedergewinnung seltener Metalle in dafür spezialisierten Hüttenprozessen nicht mehr zur Verfügung. Viele strategisch wichtige Metalle bleiben dann als Verunreinigung in einem der Produkte oder verschwinden mit Staub oder Schlacke in geringwertigen Anwendungen. Das „frühe Shreddern“ von Elektronikaltgeräten führt zu geringen Rückgewinnungsquoten etwa für Silber, Indium, Gallium, Antimon. Die Sortiertechnik ist heute so weit entwickelt, dass mit der Kombination verschiedener Detektionsmethoden und der Vereinzelnung von Gerätebruchstücken auf den Laufbändern eine Rückgewinnung vieler Metalle bzw. Legierungen möglich ist. Misserfolge bei der Sammlung, unzureichende Vorbehandlung und der ausschließliche Griff nach „low hanging fruits“

wie Kupfer führen zu vermeidbaren Verlusten. Politische Vorgaben sollten diese Möglichkeiten und Chancen berücksichtigen.

Die Metallurgie kennt aber auch natürliche Grenzen der Rückgewinnung von Metallen aus Gemischen. Viele neue Materialkombinationen bzw. Legierungen können nicht bzw. nur mit enormem Aufwand wieder getrennt werden. Generell lassen sich Magnesium, Aluminium-Knetlegierungen und Blei mit pyrometallurgischen Verfahren nicht von anderen Werkstoffen trennen. Kombinationen aus Edelstahl und Kupfer sowie Zink bzw. Blei und Glas widerstehen aus metallurgischen Gründen einer Aufbereitung zu den einzelnen Komponenten.²⁵ „Industrie 4.0“ wird die individualisierte Massenfertigung ermöglichen – also große Mengen nach Kundenwunsch maßgeschneiderter Produkte. Dies wird die Vielzahl von Stoffgemischen bzw. Legierungen weiter steigern und damit eine zusätzliche Herausforderung für Sortierung und Verwertung darstellen.

Manche Produktgruppen unterliegen einem so raschen technologischen Wandel, dass sich auch ihre Zusammensetzung ständig ändert – dies gilt z.Zt. etwa für Telefone, Computer oder Solarmodule. Hätte ein Unternehmen z.B. vor zehn Jahren eine Anlage gebaut, um das wertvolle Tantal aus den in Mobiltelefonen verwendeten Kondensatoren zurückzugewinnen, dann würde es heute über mangelnde Wirtschaftlichkeit wegen des massiven Rückgangs der Tantal-Gehalte²⁶ klagen. Die Zeit spielt für die Rückgewinnung von Stoffen aus langlebigen Produkten eine wichtige Rolle.

Der Trend zum konstruktiven Leichtbau beschränkt sich nicht auf komplexe Legierungen, sondern lässt sich auch an der Entwicklung faserverstärkter Polymere (z.B. Polypropylen mit Holzmehl) verfolgen – schwer bzw. nicht mehr trennbare Materialien mit der Folge fehlender stofflicher Verwertbarkeit nach Gebrauch.

Angesichts dieser Fakten erinnert die verbale Wandlung der Abfallwirtschaft zur Kreislaufwirtschaft an H. C. Andersens Märchen von des Kaisers neuen Kleidern.

25 M. A. Reuter et al.: The Metrics of Material and Metal Ecology, Volume 16: Harmonizing the resource, technology and environmental cycles, Elsevier, Amsterdam 2005, ISBN 13: 978-0-444-51137-9

26 V. S. Rotter: „Up-grading pre-processing: the challenge of critical metal recycling“, ISWA/VKU Beacon Conference „Optimising Collection and Recycling of WEEE“, Düsseldorf 2013

Die geschilderten Probleme lassen sich in Form von „7 Grenzsteinen für Ressourcenschutz und Ressourcenrückgewinnung“²⁷ systematisieren (siehe Kasten). Die Frage stellt sich, welche Grenzen überwunden werden können, und wenn ja, wie.

→ Sieben Grenzsteine für Ressourcenschonung und Ressourcenrückgewinnung

1. Die Überflussgesellschaft: Unser Konsum führt zu einem enormen Ressourcenverbrauch, der sich wiederum in großen Stoff- und Produktströmen realisiert. Während die Rohstofflager in der Lithosphäre ausgebeutet werden, wachsen neue „Lager“ in Form von Produkten in der Technosphäre und sind bei ihrer „Leerung“ die Quelle zeitlich verschobener Abfallströme.
2. Die Produktdissipation: Produkte für den täglichen Konsum, für Kommunikation, Mobilität und Wohnen gelangen in Milliarden Haushalte. Nur wenn die betroffenen Produkte komplett an den Erzeuger im Sinne einer Redistribution zurückgehen würden, hätte „Kreislaufwirtschaft“ eine Chance.
3. Entropiezunahme: Nachdem ein hoher Ordnungszustand durch Gewinnung, Aufbereitung und Konzentrierung von Rohstoffen stattgefunden hat, wird in Form von Produkten, die aus einer Vielzahl von Komponenten und diese wiederum aus verschiedenen Stoffen bestehen, die Entropie im System erneut erhöht. Daher bedarf es bei der Gewinnung von Sekundärrohstoff durch geeignete Sortier-, Trenn- und Aufbereitungstechnik weiterer Energiezufuhr parallel zur Entropiezunahme im Produkt.
4. Belastung mit Schadstoffen: Das Vorkommen von Schadstoffen in Produkten verhindert bzw. erschwert die Gewinnung von Wertstoffen aus Abfällen. Recycling „um jeden Preis“ kann dazu führen, dass auf diesem Wege gefährliche Stoffe in neue Produkte eingeschleust werden.

27 H. Frieger: „Nachhaltiger Umgang mit nicht erneuerbaren Ressourcen – Stoffstrommanagement als Verbindung zwischen Abfallwirtschaft und Chemiepolitik“, Habilitationsschrift, TU Dresden 2013. Beiträge zu Abfallwirtschaft/Altlasten Bd. 90, ISBN 978-3-934253-83-4, Pirna 2013

5. Ökonomisch unterschiedliche Interessen der beteiligten Akteure: Recycling funktioniert nur dann, wenn die beteiligten Akteure – vom Produzenten über den Verbraucher bis zum Entsorger – gut zusammenspielen. Aufgrund des negativen Preises von Abfällen, positiver Preise der darin enthaltenen Rohstoffe, der unterschiedlichen Verantwortlichkeiten der Akteure und des Einkommensgefälles innerhalb der Gesellschaft kommt es in der Regel zu Interessenkonflikten. Solange für das jeweils zu lösende abfallwirtschaftliche Problem keine Lösung über die gesamte Stoffstrom-Kette gefunden wird, bleiben einige Akteure „außen vor“ und behindern die Zielerreichung.
6. Abfall/Wertstoff-Dualismus: Der Dualismus führt oft zu fehlerhaften Kennzeichnungen, z.T. versehentlich, meist aber beabsichtigt, um das Abfallregime zu umgehen und um Geld zu sparen. Es fehlt in der Abfallwirtschaft – im Gegensatz zum Umgang mit Stoffen oder Erzeugnissen – an einem Akteur, der an der Qualität des Stoffs oder Produkts interessiert ist. Dies gilt erst dann, wenn der Abfall als Sekundärrohstoff wieder in Verkehr gebracht werden soll. Dies erschwert den Vollzug abfallrechtlicher Regelungen.
7. Zeitverzug zwischen Vermarktung und Verwertung von Produkten: Die Zeit kennt nur eine Richtung. Es lassen sich zwei wichtige zeitabhängige Probleme unterscheiden:
 - Die dem Einsatz von Stoffen in der Technosphäre nachlaufende Erkenntnis über eventuelle Risiken und damit eventuelle Umweltschäden: Kritische Stoffe werden in Produkten verwendet, aus dem Produkt nach Gebrauch Recyclingwerkstoffe gewonnen, obwohl – bei Vorliegen entsprechender Erkenntnisse – eine Beseitigung angebracht gewesen wäre.
 - Die Ungleichzeitigkeit des Bedarfs an Ressourcen für die Produktion und des Angebots an Sekundärressourcen: Wenn eine seltene Ressource in großem Umfang für Produkte eingesetzt wird, dann ist diese wegen der Langlebigkeit der daraus hergestellten Produkte zunächst nicht als Sekundärmaterial verfügbar. Wenn der Bedarf weiter steigt, sind gerade dann keine Rohstoffe verfügbar, wenn sie am dringendsten gebraucht werden.

Von der Vision zur Innovation: Was leistet Sortiertechnik morgen?

Für viele Produktgemische bzw. darin enthaltene Werkstoffe stehen heute Sortiertechnologien zur Verfügung, die vor 30 Jahren undenkbar waren: Die Abfalltrenntechnik wurde in den letzten 10 bis 15 Jahren durch die Verbindung physikalischer Sensoren mit leistungsfähiger Mikroelektronik und Mechanik revolutioniert. Treiber waren u. a.

- die Verpackungsverordnung, die einen Finanzierungsschub für Sortierung mit sich brachte,
- die EU-Altfahrzeug-Richtlinie,
- die EU-Elektronikschrott-Richtlinie,
- die tendenziell steigenden Preise für viele NE-Metalle.

Der Übergang von händischer Sortierung zu nahezu vollautomatischen Systemen erfolgte im letzten Jahrzehnt. Da aber Abfälle immer Überraschungen bieten, auf die auch die beste Sortieranlage nicht vorbereitet ist, bleibt in den Anlagen zumindest in der abschließenden Kontrolle der Mensch unentbehrlich.

Die Vortrennung

- von Siedlungsabfällen im Haushalt z. B. in Altpapier, Altglas, Verpackungen und Restabfall,
- von gewerblichen Abfällen in Betrieben z. B. in verwertbare trockene Gemische und Restabfall,
- sowie in speziellen Fällen wie Elektroschrott die Vorzerlegung

bleibt als ein erster Schritt grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche weitere Auftrennung in den unterschiedlichen Anlagen; hierzu gehören

- Sortierung von Altpapier und Kartonagen nach Qualitäten,
- Sortierung von Altglas nach Farben,
- Sortierung von Leichtverpackungen nach verschiedenen Kunststoffen, Verbunden und diversen Metallen.

Die Sortierung von normalem Hausmüll stößt wegen der Feuchtigkeit und der hohen Verschmutzung des Materials²⁸ auf erhebliche Probleme: Empfindliche Sensoren, Transportbänder, Siebe und Antriebe werden dabei stark verschmutzt und durch Abrasion belastet, sodass schnell Schäden manifest werden. Deutlich besser sieht es bei Sperrmüll aus, aus dem z. B. Altholz, Metalle und Kunststoffteile abgetrennt werden können. Thermisch vorbehandelter Siedlungsabfall ist sortierfähig, sodass aus den

28 In den Niederlanden wird seit Kurzem auch Hausmüll vorgetrennt, allerdings nur aus stark verdichteten Regionen. Dies ist Abfall mit geringer Feuchte.

Rostaschen und Flugaschen der Müllverbrennung Metallschrotte abgetrennt werden können. Neben der etablierten Gewinnung von Eisen, Kupfer und Aluminium lassen sich weitere Metallpartikel durch Mahlen der Rostasche abtrennen.²⁹ Auch dies stößt an Grenzen, bedingt durch zu niedrige Konzentrationen in der Asche oder chemische Veränderungen.

Mit Blick auf die Entwicklung bei strategisch wichtigen Mineralien wird intensiv an einer besseren Aufbereitung von metallhaltigen Abfallfraktionen gearbeitet. Angesichts der zunehmenden Zahl neuer Legierungen bzw. Dotierungen, die zu komplexen Metallgemischen führen, ist die Verbesserung von Trennverfahren dringend erforderlich – sonst wird nicht einmal der heute erreichte Status gehalten. So etwa in der Automobilindustrie: Die Senkung der Fahrzeuggewichte mit dem Ziel niedrigerer CO₂-Emissionen erschwert die Fahrzeugaufbereitung.³⁰ Beim Ersatz von Stahl durch neue Werkstoffe, z. B. kohlefaserverstärkten Kunststoff oder Hybridwerkstoffe aus Metall und Kunststoff, werden Recyclingverfahren technisch aufwendiger bzw. stehen noch gar nicht zur Verfügung.

In Sortieranlagen für Leichtverpackungen werden neben Nah-IR-Sensoren zusätzlich Bilderkennungsgeräte eingesetzt, um bestimmte Produkte anhand ihrer Form aus dem Abfallstrom abtrennen zu können. Damit lassen sich Behälter identifizieren, sofern sie nicht bereits verformt sind. Unzerstörte dreidimensionale Objekte haben den großen Vorteil, dass ihre Zusammensetzung im Regelfall bekannt ist, sodass eine „hochwertige Verwertung“ infrage kommt. Bei flächigen Objekten besteht – abgesehen von sehr großen Kunststofffolien – meist Unklarheit über die genaue Zusammensetzung: Auch wenn der Sensor ein Objekt als Polyethylen „sieht“, heißt das noch nichts für dessen Nebenbestandteile oder Beschichtungen. Aus diesen Kunststoffgemischen entstehen qualitativ geringwertige Plastikprodukte als Holz- oder Betonersatz bzw. Ersatzbrennstoff. Es ist trotz des Einsatzes neuer Sortiertechnologien nicht zu erwarten, dass der Anteil von werkstofflich „hochwertig“ verwerteten Leichtverpackungen in absehbarer Zeit wesentlich ansteigt.³¹

Die technische Entwicklung bietet aber Chancen für die individuell wahrgenommene Produzentenverantwortung: Einen gewaltigen Schritt nach vorn könnte die RFID-Ken-

29 Siehe z. B. L. Muchova et al.: „Precious Metals in Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash“, Water Air Soil Pollution: Focus (2009) 9:107–116.

30 Die einschlägigen EU-Richtlinien verlangen eine Wiederverwendung bzw. -verwertung von 85 % (ab 2015 95 %) des Fahrzeugs bezogen auf dessen Gesamtgewicht. Nach Trockenlegung und partieller Demontage z. B. von noch brauchbaren Teilen werden Autowracks verpresst und geshreddert. Die Aufbereitung des Shredder-Outputs ergibt Fraktionen aus Stahlschrott, NE-Metallschrott, Glas, Kunststoffgemisch sowie die zu beseitigende „Shredderleichtfraktion“.

31 Experten schätzen eine Grenze von etwa 25 % (Dr. Fendel, REMONDIS, Prof. Dr. Pretz, TH Aachen).

nung für die Trennung von gebrauchten Produkten ermöglichen. RFID-Transponder sind heute in Müllbehälter integriert und ermöglichen durch die Zuordnung zu ihrem Besitzer die Abrechnung der Abfälle nach Gewicht. In einem weiteren Schritt könnten RFID-Tags in Geräte eingebaut und nach Gebrauch über Hersteller und Produktsammensetzung Auskunft geben. Dies würde nicht nur die Abtrennung solcher Geräte aus Mischabfallströmen ermöglichen, sondern auch für die Erstbehandlung, also eine partielle Zerlegung, wertvolle Informationen bereithalten.³² Aktive wie passive Tags werden im Rahmen des „Internets der Dinge“ eine große Rolle spielen.

Mit neuer Sortiertechnik lassen sich Grenzen des Recycling weiter nach vorne schieben. Aber es gibt klare physikalische und metallurgische Grenzen. Überwindbare Hindernisse liegen in der oft nicht ausreichenden Wirtschaftlichkeit. Wenn Rohstoffpreise tendenziell weiter steigen, gelangen heute noch unwirtschaftliche Recyclingprozesse „in schwarze Zahlen“. Auf der anderen Seite wird die immer höhere Vielfalt von Materialien Trennprozesse erschweren. Wo Ressourcen dringend zurückgewonnen werden müssen, können heute noch unwirtschaftliche Prozesse durch differenzierte staatliche Vorgaben flankiert mit ökonomischen Instrumenten Marktreife erlangen.

Recyclingprodukte: Geliebt und abgelehnt

Die Nutzung „recycelter Produkte“ ist bei den Deutschen durchaus angekommen. Der „Blaue Engel“ wurde einigen Produkten aus Sekundärrohstoffen verliehen. Dazu gehören z. B. Hygienepapiere, die in ihrem Segment einen nennenswerten Marktanteil haben. Kunststofftragetaschen werden vielfach aus Sekundär-Polyethylen hergestellt, Büroartikel aus Sekundär-Polypropylen. Immerhin 34% aller Konsumenten achten beim Einkauf auf den „Blauen Engel“.³³ In vielen Produkten finden sich hohe Anteile an Sekundärressourcen, ohne dass die meisten Nutzer das bemerken: Dies gilt z. B. für Baustahl, Pappe, Kartonagen, Behälterglas. Je nach Produkttyp wird die mit dem Material verbundene Ressourcenschonung beworben. Denn die Liebe zum Recyclingprodukt stößt an Grenzen, wenn Sorge vor Schadstoffen in „aus dem Müll“ gewonnenen Produkten aufkommt. Dies gilt etwa für Baustoffe zur Errichtung von Wohngebäuden, bei denen in der Regel mit Attributen wie „gesund“, „natürlich“, „biologisch“, aber nur selten mit „recycelt“ geworben wird.

³² St. Löhle, A. Urban: Neue Wege – Potenziale von RFID in der Entsorgungswirtschaft, Müll-Handbuch Kz. 0155, Lfg. 6/08

³³ <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4396.pdf>

Selbstverständlich gehören keine Schadstoffe in Sekundärrohstoffe. Dies wird

- durch entsprechende stoff- bzw. produktbezogene Normen,
- durch klare Regelungen zum „Ende der Abfalleigenschaft“
- und generell durch das Vermischungsverbot für gefährliche Abfälle

sichergestellt. Der globale Handel mit Abfall- bzw. Sekundärrohstoff-Fraktionen birgt allerdings die Gefahr in sich, dass in Europa nicht mehr zugelassene Stoffe über eine „Träger-Ressource“ eingeschleppt werden. Die Qualität des Sekundärrohstoffs sollte sich daher der des Primärmaterials annähern und ist damit erste Bedingung für seine Akzeptanz!

Die größten Abfall-Stoffströme kommen als Baureststoffe oder Abbruchmaterial aus dem Baubereich. Daraus hergestellte Sekundärmaterialien finden heute oft nur als Füllmaterial im Straßenbau Verwendung. Gibt es für sie neue Chancen, also einen „höherwertigen“ Einsatz? Immerhin gewinnt der qualitativ hochwertige Einsatz im Tiefbau durch Zertifizierung von Sekundärbaustoffen an Bedeutung. Der Einsatz von Sekundärmaterial im Hochbau ist die Ausnahme, zumal der Materialbedarf im Tiefbau das Angebot an Sekundärbaustoff noch übersteigt.³⁴ Teilweise stehen auch Normen dem Einsatz von Recyclingmaterial entgegen. Die Entwicklungen im Baubereich der letzten 30 Jahre stellen neue Herausforderungen dar: Der hohe Anteil von Maschinen- gips in Form von Estrich und Putzen erschwert die Wiederverwertung deutlich, da Gips im Tiefbau wegen seiner mechanischen Eigenschaften und der guten Wasserlöslichkeit unerwünscht ist (Freisetzung von Sulfat). Die Entfernung von Gips

- durch selektiven Abbruch bzw. Rückbau vor allem des Estrichs,
- durch entsprechende Aufbereitung des gewonnenen Betons
- und Deponierung von hoch gipshaltigen Bestandteilen

ist erforderlich, um die Einsatzmöglichkeiten der übrigen Baumaterialien zu erhalten bzw. zu verbessern. Dies würde allerdings den Abbruch vor allem von Plattenbauten und Industriebauten verteuern. Da die Gips-Ströme in den nächsten 20 Jahren anschwellen werden – über Trockenbauplatten etwa um das Dreifache, als Inhaltsstoffe von Beton und Putzen etwa um das Doppelte³⁵ –, ergibt sich eine Chance für national wirksame Recyclingmaßnahmen, die allerdings höhere Kosten im Gebäudelebenszyklus zur Folge haben werden.

³⁴ So führt eine Regelungslücke in der DIN 4226-100 (keine Umweltverträglichkeitsprüfung der Norm durchgeführt) dazu, dass derzeit für Recycling-Beton eine Zulassung im Einzelfall für jedes Bauvorhaben oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erwirkt werden muss (Ergebnis Thementisch RC-Beton, UmweltCluster NRW, 9.5.2014).

³⁵ K. Weimann et al.: Optimierung des Rückbaus/Abbaus von Gebäuden zur Rückgewinnung und Aufbereitung von Baustoffen unter Schadstoffentfrachtung (insbes. Sulfat) des RC-Materials sowie ökobilanzieller Vergleich von Primär- und Sekundärrohstoffeinsatz inkl. Wiederverwertung, UBA-Texte 05/2013

Die heute übliche Verklebung und Verankerung von Dämmstoffen aus Polystyrol, Polyurethan und dgl. mit bzw. im Mauerwerk, die Verwendung von Geotextilien bei Neubauten wie auch Fassaden mit eingebauten Solarkollektoren sind für die Wiederverwertung der mineralischen Baustoffe ein weiteres Hindernis.

Festzuhalten bleibt, dass die Qualitätsanforderungen an Recyclingwerkstoffe – von den Kunststoffen bis zum Beton – sich denen für Primärware annähern. Dies ist auch notwendig, um das „Downcycling“ wie z.B. den Ersatz von Beton oder Holz durch ein Mischplastik-Recyclat zurückzudrängen. Angesichts dieser Qualitätsoffensive ist es umso wichtiger, den Gebrauch von wiederverwerteten Materialien in allen Lebensbereichen zu befördern. Hier brauchen wir einen Bewusstseinswandel. Recycling-Material im Produkt darf nicht nur in Ausnahmefällen „chic“ sein, sondern sollte sich selbstverständlicher Akzeptanz erfreuen.

Wiederverwendung und Reparatur: Stiefkinder der Konsumgesellschaft

Neue, ressourcenschonende Geschäftsmodelle setzen z.B. auf

- den Verkauf der kurzfristigen Verfügbarkeit von Leistungen (z. B. Carsharing),
- den Ersatz von Investitionen in große Geräte durch Dienstleistungen (z. B. Wärmecontracting),
- längere Nutzung komplexer Produkte (z. B. Wiederverwendung („ReUse“) von Elektronikgeräten)
- Rücknahmegarantien für gelieferte Waren nach Gebrauch.

Die Wiederverwendung gebrauchter Produkte hat durch Internet-Marktplätze und Tauschbörsen einen deutlichen Aufschwung genommen. Die Nutzung eines schon einmal getragenen Kleidungsstücks, eines schon von anderen gelesenen Buches, eines von Dritten benutzten Betts usw. gilt nicht unbedingt als chic, hat sich aber eingebürgert. Wesentlich schwieriger gestalten sich Reparaturen, die zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Gütern beitragen könnten. Aufgrund

- hoher Arbeitskosten,
- immer kürzerer Innovationszyklen bei vielen Produkttypen sowie
- mangelnder Reparaturfreundlichkeit zahlreicher Produkte

führt die Weiter- oder Wiederverwendung von Produkten mit Funktionsstörungen oder Beschädigungen ein Schattendasein. Dies lässt sich exemplarisch an Elektro- und Elektronikgeräten zeigen. Hier gibt es einen Markt für medizinische Großgeräte,

Bürokopierer etc., die von den Herstellern zurückgenommen und für den Einsatz in anderen Ländern aufbereitet werden. Bei HiFi-Geräten, Smartphones oder Fernsehgeräten wird eine Reparatur nach Ende der Gewährleistungsfrist in der Regel zu teuer; die Geräte werden durch neue ersetzt. Einige Hersteller erschweren die Reparatur durch bewusst komplizierte Bauweise der Geräte.³⁶

Hinzu kommt mangelnde Wertschätzung für gebrauchte Produkte: Der gewerbliche Vertrieb gebrauchter Geräte nach Reparatur muss vom Geruch des „Billigen“ und „Ärmlichen“ befreit werden. Dazu dienen Zertifikate für die Funktionsprüfung der Geräte, Gebrauchsgarantien und Angaben zum Energieverbrauch, alles am besten auf Basis allgemein verbindlicher Kodizes.

Einen Schub für längere Nutzung würden die Verbesserung der Zerlegbarkeit und die Verfügbarkeit von Ersatzteilen mit sich bringen. Dies bedingt aber ein „design for repair“, von dem die meisten Produkte – ob Elektrogeräte oder billige Möbel – weit entfernt sind.³⁷

³⁶ Die Demontage des Displays (LCD) eines Smartphones benötigt beim „besten“ Gerät 2 und beim „reparaturunfreundlichsten“ 54 Arbeitsschritte. Siehe G. Dimitrowa: „Product Design Trends and Impacts on Recyclability: The Case of Mobile IT Devices“, ISWA/VKU Beacon Conference, Düsseldorf 2013.

³⁷ Siehe z. B. K. Schischke et al.: „Disassembly Analysis of Slates: Design for Repair and Recycling Evaluation“; http://www.izm.fraunhofer.de/content/dam/izm/de/documents/News-Events/News/2013/urn_nbn_de_0011-n-255111-18-1.pdf, aufgesucht am 4.5.14.

4. Von der Abfallwirtschaft zum Management von Stoffströmen

Die Abfallwirtschaft kann die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen. Systematische Abfallvermeidung wie auch Ausrichtung auf Abfallverwertung erfordern einen anderen Denkansatz: die Integration der Abfallwirtschaft in das Stoffstrommanagement.

Abfallwirtschaft ...

Moderne Abfallwirtschaft hat zwei Wurzeln: Aus den Epidemien Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Folgerungen für die Notwendigkeit der Siedlungshygiene gezogen. Dies führte zunächst zur Entwicklung geordneter Strukturen für die Abfuhr von Abwasser und Abfall. Darauf aufbauend wurde in Mitteleuropa im Laufe des 20. Jahrhunderts eine geordnete Abfallbeseitigung als wichtige Grundlage gesunder Städte und Gemeinden etabliert. Die Umweltbelastung durch unzureichende Abfall- und Abwasserbeseitigung wurde zum Druckmittel, um effektive Behandlungs- und Beseitigungskonzepte (Klärwerke, geordnete Deponien...) umzusetzen. Diese Wurzel korrespondiert mit der Daseinsvorsorge im klassischen Sinne: Es handelt sich um eine Aufgabe, die von der örtlichen Gemeinschaft übernommen wird, indem diese als Ordnungsfaktor und als Finanzier über Steuern oder Abgaben auftritt.

Die andere Wurzel ist die Ressourcenschonung, die angesichts knapper werdender Bodenschätze eine Renaissance erlebt.³⁸ Durch getrennte Sammlung bestimmter gebrauchter Produkte können deren Inhaltsstoffe einer Verwertung zugeführt werden. Verwertung wurde im Laufe der 70er- und 80er-Jahre zur Domäne der privaten Unternehmen. Wertstoffsammlung von Unternehmen, ggf. auch Sozialeinrichtungen, wird immer dann Thema, wenn die damit verbundenen Kosten über den Erlös der Wertstoffvermarktung mindestens gedeckt werden. Gemeinden organisieren kontinuierliche Wertstoffsammlungen. Während Siedlungshygiene erst einmal Geld kostet, kann die Rückgewinnung von Ressourcen Geld bringen. Dies ist eine wichtige Ursache für Konflikte zwischen privaten Entsorgungsunternehmen und öffentlicher Hand in der Abfallwirtschaft, die beide auf wertstoffhaltige Abfälle zugreifen.

³⁸ Die EU-Ressourcenstrategie hat drei Eckpfeiler, einer davon ist das Recycling. Sie bezieht sich auf alle Rohstoffe, auch nachwachsende, sowie Wasser und Boden. Die neue Leitinitiative gehört zu den sieben großen Politikfeldern im Rahmen Europa 2020.

http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/resource_efficient_europe_en.pdf

Die deutsche Ressourcenstrategie umfasst beim BMUB vor allem das Thema Ressourceneffizienz. <http://www.bmub.bund.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen/ressourceneffizienz/progress-das-deutsche-ressourceneffizienzprogramm/>. Die spezielle Strategie für nicht energetische, abiotische Rohstoffe des BMWi enthält erste Ziele und nennt Wege zur Erreichung der Ziele.

<http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/rohstoffstrategie-der-bundesregierung>

Als neue Treiber in der Abfallwirtschaft sind Energieeinsparung bzw. Substitution fossiler Energieträger als Folge des Klimaschutzes hinzugekommen.

Die Frage ist, welche „Treiber“ von Regierungen und Parlamenten prioritär gesehen werden – denn der Abfallmarkt mit weitgehend negativen Preisen wird im Wesentlichen von den gesetzlichen Anforderungen und ihrem Vollzug getrieben. Wenn der Rahmen des Marktes durch die Vorgaben zuverlässig abgesteckt ist, werden sich Geschäftsmodelle danach ausrichten, wer welche Verantwortung in der Abfallwirtschaft trägt und wo sich über längere Zeiträume Geschäftschancen ergeben.

... und Ressourcen

Der weltweite Ressourcenverbrauch weist eine ungeheure Dynamik auf. Der Ölverbrauch ist in den letzten 50 Jahren um den Faktor 8, der Kupferverbrauch um den Faktor 4 angewachsen. Zahlreiche Metalle, die vor 50 Jahren nur im Labor gehandhabt wurden, entwickelten sich seit den 80er-Jahren zu Schlüsselementen der Informationstechnologie. Während 1987 nur ca. 50 t Indium hergestellt wurden, waren es 2012 ca. 600 t – ohne Indium keine Flachbildschirme und LEDs.

Bei nicht erneuerbaren Ressourcen – Metalle, Öl, Kohle,... – diskutiert man seit Jahren, wann sie denn nun erschöpft sein werden, und streitet sich z. B. um den „oil peak“, also den Zeitpunkt, ab dem die Hälfte des Ölvorrats auf der Erde verbraucht ist. Die Wahrheit ist komplizierter: Statische Betrachtungsweisen greifen in der Regel zu kurz. Die Preissteigerungen seit etwa 2000 zeigen erste Verknappungssignale, wobei diese nicht die langfristige Verfügbarkeit der Ressourcen widerspiegeln, sondern das augenblickliche und für die nähere Zukunft erwartete Verhältnis von Angebot und Nachfrage. Das „Angebot“ wird bei Mineralien stark von der Minen- und Verhüttungskapazität, bei Öl und Gas von der aktuellen Ausbeutung von Lagern und Raffineriekapazität geprägt. Wegen der immer schwerer zugänglichen Lagerstätten und der prognostizierten Verdoppelung des Bedarfs an Mineralien bis 2035 sollte man von einer physischen Verknappung zahlreicher Metalle in den nächsten Jahrzehnten ausgehen. Die Rohstoffwirtschaft kennt darauf drei Antworten³⁹:

- weitere Exploration,
- bessere Abbautechniken,
- steigende Recyclingerfolge.

39 The Hague Center for Strategic Studies (2010): „Scarcity of minerals. A strategic security issue“, No. 02/01/10, The Hague

Der zunehmende Aufwand bei der Gewinnung nicht erneuerbarer Rohstoffe treibt den Energieeinsatz und damit indirekt den Klimawandel. Auf der anderen Seite werden derartige seltene Werkstoffe für Hocheffizienz-Technologien und Energieerzeugung aus Sonne oder Wind benötigt.

Nachhaltige Abfallwirtschaft – nicht ohne Stoffstrommanagement

Was engagierten Entsorgungsbetrieben „vor die Füße fällt“, sollten sie nachhaltig im engeren Sinne der Abfallwirtschaft, also mit Methoden nach dem Stand der Technik und mit dem Ziel der Produktion brauchbarer Sekundärressourcen, behandeln.⁴⁰ Aber die Grenzen dafür werden vom Produkt, seiner Zusammensetzung und den das gebrauchte Produkt begleitenden Abfällen gesetzt. Für das Management von Stoffströmen wurden in den 90er-Jahren einige Grundregeln entwickelt. Für Abfallwirtschaft finden sich folgende relevante Regeln in der Fassung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie:

- Regel 2: Erneuerbare Naturgüter (Wald,...) dürfen auf Dauer nur im Rahmen ihrer Fähigkeit zur Regeneration genutzt werden. Nicht erneuerbare Naturgüter (mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger,...) dürfen auf Dauer nur in dem Umfang genutzt werden, wie ihre Funktionen durch andere Materialien oder durch andere Energieträger ersetzt werden können.
- Regel 3: Die Freisetzung von Stoffen darf auf Dauer nicht größer sein als die Anpassungsfähigkeit der natürlichen Systeme, z. B. des Klimas, der Wälder, der Ozeane.
- Regel 4: Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit sind zu vermeiden.
- Regel 6: Energie- und Ressourcenverbrauch... müssen vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden.

Regel 4 nimmt auf den Hygiene- und Gesundheitsaspekt, Regel 2 auf die Ressourcenproblematik und Regel 3 auf den Klimaschutz Bezug – da haben wir die Treiber der Abfallwirtschaft. In Regel 6 steckt der Gedanke einer Effizienzrevolution, mit der wirtschaftliches Wachstum bei geringerer Umweltbelastung ermöglicht wird.⁴¹ Allerdings bleiben die von der Bundesregierung genutzten Nachhaltigkeitsindikatoren hinter der Bedeutung dieser Regeln weit zurück:

⁴⁰ Hier ist nicht der Platz, auf die erheblichen kriminellen Aktivitäten auf dem Abfallsektor einzugehen, ganz besonders bei der internationalen Verschiebung von Sonderabfällen. Siehe z. B. J. Baird et al.: „An overview of waste crime, its characteristics, and the vulnerability of the EU waste sector“, Waste Management & Research 32 (2) 97–105 (2014).

⁴¹ Wichtige Themen für die soziale Dimension des Ressourcenmanagements sind z. B. die potenzielle Ausbeutung von Mitarbeitern oder die Vertreibung indigener Bewohner beim Abbau von Mineralien außerhalb Europas.

- Indikator 1c: Rohstoffproduktivität stellt eine Beziehung zwischen dem Gesamtverbrauch an abiotischen Rohstoffen, vom inländischen Kieselstein bis zum importierten Erdöl (inkl. Import/Export-Saldo), und der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) her. Die Rohstoffproduktivität soll von einem 1994 mit 100 gesetzten Wert bis 2020 verdoppelt, der Rohstoffverbrauch damit vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. Zurzeit liegt die Produktivität etwa 50 % über der von 1994 bezogen auf das inflationsbereinigte BIP.⁴² Diese Kennzahl ist wichtig, aber
 - sie differenziert nicht nach der Art der Rohstoffe;
 - sie enthält keine Information über die Verbindung von Rohstoffen und Energie;
 - sie berücksichtigt nur einen Teil der mit der Gewinnung von Rohstoffen verbundenen Abfallströme.⁴³
- Indikator 2: Die Treibhausgasemissionen sollen gegenüber 1990 um 40 % bis 2020 gesenkt werden. Die Abfallwirtschaft hat hier einen deutlichen Beitrag geliefert; sie wird aber nicht speziell angesprochen.
- Indikator 12a: Der Stickstoffüberschuss bei Aufbringung auf Böden (Ziel 80 kg/ha bis 2010) ist der einzige direkt angesprochene Stoffstrom. Stickstoff gibt es im Überfluss – hier geht es um den Schutz der wichtigen Umweltmedien Boden und Grundwasser vor Überdüngung.

Diese Indikatoren erlauben keinen ausreichend scharfen Blick auf die Stoffströme.

Für Abfallwirtschaft als Teil des Ressourcenmanagements benötigt man neue Indikatoren. Ein geeigneter Indikatorensatz⁴⁴ kann etwa wie folgt aussehen:

1. Anteil der als Sekundärrohstoffe gewonnenen Mengen an Papier, Metall, Kunststoff, Glas und anderer Abfallfraktionen im Verhältnis zur jeweiligen Menge des Werkstoffs im gesamten Siedlungsabfall → dies erlaubt einen Rückschluss auf die Effizienz von Sammlung, Aufbereitung und Verwertung.
2. Verhältnis der erhaltenen Menge an Sekundärrohstoffen zu der gesamten in Deutschland verarbeiteten Menge des Rohstoffs als Primär- wie Sekundärware → damit hat man einen Maßstab für die Menge an Sekundärrohstoff, die zur Substitution zur Verfügung steht.

⁴² Nationale Nachhaltigkeitsstrategie, Fortschrittsbericht 2012 (Hrsg.: Bundesregierung), Berlin 2012

⁴³ Die Kennzahl enthält nicht den TMR (total material requirement). Siehe z. B. St. Bringezu, R. Bleischwitz: Sustainable Resource Management, ISBN 13:9781906093266, Sheffield 2009.

⁴⁴ Diese Sicht wird vom Sachverständigenrat für Umweltfragen unterstützt: „Kriterium für eine Bewertung der Erfolge der Kreislaufwirtschaft sollte künftig die Substitutionsquote sein, das Mengenverhältnis von wieder in der Produktion einsetzbaren Sekundärrohstoffen zum gesamtwirtschaftlichen Materialeinsatz. Nach ersten Schätzungen des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahre 2006 beträgt die Substitutionsquote derzeit 4,1 % für die stoffliche Nutzung (biotisch, abiotisch sowie Abfälle zur Verwertung).“ – SRU: Jahresbericht 2012, Tz. 131.

3. Verhältnis der erhaltenen Menge an Sekundärrohstoffen zu der gesamten in Deutschland verarbeiteten Menge des Rohstoffs als Primär- wie Sekundärware sowie der Menge des jeweiligen Stoffs in eingeführten Produkten → damit hat man eine Steuerungsgröße für die Sekundärrohstoffwirtschaft und den Ansatz für eine Stoffbilanzierung.⁴⁵

Auf Basis der genannten Zielbereiche – Ressourcenschonung, Klimaschutz und Verringerung des Energieverbrauchs – müssen dann Stoffströme von strategischem Interesse für eine Verfolgung ausgewählt werden (Kap. 5).

Ökologische Erfordernisse und ökonomische Realität

Abfall ist ein Gut mit negativem Preis, für das ein Markt nur dann vorhanden ist, wenn der Staat einen entsprechenden Rahmen schafft.⁴⁶ Die dann den Abfallerzeugern entstehenden Kosten für die Beseitigung sind der Maßstab für den Preis, den sie für Verwertung zu zahlen bereit sind. Niedrige Preise für die energetische Verwertung können ein Hindernis für die stoffliche Verwertung darstellen, da der u. U. positive Preis des erhaltenen Sekundärrohstoffs mit Kosten für Sammlung, Sortierung, Reinigung und eventuelle Vermarktungsbeihilfen belastet wird. Wertstoffpreise schwanken, daher lohnt sich der Aufwand für getrennte Sammlung und Verwertung einer Abfallfraktion unter Umständen nicht kontinuierlich. Bei Kunststoffverpackungen (Gelbe Tonne) liegen diese Kosten seit vielen Jahren über denen für die energetische Verwertung und werden daher von Herstellern und Handel auf dem Umweg über die sogenannten dualen Systeme finanziert. Hohe Abfallentsorgungspreise führen erfahrungsgemäß auch zu Ausweichreaktionen von Abfallerzeugern wie illegale Beseitigung oder Umdeklaration von Abfällen. Letzteres wird häufig bei gemischten Abfällen aus gewerblichen Anfallstellen beobachtet, die dann als „Abfall zur Verwertung“ deklariert werden. Wie geht man mit diesem Spannungsverhältnis um?

Das Nebeneinander von öffentlichen Strukturen (Daseinsvorsorge) und Markt führt zum Auseinanderklaffen von Preisen: Investitionen in große Anlagen (Deponien, MVA, MBA,...) erfordern enorme finanzielle Mittel, die über mehrere Jahrzehnte abgeschrieben und wieder verdient werden müssen. Während diese Investitionen von Großstädten oder großen Unternehmen getätigt werden, gehen Containerunternehmen wie

⁴⁵ Eine umfassende Darstellung möglicher Kennzahlen bieten einschlägige Statistiken der Papierindustrie: VDP (Hrsg.): Papier 2013 – Ein Leistungsbericht.

⁴⁶ Siehe hierzu H.-G. Baum: „Entwicklung der Abfallentsorgung im Lichte der widerstreitenden Steuerungskonzepte“, Müll-Handbuch (Hrsg.: B. Bilitewski, H. Schnurer, B. Zeschmar-Lahl), Kz. 0138, Lfg. 2/13.

auch die meisten Gemeinden als bloße Abfallsammler und -transporteure diese Risiken nicht ein. Angebotsüberhänge – wie derzeit in Deutschland für die Restabfallbehandlung – führen zum geteilten Markt: Bürger der Kommunen, die in die Anlagen investiert haben, bezahlen für den eigenen Abfall einen hohen Preis; andererseits richten sich die Angebote der Anlagen im Markt an Grenzkosten aus, was von denjenigen Akteuren genutzt wird, die keine Investitionen in Anlagen getätigt haben. Die weit unter Vollkosten liegenden Marktpreise verhindern einen höheren Aufwand für Verwertung. Folge: Die Anlagen schreiben rote Zahlen. In so unsicheren Märkten wird nach einer Weile nicht mehr investiert – weder in Sortieranlagen noch in energetische Verwertung.

Ein weiteres ökonomisches Grundsatzproblem ergibt sich bei der Übertragung der Verantwortung für den aus ihren Produkten entstehenden Abfall auf die Hersteller (EPR – siehe Seite 12–16). Zum einen will der Hersteller etwas verkaufen. Recycling interessiert ihn, weil eine bestimmte Quote erreicht werden soll, Wiederverwendung stört eher seinen Umsatz mit neuer Ware. Eine kollektiv wahrgenommene Produzentenverantwortung kann daher zum bloßen Freikauf von Rücknahmepflichten genutzt werden, siehe das Beispiel „Grüner Punkt“. Auf der anderen Seite können sich die übrigen Akteure wie Abfallerzeuger oder Kommunen zurücklehnen: Der Produzent bezahlt das Recycling, und das so billig wie möglich – dies führt zu suboptimalen Ergebnissen. Das eigentliche Ziel der EPR, nämlich besser verwertbare oder wieder verwendbare Produkte, wird dagegen häufig nicht erreicht. Solche Regelungen müssen daher in Prozesse münden,

- die ein Mehr an Wiederverwendung bzw. Verwertung erreichen und
- bei denen alle Akteure verantwortlich zusammenarbeiten, anstatt sich zu behindern.

Auf einen Blick: Die Herausforderungen

- Ressourcenmanagement ist in unserer Gesellschaft mit ständig steigendem Konsum notwendig, um die Verfügbarkeit aller Rohstoffe für die kommenden Generationen nicht zu verbauen. Die Verringerung des Verbrauchs vor allem an nicht erneuerbaren Ressourcen ist ein „Muss“.
- Abfallwirtschaft ist Teil des Ressourcenmanagements, wobei der Blick über Stoff- und Produktströme sowie Energiebedarfe vom Rohstoff über die Produktphase bis zur Abfallbehandlung reichen sollte.
- Für das Ressourcenmanagement einschließlich der Wiederverwertung von Abfällen bedarf es klarer Prioritätensetzung orientiert an Ressourcenbedarf, Energieeinsparung und Klimaschutz.
- Die Extraktion von Rohstoffen ist in einigen Bergbauländern mit einer enormen Ausbeutung von Menschen und einer Belastung der Natur verbunden, die von den importierenden Industrieländern nicht hingenommen werden darf.
- Wir haben gewaltige Mengen an Stoffen in Form von Infrastruktur bis hin zu Haushaltsgeräten in unserer Zivilisation, die heute nach Gebrauch nicht zielgerichtet remobilisiert werden.
- Beim Recycling haben wir es zum Teil mit schadstoffbelasteten Materialien zu tun, die ausgeschleust und beseitigt werden müssen.
- Wiederverwertung erschöpft sich bei vielen Konsumprodukten in einem „Downcycling“ von Ressourcen. Es ist zu klären, wie Wiederverwendung und „hochwertige“ Verwertung effektiv gefördert werden können.
- „Recyclingwerkstoffe“ stoßen in vielen Bereichen auf Vorbehalte. Daher müssen sie einerseits in ihrer Qualität an die Primärware herankommen; andererseits darf guten Werkstoffen aus zweiter Hand kein „Schmuddelimage“ angedichtet werden.
- Funktionale Anforderungen an Leichtbauweise, Miniaturisierung, weiträumige Lebensmittellogistik usw. führen zu immer neuen Materialkombinationen oder Legierungen, die mit vorhandener Sortier- und Behandlungstechnik schwer oder gar nicht zu trennen sind.

- Das Design vieler Produkte erschwert zunehmend Reparaturen und Wiederverwertung.
- Die Einführung der Herstellerverantwortung für die Abfallphase vieler Produkte hat sich nur teilweise bewährt. Freikauf von Verantwortung und Missbrauch von Sammelsystemen müssen in Zukunft verhindert werden.
- Die Aufgabenteilung zwischen kommunaler und privater Abfallwirtschaft in Deutschland führt zu Reibereien und suboptimalen Ergebnissen beim Recycling.
- Während die Abfallwirtschaft in Mittel- und Nordeuropa bereits positive Beiträge zum Klimaschutz leistet, werden in anderen EU-Ländern häusliche Abfälle noch deponiert und führen zu massiven Klimagasemissionen.
- Investitionen in Anlagen zur Ressourcen- und Energierückgewinnung aus Abfällen bedürfen klarer Rahmenbedingungen für die Zukunft, die zumindest im deutschen Markt heute nicht gegeben sind.

5. Prioritäre Stoffe und bevorzugte Verwertungswege

Wer steuern will, muss Ziele haben. Stoffliche Verwertung, Verbrennung und Deponierung sind Behandlungswege für Abfälle, die alle ihren Sinn haben, wie nachfolgende Übersicht zeigt.

Abfallwirtschaftliche Basisoperationen

	Deponieren	Verbrennen	Stofflich verwerten
Abfallwirtschaftliches Ziel	Abschluss der Abfälle von der Umwelt	Zerstörung organischer Materialien, Volumenverringerung	Erhalt vorhandener Strukturen
Beitrag zu...	Siedlungshygiene	Siedlungshygiene, Ressourcenschonung, Klimaschutz	Ressourcenschonung, Klimaschutz
Prozess	Deponierung in sicheren Senken	Konversion durch abfalleigene thermische Energie	Siebung, Identifikation, Sortierung, Reinigung
Brauchbare Produkte	Keine	Energie, Schrotte, Recycling-Baustoffe	Zahlreiche Stoffe mit unterschiedlicher Verwertbarkeit

Um die Wahl zwischen mehreren Zielen zu erleichtern, gilt es, Prioritäten zu setzen.

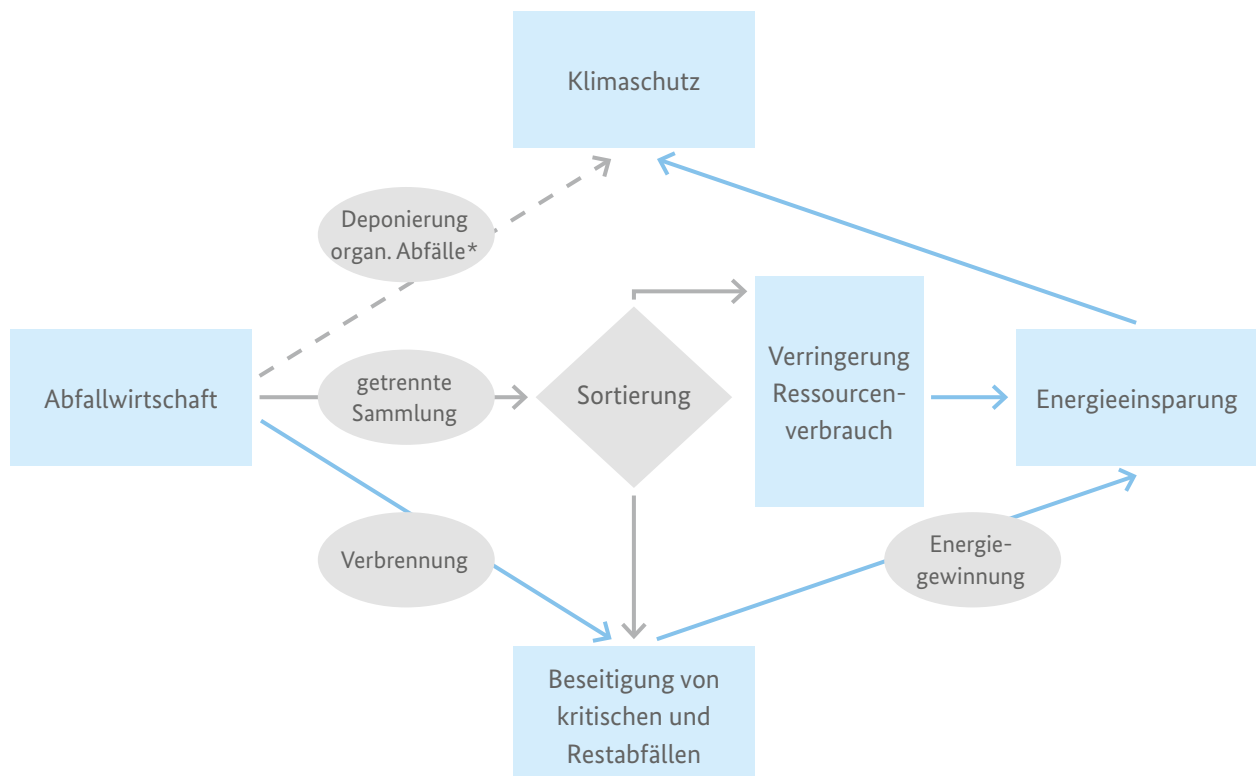
Abfallwirtschaft, Rohstoffe, Energie, Klima

Abfallwirtschaft ist Teil der Gesundheitsvorsorge, des Umweltschutzes, des Ressourcenmanagements und der Energiepolitik. Gute Städtehygiene und die Reduzierung von Emissionen bei der Abfallbehandlung auf ein umweltverträgliches Maß sind in Deutschland selbstverständlich gewordene Errungenschaften. Im Folgenden wird vorausgesetzt, dass daran nicht gerüttelt wird.

Abfall- und Rohstoffwirtschaft müssen dagegen besser verknüpft werden, so wie das heute schon auf den Märkten für Schrotte oder Papierrohstoffe der Fall ist. 48% des Eisens, 36% des Aluminiums, 68% des Papiers beruhen auf der Nutzung von Sekundärrohstoff. Abfall ist kein Rohstoff – es kann aber einer daraus werden.

Energetisch verwertbarer Abfall substituiert andere Primärenergieträger bei der Strom-, Prozesswärme- und Fernwärmeproduktion.⁴⁷ Die Klimaentlastung gemessen in CO₂-Äquivalenten liegt bei rd. 4 Mio. t.⁴⁸

Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen diesen Bereichen lässt sich in folgendem einfachen Schema darstellen:



* Deponierung von abbaubaren Abfällen ist in jedem Fall klimaschädlich. In Deutschland dürfen nur noch Abfälle mit einem organischen Gewichtsanteil von höchstens 5 % abgelagert werden.

Bei beiden Verwertungswegen werden Ressourcen – stoffliche oder energetische – eingespart. Sekundärressourcen sind oft mit wesentlich geringerem Energieeinsatz zu gewinnen als Primärressourcen. Damit wird die Emissionsbilanz auch bei stofflicher Verwertung für Treibhausgase verbessert. Es ist nicht einfach, im Sinne eines optimalen Klimaschutzes den jeweils besten Weg zu definieren – ein Maßstab dafür findet sich im nächsten Abschnitt. Der für den Klimaschutz mit Abstand schlechteste Weg für verwertbare, vor allem abbaubare Abfälle ist jedenfalls der zur Deponie.

⁴⁷ Die Zementindustrie substituiert im Übrigen bis zu 60 % ihres Jahresbedarfs von 22,5 Mio. MWh Prozesswärme durch „alternative Brennstoffe“, meist Altfreien, Sortierreste, Klärschlamm und aufbereitete Gewerbeabfälle (VDZ-Jahresbericht 2009–2012).

⁴⁸ Dies ist ein Saldo aus 6,93 Mio. t CO₂-Äquivalenten an Emissionen und einer Reduktion um 10,83 Mio. t CO₂-Äquivalenten durch Substitution anderer Brennstoffe; C. Spohn: „Thermische Abfallbehandlung in Deutschland“, RECYCLING Almanach 2013, 142–144.

Maßstäbe für Prioritätensetzung

Die Managementregel Nr.2 (Seite 28) gibt bereits einen ersten Maßstab vor: Nicht erneuerbare Ressourcen – Metalle, Mineralien, fossile Energieträger – haben Priorität vor erneuerbaren Ressourcen, also nachwachsenden Rohstoffen wie Holz. Wie lassen sich weitere Prioritäten setzen?

Die Gewinnung und Nutzung von Ressourcen lässt sich mithilfe des „kumulierten Energieaufwands“ (KEA) vergleichen. Mit ihm werden der Energieaufwand für die Herstellung von Gütern von der Stoffgewinnung bis zum fertigen Produkt, der Energieaufwand in der Nutzungsphase einschließlich Instandhaltung sowie der energetische Aufwand für Recycling, Entsorgung etc. erfasst.

Der „kumulierte Rohstoffaufwand“ (KRA) summiert dagegen die entlang des Stoffstroms bewegten Materialmengen auf, also z.B. auch Abraum und damit den „ökologischen Rucksack“.

Aus KEA und KRA erhält man daher einen Eindruck von dem Zusammenhang zwischen Gewinnung und Verarbeitung einer bestimmten Ressource und dem damit verbundenen Aufwand. Der KEA korreliert mit der spezifischen Emission an Treibhausgasen (THG) im Fall von nicht erneuerbaren Rohstoffen, während dies bei nachwachsenden Rohstoffen nicht der Fall ist. Die folgende Tabelle⁴⁹ zeigt beispielhaft Daten für einige Metalle, Mineralien sowie Produkte aus fossilen und erneuerbaren Rohstoffen.

Da die Gewinnung von NE-Metallen aus Gesteinen mit immer geringeren Konzentrationen der gewünschten Ressource zu hohen Abraumengen führt, anders als bei der Gewinnung von Kalk oder Kies, liegt der KRA je Gewichtseinheit um Größenordnungen über dem für Massenmineralien und nimmt tendenziell weiter zu, was die Umweltbelastung durch die Rohstoffgewinnung ständig erhöht.⁵⁰

Man kann die spezifischen KEA bzw. KRA aus den einzelnen Rohstoffen mit den absoluten Stoffströmen, also dem Durchsatz einer Stoffmenge wie z.B. Papier oder Eisen durch die Volkswirtschaft im Zeitraum von einem Jahr, kombinieren. Damit entsteht

49 J. Giegich et al.: Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion, UBA-Texte 01/2012. Die Daten in der Tabelle wurden gegenüber den Originaldaten aufgerundet, um die Größenordnungen besser kenntlich zu machen; <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4237.pdf>

50 „Die Bereitstellung der Rohstoffe aus immer geringwertigeren Erzen wird die Umweltbelastung durch den Bergbau und die Aufbereitung ganz erheblich in die Höhe treiben. Eine katastrophale Umweltverschmutzung durch ungezügelter Erzabbau (die ‚dreckigste‘ Bergbaugesellschaft produziert am billigsten und bestimmt damit den Marktpreis...) kann nur durch die Zertifizierung von Metallen in puncto umwelt- und sozialgerechter Produktion verhindert werden.“ (Aus: METCYCLE Rohstoffe: Ressourcen, Reserven und Preise“ (Hochschule Rapperswil/UMTEC, Rapperswil 2013))

ein Bild, in dem Stoff- und Energieaufwand zusammen mit wirtschaftlichen Daten betrachtet werden können.⁵¹

Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) und kumulierter Energieaufwand (KEA)* sowie Treibhausgasemissionen (THG) für die Herstellung von 1 t Material

	KRA [t/t]	KEA ges. [MJ/t]	KEA f+n [MJ/t]	THG [kg CO ₂ -Eq/t]
Platin	67.500	213.600.000	212.100.000	13.892.000
Indium	25.754	1.981.627	1.971.001	149.200
Lithium	13	307	305	18.344
Kupfer	128	50.400	41.100	2.874
Reinst-Silizium	38	141.700	121.400	85.600
Gelöschter Kalk	1,4	4.088	3.067	749
Baukies	1,1	43	43	1,7
Erdöl (vor Verbrauch)	1,1	46	46	200
PET (ab Essigsäure, Xylol, Glykol)	1,9	72	71	2.370
LDPE	1,7	73	73	2.133
Papier	1,2	32	21	1.267

* unterschieden nach dem gesamten KEA sowie der Summe aus fossilem und nuklearem Anteil

Hinzu kommen technische, politische und wirtschaftliche Probleme bei der Rohstoffversorgung, die für die Prioritätensetzung von Bedeutung sind⁵²:

- Gewinnung der jeweiligen Ressource nur als Funktion einer anderen (Beispiel: Indium-Produktion abhängig vom Zinkbergbau)
- Ressource in Mineralien kaum von verwandten Elementen abtrennbar (Beispiel: weniger häufige „Seltene Erden“ wie Dysprosium)
- Drei oder weniger Lieferanten für eine Ressource weltweit (Beispiel Platin oder Niob)
- Gewinnung von Mineralien in Ländern mit autoritären und/oder politisch instabilen Regierungen (Beispiel Coltan aus dem Kongo)

⁵¹ Natürlich lassen sich weitere Kriterien finden: So ist es sicher richtig, den Ersatz gut verfügbarer mineralischer Rohstoffe wie Kies durch Recycling-Baustoffe auch unter dem Aspekt von Landschaftsschutz und Umweltschonung zu bewerten.

⁵² Siehe weitere Kriterien in der KfW-Studie zu abiotischen Rohstoffen: <https://www.kfw.de/Download-Center/Konzerntemen/Research/PDF-Dokumente-Sonderpublikationen/Kritische-Rohstoffe-KF.pdf>. Auf EU-Ebene gibt es eine ähnliche Sicht auf „knappe“ Ressourcen mit Hinblick auf Verfügbarkeit und Versorgungsrisiko.

- Kurze statische Reichweite der verfügbaren Menge eines Rohstoffs bei steigender Nachfrage (Beispiele Gallium, Tellur,...)
- Neigung von Regierungen zur Nutzung von Rohstoffen als „Waffe“ bei politischen Auseinandersetzungen (China, Indonesien, Russland,...)

Aus der Kombination von Daten wie KEA und KRA sowie den genannten weiteren Kriterien lassen sich Prioritäten für eine deutsche bzw. europäische Politik der Ressourcenschonung entwickeln, die an natürlicher Verfügbarkeit von Ressourcen, mit ihrer Gewinnung verbundener Umweltbelastung und geopolitischen sowie sozialen Kriterien orientiert wird. Die Prioritätenliste könnte wie folgt aussehen:

1. NE-Metalle
 - a. Stoffe, bei denen die Versorgung oder Gewinnung als kritisch eingeschätzt wird
 - b. Mineralien bzw. Metalle mit hohem KRA bzw. KEA
 - c. Weitere NE-Metalle
2. Eisenmetalle
3. Synthetische organische Stoffe mit hohem KEA (Beispiel: PET)
4. Einfache organische Vorstufen für die chemische Produktion⁵³
5. Heimische mineralische Rohstoffe mit hoher Verfügbarkeit
6. Nachwachsende Rohstoffe (Biomasse)

Für die Abfallwirtschaftspolitik müssen die Prioritäten des Ressourcenmanagements Richtschnur sein. Es geht nicht darum, möglichst viel Material aus dem Abfall zu gewinnen, sondern die richtigen Stoffe und das in brauchbarer Qualität und mit angemessenem Aufwand. Beim Ressourcenmanagement ist Recycling Mittel, nicht Ziel. Um dies zu quantifizieren, benötigt man ein Maß für die ökologische Wertschöpfung aus Recyclingprozessen. Daher müssen die Aufwendungen an Material und Energie für die Sekundärprozesse denen der Primärprozesse gegenübergestellt werden. Derartige Saldierungen können etwa im Rahmen einer [Nutzenkorbanalyse](#) miteinander vergleichbar gemacht werden und damit Entscheidungshilfen für den jeweils einzuschlagenden Weg zur Nutzung einer Abfallfraktion liefern.⁵⁴ Neue Rahmenbedingungen für die Abfallwirtschaft sollten diese komplexen Zusammenhänge abbilden. Auf der anderen Seite sind Weichenstellungen beim Einsatz von Ressourcen und dem Design von Produkten notwendig, damit die Abfallwirtschaft die ihr gestellten Aufgaben besser lösen

⁵³ Etwa 4 % des gesamten Verbrauchs an fossilen Energieträgern gehen in die stoffliche Nutzung, bei Erdöl sind es 15 % (zum Vergleich: Kraftstoffe 59 %). Die Herstellung von Verpackungskunststoffen verschlingt mit 2,7 Mio. Mg/Jahr knapp 2,5 % des Erdölverbrauchs von 103 Mio. Mg/Jahr. (Daten: VCI 2012, Heyde 2007)

⁵⁴ J. Wagner, K. Heidrich, F. Müller: „Steigerung der Ressourcenproduktivität durch Sekundärrohstoffwirtschaft“, Müll und Abfall 44 (10), 528–535 (2012)

kann. Der nicht endende Streit über stoffliche oder energetische Verwertung lässt sich aus der Perspektive des Ressourcenmanagements entschärfen:

- Metalle haben Priorität. Sie müssen in erster Linie durch getrennte Sammlung und Aufbereitung entsprechender Produkte isoliert werden. Im Restabfall verbliebene Fe- und NE-Metalle sollten darüber hinaus aus Rostasche und Flugasche der Verbrennungsanlagen zurückgewonnen werden. Wenn seltene Metalle (Priorität 1a) in Produkten genutzt werden, bedarf es entsprechender Mechanismen zur „Rückholung“ der Produkte und Technik der Wiedergewinnung.
- Bei Produkten aus Kunststoffen gilt: Je komplexer die jeweilige Struktur ist, desto größer in der Regel die KEA.⁵⁵ So ist die stoffliche Verwertung von PET deutlich vordringlicher als die eines strukturell einfachen Kunststoffs wie PE. Eine stoffliche Verwertung etwa von Mischkunststoffen mit zahlreichen Zusatzstoffen hat aus Sicht des Ressourcenschutzes keine hohe Priorität, da Öl, Gas und Kohle für Chemierohstoffe ausreichend zur Verfügung stehen.⁵⁶ Die energetische Verwertung von Gemischen aus verschmutzten Kunststoffen kann daher ökologisch sinnvoller sein als eine energieaufwendige Aufbereitung zu einem Werkstoff minderer Qualität.
- Bei Biomasse erscheint die „Kaskadennutzung“ von Produkten bzw. Abfällen aussichtsreich, bei der Verwertung auf einem stufenweise absteigenden Niveau stattfindet, z. B. vom Vollholz über Möbel, sauberes Altholz, Spanplatte bis zur energetischen Nutzung.
- Bei brennbaren Abfallfraktionen vorwiegend aus Stoffen „niedriger Priorität“ ist die energetische Nutzung immer dann sinnvoll, wenn keine geeignete stoffliche Nutzung realisierbar ist.

Rohstoffrückgewinnung sollte nicht mit unangemessenem Energieeinsatz erkaufert werden. „Von entscheidender Bedeutung ist, dass Verbesserungen der Rohstoffeffizienz an einer Stelle nicht zu einer Erhöhung der Umweltauswirkungen auf einer anderen Stufe der Wertschöpfungskette führen sollten.“⁵⁷

⁵⁵ Dies ist eine stark vereinfachte Sicht. Wird der „Kunststoff“ aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen, kann die Situation völlig anders aussehen.

⁵⁶ „Im Jahr 2009 wurden nicht erneuerbare Energierohstoffe mit einem Energiegehalt von etwa 457 EJ gefördert. Vergleicht man zusammen genommen für alle Energierohstoffe weltweit diese Jahresförderung mit den Reserven in Höhe von 39 794 EJ und den Ressourcen mit 613 180 EJ, so ergibt sich eine Relation von etwa 1 zu 87 zu 1342. Damit lassen die globalen Vorräte an Energierohstoffen aus geologischer Sicht grundsätzlich eine ausreichende Deckung des künftigen Energiebedarfes erwarten. Fraglich ist, ob diese Rohstoffe künftig immer dann in ausreichender Menge verfügbar gemacht werden können, wenn sie benötigt werden.“ (BGR: „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen“, Braunschweig 2010)

⁵⁷ SRU 2012, Tz. 115

6. Ansatzpunkte für nachhaltiges Ressourcenmanagement

Aus Sicht des Ressourcenmanagements ergeben sich aus den o.g. Prioritäten drei Folgerungen:

- Den Ressourcenverbrauch insgesamt verlangsamen, vor allem den Verbrauch an seltenen, nicht nachwachsenden Rohstoffen.
- Ressourcen aus gebrauchten Gütern bzw. Abfällen zurückgewinnen und wieder in hoher Qualität als Sekundärrohstoffe einsetzen.
- Energie aus Abfällen gewinnen, die aus technischen, ökologischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht zur Rückgewinnung von Ressourcen genutzt werden können.

Die für die Erreichung dieser Ziele benötigten Strategien müssen die „Sieben Stolpersteine der Ressourcenrückgewinnung“ berücksichtigen.

Produkt-„Leben“: Information und Transparenz sichern

Ohne Kenntnis von Stoffströmen kann man in diese nicht gezielt eingreifen. Anders gesagt: Ein Eingriff ohne klare Sicht stiftet meist mehr Schaden als Nutzen. („You can only manage what you can measure.“) Dabei sind mehrere Ebenen zu unterscheiden:

- Es bedarf nationaler, besser noch europäischer Bilanzen für prioritäre Stoffe: Wir wissen heute nur ansatzweise, in welchen Produkten seltene Metalle landen, wie lange diese Produkte genutzt werden und auf welchem Weg sie nach Nutzungsende verwertet oder beseitigt werden. Da es weder möglich noch erforderlich ist, alle Rohstoffe zu bilanzieren, bedarf es einer Liste prioritärer Rohstoffe (siehe Seite 38), für die Bilanzen zu erstellen sind. Auch wenn sich die Kennzahlen für Rohstoffe nicht plötzlich ändern, mag die strategische Bedeutung eines einzelnen Minerals zu- oder abnehmen. Daher sollte eine derartige Prioritätenliste im Abstand von einigen Jahren überprüft werden. Stoffbilanzen müssen Auskunft über Produktion, Import, Export, Verwendung, Nutzungsdauer in Anwendungsbereichen und Wege nach Nutzungsende enthalten. Die Dynamisierung derartiger Bilanzen ermöglicht es, die Menge eines Rohstoffs abzuschätzen, die zu einem späteren Zeitpunkt für die Aufbereitung als Sekundärrohstoff zur Verfügung stehen könnte.
- Es bedarf einer mit langlebigen Gütern verbundenen Information über die darin enthaltenen Komponenten und Stoffe. Dies dient zum einen dem Verbraucher,

noch mehr aber dem Abfallverwertungsbetrieb, der damit die Chance erhält, das Produkt im Abfallstrom in die richtige Richtung zu lenken. Da der Verbraucher entscheidet, wann ein Produkt zu Abfall wird, bleibt eine automatisierte „Deonstruktion“ Fiktion. Die durch entsprechende Information mögliche Identifikation der Inhaltsstoffe hilft aber, Weichen für darin enthaltene Wert- oder auch Schadstoffe richtig zu stellen. Als Kennzeichnungsträger bieten sich RFID-Tags an.

- Die zunehmende Zahl von Legierungen macht es erforderlich, daraus hergestellte Teile einheitlich für alle Branchen zu kennzeichnen, damit in der Schrottaufbereitung und bei Anlagen zur Herstellung von Halbzeugen Teile ausgesondert werden können, die optisch nicht identifizierbar sind, aber im Sekundärrohstoff stören.
- Auf der Rohstoffseite sollte die Herkunft von Erzen bzw. Metallen bis zum Umschmelzprozess in europäischen Hütten zertifiziert werden, um „Konfliktmineralien“ ausschließen zu können.⁵⁸

Produktnutzungsdauer verlängern, Sekundärerzeugnisse nutzen

Die längere Verwendung von Gütern ist eine einfache Maßnahme zur Schonung von Ressourcen. Natürlich liegt dies zunächst in der Hand des Nutzers – das gern gebrauchte Schlagwort heißt „Abfallvermeidung“. Genauer gesagt geht es hier um die Verlangsamung von Stoffströmen. Modebedingte Produktwechsel (Beispiel Mobiltelefon, Oberbekleidung) sind kulturelle Hindernisse für einen längeren Gebrauch, aber Warenqualität, Reparierbarkeit und Nutzungsdauer hängen miteinander zusammen. Qualität ist Teil der Identität bekannter Textil-, Elektrogeräte- und Automarken, Langlebigkeit und Reparierbarkeit sollten zum Markenkern gehören. Neben der Verlängerung der Nutzung kommt eine Intensivierung infrage, also der Gebrauch eines Produkts durch mehrere Nutzer. Was im gewerblichen Bereich als Maschinenring oder Geräteleasing zur Senkung von Kosten im Unternehmen beiträgt, findet im privaten Haushalt erst langsam Akzeptanz, wie zum Beispiel Carsharing.

Für die aus der Verwertung von Abfallfraktionen über Sekundärressourcen hergestellten Erzeugnisse gilt es, in Kooperation mit Behörden und Herstellern mehr Akzeptanz und einen größeren Markt zu schaffen.

⁵⁸ Eine im Entwurf vorliegende EU-Verordnung beschränkt dieses Thema auf vier spezielle Metalle.

Siehe http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2014/march/tradoc_152227.pdf

Produktdesign: Recyclingchancen nicht verbauen

Die Verwertbarkeit von Materialien aus gebrauchten Produkten wird bei der Herstellung bisher noch wenig berücksichtigt.⁵⁹ Der Trend zu Miniaturisierung und Leichtbau u.a. mit dem Ziel der Energieeinsparung verschärft dieses Problem. Eine Forderung, Produkte auch nach ihrer Recyclierbarkeit zu konstruieren, kann mit dem Markterfordernis eines Designs für die Funktionalität des Produkts in Konflikt geraten. Funktionalität wird im Regelfall Vorrang vor der Wiederverwertung haben. Nun kann man sich bei langlebigen Gütern auf den Standpunkt stellen, dass während der Nutzungsdauer des Produkts schon die Recycling-Techniken entwickelt werden, die man an dessen Nutzungsende dafür braucht. Es sollte aber einen Unterschied machen, ob ein neu entwickelter Werkstoff nur energiesparend ist oder energiesparend und zusätzlich geeignet für eine Wiederverwertung. Mit dem „Cradle to cradle“-Konzept wird eine besondere Form des Recyclings verfolgt, bei dem das jeweilige Produkt im Sinne einer absoluten Konsistenzstrategie wieder in den natürlichen Stoffkreislauf zurückkehren soll. Dies kann im Einzelfall funktionieren, sofern Hersteller und Konsument wieder zueinanderfinden. Der jeweilige Energieaufwand ist zu berücksichtigen. Allerdings sind auch im Fall der Verwertung „zurück zur Natur“ eventuelle Schadstoffe auszuschleusen.⁶⁰

Probleme der Wiederverwertung ergeben sich in großem Umfang im Bausektor, und zwar verursacht durch „ganz normale“ Baustoffe: Putze bzw. Estrich auf Basis von Gips (siehe Seite 23) können aus statischen Gründen wie aus Gründen einer möglichen Sulfat-Auslaugung nicht im Bauschutt verbleiben. Wenn heute bei „Gebrauchsende“ entsprechender Gebäude keine technischen Möglichkeiten zur Trennung von Gips und anderen Baumaterialien vorhanden sind, muss eine Abtrennung schon vor dem Rückbau erfolgen. Das „falsche“ Produktdesign verteuert mithin den Abriss, der vom Verursacher, hier dem Eigentümer des Hauses, zu tragen ist.

Die erweiterte Produzentenverantwortung (EPR, siehe Kap.3) hilft da nur bedingt weiter, denn wer ist nach „Gebrauchsende“ von den Herstellern einzelner Bauprodukte oder Gewerke noch greifbar? Daher sind für Produktgruppen unterschiedlicher Gebrauchsdauer Überlegungen anzustellen, wie die Verantwortung für die Verwertbarkeit der Güter am besten sichergestellt werden kann.

⁵⁹ Die Verallgemeinerung des ökologischen Designs von Stoffen, Produkten, Prozessen und Systemen über die Verwertbarkeit hinaus wird z. B. in den „12 principles of green engineering“ erfasst (Anastas/Zimmermann, *Env. Science Technol.* 37 (5), 94A-101A (2003)).

⁶⁰ Als aktuelles Beispiel für die Firmierung „cradle to cradle“ sei eine Anlage zur Herstellung von Öl aus Kunststoffabfällen durch Pyrolyse erwähnt („Syntrol“). Das Umweltbundesamt wies bei einer Anfrage auf offene Fragen zur Energiebilanz, Verfügbarkeit der Kunststoffe (Nutzungskonkurrenz zur stofflichen Verwertung) und zur Verwertbarkeit des anfallenden Pyrolyseöls hin (Schreiben vom 2.10.14.). Erfahrungsgemäß sind Koks und Öl aus derartigen Anlagen nur mit hohem Aufwand wieder einsetzbar.

Produkt-„Lebensende“ und Stoffverwertung: Schäden vermeiden

Für Abfälle mit nicht abbaubaren Bestandteilen haben wir Deponien, ggf. Untertage-Deponien⁶¹, für andere Restabfälle die thermische Behandlung als „Senken“, aus denen sich bei Betrieb nach Stand der Technik keine schädlichen Einwirkungen auf Mensch und Umwelt ergeben. Das ist die entscheidende hygienische Funktion der Abfallwirtschaft. Nun müssen aber weitere Optionen bedacht werden. Zum einen kennt man die Verschleppung von Stör- oder Schadstoffen in Sekundärrohstoffe:

- Im Fall des Recyclings dürfen neue Produkte aus Sekundärrohstoffen keine Schädigung für den Menschen verursachen, ebenso wenig wie die aus primären Materialien.
- Bei Sekundärprodukten, die in die Umwelt eingebracht werden, ist eine Verschlechterung des aktuellen Umweltzustands zu vermeiden.

Zum anderen finden viele Produkte nicht den Weg in die Abfallwirtschaft, sondern gehen in der Umwelt „verloren“. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Belastung der Meere mit Plastikabfällen aus der Fischerei bzw. von Land als Folge unsachgemäßer Beseitigung. Hier bedarf es einer Doppelstrategie:

- Einführung bzw. Verbesserung von hygienischen Standards (Sammlung, Beseitigung) in Ländern ohne geregelte Entsorgung sowie Aufklärung der Bevölkerung über die Gefahren sorglosen Umgangs mit Abfällen.
- „Entschärfung“ der schädlichen Wirkungen solcher Produkte, hier etwa die Verbesserung der Abbaubarkeit in Meerwasser.

Sammeln und sortieren: Am Anfang trennen, am Ende Qualität gewinnen

Drei, vier, fünf und mehr Mülltonnen vor der Haustür – irgendwann ist die Grenze auch für einen zur Abfalltrennung motivierten Haushalt erreicht. Für eine qualitätsvolle Sortierung in entsprechenden Anlagen ist aber die Bereitstellung „sauberer“ Abfallfraktionen bzw. einzelner gebrauchter Produkte von entscheidender Bedeutung. Daher brauchen wir neue Wege und neue Techniken für die Sammlung und sollten Konsequenzen aus misslungenen Experimenten ziehen: Die „Gelbe Tonne“ hat sich mit ihrem Sammelsurium an Abfallfraktionen nicht bewährt. Wird es einer Wertstofftonne besser gehen? Ähnlich wie bei den „gut sichtbaren“ Fraktionen Altglas und Altpapier macht es

⁶¹ Die vor etwa zehn Jahren propagierte deponiefreie Abfallwirtschaft ist politisch „abgehakt“. Für die Ausschleusung mineralischer bzw. mineralisierter Schadstoffe bleiben sichere Deponien als Senken unverzichtbarer Bestandteil des Stoffstrommanagements.

z. B. Sinn, metallische Gegenstände und Kunststoffbehälter getrennt zu sammeln – diese lassen sich auch gut sortieren. Mit Blick auf die oben abgeleiteten Prioritäten muss vor allem der Sammelerfolg bei gebrauchten Elektro- und Elektronikgeräten aller Art erhöht werden. Dies gilt für die erfasste Menge und die Unversehrtheit der Geräte.

Damit Abfalltrennung im privaten Bereich funktioniert, muss sie eingängig und bequem sein. Die Möglichkeiten von Internet und Kommunikation sind hier noch nicht ansatzweise ausgereizt.

Produzentenverantwortung: Weitere Akteure ins Boot holen

EPR zielt darauf ab, dass der Hersteller durch seine Verantwortung für das jeweilige Produkt auch in der Abfallphase für ein möglichst recyclingfreundliches Design sorgt, um Kosten zu sparen. Dieses Modell funktioniert häufig nicht. Klar ist: Wenn der Hersteller sein Produkt nicht verkauft, sondern vermietet und nach Gebrauch zurücknimmt, wäre dies eine ideale „individuelle Produzentenverantwortung“. Ähnliche Effekte sind für den Fall zu erwarten, dass der Hersteller sein Produkt verleast oder sich direkt gegenüber dem Käufer zur Rücknahme verpflichtet. Auch wenn es einen Trend in Richtung „Nutzen statt Besitzen“ gibt – dies ist eine Frage des Lebensstils und kann nicht verordnet werden. EPR muss daher neu gedacht und auf unterschiedliche Warengruppen bzw. Marketing maßgeschneidert werden. EPR sollte über die Verantwortung des Produzenten für die Abfallphase hinaus zu einer Strategie weiterentwickelt werden, die auch die Versorgung mit Sekundärrohstoffen unterstützt.

Sofern der Hersteller kein direktes Interesse an der Rückgewinnung von Modulen oder Rohstoffen hat, besteht durch Kostendruck die Gefahr, dass der ganze Prozess so billig wie möglich gestaltet wird, evtl. mit der Folge, „hochwertige“ Recyclingwege abzuwürgen. Daher sind staatlich vorgegebene Ziele im Ressourcenmanagement unverzichtbar. Der Begriff „Produzentenverantwortung“ sollte aber nicht den Blick dafür verstellen, dass viele Akteure neben dem Hersteller Entscheidungen für den weiteren Weg „seines Produkts“ nach Ablauf der Nutzungsphase treffen: vor allem der Besitzer des Produkts, die Abfallwirtschaftsunternehmen als Verwerter, ggf. auch Handel und Kommune, so weit sie bei der Rückwärts-Logistik der jeweiligen Güter eine Rolle spielen. Deren verantwortliches Handeln muss also im Rahmen des Prozesses ebenso wie das des Herstellers eingefordert werden. Entlang des Produktlebenswegs bzw. in der Abfallphase bedarf es mithin der Kooperation der Akteure „ohne Sand im Getriebe“, um Ressourcenschutz

zu erzielen. Diese Kooperation kann nur durch sorgfältig aufeinander abgestimmte Instrumente erzielt werden.

Mangelnde Kooperation der Akteure erleichtert Kriminellen den illegalen Export von Abfällen mit wertvollen Inhaltsstoffen. Hinzu kommen erhebliche Vollzugsdefizite der nationalen Behörden bei der Kontrolle des Exports gefährlicher Abfälle (Waste Shipment Regulation, WSR).⁶² Die Ertüchtigung der Zollbehörden und die europäische Vereinheitlichung des Vollzugs müssen also integraler Bestandteil der EPR-Strategie werden.

Bei der Strukturierung entsprechender Regelungen empfiehlt es sich, nach Formulierung der gewünschten Ergebnisse die unterschiedlichen Interessen der Akteure zu prüfen und z. B. über Szenariotechnik funktionierende Prozesse zu entwickeln.

Rohstoffe und Produkte von vorgestern: „urban mining“

Was vorgestern noch Abfall war, kann heute schon als Sekundärrohstoff einen positiven Preis erzielen. Die Nutzung ehemaliger Deponien („landfill mining“) bzw. Halden des Erzbergbaus („mining of tailings“)⁶³ zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen steht wirtschaftlich je nach Entwicklung der Rohstoffpreise in wenigen Jahren bis Jahrzehnten vor dem Durchbruch. Damit lassen sich Rohstoffe, die schon „vergraben“ waren, remobilisieren. Was würde die Gewinnung von Wertstoffen aus alten Ablagerungen erleichtern?

- a. Eine Konzentrierung bestimmter Abfallarten in der Altablagerung.
- b. Die genaue Kenntnis dessen, was wo in der Ablagerung enthalten ist.
- c. Ein technisch einfacher Zugang zu den heute wieder „brauchbaren“ Abfällen.

Ebendiese Bedingungen sind heute teilweise allenfalls in Halden (a), nicht aber in Deponien erfüllt.

Daher wird die Erkundung bestehender potenziell interessanter Lager erforderlich. Ferner kommt es für die Zukunft darauf an, anorganische Abfälle zwischenzulagern, die

⁶² Siehe hierzu auch EUROMÉTAUX / öko Institut: EUROMETAUX's Proposals for the Raw Materials Initiative, Brussels (2010).

⁶³ „Urban mining“ ist ein wenig definierter Begriff. Hier wird er im Sinne des Rückgriffs auf in der Volkswirtschaft und ihren Ablagerungen gespeicherte Wertstoffe gebraucht. Siehe dazu N. Johansson et al.: „An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: Towards a new taxonomy“, J. Cleaner Prod. (2012), doi:10.1016/j.jclepro.2012.04.007.

perspektivisch für eine Aufbereitung infrage kommen, die heute aber aus wirtschaftlichen und/oder technischen Gründen noch nicht machbar ist.

Die vorgenannten Strategien berücksichtigen die durch die „Sieben Grenzsteine“ (Seite 18–19) markierten Probleme. Insofern bieten sie die Chance, heutige Grenzen zu überwinden und die sieben Grenzsteine ein Stück weit zu verschieben.

7. Instrumente

Wenn man dauerhafte Regeln für das Ressourcenmanagement etabliert, werden zusätzliche Dienstleistungen und Märkte rund um Sekundärressourcen entstehen. Daher benötigt man für die Umsetzung der vorgenannten Strategien geeignete Instrumente. Das Instrumentarium lässt sich grob einteilen nach

- Ordnungsrecht,
- ökonomischen Instrumenten,
- Normen,
- Vereinbarungen und
- Informationen.

Für eine umfassende Diskussion einer Vielzahl von Instrumenten ist hier kein Platz. Im Folgenden werden deshalb kurz mögliche Schritte anhand der oben genannten Strategien vorgestellt und ihr Für und Wider andiskutiert.

Information über Produkte und Transparenz für Stoffströme

Die Verbesserung der Kennzeichnung von Produkten komplexer Zusammensetzung, z.B. in Form eines RFID-Chips mit Informationen zum Produzenten, zum Herstellungsdatum, zur Zusammensetzung usw., hilft dem Ressourcenmanagement an vielen Stellen weiter:

- Sie macht Güterströme transparent.
- Sie erleichtert eine Erfassung „kritikaler“ Stoffströme.
- Sie dient der Identifizierung von Produkten mit als gefährlich erkannten Inhaltsstoffen.
- Sie hilft bei der maschinellen Aufarbeitung gebrauchter Produkte in Sortieranlagen.
- Sie wird zum „Gedächtnis“ bei besonders langlebigen Produkten.
- Sie informiert den Verbraucher auch über die Verwertbarkeit des Produkts nach Gebrauch.

Bei Erzeugnissen, die einer Rücknahmepflicht unterliegen, wird durch eine genaue Kennzeichnung die Möglichkeit individueller Herstellerverantwortung (EPR) eröffnet. So können im Fall kollektiv wahrgenommener EPR zumindest Kosten und Erlöse in der Abfall- bzw. Verwertungsphase besser dem Verursacher zugeordnet werden. Wenn es sich bei dem „Produkt“ z.B. um ein Gebäude handelt, müssen die benutzten Werkstoffe

einschließlich wesentlicher Ein- und Umbauten dokumentiert werden. Dazu bedarf es einer entsprechenden Formatvorgabe. Der obligatorische „Gebäudepass“ wird seit etwa 20 Jahren diskutiert; bisher gibt es nur den „Energieausweis“ für Gebäude. Die Einführung des Gebäudepasses wird angesichts zunehmender Komplexität der verwendeten Baustoffe immer dringlicher.

Für bestimmte schwer erkennbare und schlecht verwertbare Legierungen bedarf es darüber hinaus einer eindeutigen Markierung daraus hergestellter Werkstücke, ggf. über eine Weiterentwicklung der sogenannten Metall-DNA. Darüber hinaus sollte die in der EU diskutierte Zertifizierung der Rohstoffe es ermöglichen, ihre Herkunft nach solchen aus kritischen Minen und solchen mit menschenwürdigen Arbeitsplätzen zu unterscheiden.

Die Akzeptanz von Sekundärressourcen steigt mit der Transparenz für den Nutzungsweg der primären Rohstoffe über Verarbeitung und Produkte bis zum Abfall. Anforderungen an die Qualität der Sekundärrohstoffe, entweder in einem Verfahren vom Abfall zum Stoff (End-of-waste-Kriterien im Rahmen von Verordnungen auf Basis des Chemikalienrechts – REACH) oder in Form einer Zertifizierung, tragen ebenfalls zu einer hohen Transparenz bei.

Damit die Aufbereitung von wichtigen Wertstoffen wirklich gelingt, bedarf es klarer Anforderungen an alle Sortier- und Aufbereitungsbetriebe (siehe dazu auch Seite 53), die für die Verarbeitung der jeweiligen Abfallfraktionen zertifiziert und kontrolliert werden sollten.

Die dynamische Stoffbilanzierung ist Voraussetzung für etwaige Maßnahmen zum Management derartiger Stoffströme mit dem Ziel geringeren Verbrauchs, mehr Rückgewinnung aus Abfällen oder gezielter Substitution. Für die Stoffbilanzierung müssen vom Rohstoffhersteller über die Hersteller und Importeure von Produkten bis hin zur Entsorgungsbranche zahlreiche Akteure „ins Boot geholt“ werden. Das strategische Problem Europas als eines rohstoffarmen Kontinents motiviert für eine solche Form der Kooperation und sollte zunächst im Rahmen von Vereinbarungen mit Industrieverbänden getestet werden.

Längere Nutzung von Produkten und Gebrauch von Sekundärstoffen

Zeitungen oder Verpackungen haben bestimmungsgemäß nur eine äußerst begrenzte Lebensdauer. Interessant wird eine Verlängerung der Nutzung aus Ressourcensicht erst bei langlebigen Gütern. Hier können folgende Instrumente helfen:

- Verlängerung der heute nach EU-Recht vorgegebenen zweijährigen „Gewährleistungsfrist“ (eigentlich eine Verpflichtung zur Abhilfe im Fall von Mängeln),
- Vorgaben zur Reparaturfähigkeit ganzer Geräte oder Module etwa im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie⁶⁴,
- Unterstützung von Betrieben vor allem im zweiten Arbeitsmarkt, die gebrauchte Produkte auf Wiederverwendbarkeit prüfen und ggf. nach Reparatur wieder auf den Weg bringen,
- steuerliche Vorteile für Reparaturarbeiten wie z. B. ein ermäßigter Mehrwertsteuersatz (auf europäischer Ebene).

Die Kombination dieser Instrumente würde etwa dazu führen, dass Elektrogeräte entsprechender Qualität und Reparaturfähigkeit mit vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand deutlich länger verwendbar wären und nach Instandsetzung an weitere Nutzer verkauft werden könnten („ReUse“). Die Absatzkanäle für derartige Produkte lassen sich regional durch die Versorgung sozial benachteiligter Gruppen mit solchen Secondhandgeräten erweitern. So könnten Empfänger von Hilfen nach dem SGB Gutscheine für gebrauchte Geräte von den zuständigen Behörden erhalten. Es bedarf dafür auf regionaler Ebene der Kooperation zwischen Sozialverbänden als Trägern von Werkstätten, Sozialbehörden, Kommunen und den Herstellern. Eine ordnungsrechtliche Flankierung erscheint nötig: Die Kommunen müssten bei der Sammlung der gebrauchten Produkte Geräte, die einen noch brauchbaren Eindruck machen, aussortieren und den Werkstätten überlassen.⁶⁵ Diese wiederum sollten verpflichtet werden, die nicht mehr brauchbaren Geräte wieder in die Verantwortung des Herstellers oder einer entsprechenden Organisation, die den Hersteller vertritt, zurückzugeben. Es ist anzunehmen, dass verbesserte Reparaturfähigkeit von Produkten angesichts der vergleichsweise hohen Arbeitsintensität im Vergleich zur ressourcenintensiven Produktion „unter dem Strich“ einen Zuwachs an Arbeitsplätzen mit sich bringt.⁶⁶

⁶⁴ Wird von der Bundesregierung im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) als mögliche Maßnahme gesehen. Der EU-rechtliche Rahmen wird bei Th. Schomerus, L. Spengler (2010): Die Erweiterung der Ökodesign-Richtlinie – auf dem Weg zur „Super-Umweltrichtlinie“? EurUP 2010 (2), 54–61, erläutert.

⁶⁵ Der Entwurf der ElektroG-Novelle enthält einen ähnlichen Regelungsvorschlag.

⁶⁶ Siehe dazu Überlegungen des Europäischen Umweltbüros – EEB: „Advancing resource efficiency in Europe“ (2014), <http://www.eeb.org/EEB/?LinkServID=4E9BB68D-5056-B741-DBCCE36ABD15F02F>

Die Recyclingchancen steigen, wenn sich weitere Märkte für Sekundär(roh)stoffe und -produkte etablieren und der Gebrauch dieser Materialien selbstverständlich wird. Daher ist eine Vorbildfunktion der öffentlichen Hand von Bedeutung, die nicht an örtlichen Beliebigkeiten scheitern darf. Der Gebrauch z. B. von zertifizierten RC-Baustoffen ist daher auf Bundesebene verpflichtend vorzugeben und bis auf die Gemeindeebene durchzusetzen. Normen für den Einsatz von Sekundärstoffen sind, wo erforderlich, zu etablieren. Damit ergibt sich im Übrigen eine positive Rückkopplung zur Abtrennung schädlicher Stoffe und Abfallfraktionen (siehe Seite 51 ff.).

Recyclingfreundliches Produktdesign

Bei neuen Produkten bzw. neuen Modulen in Produkten oder signifikanten stofflichen Veränderungen von Produkten sollten die Hersteller Wege zur Wiederverwertung der Inhaltsstoffe aufzeigen. Deren technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit sollte in eine „Ökodesign“-Bewertung im Rahmen von Gütesiegeln etc. einfließen. Vorgaben über einschlägige Regelungen lassen sich allerdings nur dann machen, wenn

- es entsprechende technische Lösungen gibt,
- Konflikte mit anderen Zielen (z. B. Energieeffizienz) ausgeräumt werden können.

„Design for repair“ und „[design for recycling](#)“ führen nicht notwendigerweise zum gleichen Ergebnis. Für die Verwertung von Produkten im Sinne einer Auftrennung der darin enthaltenen Stoffe kann es wichtig sein, bestimmte Materialkombinationen auszuschließen, die für eine Reparatur völlig unproblematisch sind. Wenn solche Materialien einen wesentlichen technischen Zweck erfüllen, führt dies zu Konflikten, deren Lösung zunächst einmal in der Verantwortung des Herstellers liegt. Im Fall eines hoch energieeffizienten Produkts wird abzuwägen sein, welches Ziel Vorrang hat: die Energieeinsparung oder die Schonung einer seltenen Ressource. Der Hersteller sollte verpflichtet werden, die Verwertbarkeit im Einzelnen nachzuweisen. Die Verpflichtung zur Rücknahme im Rahmen der individuellen Herstellerverantwortung motiviert dann den Produzenten selbst, entweder Wege zur Verwertung zu suchen oder von vornherein ein anderes Design zu wählen.

Bei Bauwerken ist es notwendig, für vorhandene bzw. neu durch Instandhaltung oder Erneuerung eingetragene Stoffe die Möglichkeiten der Verwertung

- zu dokumentieren,
- zu verbessern und
- den Verursacher eventueller Hindernisse bei der Verwertung zu identifizieren.

Bei hoch dissipativen Konsumgütern ist ferner der Verzicht auf den Einsatz einzelner z.B. strategisch wichtiger Rohstoffe denkbar, wie man es von Schadstoffen her kennt. So ist etwa der Gebrauch von Blei in Starterbatterien selbstverständlich, während nicht rückholbare Anwendungsfälle von Blei, z.B. in normalen Elektrogeräten, untersagt sind. Kann man dieses Prinzip auf sehr seltene Materialien wie Tantal oder Neodym übertragen? Da solche Schritte nur die „ultima ratio“ darstellen, ist ein Dialog zwischen Industrie und Behörden auf europäischer Ebene über die strategische Bedeutung einzelner Stoffe, die Erhöhung spezifischer Recyclingziele bzw. deren eventuelle Substitution nötig.

Stoffverwertung: Schadstoffprobleme lösen

Wichtigstes Instrument zur Vermeidung von Schadwirkungen aus dem aufbereiteten Abfall ist auch hier Information – durch Kennzeichnung oder Verfolgung der Herkunft des Abfalls. Um Schaden vom Menschen abzuhalten, bedarf es einer klaren Qualitätsnorm: Produkte, die direkt mit dem Menschen in Berührung kommen (Lebensmittelverpackungen etc.), müssen die Qualitätsstandards von Gütern aus primären Stoffen einhalten. Dabei liegt der Schlüssel zumeist in den Herstellungs- oder Nutzungsprozessen. Mit dem heutigen Chemikalienrecht wird kritischen Stoffen in Produkten vorgebeugt. Dennoch können folgende Konstellationen nicht ausgeschlossen werden:

- Produkte bzw. Sekundärrohstoffe, deren Schädlichkeit erst während der Gebrauchsphase der jeweiligen Produkte entdeckt wurde,
- Beimengungen von Chemikalien aus anderen Prozessen auf dem „Lebensweg“ des Sekundärrohstoffs, die sich nicht mit der weiteren Nutzung vertragen.

Hier hilft nur eine Norm mit Qualitätsanforderungen an das Produkt.

Generell kann ein Abfall wieder zum „Stoff“ aufsteigen, wenn er durch Erreichen bestimmter Qualitätsdaten, also eine Begrenzung des Gehalts an Fremdstoffen bzw. Schadstoffen, das „Abfallende“ erreicht. Er gelangt damit auch rechtlich in den Rohstoffstrom zurück. Die wenigen bisher verabschiedeten Regelungen auf europäischer Ebene sind allerdings so bürokratisch angelegt, dass die Überwindung des „Abfallendes“ wirtschaftlich in vielen Fällen uninteressant sein dürfte.

Bei Infrastruktur- und Tiefbaumaßnahmen spielen Sekundärmineralstoffe eine große Rolle. Boden ist aber nicht gleich Boden, sondern enthält aus Erd- und Industriegeschichte unterschiedliche Konzentrationen an Mineralien, auch an unerwünschten Stoffen. Anstelle eines einheitlichen Grenzwerts können die geologischen Vorausset-

zungen des jeweiligen Gebiets als Maßstab für die Qualitätsanforderungen an den fraglichen Baustoff dienen. Ähnliches gilt für Baumaßnahmen auf vorbelastetem Grund (Altlasten). Schraubt man die Anforderungen unnötig hoch, wird man

- weniger Sekundärbaustoffe einsetzen,
- auf Primärbaustoffe zurückgreifen und
- dennoch an der Qualität des vorgefundenen Bodens wenig ändern.

Es macht daher keinen Sinn, Anforderungen zu stellen, die über die Qualität des vorhandenen Materials hinausgehen. Maßstab kann ein Verschlechterungsverbot mit Bezug auf die vorhandenen Belastungen sein.

Optimierung von Sammlung und Sortierung

Das „Getrennthaltungsgebot“ ist eines der wichtigsten Instrumente des Abfallrechts und für die Ressourcenrückgewinnung unverzichtbar. Es ist sehr schwierig, dieses Prinzip durchzusetzen. Durch die Verpflichtung zur Rücknahme bzw. Rückgabe definierter Produktgruppen kann dieses Gebot unterstützt werden. Ein ökonomischer Vorteil, den man durch Getrennthaltung von Abfallfraktionen am Anfallort erwirbt, kann eine gute Motivation sein. Gängige Instrumente sind

- Pfand auf Produkte zur Motivation der Abtrennung und Rückgabe,
- Gebühren, die am Maß der Vorsortierung am Anfallort orientiert sind.

Pfänder haben sich u. a. bei Getränkeverpackungen für die Rückführung von Produkten zum Hersteller oder zu einer geeigneten Verwertungsanlage bewährt. Sie eignen sich vor allem für Güter mit einer Gebrauchsdauer von einigen Wochen bis zu wenigen Jahren. Bei langlebigen Gütern kann es vorkommen, dass Hersteller, Importeur oder Vertreiber nicht mehr am Markt sind. Kritisch ist die Pfandhöhe: Sie soll einerseits den Besitzer des Produktes motivieren, dieses zurückzugeben, also u. a. Zeit für einen Gang zur Rücknahmestelle einzusetzen. Dies spricht für ein hohes Pfand. Andererseits sollte ein Pfand nicht zur Umgehung motivieren. Wie ist ein Pfand für Güter wie Mobiltelefone zu bemessen? Ein geringes Pfand motiviert den Eigentümer kaum, es aus der Schublade zu holen. Ein im Verhältnis zum Kaufpreis merkliches Pfand wird zu Umgehungsversuchen führen, etwa Import von Telefonen über Internet-Handel aus dem Ausland. Ein weiterer Nachteil von Pfandsystemen liegt in den meist hohen Transaktionskosten. Daher empfiehlt es sich, ökonomische Anreizsysteme für verschiedene Produktgruppen vor Einführung im Feldversuch zu testen.

Differenzierte Gebühren (Haushalte) bzw. Preise (Gewerbe) werden als Motivation zur Vorsortierung durch den Abfallerzeuger angesehen. Dies ist grundsätzlich richtig, bedarf aber einer Erfolgskontrolle. Eine Motivation zur Kontrolle hat allerdings nur derjenige, der bei Verunreinigung einer getrennt gesammelten Fraktion selbst ökonomische Probleme bekommt. Es ist also erforderlich, die Verantwortung für die einzelnen Schritte auch im Fall von EPR im Detail zuzuordnen und dafür zu sorgen, dass diese Verantwortung auch wahrgenommen wird (siehe Seite 54–55). Zur quantitativen und qualitativen Verbesserung der Sammlung sollte die Zahl der Abgabestellen deutlich erhöht werden, also mehr Wertstoffhöfe, Rückgabestellen im Handel, gesicherte Depotcontainer. Im Gewerbebereich sollten bisherige Ausnahmen vom Getrennthaltungsgebot kritisch überprüft und sein Vollzug besser überwacht werden.

Die Sammlung wertstoffhaltiger Abfallfraktionen wie etwa von Elektroaltgeräten stößt auf das Interesse von Gruppen, die solche Abfälle an dem zuständigen öffentlichen oder privaten Sammler vorbei zu ungeeigneten Aufbereitungsanlagen schleusen und damit die Umwelt gefährden. Dies ruft nach innovativen Lösungen für Systeme zur Abfallsammlung. Zur Sicherung der Sammlung derartiger Abfallfraktionen – und deren Zahl wird mit steigenden Rohstoffpreisen zunehmen – ist die Bekämpfung der in diesem Bereich entstandenen organisierten Kriminalität erforderlich. Es bedarf außerdem intensiver Information der Öffentlichkeit über die durch „wilde Sammler“ angerichteten Schäden. Ordnungsbehörden sollten die Bekämpfung solcher Aktivitäten ernst nehmen – sonst wird dieses Problem an Bedeutung zunehmen.

Erbringt die Sammlung gute Ausbeuten an getrenntem Material, dann ist dies eine gute Ausgangslage für die Sortierung. Die Einführung einer obligatorischen Zertifizierung der Sortier- und weiteren Aufbereitungsanlagen muss folgende Bedingungen erfüllen:

- europaweit gleiche technische Standards (wie bei der [Waste Incineration Directive](#)),
- europaweite Mindestanforderungen an den Sortiererfolg zur Vermeidung von „Scheinsortierung“,
- europaweit einheitliche Dokumentationspflichten.

Dokumentation und Nachweisführung können erheblichen Aufwand verursachen; sie führen aber zusammen mit Produkt- bzw. Stoffstromerhebungen für die Bilanzierung (siehe Seite 47–48) und Anforderungen an die Qualität der Sekundärstoffe zu mehr und qualitativ besserem Output. Eine stringente auf Qualität gerichtete Politik wird automatisch den Einsatz innovativer Identifikations- und Trennsysteme befördern.

Die heute üblichen undifferenzierten Recyclingquoten sind nur bedingt als Vorgabe tauglich, um die stoffliche Verwertung anzukurbeln. Zum einen brauchen wir auf der Ebene der Rohstoffe spezifische Ziele, die sich auf die Substitution von Primär- durch Sekundärressourcen beziehen (Substitutionsquoten) – hier geht es um die prioritären Wertstoffe (siehe Seite 40). Zum anderen benötigen wir Sammelziele auf der Ebene der Produkte, wie sie heute bereits üblich sind (Sammelquoten). Für das Recycling brauchen wir materialspezifische Vorgaben, wie wir sie für Papier und Glas haben – bei Kunststoffen ist eine Differenzierung nach Material erforderlich, denn Plastik ist nicht Plastik. Diese Vorgaben müssen sich auf den Erfolg des Recyclingprozesses beziehen (Output-Quoten). Undifferenzierte Vorgaben können dazu führen, dass zwar formal eine hohe Quote erreicht wird, aber ein qualitativ schlechter Sekundärrohstoff in geringwertige Anwendungen drückt. Qualität muss vor Quantität gehen.

Auch wenn durch die vorgenannten Maßnahmen die stoffliche Verwertung zunimmt – es bleiben für Sortierung ungeeignete Fraktionen, Sortierreste, organische Restabfälle und schadstoffhaltige Abfälle übrig, die thermisch behandelt werden müssen. Hier gilt es zum einen, die Energieausbeute zu maximieren. Angesichts der ungesicherten Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das Netz ist der Grundlaststrom der Müllheizkraftwerke weniger gefragt als früher. Es macht also Sinn, stärker in die Versorgung mit Prozessdampf, Fernwärme und Fernkälte zu gehen. Zum anderen sollte die Rückgewinnung von Metallen aus Rostaschen (ggf. auch Flugaschen) gesteigert werden, 95 % bezogen auf den Anlageninput sind als Ziel mittelfristig erreichbar.

„EPR plus“ – Verantwortung für mehr als nur einen Akteur

Die schlichte Festlegung der EPR-Regelungen, dass ein Hersteller für sein Produkt Verantwortung übernehmen muss, wenn dieses in den Abfall gelangt, reicht nicht aus. Offenbar brauchen wir hier eine „Müll-zurück-Garantie“. Das Hauptproblem des Herstellers: Er kann an dieses gebrauchte Erzeugnis nur mithilfe des Abfallerzeugers herankommen. Ist das zu entsorgende Produkt werthaltig, wird der Abfallerzeuger es u.U. behalten (was nicht notwendigerweise Abfallvermeidung bedeutet) oder versuchen, daraus noch einen Gewinn zu ziehen. Also muss die Verbindung zwischen Hersteller und Verbraucher zu diesem Zeitpunkt wieder hergestellt werden. Das geht am einfachsten, wenn der Kontakt gar nicht abreißt – etwa wenn es sich um ein Produkt handelt, das nicht in das Eigentum des Verbrauchers übergeht. Dies ist bisher nur in speziellen Fällen üblich (z.B. Fahrzeugleasing) und hat zunächst nichts mit Zielen der Ressourcenwirtschaft zu tun.

Für eine Reihe von Produkten ist es möglich, individuelle Produzentenverantwortung einzuführen. Es ist anzunehmen, dass solche Regelungen zu einer Zunahme von Geschäftsmodellen nach dem Motto „Nutzen statt Besitzen“ und „Besitz statt Eigentum“ führen. Dies sollte in Planspielen näher untersucht werden.

Gerade bei Massengütern wird die kollektive Wahrnehmung der Produktverantwortung das Mittel der Wahl sein. Die im Auftrag der Hersteller handelnden Organisationen können dabei auf die Gemeinden als Träger der Abfallsammlung zurückgreifen. Denn die auf kommunaler Ebene eingeführten Systeme sind den Verbrauchern vertraut und bilden das Rückgrat der Abfallsammlung.⁶⁷ Damit kann die Kommune das Sammelsystem für die infrage stehenden Produkte den örtlichen Gegebenheiten anpassen. Die Gemeinde bzw. das von ihr beauftragte Unternehmen muss aber – und dies ist bei den meisten EPR-Regelungen in Europa heute nicht der Fall – eine Mitverantwortung für den Erfolg der Sammlung übernehmen. Das kann z.B. durch eine am Sammelergebnis orientierte Vergütung durch die Hersteller realisiert werden. Wenn die Gemeinde von dem quantitativen und qualitativen Ergebnis der Sammlung von Altprodukten wirtschaftlich mit betroffen ist, hat sie wiederum die Motivation, den Haushalt als Verbraucher und Abfallerzeuger zu richtiger Vorsortierung bzw. Abgabe der fraglichen Altprodukte bei den kommunalen Sammelpunkten zu veranlassen. Der Handel muss in die örtliche oder überregionale Organisation entsprechend eingebunden werden.

Die nach der Sammlung notwendigen Schritte von Sortierung und Verwertung dürfen (siehe Seite 52-54) nur in zertifizierten Anlagen stattfinden. Verstöße dagegen sollten empfindliche Strafen nach sich ziehen – illegale Recycling-Praktiken bedeuten Betrug am Kunden und Diebstahl von Ressourcen. Der bei der Verwertung entstehende Aufwand kann bei einer wirksamen Produzentenverantwortung zur Rückkopplung zwischen Aufbereitern und Herstellern führen – das wäre im Sinne der EPR ein wesentlicher Schritt zu einem „design for recycling“ (siehe Seite 50–51).

Rohstoffe und Produkte von vorgestern zurückholen

Zur Umsetzung des auf Seite 45 skizzierten „urban mining“ müssen Informationen erhoben und Techniken entwickelt werden, um verborgene „Schätze“ zu heben. Deponierückbau ist heute in der Regel noch nicht wirtschaftlich. Dies spricht aber nicht gegen eine systematische Auswertung von Unterlagen über vorhandene Ablagerungen, vor allem von Halden des Erzbergbaus. Ferner bedarf es proaktiver Information über

⁶⁷ Siehe z. B. K. Mayers, S. Butler: „Producer Responsibility Organizations Development and Operations“, *J. Ind. Ecol.* 17 (2), 277–289 (2013).

Sinn und Zweck dieser Art der Rohstoffgewinnung, da die gesamte Bevölkerung, vor allem Anwohner ehemaliger Erzbergwerke, von der Notwendigkeit eines Aufschlusses der vor einigen Jahrzehnten begrünten Halden überzeugt werden müssen.

Aus der Erkenntnis über den sich ändernden Wert des Abfalls sind Folgerungen für die Gegenwart zu ziehen. Bereits in den 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts wurde über die Frage diskutiert, ob man eine Deponie „als Bauwerk“ anlegen sollte. Man entschied sich aber für ein „Multibarrieren-System“ als technische Maßnahme. Außerdem werden neue Deponien nur noch auf geologisch dichtem Untergrund zugelassen – eine richtige Maßnahme im Sinne des Grundwasserschutzes. Die übereinander angeordneten Dichtungen bzw. Barrieren bilden einen „Deckel“ – dies verhindert zwar den Zutritt von Niederschlagswasser, macht aber auch eine nachträgliche Gewinnung von Sekundärrohstoffen nahezu unmöglich. Das Bedürfnis nach Sicherheit vor möglichen Gefährdungen durch die Ablagerung von Abfällen muss mit der Möglichkeit des zukünftigen Zugriffs auf die in der Ablagerung vorhandenen Wertstoffe in Einklang gebracht werden. Dies spricht gegen die nicht mehr entfernbaren „Deckel“ und für ein „Bauwerk“. Bei der perspektivisch knappen Ressource Phosphor gibt es erste Schritte, um entsprechende Abfälle zu konzentrieren und rückholbar zu lagern. Das ist ein guter Anfang.

Fazit: Die Herausforderungen angehen

- Für das Ressourcenmanagement einschließlich der Wiederverwertung von Abfällen lassen sich *Prioritäten* ableiten, die *an strategischen Eckpunkten* sowie dem bei Gewinnung und Verarbeitung entstehenden Verbrauch an *Ressourcen, Energie und Treibhausgasemissionen* ausgerichtet sind.
- Die Transition der Abfallwirtschaft zu einem Ressourcenmanagement braucht Zeit. Wichtige Schritte dorthin sind die *Bilanzierung prioritärer Ressourcen* und die Entwicklung von *Zielen und Kennzahlen* für die Wiederverwertung in Form von *Substitutionsquoten* für den Ersatz von Primär- durch Sekundärrohstoffe.
- Auf die mit der Gewinnung von Rohstoffen verbundenen Probleme ist durch entsprechende *Kennzeichnung und Information* hinzuweisen, solange es international noch keine weiteren Vereinbarungen hierzu gibt.
- Längere Produktnutzung und Wiederverwendung können durch zahlreiche Vorgaben gefördert werden, wie etwa ein obligatorisches „*design for repair*“ und die Ausdehnung der *Gewährleistungsfrist*. Die *Förderung örtlicher Sozialbetriebe, die sich der Wiederinstandsetzung von Produkten widmen*, ist eine flankierende, auch für den zweiten Arbeitsmarkt interessante Maßnahme. Ob sich daraus ein Trend zu weniger Ressourcenverbrauch entwickelt, hängt auch davon ab, ob dies in der Gesellschaft als „chic“ angesehen wird.
- Wiederverwendung von Produkten und „hochwertige“ Verwertung lassen sich auch durch ökonomische Instrumente wie Pfänder oder *verursachergerechte Gebühren* fördern. Um Mitnahmeeffekte, Missbrauch und Fehlallokationen künftig zu vermeiden, sollten diese *in aussagefähigen Feldtests* zuvor erprobt werden.
- Recycling um jeden Preis wäre einerseits wirtschaftlich unsinnig und birgt andererseits die Gefahr der Verschleppung von Schadstoffen in sich. *Europaweit einheitliche Qualitätsanforderungen an Sekundärrohstoffe, Recyclinganlagen und Prozesse* sind daher erforderlich. Die *energetische Verwertung* spielt weiterhin ihre Rolle bei der *Behandlung von Sortierresten, Abfällen mit gefährlichen Stoffen und nicht sortierwürdigem Material (= Restabfall)*.
- Qualitätsgesicherte Recyclingwerkstoffe bzw. -produkte bedürfen oft noch der Förderung z. B. durch *für alle Behörden verbindliche Beschaffungsrichtlinien*. Etwaige

Hindernisse für den Einsatz sollten im Rahmen einer vernünftigen Risikoabwägung unter Beteiligung von Herstellern, Nutzern und Vertretern evtl. entgegenstehender Interessen beseitigt werden.

- *Neue Materialkombinationen, schwer trennbare Legierungen, Miniaturisierung von Modulen bzw. Produkten folgen in der Regel funktionalen Anforderungen, auch aus Gründen der Energieeffizienz. Damit die Abfallwirtschaft mit dieser Entwicklung Schritt halten kann, bedarf es der Kennzeichnung der stofflichen Zusammensetzung von Produkten etwa mit RFID und der Entwicklung neuartiger Trenntechniken. Im Fall hoch dissipativ verteilter Produkte kann es notwendig werden, im Rahmen des Ökodesigns die Verwendung nicht recyclingfähiger Materialien oder strategisch wichtiger Metalle auszuschließen.*
- *Das Design von Produkten wird von der damit beabsichtigten Funktionalität bestimmt („form follows function“). Ein „design for recycling“ als zusätzliche Anforderung an den Hersteller ist für die Verbesserung der Verwertbarkeit notwendig und von diesem vor der Vermarktung nachzuweisen.*
- *Die Wiederverwertung von Produkten kann durch die individuelle Verantwortung des Herstellers (EPR) für die Abfallphase seines Produkts am besten gefördert werden. Dies ist aber nur für einen Teil der Produkte realisierbar. Für die kollektiv wahrgenommene Produzentenverantwortung müssen Strukturen und Prozesse transparent gemacht und Verantwortung auch von anderen wichtigen Akteuren in der Produktkette wahrgenommen werden. Es ist sinnvoll, einen verbindlichen Rahmen für EPR-Prozesse auf europäischer Ebene festzulegen.*
- *Die Sammlung gebrauchter Produkte kann im Fall kollektiver Herstellerverantwortung über die Gemeinden und den Einzelhandel organisiert werden. Statt eines Nebeneinanders privater und öffentlicher Müllsammlung („duales System“) sollte die Gemeinde die Erfassung solcher Altprodukte in ihre Systeme integrieren. Es bieten sich Verträge zwischen Herstellern und Kommunen an, in denen Ziele für die Sammlung der jeweiligen Altprodukte und die Erstattung der Sammlungskosten festgelegt werden. Die Verwertung der gesammelten Altprodukte sollte dagegen dem Hersteller bzw. den damit beauftragten Abfallwirtschaftsunternehmen vorbehalten bleiben.*
- *EPR sollte zu einem Instrument des Ressourcenschutzes weiter gedacht und entwickelt werden.*

- Die *Beendigung der Deponierung abbaubarer Abfälle innerhalb einer überschaubaren Frist* ist der wichtigste abfallwirtschaftliche Beitrag zum Klimaschutz. Länder ohne ausreichende Kapazitäten zur Abfallverbrennung sollten *Kapazitäten zur thermischen Behandlung u. a. in Deutschland* für die Phase der Deponieschließungen und des Aufbaus eigener Kapazitäten für stoffliche und energetische Verwertung nutzen.⁶⁸
- Die notwendigen Investitionen in Anlagen zur Verwertung von Abfällen und zur Rückgewinnung von Ressourcen brauchen einen *langfristig angelegten Rahmen*. Das verlangt Kontinuität vom Gesetzgeber. Die Strategie zur langfristigen Versorgung Europas mit (Sekundär-)Ressourcen bedingt die *Schließung von Wertschöpfungsketten* in Deutschland bzw. Europa. Dies lässt sich nur realisieren, wenn die *Recyclingunternehmen und energieintensiven Branchen* wie NE-Metallhütten, Chemieindustrie, Elektrostahlwerke etwa im Hinblick auf die *Energiekosten international wettbewerbsfähig sind*.
- Außerdem muss der illegale Export von wertstoffhaltigen Abfällen wirksam unterbunden werden. Sonst ist auch die Verfügbarkeit der Sekundärrohstoffe in Europa gefährdet. Ressourcenschutz bzw. Ressourcenschonung brauchen eine nachhaltige rechtliche Basis in Europa.

⁶⁸ Dies ist als Folge der beschleunigten Schließung von Deponien für verwertbare Abfälle mit der neuen EU-Abfallwirtschaftsstrategie vereinbar (siehe „Impact Assessment“ vom 2.7.2014).

8. Schlussbemerkung: Was heute zu tun ist

Der Weg von einer Abfallwirtschaft zum Management von Ressourcen bedarf nicht nur intensiver inhaltlicher Arbeit, sondern auch politischer Einigung und geschickter Implementierung. Stabile und verlässliche Regelungen als Ergebnis von Diskussionen mit den relevanten Akteuren – u. a. Rohstoffindustrie, Entsorger, Verbraucher, Kommunen – sind Voraussetzung für Investitionssicherheit und damit auch für die Sicherung eines wachsenden Teils unserer zukünftigen Rohstoffversorgung. Ist der notwendige Input für eine Recyclinganlage nicht gesichert, dann wird diese Anlage nicht gebaut. Daher sind die Sicherung des Sammelerfolgs und die Verhinderung illegalen Exports wesentliche Voraussetzungen dafür, dass unser europäisches Know-how auch zu Investitionen in Europa führt.

Für erste Schritte bei der rechtlichen Umsetzung des Ressourcenmanagements könnte sich das geplante Wertstoffgesetz eignen. Hier würden Themen wie

- Zielfindung für die prioritären Ressourcen,
- Erarbeitung von Substitutionsquoten,
- Verpflichtung zur Dokumentation bestimmter Stoffströme (u. a. Gebäudepass),
- Grundlagen für die Teilung der Verantwortung und die Umsetzung von EPR

verankert werden.⁶⁹ Das Abfallrecht würde dann auf die ordnungsrechtlich notwendigen Regelungen beschränkt werden können. Im Sinne des Ressourcenschutzes ist es wichtig, dass der „wertstoffhaltige“ Abfall definitorisch Abfall bleibt, bis er als instandgesetztes Gerät oder neuer Rohstoff wieder Produktstatus bekommt – der Zugriff auf Abfälle muss auch deshalb limitiert werden, weil sonst ein Abfluss von Rohstoffen unvermeidlich sein dürfte. Das Wertstoffgesetz muss also mehr sein als die Grundlage für eine „Wertstofftonne“ – 4 kg mehr „Wertstoffe“ pro Einwohner und Jahr rechtfertigen kein neues Gesetz! Angesichts einer bisher nicht geführten politischen Diskussion über Prioritäten, Möglichkeiten und Grenzen der Sekundärrohstoff-Gewinnung wäre die Wertstofftonne als bloße Fortsetzung der Gelben Tonne ein falsches politisches Signal.

Wenn Prioritäten für das Ressourcenmanagement geklärt sind, ist es sinnvoll, die Liste der deutschen Nachhaltigkeitsindikatoren entsprechend zu ergänzen. Die Statistik muss entsprechend stärker auf Stoffströme als auf Abfallfraktionen ausgerichtet werden.

69 Überlegungen zu einer Kodifizierung des Ressourcenschutzes mit Fokus auf abiotische Rohstoffe sind in einer Studie von Prof. Schomerus für das Umweltbundesamt, Zusammenfassung bei F. Hermanns et al.: „Ressourcenschutzrecht – Ziele, Herausforderungen, Regelungsvorschläge“, Z. f. Umweltrecht 2012 (10), 523–531, wiedergegeben.

Kurzfristig kann die Gewerbeabfall-Verordnung im Hinblick auf bessere Vortrennung von Abfällen am Anfallort verschärft und so für eine Erhöhung der stofflichen Verwertung von Abfallbestandteilen genutzt werden.

Um in Europa den Druck auf die stoffliche Verwertung zu erhöhen und den klimapolitischen Beitrag der Abfallwirtschaft endlich zu leisten, muss der „Ausstieg“ aus der Deponierung organischer Materialien beschleunigt und durchgesetzt werden. Parallel zu einem konsequenten Vorgehen der Kommission gegen die weitere Deponierung von Siedlungsabfall sollte der grenzüberschreitende Transport von Restabfall (vor allem aus Süd- und Osteuropa) mit dem Ziel der energetischen Verwertung in Mittel- und Nordeuropa erleichtert werden.

Die Ökodesign-Richtlinie sollte um Vorgaben im Sinne eines „design for recycling“ bzw. „design for repair“ für Massenprodukte wie Elektrogeräte und Möbel ergänzt werden. Um konfligierende Ziele auszuräumen und Fehlallokationen zu vermeiden, empfiehlt sich die Durchführung von Pilotvorhaben bzw. Planspielen.

Die EU braucht schnellstens eine für alle Mitgliedstaaten einheitliche Definition der Recyclingquote. Zu unterscheiden sind Sammelquoten, die auf die in Verkehr gebrachte Menge wie auch den Anfall an Abfällen bezogen werden können. Sortierquoten müssen dagegen auf den Output von Recyclingprozessen abheben. Recyclinganlagen selbst brauchen Vorgaben für Emissionsbegrenzung und technischen Standard, wie wir ihn von anderen Anlagentypen kennen. Der europäische Wirtschaftsraum bedarf einheitlicher Rahmenbedingungen für die Wirtschaft, aber auch einer engagierten Überwachung, die sicherstellt, dass sich die Akteure der (Abfall-)Wirtschaft überall an die Vorgaben halten. Es könnte hilfreich sein, den Vollzug auch von europäischen Behörden kontrollieren zu lassen – entsprechende Initiativen aus der Kommission gab es bereits vor einigen Jahren. Sonst besteht weiter die Gefahr von Wettbewerbsverzerrungen.

Auch auf der europäischen Ebene muss der Dialog mit der Wirtschaft über Ziele der Rohstoffrückgewinnung geführt werden. Als Leitgrößen sollten Substitutionsquoten dienen, die den Erfolg Europas auf dem Weg zur Ressourcenökonomie messen.

Glossar

<p>↖ Link zur Textquelle</p>	<p>Abfälle, inert</p>	<p>Abfälle, die nicht oder nur noch sehr träge mit Materialien aus ihrer Umgebung reagieren, z.B. mineralische Abfälle ohne Auslaugungspotenzial ↖</p>
	<p>Abfälle, reaktiv</p>	<p>Abfälle, die mit Luft, Niederschlagswasser etc. reagieren bzw. ausgelaugt werden können, damit in der Regel auch die Umwelt belasten ↖</p>
	<p>Abfallrahmen-Richtlinie</p>	<p>EU-Richtlinie zur Regelung wichtiger Bestandteile und Definitionen der Abfallwirtschaft, muss in den Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:de:PDF) ↖</p>
	<p>abiotisch</p>	<p>„ohne Leben“, Vorgänge, Zustände, Gegenstände, an denen Lebewesen nicht beteiligt sind (z.B. Glas, Mineralien) ↖</p>
	<p>Abrasion</p>	<p>Hier im Sinne von Verschleiß von Werkstücken bzw. Anlagenteilen z. B. durch harte, kantige Teilchen ↖</p>
	<p>Challenger Report</p>	<p>„Bei einem Challenger Report geht es um die betont subjektive Sicht des Herausforderers, Challengers. Er gibt seinen pointierten Kommentar zu bestimmten Themen der Nachhaltigkeitspolitik ab, der in den weiteren Dialog über Nachhaltigkeit eingeht. Als bewusst subjektiv gefärbte Momentaufnahme erhebt der Challenger Report nicht den Anspruch, in allen seinen Ausführungen wissenschaftlich abgesichert zu sein. Er soll eher den Charakter eines umfassenden politischen Leitkommentars haben.“ (G. Bachmann, Generalsekretär des Rats für nachhaltige Entwicklung, siehe http://www.nachhaltigkeitsrat.de/fileadmin/user_upload/dokumente/pdf/Was_ist_ein_Challenger_Report.pdf) ↖</p>
	<p>Clearinghouse</p>	<p>Ursprünglich Verrechnungsstelle für Banken zum Austausch von z.B. Schecks, heute allgemeiner gebraucht als zentrale Stelle eines Netzwerks zum Austausch von Informationen, Daten, Finanzmitteln ↖</p>
	<p>CO₂-Äquivalente</p>	<p>Maß für die Wirkung von Treibhausgasen (THG) auf das Klima mit Bezug auf Kohlendioxid ↖</p>

Design for Recycling	Produktgestaltung, die eine Wiederverwertung von Bestandteilen bzw. Inhaltsstoffen nach Gebrauch erleichtert ↗
Design for Repair	Produktgestaltung mit Ausrichtung auf einfach durchzuführende Reparatur mit dem Ziel einer längeren Gebrauchsdauer des Produkts ↗
Downcycling	Recycling-Prozess, an dessen Ende ein im Vergleich zu den Primärstoffen deutlich minderwertiges Produkt steht, z. B. Material aus Kunststoffgemischen ↗
Duales System	Privatwirtschaftlich getragenes Entsorgungssystem neben der öffentlich-rechtlichen Abfallsammlung z. B. für Verpackungen auf Grundlage § 6 Abs. 3 VerpackV ↗
ear	Stiftung Elektro-Altgeräte Register, eingerichtet auf Basis des ElektroG, führt als beliehene Stelle des Umweltbundesamts ein Register aller Hersteller bzw. Importeure von Elektro- und Elektronikgeräten und koordiniert die Abholung gesammelter Altgeräte von den Kommunen. ↗
EBS	Ersatzbrennstoff, hergestellt aus geeigneten Abfallfraktionen; bei EBS nach RAL-GZ 724 sind definierte Anforderungen zu erfüllen (z. B. Heizwert, Aschegehalt). ↗
ElektroG	Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/elektrog/gesamt.pdf) ↗
EPR	Extended Producer Responsibility ist ein politischer Ansatz zur Erhöhung der Recyclingfähigkeit von Produkten, indem die Verantwortung für die Abfallphase der jeweiligen Produkte auf den Hersteller zurückdelegiert wird; je nach Ausprägung kann zwischen individueller und kollektiver Verantwortung der Hersteller unterschieden werden. ↗
EU-Elektronikschrott-Richtlinie	siehe WEEE-Richtlinie ↗

Extrusion	Verfahren, bei dem dickflüssiges Material (z.B. Kunststoff) unter Druck kontinuierlich aus einer formgebenden Öffnung herausgepresst wird, wodurch ein Körper mit dem Querschnitt der Öffnung entsteht ↗
Fehlwurf	Entsorgung von Abfällen ungeeigneter Fraktionen bei einer getrennten Sammlung, z. B. Restabfall in „Gelben Tonnen“ für Leichtverpackungen ↗
Gewerbeabfall-Verordnung	Regelung u.a. zur Getrennthaltung bestimmter Abfallfraktionen durch gewerbliche Abfallerzeuger (http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gewabfv/gesamt.pdf) ↗
Industrie 4.0	Verknüpfung klassischer Produktionsabläufe mit Online-Bestellungen, was zu hoher Individualisierung der Produkte unter den Bedingungen von Großserien-Produktion führt ↗
inert	siehe Abfälle , inert
KEA	Kumulierter Energie-Aufwand, also die gesamte für ein Produkt oder eine Dienstleistung aufgewendete Energie bis zurück zur Gewinnung der Rohstoffe ↗
KRA	Kumulierter Ressourcen-Aufwand, wie KEA, aber bezogen auf die Summe der eingesetzten und bewegten Materialien ↗
Konfliktminerale	Bezeichnung für Erze bzw. daraus gewonnene Metalle, die aus Minen stammen, in denen Menschenrechte massiv missachtet werden, z.B. Republik Kongo, Zentralafrikanische Republik ↗
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, dient u. a. zur Umsetzung der WFD (http://www.gesetze-im-internet.de/krwg/) ↗
Landfill Mining	Gewinnung von Wertstoffen aus bereits ge- bzw. verfüllten Deponien ↗
Leichtverpackungen (LVP)	Verkaufsverpackungen aus Kunststoff, Aluminium, Weißblech, Verbunden für die „Gelbe Tonne“ ↗
MBA	Mechanisch-biologische Anlagenkombination zur Bearbeitung von Siedlungsabfällen ↗

MVA	Müllverbrennungsanlage zur Entsorgung von Abfällen ↗
Metall-DNA	Synthetische Polypeptide, die als forensische Eigentums- markierung z.B. auf Kupferleitungen der Deutschen Bahn verwendet werden ↗
Mining of Tailings	Gewinnung von Mineralien bzw. Metallen aus aufgehaldeten Resten ehemaliger Metallhütten ↗
Nachhaltigkeitsindikatoren	Indikatoren für nachhaltige Entwicklung, aktuelle deutsche Indikatoren beim Statistischen Bundesamt https://www. destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Nachhaltigkeit- sindikatoren/Nachhaltigkeitsindikatoren.html ↗
Nutzenkorbanalyse	Methode zur Objektivierung des Vergleichs unterschiedlicher Wege der Abfallbehandlung, bei denen auf die gleichen Endprodukte bezogen wird, z.B. 1 t Polyethylen und 1 MWh Energie ↗
reaktiv	siehe Abfälle, reaktiv
ReUse	Aus dem Englischen abgeleitete Bezeichnung für verschie- dene Phasen der Wiederverwendung von Produkten, siehe VDI-Richtlinie 2343 Blatt 7: „Recycling elektrischer und elek- tronischer Geräte“ ↗
RFID	Radio-Frequency Identification – ReUse ↗
Selbstentsorger-Fiktion	Vortäuschung einer korrekten Übernahme von Verpackungs- abfällen außerhalb der dualen Systeme durch angebliche Rückgabe der Verpackungen an der Verkaufsstelle ↗
SeRo-System	Organisation zur Sammlung von Sekundärrohstoffen in der früheren DDR ↗
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen; berät die Bundesre- gierung ↗
Urban Mining	Nutzung der in städtischen Agglomerationen befindlichen Werkstoffe als Rohstoffquelle ↗
Verpackungsverordnung	Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Ver- packungsabfällen, erstmals 1990 erlassen; zurzeit 7. Novelle in Arbeit (http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ verpackv_1998/gesamt.pdf) ↗

Waste Shipment Regulation	Richtlinie 1013/2006/EG zur Regelung des grenzüberschreitenden Abfalltransports, ABl. L 190, 1 ff. ↗
WEEE-Richtlinie	Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronik-Altgeräte, ABl. L 197, 38 ff. ↗
WID	Waste Incineration Directive, Richtlinie 2000/76/EG, ABl. L 332, 91 ff.; Regelungen für technischen Standard und Emissionen von Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung ↗



Rat für
NACHHALTIGE
Entwicklung

Rat für Nachhaltige Entwicklung

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung wurde erstmals im April 2001 von der Bundesregierung berufen. Ihm gehören 15 Personen des öffentlichen Lebens an. Die Aufgaben des Rates sind die Entwicklung von Beiträgen für die Umsetzung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, die Benennung von konkreten Handlungsfeldern und Projekten sowie Nachhaltigkeit zu einem wichtigen öffentlichen Anliegen zu machen. Bundeskanzlerin Angela Merkel setzt die nationale Nachhaltigkeitsstrategie fort und hat den RNE zum 1. Juli 2013 für weitere drei Jahre berufen.

Impressum

© 2014 Rat für Nachhaltige Entwicklung
c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
© Titelfotos: Shutterstock/Photick, Shutterstock/Pablo Hidalgo - Fotos593,
Shutterstock/Dmitry Kalinovsky,
Lektorat: Petra Thoms, Berlin
Grafik-Design: www.bert-odenthal.de



www.nachhaltigkeitsrat.de

