

# **Thesen zu “Neue Ersatzbrennstoff-Anlagen – kein Ersatz für intelligentes Stoffstrommanagement“**

**EPEA Internationale Umweltforschung GmbH  
Hamburg, Mai 2007**

## 1 Vorwort

Jährlich entstehen allein in Deutschland rund 340 Mio. t Abfall. Etwa 220 Mio. t davon werden thermisch behandelt oder stofflich verwertet. Die thermische Behandlung hat, neben der Aufgabe der Volumenverringering, den (Neben-)Zweck der Energieerzeugung. Dazu gehören auch Anlagen, die Ersatz- oder Sekundärbrennstoffe (EBS, SBS) einsetzen. Prinzipiell wäre der Energiebedarf in Deutschland durch eine optimierte Nutzung von Sonnenenergie mehr als gedeckt, während EBS-Verbrennungsanlagen mit hohem Eigenenergiebedarf und hohen Abwärmeverlusten arbeiten. Eine Verschiebung des wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fokus, weg von dem Bestreben, die Effizienz von thermischen Behandlungsanlagen zu erhöhen, hin zu den weitreichenden Möglichkeiten, Energie aus unerschöpflichen Quellen (Sonne, Wind) zu gewinnen, bestätigt die Behauptung: Es besteht kein Bedarf, Abfall zu EBS zu deklarieren und so Energie zu erzeugen.

Dennoch sind zahlreiche Experten, wie es sich anlässlich der „waste to energy“-Messe und Konferenz dokumentiert, der Ansicht, dass Energie aus Abfall eine zukunftsgerichtetes Konzept ist.

Ganz im Gegenteil: Eine stoffliche Verwertung der Abfälle erscheint hinsichtlich der zunehmenden Rohstoffknappheit auf dem Weltmarkt weit wichtiger; als Beispiele sind etwa Erdöl und Kupfer zu nennen. Bei der thermischen Behandlung von Abfall, etwa als Ersatzbrennstoffe, gehen erschöpfliche – und daher um so wertvollere – Rohstoffe verloren. Im Vordergrund muss daher die stoffliche Verwertung von Abfällen stehen.

Ein hohes Potenzial bei der Rückgewinnung und Rematerialisierung von Nährstoffen zeigt sich auch in der Kompostierung von organischen Abfallbestandteilen. Neben der Erhaltung der natürlichen Stoffkreisläufe ist hier besonders die Möglichkeit der CO<sub>2</sub>-Bindung, der Beitrag zur Humuserneuerung und das Substitutionspotential bei der Anwendung als Sekundärrohstoffdünger hervorzuheben.

Bei den Menschen scheint das Problem im Stoffstrommanagement zu liegen. Kein anderes Lebewesen auf der Welt erzeugt Müll, Nährstoffe werden in natürlichen Kreisläufen geführt. Daher die Frage: Sind Menschen schädlich? Müssen Menschen denn schädlich sein? Könnte es nicht sein, dass Menschen doch nützlich sind? Wir verfügen über ausreichend wissenschaftliche und ingenieur-technische Kenntnis, die von uns erzeugten Abfälle in geschlossene Nährstoffkreisläufe zu überführen und daraus neue Produkte zu gewinnen. Somit minimiert sich nicht nur das Müllaufkommen, auch mit Energie und Rohstoffen kann effektiver und nachhaltiger gewirtschaftet werden.

Zwei Gesichtspunkte sind demnach hier festzuhalten:

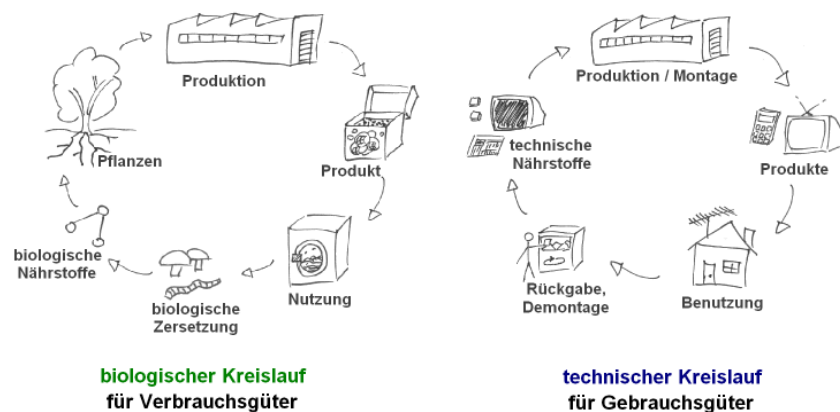
- ▲ Die Erde bekommt mehr als ausreichend Energieinput von der Sonne
- ▲ Die Erde bekommt keinen Materialinput

Die Menschheit wird also unweigerlich in ein Materialproblem hineinlaufen, wenn nicht neue Konzepte des Wirtschaftens umgesetzt werden. Im Folgenden wird an einigen Thesen die grundsätzliche Problematik vorgestellt. Gleichzeitig wird gezeigt, wie Lösungen aussehen können.

## 2 Thesen

### These 1: Es gibt keinen Abfall mehr, wenn Produkte nach dem *Cradle to Cradle-Design* Konzept gestaltet werden

Das *Cradle to Cradle Design*-Konzept ist ein zukunftsweisendes Modell modernen industriellen Wirtschaftens, das zahlreiche Probleme bezüglich Chemikalien, Gesundheitsbelastung, Umweltbelastung und Stoffstrommanagement lösen kann. *Cradle to Cradle-Design* beschränkt sich nicht nur auf das Produkt selbst, sondern betrachtet die gesamte Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zum Verbleib des Produkts.



*Cradle to Cradle-Design* macht den heutigen Abfallbegriff überflüssig: alle Gegenstände, mit denen wir tagtäglich zu tun haben, werden so gestaltet, dass sie als „Nährstoffe“ für biologische oder technische Kreisläufe dienen. Biologische Kreisläufe für Produkte, die nach Gebrauch in die Umwelt entlassen werden (z. B. Waschmittel), technische Kreisläufe für Produkte, die nach Gebrauch demontiert und aus denen wertvolle Materialien abgetrennt werden müssen (z. B. Waschmaschinen).

### These 2: Thermische Behandlung löst kein Energieproblem

Die Erde und die Menschen auf der Erde haben grundsätzlich kein Energieproblem, da die Sonneneinstrahlung ein viel tausendfaches des Energiebedarfs, den die Menschen jemals benötigen werden, decken kann.

Von der gesamten Sonnenstrahlung können etwa 30 % von der Erde absorbiert werden, das entspricht einer Leistung von  $1,22 \cdot 10^{17}$  W. Die Menschheit hat einen geschätzten Gesamtleistungsbedarf von  $12 \cdot 10^{12}$  W. Der gesamte Primärleistungsbedarf der Menschheit macht also lediglich  $12 \cdot 10^{12} \text{ W} / 1,22 \cdot 10^{17} \text{ W} = 0,01 \%$  der eingestrahlten Solarleistung aus. [1]

Es kommt allein auf die richtige „Energie-Erntetechnik“ an.

### These 3: Rückgewinnung von Nährstoffen aus gebrauchten Produkten ist dringend notwendig

Das Materialproblem ist weit dringender als das Energieproblem, denn außer gelegentlicher Meteoriteneinschläge erfolgt kein wesentlicher Eintrag von Materie auf die Erde. Durch den Abbau natürlicher Ressourcen, die Verarbeitung der Rohstoffe zu Produkten und einer abschließenden thermischen Behandlung der Materialien gehen Nährstoffe verloren. Das heißt, alle Materialien müssen so gestaltet sein, dass sie stofflich verwertbar sind.

Eine Produktgestaltung nach dem *Cradle to Cradle-Design*-Konzept ermöglicht durch optimale Separierung biologischer und technischer Nährstoffe eine vollständige Wieder-Nutzung der eingesetzten Stoffe in gleichbleibender Qualität.

#### **These 4: In absehbarer Zeit bestehen Überkapazitäten bei Ersatzbrennstoff-Anlagen**

Obwohl zeitweise in Folge des Deponierungsverbotes für unbehandelten Hausmüll nicht genügend Kapazitäten für die thermische Behandlung zur Verfügung standen, ist zukünftig mit Überkapazitäten in der Abfallverbrennung zu rechnen. Gründe dafür sind nicht nur die zunehmende Entfrachtung des Haus- und Gewerbemülls von brennbarem Material, sowie – in erster Näherung – der demographische Wandel in der Bevölkerung bei nationaler Betrachtung, sondern auch eine Vielzahl von Projekten (auch Kapazitätserweiterungen von Müllverbrennungsanlagen) weit über den Bedarf hinaus. Zudem spielen hier auch Faktoren der sozialen/soziologischen Entwicklungen und Veränderungen des Lebensstils eine Rolle [2].

#### **These 5: Innovationen zu kreislauforientiertem Produktdesign werden durch thermische Behandlung verhindert**

Durch 30 Jahre Umweltdiskussion ist beispielhafte Kreislauftechnik entstanden, die durch thermische Anlagen weitgehend konterkariert wird. Bei einem Festhalten an der herkömmlichen thermischen Abfallbehandlung, scheint eine fortschrittliches Produktdesign, welches die Wiedergewinnung von technischen und biologischen Nährstoffen ermöglicht (siehe These 1), nicht notwendig.

Als Übergangstechnik zur Behandlung von EBS aus Abfall sind Zementwerke oder EBS-Kraftwerke für eine befristete Zeit akzeptabel. Die Aufgabe der Produktgestaltung nach den *Cradle to Cradle-Design*-Konzept bleibt jedoch bestehen, so dass die thermische Behandlung keine Reparaturtechnik für Produkte darstellt, die nicht für Stoffkreisläufe gestaltet sind.

#### **These 6: Neue Ersatzbrennstoffkraftwerke sind aus Gesundheits- und Umweltgesichtspunkten nicht sinnvoll**

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen zur Produktion thermischer Energie zeichnet sich derzeit als Alternative zur Verbrennung von fossilen Ressourcen wie Kohle ab. Doch der Bau eines Kraftwerks zur Verbrennung von EBS erweist sich hinsichtlich des Nährstoffverlustes, der vergleichsweise hohen Emissionswerte gegenüber der stofflichen Verwertung und der erwarteten Überkapazitäten bei den thermischen Behandlungskapazitäten als nicht sinnvoll.

#### **These 7: Abfall hat potentiell keinen relevanten Heizwert, wenn durch Maßnahmen des Stoffstrommanagements die weiter nutzbaren Wertstoffe daraus entfernt werden**

Der Heizwert des Abfalls hängt überwiegend an den Fraktionen Papier, Kunststoff und Organik, für welche sich eine stoffliche Verwertung als ökologisch und wirtschaftlich erfolgreicher erweist. Bei entsprechender Produktgestaltung und dem geeigneten Stoffstrommanagement hinsichtlich Separierung und Verwertung bleibt für den Restmüll kein nennenswerter Heizwert übrig.

#### **These 8: Thermische Behandlungsanlagen verhindern Kompostierung, die existentiell wichtig ist**

Die Industriestaaten haben in den letzten 200 Jahren fast die Hälfte ihrer Humusmenge eingebüßt, da die landwirtschaftliche Praxis in keiner Weise dem Nährstoffkreislaufmanagement entspricht. Kompost dient als Grundlage zur Humusbildung, trägt zudem durch Bindung hoher hoher Mengen an CO<sub>2</sub> zur Schließung des CO<sub>2</sub>-Kreislaufs bei und ist als Nährstoffspeicher und -versorger wichtiger Bestandteil dieses natürlichen Kreislaufs. Eine Optimierung der Trennverfahren organischer Bestandteile aus Abfall und anschließende Kompostierung sind daher besonders wichtig, besonders hinsichtlich der Tatsache, dass nur 47 % der Bundesbürger an ein separates Bioabfallsammelsystem durch eine Biotonne angeschlossen sind.

### **These 9: Energiebilanz – Eine EBS-Anlage ist eine Energieverschwendungsanlage**

Aus einer modifizierten Perspektive sind hinsichtlich der Energieproduktion einer thermischen Behandlungsanlage auch die Faktoren Anlagenbau, EBS-Herstellung, Veredelungsstufe der eingesetzten Ersatzbrennstoffe einzubeziehen. Wenn alle Komponenten einschließlich Primärenergieinput, Eigenbedarfsdeckung und Abwärmeverlust miteinbezogen werden, erzeugt eine EBS-Anlage netto weniger Energie als eingesetzt wird.

### **These 10: Die thermische Behandlung von Abfällen entzieht Wertstoffe einer möglichen Kreislaufführung**

Für die Herstellung von Ersatzbrennstoffen werden heizwertreiche Fraktionen des Hausmülls, Sperrmülls und Gewerbeabfalls, Reste aus der Wertstoffsartierung, produktionspezifische Gewerbe- und Industrieabfälle genutzt. Biologische und technische Nährstoffe, wie z.B. NE-Metalle, werden über den Verbrennungspfad einem möglichen Kreislaufschließungsszenario entzogen. Zur Realisierung von Stoffkreisläufen sind hier vorgelagerte Maßnahmen eines kreislaufforientierten Stoffstrommanagements, etwa im Produktdesign notwendig. Im Bereich der Abfallwirtschaft können Potentiale verlorener Stoffströme etwa am Beispiel von Metallen, anhand der Gehalte in der Müllverbrennungsschlacke (Kupfergehalt in Schlacke: ca. 0,64 %; Kupfergehalte natürlicher Erze: < 1 % [3]) abgeschätzt werden.

Insbesondere Kupfer ist dabei aufgrund seiner guten elektrischen Leitfähigkeit vor allem für den Einsatz in Elektrik und Elektronik unerlässlich. Kupfer ist ein idealer technischer Nährstoff, dessen Kreislaufführung durch entsprechendes Stoffstrommanagement gesichert werden muss (Rohstoffreichweite: 32 Jahre [4]). Weltweit beträgt die Recyclingquote nur ca. 10 % [5], in Deutschland immerhin ca. 50 %.

Allein der verlorene Stoffstrom an Kupfer über die Müllverbrennungsschlacke (2,9 Mio. t in Deutschland nach Aufbereitung [6]) beläuft sich auf knapp 19.000 t/a und summiert sich bei aktuellen Rohstoffpreisen (ca. 7000 \$/t) auf knapp 100 Mio. €.

## **3 Haus- und Gewerbeabfall**

Insgesamt fallen in Deutschland jährlich ca. 340 Mio. t Abfall an, davon sind ca. 48 Mio. t Siedlungsabfall. Davon wiederum potentiell thermisch behandelbar sind ca. 44 Mio. t [7], [8]. Tabelle 1 [9] zeigt eine durchschnittliche Resthausmüll-Zusammensetzung, die mittleren Heizwerte der verschiedenen Fraktionen sowie die Möglichkeit, diese Fraktionen im Sinne eines Nährstoffmanagements in Stoffkreisläufe zu überführen. Viele dieser Kreisläufe existieren bereits (Glas-, Papier-, Kunststoffrecycling) oder werden zur Zeit entwickelt (Windelrecycling mit Nährstoffrückgewinnung), jedoch setzt die Einbeziehung der stofflich verwertbaren Fraktionen im Resthausmüll eine Weiterentwicklung der Separierungstechnik voraus.

**Tabelle 1: Fraktionen und Heizwerte im Rasthausmüll**

Resthausmüll-Fraktion	Anteil	Mittlerer Heizwert H <sub>u</sub> gesamt	Alternative Stoffkreisläufe
Einheit	Ma. %	KJ/kg	
Bio- und Grünabfälle	29,6	4.000	Kompostierung
Papier, Pappe, Karton	14,3	12.000	Papierrecycling
Glas	6,9		Glasrecycling
Metall	3,8		Metallrecycling
Kunststoffe	5,8	30.000	Werkstoffliches Recycling
Verbundstoffe	6,9	13.500	Verpackungsrecycling
Holz	1,6	14.000	Holzpellets, Spanplatten
Textilien, Leder, Gummi	2,6	12.000	z. T. Kompostierung
Windeln	5,5	5.500	Windelrecycling
Sonstige Abfälle (inkl. mineralische Abfälle)	9,0	4.000	
Feinmüll > 8 mm	14,0	2.500	

## 4 Ersatzbrennstoffe

Aktuell scheint der Markt von Unterkapazitäten gekennzeichnet zu sein, die sich voraussichtlich aufgrund laufender Planungen (z. B. > 50 Projekte Industriekraftwerke) in den nächsten Jahren in Überkapazitäten (s. Tabelle 2 [10]) umwandeln.

Aus Haus- und Gewerbeabfällen werden derzeit jährlich etwa 6,7 Mio. t Ersatzbrennstoffe produziert. Etwa 2,5 Mio. t werden mittels mechanisch-biologischer Abfallbehandlungsanlagen gewonnen, 4,2 Mio. t aus der Aufbereitung von Gewerbeabfällen [11].

**Tabelle 2: Kapazitäten zur thermischen Behandlung**

	In Betrieb (2007)	Im Bau (+ Erweiterung)	Geplant	Gesamt
MVA	66	11	13	90
Kapazität	16,54 Mio. t/a	1,5 Mio. t/a	2,1 Mio. t/a	20,14 Mio. t/a
EBS-Kraftwerke	6	9	42	57
Kapazität	0,46 Mio. t/a	2,1 Mio. t/a	7,5 Mio. t/a	10,06 Mio. t/a
Kapazität Summe	17,0 Mio. t/a	3,6 Mio. t/a	9,6 Mio. t/a	30,2 Mio. t/a
Mitverbrennungsanlagen (Zement-, Kalksteinwerk und Kraftwerke)	36			
Kapazität	2,0 Mio. t/a			2,0 Mio. t/a
Gesamte Kapazität	19 Mio. t/a	3,6 Mio. t/a	9,6 Mio. t/a	32,2 Mio. t/a

Ein Vergleich des Mengenaufkommens, von ca. 24 Mio. t/a (2005) an thermisch behandelten Fraktionen, mit den wahrscheinlichen Verwertungskapazitäten lässt erwarten, dass mit einem Ausgleich etwa im Zeitraum 2008/2010 zu rechnen ist. In der maximalen Kapazitätsvariante wäre sogar mit erheblichen Überkapazitäten zu rechnen.

Wird hier nicht gegengesteuert, geht der Verlust an technischen und biologischen Nährstoffen über die thermische Abfallbehandlung ungebremst weiter. Die Motivation zur Entwicklung zukunftsfähiger, kreislaforientierter Produkte sowie innovativer Techniken zur Kreislaufschließung wird nicht im notwendigen Maße zunehmen.

## 5 Beispiele für Stoffliche Abfallverwertung

Anhand einiger Beispiele werden hier Bereiche aufgeführt, in denen stoffliches Recycling praktiziert wird und teilweise eine lange Tradition vorweisen kann.

### Altpapierverwertung

In Deutschland haben sich mittlerweile zahlreiche Sammelsysteme für Papier aus dem gewerblichen Bereich und Privathaushalten etabliert (Container, Monotonnen, Bündelsammlungen etc.), welche das Papier an den Anfallstellen möglichst getrennt erfassen. Immer noch gelangen große Mengen in den Resthausmüll, Papieranteil dort etwa 10 %.

Im Jahr 2005 lag der Papierverbrauch bei ca. 19,2 Mio. t (Papierproduktion (national): ca. 21,7 Mio. t), 15,2 t Altpapier konnten über Sammelsysteme zurückgewonnen werden (Rücklaufquote: 79 %) und über das Papierrecycling wieder verwendbar gemacht werden.

### Altautoverwertung

Auch hier gibt es europäische Regelungen mit ähnlicher Zielsetzung wie bei Elektronikschrott. Altautos enthalten zahlreiche Materialien, die im Rahmen eines technischen Kreislaufs zurückgewonnen und dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden können. Angesichts der allgemeinen Praxis, hier Ausnahmen zuzulassen, gibt es in diesem Punkt allerdings noch Optimierungsbedarf. Die entstehende Shredderleichtfraktion, von den Inhaltsstoffen her als Sondermüll zu betrachten, wird inzwischen als Ersatzbrennstoff eingesetzt.

### Bioabfallkompostierung

Laut Schätzungen der FAO [12] und der UNEP [13] gehen weltweit jährlich 5 - 7 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche, größtenteils durch Erosionen, verloren. Eine weltweite Untersuchung zur Bodenerosion [14] hat ergeben, dass – abhängig von der Region – Oberboden 16 bis 300 mal schneller verloren geht als er neu gebildet werden kann, eine Folge des fortschreitenden Humusdefizits. Kompost, mit seinem hohen Anteil an organischer Substanz, die in ihrer Zusammensetzung den stabilen Humusformen des Bodens sehr ähnlich ist, verbessert die Bodenfunktionen und die Fruchtbarkeit und verringert zudem die Erodierbarkeit. Er ist eine Ressource für essentielle Nährstoffe und bindet große Mengen Kohlenstoff.

Durch die Kompostierung von Bioabfällen schließt sich nicht nur ein Stoffkreislauf, es entstehen auch qualitativ hochwertige Produkte. Der organische Anteil im Abfall kann über durch Behandlung in Kompostierungsanlagen als Bodenverbesserer und Sekundärrohstoffdünger in Gartenbau und Landwirtschaft eingesetzt werden. Es besteht ein Potential von etwa 220 kg organischer Haus- und Grünabfälle pro Person und Jahr in Deutschland, ausreichend zur Düngung von 650.000 ha Boden mit Phosphor, Magnesium, Calcium und Stickstoff. Jedoch sind nur etwa 47 % der Bundesbürger an eine Biotonne angeschlossen [15].

### **Elektronikschrottverwertung**

Deutschlandweit fallen jährlich rund 1,5 - 2 Mio. t Elektro- und Elektronikschrott an. Vor dem Hintergrund der Europäischen Regelungen zur Produktverantwortung der Elektronikgeräte-Hersteller werden Strukturen geschaffen, um die Wertstoffe aus Altgeräten zu separieren und sie so aufzubereiten, dass eine erneute Nutzung möglich ist.

### **Glasrecycling**

Bei der Glasproduktion ist schon aus energetischen Gründen der Zusatz von Altglas notwendig. Sammelsysteme – getrennt nach Glassorten und -farben – sind entwickelt und werden in der Bevölkerung großteilig angenommen.

### **Metallrecycling**

Ein Bereich, der sich bereits allein vor wirtschaftlichem Hintergrund und besonders im Hinblick auf die knapper werdenden Ressourcen als sinnvoll darstellt. Beispielsweise wurden Metallschrotte schon lange als notwendige Zuschlagstoffe in der Eisen- und Stahlfabrikation eingesetzt. Heutzutage stellen Metall-Recycling-Unternehmen vielerorts Sammelbehälter für Restmetalle bereit, kaufen metallhaltige Produktionsrückstände auf und bereiten die Altmetalle zur Wiederverarbeitung auf.

### **Teppichrecycling**

Für die Teppichfliesen von Shaw EcoWorx Carpet sind alle Inhaltsstoffe nach *Cradle to Cradle*-Gesichtspunkten ausgesucht sind. Sie sind in einer Weise hergestellt, dass die unterschiedlichen Kunststoffarten einfach getrennt und einer entsprechenden Verwertung im Rahmen eines Rücknahmesystems zugeführt werden können. Der Hersteller verkauft lediglich den Gebrauch der Teppichfliesen und nimmt sie nach der Nutzung wieder zurück.

## **6 Innovationen**

Was durch die Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft an Innovationen mit dem Ziel der Kreislaufführung von Rohstoffen entstehen kann, zeigt sich beispielhaft an folgenden Produkten, an denen potentiell verbrennbare Materialien die nach *Cradle to Cradle-Design* für technische Kreisläufe entwickelt worden sind:

- ▲ Mirra Chair: Bürostuhl, leicht demontierbar und demzufolge auch leicht produzierbar; Inhaltsstoffe (insbes. Kunststoffe) nach *Cradle to Cradle*-Gesichtspunkten ausgesucht
- ▲ Kompostierbares T-Shirt: gestaltet für Hautkontakt, Inhaltsstoffe nach *Cradle to Cradle*-Gesichtspunkten ausgesucht
- ▲ Antimonfreies PET: keine Katalyse der PET-Herstellung durch Antimon, kein Schwermetalleintrag in Getränke oder in Stoffströme gebrauchter Verpackungen
- ▲ Druckfarben für Verpackungen: Inhaltsstoffe nach *Cradle to Cradle*-Gesichtspunkten ausgesucht
- ▲ Verpackungen: Gestaltung der Verpackungen im Hinblick auf hochwertige Recyclingmöglichkeiten, d. h. Aussuchen aller Bestandteile wie Additive und Pigmente gemäß ihrer Eignung als technische oder biologische Nährstoffe.

## 7 Was ist zu tun?

Aus *Cradle to Cradle*-Sicht müssen Hersteller und Vertrieber ihre Erzeugnisse so gestalten, dass bei der Produktion und beim späteren Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert und eine umweltverträgliche Verwertung und Beseitigung der Reststoffe ermöglicht wird.

- ▲ Es ist dringend notwendig, beispielhaft Stoffströme so zu trennen, dass ein echtes Recycling erfolgen kann.
- ▲ Es müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, die ein Nährstoff-Stoffstrommanagement unterstützen. Es gilt z. B., dass es nicht zielführend ist, High-tech-Recycling für Primitiv-Produkte aus Fernost durchzuführen, da das Recycling in diesem Fall immer zum Downcycling führen wird.
- ▲ Es sind Übergangstechniken notwendig.

Also:

- ▲ Organik aus dem Hausmüll entfernen, insbesondere Bioabfall einer Kompostierung zuführen
- ▲ Trockene Wertstoffe im Hausmüll erfassen
- ▲ Kooperationen von Industrie und Gewerbe bei Produktion und Rücknahme initiieren
- ▲ Cradle to Cradle-Produkte als Lösung zur konsequenten Realisierung einer echten Kreislaufwirtschaft  
Langfristige Perspektive: Sind dann thermische Behandlungsanlagen noch erforderlich?
- ▲ Innovationen in der Separationstechnik der Müllbehandlung initiieren

---

## Quellen

- 1 Solar-terrestrische Strahlungsbilanz, <http://www.schulphysik.de/bilanz2.html> [28.03.07]
- 2 Deutscher Naturschutzring e.V. (Hrsg.): Älter, weniger, weiter weg – Demografischer Wandel als Gestaltungsaufgabe für den Umweltschutz. Dokumentation der Konferenz vom 08.11.2006 in Berlin
- 3 Umweltbundesamt, Institut für angewandte Ökologie e.V.: PROBAS – Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente. 2006  
<http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/sektoren.php?&prozessid=%7> [07.04.07]
- 4 Gerling, P., Wellmer, F.: Wie lange gibt es noch Erdöl und Erdgas? In: Chem. unserer Zeit, 2005, 39, S. 236-245
- 5 Ayres, R. U., Ayres, L. W., Rade, I. : The Life cycle of Copper, its Co-Products and By-Products. IIED, Fontainebleau Cesex 2002
- 6 Zwahr, H.: MV-Schlacke – mehr als nur ein ungeliebter Baustoff? In: Müll und Abfall 3/05, S. 114-122
- 7 Fakten zur nachhaltigen Abfallwirtschaft, Aufkommen, Beseitigung und Verwertung von Abfällen im Jahr 2004.  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/abfallw\\_fakten.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/abfallw_fakten.pdf); [www.ifeu.org](http://www.ifeu.org)  
Quelle: Statistisches Bundesamt Nov. 2006
- 8 Simon, H.: Sekundäre Stoffströme im Fokus. In: Entsorga, Februar 2007, Nr. 1-2, S. 20
- 9 Wiemer, K., Kern, M.: Abfallwirtschaft und Klimaschutz vor dem Hintergrund des Biomassepotenzials in Abfällen aus Industrie und Haushalten. S. 11-12  
[http://www.mufv.rlp.de/fileadmin/img/inhalte/abfall/Produktverantwortung/Veranstaltungen/beitrag\\_wiemer.pdf](http://www.mufv.rlp.de/fileadmin/img/inhalte/abfall/Produktverantwortung/Veranstaltungen/beitrag_wiemer.pdf)
- 10 Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Bericht der LAGA zur 62. Umweltministerkonferenz „Umsetzung der Abfalllagerungsverordnung“, Stand: 25. März 2004 und Zahlen des Umweltbundesamtes
- 11 Thomé-Kozmiensky K. J.: Können Ersatzbrennstoffe das Energieproblem lösen? Müllmagazin. 2006  
<http://www.ask-eu.de/default.asp>
- 12 FAOSTAT 2002: Statistical Databases. In: <http://apps.fao.org> [Okt. 2002]
- 13 United Nation Environment Programme (UNEP): The State Of The Environment: Past, Present, Future.  
<http://www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=248&ArticleID=3063> [05.04. 07]
- 14 Barrow, C.: Land Degradation (Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1991), cited in Henry Kendall and David Pimentel, "Constraints on the Expansion of the Global Food Supply", *Ambio*, Vol. 23, No. 3. 1994. S. 200
- 15 Turk, T.: Effektive Energiegewinnung aus Abfällen. In: Müllmagazin, 2006, Nr. 4, S. 49-53