

Kreislaufwirtschaft ohne Deponien?

Heinz-Ulrich Bertram*

1.	Einführung.....	129
2.	Illusion einer vollständigen Kreislaufwirtschaft	131
3.	Entwicklungstendenzen in der Abfallwirtschaft.....	138
4.	Deponiebedarf auch in Zukunft.....	141
5.	Ausblick und Fazit	146
6.	Quellen	148

Die Vision von einer vollständigen Kreislaufwirtschaft lässt außer Acht, dass Deponien als Schadstoffsenke unverzichtbar sind. Die Abfallwirtschaft wird daher auch zukünftig nicht ohne Deponien auskommen. Um Fehlentwicklungen zu vermeiden, bedarf es eines ganzheitlichen Konzeptes einer umfassenden Abfallwirtschaft.

1. Einführung

Die Entwicklung von Wirtschaft und Technik, ein stetig gesteigener Lebensstandard und damit verbundene veränderte Verbrauchergewohnheiten sowie ein ständig wachsender Konsum haben in den vergangenen Jahrzehnten zu einer erheblichen Zunahme der Abfallmasse und der Abfallvielfalt geführt. Zentrale Aufgabe der Abfallwirtschaft ist es, die daraus resultierenden Probleme zu lösen.

In der Vergangenheit und insbesondere vor dem Inkrafttreten des Abfallgesetzes [16] war der Umgang mit Abfällen überwiegend an der Beseitigung orientiert. Die klassische Aufgabe der Abfallwirtschaft bestand darin, anfallende Abfälle zu erfassen und zu beseitigen. Dadurch wurden die in diesen enthaltenen Rohstoffe und Energie nicht genutzt. Die unkontrollierte Beseitigung der Abfälle führte durch Methan gasemissionen und schadstoffhaltiges Sickerwasser zu erheblichen Belastungen der Umwelt.

Abfälle unserer Industriegesellschaft bieten sich jedoch vielfach als sekundäre Rohstoffe und als Energieträger zum Ersatz von Primärrohstoffen an und können somit zur Schonung der Rohstoff- und Energiereserven beitragen. Auch aufgrund der

* Die Veröffentlichung gibt die persönliche Auffassung des Verfassers wieder.

Endlichkeit der natürlichen Rohstoffreserven in Verbindung mit den Erkenntnissen über den begrenzten Zugriff auf strategische Rohstoffe war es naheliegend und sowohl aus ökologischer als auch aus volkswirtschaftlicher Sicht erforderlich, die Abfallbeseitigung über die Abfallwirtschaft zur Kreislaufwirtschaft weiterzuentwickeln.

Der Übergang von der Abfallwirtschaft zur Kreislaufwirtschaft war verbunden mit der Weiterentwicklung der gesetzlichen Regelungen, die sich auf der nationalen Ebene beim Übergang vom Abfallbeseitigungsgesetz über das Abfallgesetz zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz nicht nur auf eine Überarbeitung beschränkte, sondern neue Schwerpunkte setzte:

- Abfälle sollen möglichst nicht entstehen oder zumindest in ihrer Masse und Schädlichkeit vermindert werden (Abfallvermeidung),
- nicht vermeidbare Abfälle sollen stofflich verwertet oder zur Gewinnung von Energie genutzt werden (energetische Verwertung),
- Abfälle, die nicht vermieden und nicht verwertet werden können, müssen gemeinwohlverträglich beseitigt werden (Abfallbeseitigung).

Die diesbezüglichen rechtlichen Rahmenbedingungen wurden auf der europäischen Ebene durch die Abfallrahmenrichtlinie und deren Fortschreibung geschaffen sowie in Deutschland durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz umgesetzt und aktuell durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz fortgeschrieben.

Diese Instrumente reichen jedoch nach Auffassung der Europäischen Kommission nicht aus, um den bevorstehenden Herausforderungen beim Umgang mit den natürlichen Ressourcen wirksam begegnen zu können. Innerhalb der Strategie Europa 2020 hat sie daher am 26.01.2011 die Leitinitiative *Ressourcenschonendes Europa* als Mitteilung an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen vorgelegt [14]. Ziel ist es, den Ressourcenverbrauch Europas drastisch zu reduzieren, um Europa von Rohstoffimporten unabhängiger zu machen und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft zu stärken. Sie gibt den Rahmen vor, der gewährleistet soll, dass langfristige Strategien der Energie-, Klima-, Forschungs- und Innovations-, Verkehrs-, Landwirtschafts-, Fischerei- und Umweltpolitik zu einem schonenderen Umgang mit Ressourcen führen.

Als wesentliche Komponenten des langfristigen Rahmens sind mehrere koordinierte Fahrpläne vorgesehen. Den Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa, der die diesbezüglichen Ziele bis zum Jahr 2050 enthält, hat die Europäische Kommission am 20.09.2011 ebenfalls als Mitteilung an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen vorgelegt [15]. Unter der Überschrift *Aus Abfällen Ressourcen gewinnen* wird die Vision einer *vollständigen Recyclinggesellschaft* beschrieben, in der das Abfallaufkommen verringert und Abfall als Ressource betrachtet werden soll. In dem Etappenziel heißt es:

Spätestens 2020 wird Abfall als Ressource bewirtschaftet. ... Mehr und mehr Werkstoffe, besonders solche, die erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben, und kritische Rohstoffe, werden recycelt. ... Die energetische Verwertung ist auf nicht recyclingfähige

Werkstoffe begrenzt, Deponierungen gibt es praktisch nicht mehr, und ein hochwertiges Recycling ist sichergestellt.

In diesem Zusammenhang wird die Kommission im Jahr 2014 die bestehenden Ziele auf den Gebieten Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling, Verwertung und Abkehr von Deponien überprüfen, um zu einer auf Wiederverwendung basierenden Wirtschaft überzugehen, in der das Restabfallaufkommen nahe Null liegt.

Der Ausschuss der Regionen hat am 11.01.2012 die Leitinitiative *Ressourcenschonendes Europa*, mit der die effiziente Ressourcennutzung als Leitmotiv in einer Vielzahl von Politikbereichen (u. a. Abfallbewirtschaftung) verankert werden soll, in seiner Stellungnahme [1] befürwortet. Unter der Überschrift *Die Europäische Union zu einer Kreislaufwirtschaft machen*

- fordert er die Annahme eines Ziels *Null-Abfall-Gesellschaft*, indem die Abfallvermeidung und die Bewirtschaftung von Abfall als Ressource in einer Stoffkreislaufwirtschaft optimiert werden (Nr. 69),
- verweist er darauf, dass zahlreiche fortgeschrittene Städte und Regionen die EU-Mindestziele für Wiederverwertung und andere Formen der Abfallbewirtschaftung als Alternative zur Deponierung bereits bei weitem übertroffen haben und nunmehr auf ein *Null-Abfall-Ziel* für Deponien oder Verbrennungsanlagen sowie hohe Wiederverwertungsraten für Haushaltsabfälle hinarbeiten. Diesbezüglich fordert der Ausschuss die Europäische Union und die Mitgliedstaaten auf, die Einführung von Instrumenten zur Förderung der Wiederverwertung, die in fortgeschrittenen Städten und Regionen bereits zum Einsatz kommen, insbesondere in den in diesem Bereich am wenigsten fortgeschrittenen Regionen zu unterstützen (Nr. 75),
- fordert er die Europäische Kommission auf, die Anhebung des geltenden verbindlichen Ziels für die Wiederverwertung fester Siedlungsabfälle zu beschleunigen (Nr. 76).

In Anbetracht des hohen Stellenwertes dieser abfallpolitischen Forderung der Europäischen Kommission ist die Frage zu beantworten, ob dieses Ziel unter Berücksichtigung der bisher gewonnenen Erfahrungen und Erfordernisse sachgerecht sowie mit den Zielen und den Anforderungen des vorsorgenden Umweltschutzes zu vereinbaren ist.

2. Illusion einer vollständigen Kreislaufwirtschaft

Als zentrales Element für die Problemlösung beim Umgang mit Abfällen wird im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft eine vollständige Kreislaufwirtschaft mit geschlossenen Materialkreisläufen nach dem Vorbild der Natur propagiert. Diese Vision wird durch das Streichen des Begriffes *Abfallwirtschaft* in der Bezeichnung des neuen Abfallgesetzes als Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) [17] zum Ausdruck gebracht. Bei der Vision, natürliche Stoffkreisläufe auf die Kreislaufwirtschaft zu übertragen, also in technischen Produkten verwendete Rohstoffe und Materialien

im Kreislauf zu führen, werden jedoch wesentliche Unterschiede zwischen natürlichen und technischen Kreisläufen übersehen. Dies birgt die Gefahr, die Erwartungen höher einzuschätzen als die Realitäten. Das heißt, die Vision wird zur Illusion.

Die grundlegenden Unterschiede zwischen der Produktion organischer Stoffe in der Natur und den von Menschen entwickelten Produkten sind auf deren stoffliche Zusammensetzung zurückzuführen, die sich unmittelbar auf die Kreislaufeignung auswirkt. Zentraler Baustein natürlicher Produkte ist Kohlenstoff, der dort in unterschiedliche organische Verbindungen (z.B. Kohlenhydrate, Fette, Proteine) eingebaut wird. Diese Verbindungen sind dem Abbau durch Destruenten zugänglich. Die für die Produktion und den Abbau der natürlichen Produkte erforderliche Energie wird durch die Sonne unbegrenzt und ohne CO₂-Emissionen zur Verfügung gestellt. Der Faktor *Zeit* ist für die Natur im Vergleich zu den Aktivitäten des Menschen nicht limitierend und an Veränderungen der Umwelt kann sich die Natur aufgrund deutlich kürzerer Reproduktionszyklen schneller anpassen als der Mensch.

Für Produkte, die für die Nutzung durch den Menschen entwickelt werden, werden neben Kohlenstoffverbindungen in großem Umfang und teilweise ausschließlich auch Metalle und mineralische Rohstoffe sowie synthetische Verbindungen verwendet. Diese sind nicht oder nur sehr begrenzt Bestandteil natürlicher Stoffkreisläufe und einem Abbau durch Destruenten nicht zugänglich. Sie lagern in der Regel außerhalb natürlicher Kreisläufe in Rohstofflagerstätten und werden allein durch die Menschen für die Herstellung von technischen Produkten gewonnen. Die für die Produktion der menschlichen Güter erforderliche Energie steht derzeit in Form fossiler Energieträger nur begrenzt zur Verfügung. Ihre Erzeugung führt zu erheblichen Belastungen der Umwelt.

Hintergrund für die komplexe Zusammensetzung technischer Produkte sind zahlreiche Ansprüche an deren Funktionalität, die häufig einer Kreislaufeignung entgegenstehen. So sind z.B. die Ansprüche an die Fassade eines Gebäudes vielfältig: Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz, Lichtdurchlässigkeit, Sonnenschutz, Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Belastungen, optische Gestaltung, geringes Gewicht. Um sämtliche Funktionen unter Beachtung der Kosten möglichst umfassend erfüllen zu können, müssen unterschiedliche Stoffe in komplexen Verbundbauweisen verwendet werden, die einem vollständigen Recycling nicht zugänglich sind. Dies wird auch bei der Abdichtung einer Kellerwand gegenüber Feuchtigkeit oder bei der Wärmedämmung eines Mauerwerkes mit Dämmstoffen deutlich. Der Isolieranstrich und das mineralische Mauerwerk lassen sich nicht mehr trennen. Die Wärmedämmung des Gebäudes kann zwar möglicherweise noch vom Mauerwerk getrennt werden, eine Rückführung in Stoffkreisläufe ist jedoch nicht möglich. Für andere komplexe Produkte gilt Entsprechendes, z.B. für Kraftfahrzeuge und für elektronische Geräte, an die eine Vielzahl von funktionalen und sonstigen Anforderungen gestellt werden.

Dies erklärt, dass es zwar möglich ist, Produktionsabfälle, die z.B. bei der Herstellung von Kunststoffbauteilen anfallen, unmittelbar dem Produktionsprozess zuzuführen. Diese Möglichkeit besteht jedoch bei der Rückführung der Einzelbestandteile komplexer Produkte auf die ursprüngliche Produktionsebene nicht. Das Recycling von

Kraftfahrzeugen und die Verwertung von elektronischen Geräten belegen dies beispielhaft. Eine gewisse Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang der Stahlkreislauf, wobei auch aus diesem bestimmte Legierungsbestandteile nicht mehr entfernt werden können. Komplexe Produkte lassen sich aufgrund der maßgeblichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten in der Regel nicht mit vertretbarem Aufwand auf ihre chemischen Ausgangselemente zurückführen.

Zu beachten ist diesem Zusammenhang insbesondere der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, auf den auch der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in seinem Jahresbericht 2012 [9] hinweist:

Thermodynamisch gesehen ist das globale ökologische System durch komplexe Strukturen mit geringer Entropie, das heißt hoher Ordnung, gekennzeichnet. Das ökonomische System dagegen wandelt natürliche Strukturen mit niedriger Entropie um (beispielsweise durch die Verbrennung von Kohle und Öl) und erhöht dadurch das Entropieniveau. ... Die Ökonomie zehrt in ihren stofflichen Dimensionen von *Größen*, die sie nicht selbst produzieren, sondern nur verbrauchen kann.

Alle natürlichen Prozesse, nicht nur thermodynamische Umwandlungsprozesse, sind nicht umkehrbar (reversibel). Das heißt, sie können von *selbst* nur in eine Richtung ablaufen. Während des Prozesses wird Energie entwertet ... Die Umkehrung natürlicher Prozesse, die einer Reduktion der Entropie gleichkommt, ist somit immer mit einem bestimmten Energieaufwand *von außen* verbunden.

Mit der Erhöhung der Entropie kann auch erklärt werden, dass die Verwertung von mineralischen Abfällen (z.B. Schlacken, Aschen) zu einer unumkehrbaren großräumigen Verteilung von Schadstoffen (organische Schadstoffe, Schwermetalle, Salze) in der Umwelt führt. Mineralische Abfälle werden unter anderem im Straßen- und Verkehrsflächenbau zur Substitution von Primärrohstoffen (Kies, Sand, Brechkorngemische) verwendet. Sie werden in der Regel nicht zielgerichtet hergestellt, sondern sind das Ergebnis einer anderweitigen Nutzung von Rohstoffen (z.B. Erzeugung von Metallen oder Energie) oder entstehen beim Neubau, Umbau oder Abriss von Bauwerken (z.B. Bauschutt, Straßenaufbruch). Daher entspricht ihre Zusammensetzung nicht exakt der der durch sie substituierten Primärrohstoffe, sondern ist durch die in die Prozesse eingebrachten Rohstoffe oder die ursprüngliche Nutzung geprägt. Mineralische Abfälle können sich daher im Hinblick auf ihre Schadstoffbelastung (Gesamtgehalte) und ihr Freisetzungsverhalten (Schadstoffkonzentrationen im Eluat oder im Sickerwasser) bei vergleichbaren bauphysikalischen Eigenschaften erheblich von Primärrohstoffen unterscheiden [13].

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass von derartigen Verwertungsmaßnahmen nicht nur erhebliche Umweltbelastungen ausgehen können, sondern durch die in diesen Fällen nachträglich erforderlichen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen ein hoher volkswirtschaftlicher Schaden entstehen kann. *Verwertung um jeden Preis* darf daher nicht das Grundprinzip einer ökologischen Abfallwirtschaft sein. Der ehemalige Hamburger Umweltsenator Vahrenholt hat bereits 1995 im Zusammenhang mit der Rückführung schadstoffhaltiger Abfälle in den Stoffkreislauf auf Folgendes hingewiesen [22]:

Eine Kreislaufwirtschaft, die diese Stoffe durch Verwertung immer weiter anreichern lässt, kann nicht unser Ziel sein. Das wäre keine ökologische Kreislaufwirtschaft. In einer ökologischen Kreislaufwirtschaft muss es Schadstoffsinken geben, solange die Produkte, die uns umgeben, mit Schadstoffen belastet sind.

Denn trotz aller gut gemeinten Bemühungen um Abfallverwertung handelt es sich bei vielen sogenannten Kreislaufprozessen um offene Systeme mit einem hohen Anreicherungsrisiko in den Medien Wasser und Boden bei zusätzlichen externen Stoffeinträgen.

Diese Entwicklung, deren Auswirkungen nicht in jedem Einzelfall als *Schaden* quantifizierbar sind, führt zu einer permanenten Erhöhung der Hintergrundgehalte in den Medien Wasser und Boden sowie zu einer Verschlechterung der natürlichen Bodenfunktionen als Filter, Puffer und Lebensraum. Für die Schonung der natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Luft bedeutet das, dass die Abfallwirtschaft bei der Rückführung von Abfällen in Stoffkreisläufe ihre bisher zu wenig beachtete *Nierenfunktion* stärker wahrnehmen muss und Schadstoffe ausgeschleust, aufkonzentriert und zerstört oder – soweit eine Zerstörung nicht möglich ist – diese Schadstoffe sicher in die Erdkruste zurückgeführt und dort deponiert werden müssen. Dieses lässt sich durch einen Vergleich des Stoff- und Produktkreislaufes mit dem Blutkreislauf untermauern (Bild 1). Das Herz der Marktwirtschaft ist der Markt, der Stoffe und Produkte (Güter) in den Wirtschaftskreislauf befördert. Diese Güter (Blut mit Nähr- und Schadstoffen) werden durch das Herz über Transportwege (Blutbahnen) zu den Verbrauchern (Organen) gepumpt.

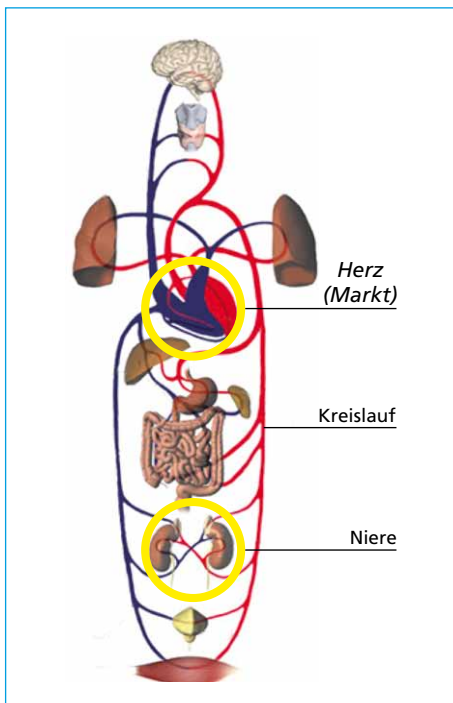


Bild 1:

Analogie zwischen Blutkreislauf und Stoffkreislauf

Quelle: <http://www.internisten-im-netz.de>

Kaum beachtet, aber von zentraler Bedeutung für den Blutkreislauf sind die Nieren als *Kläranlagen* des Körpers. Sie schützen diesen vor einer Vergiftung, in dem sie das Blut von schädlichen Substanzen reinigen und diese über den Harn ausscheiden. Die Bedeutung der Nieren für den Blutkreislauf und dessen Schadstoffentfrachtung wird vor allem daran deutlich, dass sie mit etwa 20 bis 25 Prozent des Herzzeitvolumens durchströmt werden, obwohl ihr Gewicht nur etwa 0,5 Prozent des Körpergewichtes beträgt, es im Blutkreislauf zwei Nieren gibt, die auch bei dem Ausfall einer Niere die Funktionsfähigkeit der Schadstoffentfrachtung in vollem Umfang gewährleisten.

Analog dazu ist bei Stoff- und Produktkreisläufen sicherzustellen, dass diese von den in den Stoffen und Produkten enthaltenen Schadstoffen entfrachtet und die Kreisläufe damit vor einer Schadstoffanreicherung geschützt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Stoffe, die zu einer Schadstoffanreicherung führen, den Produkten in der Regel zur Gewährleistung definierter Produkteigenschaften zugesetzt worden sind, oder in technischen Prozessen oder bei der Produktnutzung entstanden sind.

Das unabdingbare Erfordernis der Schadstoffentfrachtung zur Gewährleistung funktionierender Kreisläufe deckt sich mit der Position des Sachverständigenrates für Umweltfragen zur Abfallverwertung, die er im Umweltgutachten 2000 formuliert hat [10]:

Allerdings kann nur eine gründliche Prüfung aller umweltpolitischen Vorteile und Risiken der tatsächlich eingesetzten Verwertungsverfahren und der jeweiligen wiederverwertbaren Stoffe, der Reststoffe und der Emissionen ein Urteil darüber ermöglichen, ob der eingeschlagene Verwertungsweg auf lange Sicht umweltverträglicher ist als die kontrollierte Beseitigung. Der Umweltrat hat die Sorge, dass insbesondere hinsichtlich der im Stoffkreislauf gehaltenen wiederverwertbaren Stoffe und der aus ihnen entstehenden Produkte zu wenig Kenntnisse über mögliche Langzeitwirkungen für Umwelt und Gesundheit vorliegen und empfiehlt, ... entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

In seinem Umweltgutachten 2002 [11] ergänzt er diese Forderung durch den Hinweis, dass pauschale Aussagen über die Vorteile der Verwertung für die Umwelt nicht sachgerecht und daher auch nicht zulässig seien:

Ob eine Verwertung von Abfällen tatsächlich umweltfreundlicher ist als die Beseitigung, kann demnach nicht pauschal, sondern nur fallgruppenweise, für konkrete Abfallarten und Verwertungswege, durch Vergleich der aufgeführten umweltrelevanten Vor- und Nachteile festgestellt werden. ... Ob Verwertung oder Beseitigung die umweltpolitisch günstigere Option ist, hängt daher letztlich von einer Abwägung zahlreicher Gesichtspunkte ab. Das Ergebnis kann in Abhängigkeit von den jeweiligen Umständen unterschiedlich ausfallen. ...

Die Abwägungsprobleme, mit denen man es hier zu tun hat, sind allerdings offensichtlich überkomplex. ... Ein Steuerungsanspruch, der sich darauf richtete, auf konsistente Weise in jedem Einzelfall für den jeweiligen Abfall in seiner konkreten Zusammensetzung den unter Berücksichtigung aller Gesichtspunkte objektiv optimalen Entsorgungsweg zu ermitteln, wäre daher zum Scheitern verurteilt. ...

Vor diesem Hintergrund weist Brunner [23] im Zusammenhang mit dem Ziel einer *vollständigen Verwertung* von Abfällen mit Recht darauf hin, dass es nicht das Ziel sei, *die Abfälle im Kreislauf herumzuführen*. Nicht die Kreislaufwirtschaft sei das Ziel, sondern der Schutz der Umwelt und des Menschen. Die Kreislaufwirtschaft könne lediglich als Instrument dienen, um dieses Ziel zu erreichen. Von daher solle der Erfolg der Abfallwirtschaft nicht in erster Linie an Recyclingraten gemessen werden, sondern an dem Umstand, wie das eigentliche Ziel erreicht worden ist. Vorzuziehen seien deshalb diejenigen Verfahren, mit deren Hilfe die größtmögliche Menge an Schadstoffen in die richtige Richtung gesteuert werden könne.

Der Gesetzgeber hat diese Problematik erkannt und in § 5 Abs. 3 des am 07.10.1996 in Kraft getretenen Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrWG-/ AbfG) das **gesetzliche Verbot der Schadstoffanreicherung** verankert. Dieses Verbot wurde unverändert in § 7 Abs. 3 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) übernommen:

Die Verwertung von Abfällen ... erfolgt schadlos, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten ist, **insbesondere keine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf erfolgt**.

Anlass zur Sorge geben im Hinblick auf die Umsetzung dieses Verbotes allerdings die bisherigen Entwürfe des Bundesumweltministeriums (BMU) für Rechtsverordnungen, mit denen zur Konkretisierung des § 7 Abs. 3 KrWG Anforderungen an die schadlose Verwertung von mineralischen Abfällen – dem mit Abstand größten und auch teilweise erheblich mit Schadstoffen belasteten Abfallstrom – festgelegt werden sollen. Entgegen den Anforderungen, die zurzeit Bewertungsgrundlage für den Verwaltungsvollzug sind [18], wird auch in dem aktuellen Entwurf des BMU [8] weitestgehend auf die Bewertung und Begrenzung von Schadstoffgehalten im Feststoff (Schwermetalle, organische Schadstoffe) und auf organisatorische Sicherungsmaßnahmen¹ zur Begrenzung einer großräumigen Verteilung von schadstoffhaltigen Abfällen (z.B. Schlacken mit Schwermetallgehalten, die im Prozentbereich liegen) verzichtet.

Lediglich für Recyclingbaustoffe wird der Gehalt an krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) begrenzt. Allerdings liegt der PAK-Gehalt der günstigsten Einbauklasse (RC-1), für die gemäß § 5 KrWG die Abfalleigenschaft bereits vor dem Abschluss der Verwertung enden soll und die somit nicht mehr abfallrechtlichen Regelungen unterliegen würde, mit 10 mg/kg doppelt so hoch wie der PAK-Gehalt in der Einbauklasse 1.1 der LAGA-Mitteilung 20 [18] (5 mg/kg) und 2,5-fach so hoch wie der PAK-Gehalt in der Qualitätsklasse A⁺ der Richtlinie für Recycling-Baustoffe des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes [20] (4 mg/kg).

¹ Organisatorische Sicherungsmaßnahmen im Sinne der LAGA-Mitteilung 20 [18] sind z.B. die Beschränkung des Einbaus von schadstoffhaltigen mineralischen Abfällen auf kontrollierte Großbaumaßnahmen, Baumaßnahmen ohne häufige Aufbrüche und den Einbau oberhalb der Erdoberfläche.

Die Missachtung des gesetzlichen Verbotes der Schadstoffanreicherung ist auch aus juristischer Sicht unzulässig, da in einem untergesetzlichen Regelwerk (Rechtsverordnung), das eine gesetzliche Norm (§ 7 Abs. 3 KrWG) konkretisieren soll, wesentliche Vorgaben dieser Norm (Verbot der Schadstoffanreicherung) berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus enthält das KrWG an anderer Stelle keine Vorschrift, mit der diese Pflicht relativiert oder einer hohen Verwertungsquote der Vorrang gegenüber der Schadlosigkeit eingeräumt wird.

Auch ökonomische Aspekte sind in diesem Zusammenhang zu beachten. Aufgrund der hohen Anforderungen, die Deponien für die Ablagerung von Abfällen erfüllen müssen, liegen die Kosten der Abfallverwertung in der Regel deutlich unter denen der Beseitigung. Dabei bleibt jedoch unberücksichtigt, dass der Kostenvorteil für den Abfallerzeuger nach Ablauf der physischen Nutzungsdauer (z.B. Verschleiß des Unterbaus von Verkehrsflächen) zu einem Kostenfaktor für den Bauträger wird. Dieses führt nicht nur zu einer Kostenverlagerung auf den vielfach öffentlichen Bauträger (Kommune, Land, Bund), der seine Maßnahmen Steuermitteln finanzieren muss, sondern widerspricht auch dem im Umweltschutz gängigen Prinzip der Internalisierung von Umweltkosten in die Herstellungskosten der Produkte. Die Kosten für die Entsorgung von pechhaltigem Straßenaufbruch und die zukünftig anfallenden Kosten für die Entsorgung der daraus hergestellten HGT-Gemische sind hierfür ein mahnendes Beispiel.

Die Abnahme der Qualität der z.B. im Verkehrsflächenbau verwerteten mineralischen Abfälle im Verlauf ihrer Nutzungsdauer zeigt auch, dass es neben abbau- und schadstoffbezogenen Unterschieden zwischen der Kreislaufführung der in der Natur produzierten organischen Stoffe und der Kreislaufführung der von Menschen entwickelten Produkte auch solche hinsichtlich der physischen Eignung gibt. Produkte natürlicher Prozesse sind in der Regel deshalb unbegrenzt kreislauffähig, weil sie durch Destruenten auf ihre chemischen Ausgangselemente und Ausgangsverbindungen zurückgeführt und durch Produzenten in ihrer ursprünglichen Form wieder hergestellt werden. Eine Zerlegung technischer Produkte bis auf diese Ebene ist in der Regel nicht möglich. So ist der erneute Einsatz von mineralischen Baustoffen auf derselben Wertschöpfungsebene aufgrund der Beanspruchung während der Nutzungsphase und der dadurch bedingten Verminderung der technischen Qualität in der Regel nicht möglich.

Im Ergebnis handelt es sich somit bei einer Vielzahl sogenannter Kreislaufprozesse aufgrund der abnehmenden technischen Eigenschaften der verwendeten Stoffe lediglich um Kaskadennutzungen, die in der letzten Stufe der Kaskade eine energetische Verwertung, eine thermische Behandlung oder die Ablagerung auf einer Deponie erfordern. Diese Tatsache entspricht durchaus den Beobachtungen in natürlichen Kreisläufen. So kennt selbst der durch den Menschen unbeeinflusste Wasserkreislauf Senken, indem mitgeführte Sedimente in den Gewässerbetten und gelöste Salze in den Meeren als *Salzsenke* verbleiben. Analog zu diesen natürlichen Senken muss es daher auch in technischen Kreisläufen Senken geben, in denen Schadstoffe zum Schutz der Umwelt dauerhaft zurückgehalten werden.

3. Entwicklungstendenzen in der Abfallwirtschaft

Die Abfallwirtschaft hat sich in den vergangenen 40 Jahren seit Inkrafttreten des Abfallbeseitigungsgesetzes weitgehend empirisch entwickelt. Ein ganzheitliches und in sich schlüssiges, naturwissenschaftlich-technisches Konzept, das die unterschiedlichen fachlichen Aspekte logisch und widerspruchsfrei miteinander verknüpft, ist nicht erkennbar. Die Abfallwirtschaft ist vor allem durch politische, emotionale, juristische sowie wirtschaftliche Einflüsse und nur in begrenztem Umfang durch fachtechnische Erfordernisse geprägt worden.

Nur so ist es in Anbetracht der Diskussion über den Klimaschutz und die Vermeidung von CO₂-Emissionen zu erklären, dass beispielsweise die Kompostierung von Verpackungsabfällen aus biologisch abbaubaren Werkstoffen propagiert und in Rechtsvorschriften privilegiert wird, obwohl ein biologischer Abbau dieser Abfälle nur in Kompostierungsanlagen möglich ist, die aufgrund ihrer technischen Infrastruktur (z.B. Elektromotoren für das Zerkleinern, Umsetzen, Transportieren, Absieben, Sichten, Belüften, Bewässern) einen erheblichen Energieeinsatz erfordern. Die Erzeugung dieser Energie verbraucht fossile Rohstoffe und verursacht CO₂-Emissionen.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht begründbar und nicht nachvollziehbar, dass diese heizwertreichen Abfälle, bei denen es sich im Wesentlichen um Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff handelt, nicht unter Nutzung der darin enthaltenen Energie sowie unter Freisetzung von CO₂ und Wasser energetisch verwertet oder thermisch behandelt werden sollen, sondern unter Einsatz von Energie in Kompostierungsanlagen durch Mikroorganismen in dieselben Verbindungen (CO₂ und Wasser) zerlegt werden sollen [3]. Das heißt, es wird nicht die Entsorgungsoption mit der geringsten Umweltbelastung gewählt, sondern diejenige mit der emotional größten Akzeptanz.

Dies verwundert auch deshalb, weil die fachlich umfassend belegte Kritik an der Kompostierung von Produkten aus biologisch abbaubaren Werkstoffen mit Entsorgungserfordernis (z.B. Verpackungsabfälle) seit langem von unterschiedlichen gesellschaftsrelevanten Gruppen unterstützt wird [19].

Unstrittig ist auch, dass eine erhebliche Abfallmasse durch Umweltschutzmaßnahmen entsteht (*Umweltschutzabfälle*). Es handelt sich hierbei zum Beispiel um verunreinigtes Bodenmaterial aus der Altlastensanierung, Filterstäube aus Abfallverbrennungsanlagen, Abfälle aus der Reinigung von Industrieanlagen oder Asbestabfälle aus der Sanierung von Gebäuden. Diese Abfälle sind in der Regel weitgehend inert und erheblich mit Schadstoffen belastet. Eine thermische Behandlung (Verglasung) scheidet in der Regel aus ökologischen (Verbrauch an fossilen Rohstoffen, CO₂-Emissionen) und ökonomischen Gründen aus. Eine stoffliche Verwertung ist aufgrund der enthaltenen Schadstoffe nicht möglich.

Zum Schutz der Umwelt vor diesen Abfällen ist es daher zwingend, diese in über- oder untertägigen Deponien abzulagern [4]. Trotz dieses eindeutigen Sachverhaltes wurde auf nationaler Ebene durch das Bundesumweltministerium (BMU) das *Ziel 2020*

postuliert, wonach bis zum Jahr 2020 sämtliche Abfälle einer Verwertung zugeführt werden sollten. Während das BMU inzwischen von diesem Ziel abgerückt ist und auch weiterhin Deponien für erforderlich hält [7], wird auf europäischer Ebene und von Umweltverbänden nach wie vor an dem Null-Abfall-Ziel für Deponien festgehalten.

Dies gibt Anlass zur Sorge. Trotz des zahlenmäßig belegten Erfordernisses haben sich Vorhabensträger bei der Planung von Deponien und in Genehmigungsverfahren in Anbetracht der auf übergeordneter politischer Ebene (Bund, EU) ausgesandten politischen Signale zunehmend mit der Kritik von lokaler und regionaler Politik sowie von Bürgerinitiativen auseinandersetzen, dass Deponien angeblich nicht mehr erforderlich seien. Wird dieser Entwicklung nicht entgegengewirkt, besteht die Gefahr, dass

- es zukünftig in einzelnen Regionen und bei einzelnen Deponieklassen zu Entsorgungsengpässen kommen wird,
- die Kosten für die Abfallentsorgung durch die Verknappung von Deponievolumen und größere Transportentfernungen steigen,
- sich nur noch die Firmen an dem Wettbewerb um die Durchführung von Baumaßnahmen beteiligen können, die den Zugang zu einer Deponie besitzen und somit auch der fehlende Wettbewerb zu Kostensteigerungen führen kann,
- Abfälle zukünftig in zweifelhaften *Verwertungsvorhaben* untergebracht werden.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass zurzeit und zukünftig aufgrund des politisch beschlossenen Ausstiegs aus der Nutzung der Kernenergie und dem damit verbundenen Rückbau von Kernkraftwerken Abfälle entstehen, die aufgrund der Vorgaben des Strahlenschutzrechts selbst dann, wenn sie aus diesem entlassen werden, nur auf Deponien abgelagert werden dürfen (Freigabe nach § 29 Abs. 2 Nr. 2 Strahlenschutzverordnung). Auch gegen die Ablagerung dieser Abfälle auf technisch hierfür gut geeigneten Deponien erhebt sich bereits lokaler Widerstand.

Erschwerend kommt hinzu, dass der Erfolg abfallwirtschaftlicher Maßnahmen zunehmend auf der Grundlage von Verwertungsquoten bewertet wird. Komplexe Sachzusammenhänge und die mit der Verwertung von Abfällen verbundenen Umweltauswirkungen lassen sich jedoch nicht durch eine Quote, das heißt, durch das Verhältnis der verwerteten Abfälle zu dem Gesamtaufkommen von Abfällen beschreiben. Ein naturwissenschaftlich belegbarer Zusammenhang zwischen Verwertungsquote und Schadlosigkeit ist nicht vorhanden und ein Beleg, dass Verwertungsquoten einen Beitrag zum vorsorgenden Boden- und Gewässerschutz leisten, ist bisher nicht erbracht worden. Verwertungsquoten sind vielmehr in dieser Hinsicht kontraproduktiv.

Eine Verrechnung der Masse der verwerteten Abfälle mit den Zuordnungswerten des vorsorgenden Umweltschutzes ist im Umweltrecht nicht vorgesehen. Eine Verwertung ist gemäß Artikel 10 in Verbindung mit Artikel 13 der Abfallrahmenrichtlinie sowie gemäß § 7 Abs. 3 KrWG nämlich nur dann zulässig, wenn die Verwertung schadlos ist. Die in diesem Zusammenhang geäußerte Auffassung, dass der Boden- und Gewässerschutz hinter der Substitution von Primärrohstoffen durch mineralische Abfälle aufgrund des gesetzlichen Zieles der *Förderung der Kreislaufwirtschaft* (§ 1 KrWG) *zurückstehen* müsse, ist daher nicht haltbar.

Eine Abfallverwertung zugunsten hoher Verwertungsquoten sowie zu Lasten des Boden- und Grundwasserschutzes verstößt vielmehr gegen Grundpflichten des KrWG. Diese Auffassung steht im Einklang mit der Bewertung von Beckmann [2], der zu dem Ergebnis kommt, dass eine Freistellung der Kreislaufwirtschaft vom Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen – und damit auch die Bevorzugung der Abfallverwertung gegenüber dem Schutz der Umwelt – nicht mit der Staatszielbestimmung des Artikels 20 a² des Grundgesetzes vereinbar wäre.

Die politisch gewollte Bevorzugung der Verwertung geht einher mit einer ausgeprägten Regelungsasymmetrie im Verhältnis zwischen der Verwertung und der Beseitigung von Abfällen [5]. Während für die Beseitigung von Abfällen in Verbrennungsanlagen mit der 17. BImSchV und für die Ablagerung auf Deponien mit der Deponieverordnung, gestützt auf analoge Vorschriften auf europäischer Ebene, fachlich stimmige und technisch ausgereifte Rechtsvorschriften für den Betrieb derartiger Anlagen anzuwenden sind, die die Maßstäbe des vorsorgenden Umweltschutzes berücksichtigen, fehlen diese für die Verwertung großer Abfallmassenströme (z.B. mineralische Abfälle), weitgehend. Dieses gilt sowohl für die Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken und Bauprodukten als auch für die Verfüllung von Abgrabungen mit Bodenmaterial.

Aufgrund der hohen und umfassenden Anforderungen an die Deponierung und der damit verbundenen Kosten für den Betrieb von Deponien führt diese Regelungsasymmetrie zu Ausweichbewegungen mit Nachteilen für die Umwelt und für die Betreiber von Anlagen, die hohe Umweltstandards einhalten. In deren Folge werden sich Abfallströme zu der lediglich durch unbestimmte Rechtsbegriffe *geregelten* Verwertung von mineralischen Abfällen verschieben. Die kostengünstige und großräumige Verteilung von Abfällen in der Fläche wird dadurch begünstigt.

Diese Tatsache macht die Probleme deutlich, die mit der aktuellen Zielsetzung in der Abfallwirtschaft verbunden sind, die Verwertung als alleinige Problemlösung in den Vordergrund zu stellen und die Beseitigung von Abfällen negativ zu bewerten. Sie zeigt auch, dass das Erfordernis der Schadstoffausschleusung und Zerstörung (Nierenprinzip) sowie das Erfordernis von Schadstoffsenken noch keinen Eingang in die aktuelle abfallpolitische Diskussion gefunden haben, obwohl der Sachverständigenrat für Umweltfragen bereits 1996 [12] seine Befürchtung zum Ausdruck gebracht hat, dass es mit Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und des darin formulierten Vorranges der Verwertung vor der Beseitigung zu einer Zunahme des bereits bestehenden *Druckes auf den Boden* und zur flächenhaften Verwertung von Abfällen kommt, die nicht den Charakter einer flächenhaften Deponierung gewinnen darf. Auch das Bundesverfassungsgericht hat sich hierzu bereits im Jahr 1998 eindeutig positioniert [21]:

Der Begriff der Schadlosigkeit der Verwertung in § 5 Abs. 1 Nr. 3 BImSchG stellt im Hinblick auf die abfallrechtlichen Pflichten klar, dass nicht eine Verwertung *um jeden Preis* sondern die umweltverträgliche Verwertung gefordert wird.

² Artikel 20 a Grundgesetz: Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.

4. Deponiebedarf auch in Zukunft

Nach Artikel 16 der Abfallrahmenrichtlinie (Grundsätze der Entsorgungsautarkie und der Nähe) müssen die Mitgliedstaaten unter anderem geeignete Maßnahmen treffen, um ein integriertes und angemessenes Netz von Abfallbeseitigungsanlagen zu errichten. Dabei sind die besten verfügbaren Techniken zu berücksichtigen. Das Netz ist so zu konzipieren, dass es der Gemeinschaft insgesamt ermöglicht, die Autarkie bei der Abfallbeseitigung zu erreichen, und dass es jedem Mitgliedstaat ermöglicht, dieses Ziel selbst anzustreben. Das Netz muss es gestatten, dass die Abfälle in einer der am nächsten gelegenen Anlagen beseitigt werden, und zwar unter Einsatz von Verfahren und Technologien, die am besten geeignet sind, um ein hohes Niveau des Gesundheits- und Umweltschutzes zu gewährleisten.

Diese Pflicht ist gemäß § 30 KrWG den Ländern übertragen worden. Das heißt, auch im Rahmen der Abfallwirtschaftsplanung der Länder ist sicherzustellen, dass insbesondere die Entsorgung von Siedlungsabfällen und mineralischen Massenabfällen nach dem Prinzip der Nähe sichergestellt wird.

In den Ländern sind die Kommunen gesetzlich im Rahmen ihrer Stellung als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger nicht nur zur Entsorgung von Haushaltsabfällen verpflichtet, sondern auch zuständig für die Beseitigung von Abfällen aus anderen Herkunftsbereichen als Haushaltungen. Diese Aufgabe umfasst auch die tatsächliche Planung und Realisierung entsprechender Kapazitäten. Da es sich um eine Aufgabe im eigenen Wirkungsbereich handelt, entscheidet der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger über die Ausgestaltung der Entsorgungsinfrastruktur. Er kann benachbarte öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger in die Planungen einbeziehen, die Beseitigung über private Deponiebetreiber sicherstellen oder sich bei einer privat oder öffentlich-rechtlich betriebenen Deponie in angemessener Entfernung Kontingente sichern, die die im Entsorgungsgebiet anfallende Masse an mäßig belasteten mineralischen Abfällen abdeckt.

Denn bei allen Bemühungen um die Vermeidung und Verwertung von Abfällen besteht kein Zweifel daran, dass auch in Zukunft insbesondere mineralische Abfälle aufgrund fehlender bauphysikalischer Eigenschaften oder aufgrund der enthaltenen Schadstoffe nicht vollständig verwertet werden können. Aus Gründen der Umweltvorsorge sowie im Hinblick auf eine nachhaltige Abfallwirtschaft und zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen müssen daher flächendeckend Deponien als unverzichtbare abfallwirtschaftliche Elemente bereitgestellt werden, um nicht verwertbare Abfälle gemeinwohlverträglich unter Beachtung des Prinzips der Nähe entsorgen zu können.

Aufgrund ihrer bauphysikalischen Eigenschaften sind mineralische Abfälle zwar grundsätzlich geeignet, Primärrohstoffe bei Baumaßnahmen (z.B. Straßen- und Verkehrsflächenbau) zu ersetzen. Allerdings können diese Abfälle aufgrund ihrer Entstehung in industriellen Prozessen (z.B. Aschen, Schlacken) oder aufgrund ihrer Nutzung (z.B. Bodenmaterial von Altstandorten) mit Schadstoffen belastet sein.

Die Staatssekretärin des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz hat daher in einem Schreiben niedersächsische Landräte und Oberbürgermeister an die Pflicht der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger erinnert, flächendeckend für ein ausreichendes Deponievolumen für mäßig belastete mineralische Abfälle zu sorgen:

Wir dürfen den kommenden Generationen keine neuen Altlasten hinterlassen. Daher müssen wir dafür Sorge tragen, dass Abfälle, die nicht verwertet werden können, in geeigneten Deponien abgelagert und nicht großräumig in der Landschaft verteilt werden.³

Im Hinblick auf die Entwicklung des zukünftigen Aufkommens an mineralischen Abfällen sind insbesondere hinsichtlich des Bedarfes an Deponievolumen für mäßig belastete mineralische Abfälle (Deponieklasse I) folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Mineralische Abfälle werden auch in der Zukunft kontinuierlich und in großer Masse anfallen. Ihr Aufkommen ist als *unendliche Quelle* zu betrachten. Aufgrund der begrenzten finanziellen Mittel und der begrenzten verfügbaren Fläche für den Bau von Verkehrswegen, in denen diese Abfälle verwertet werden könnten, werden Neubaumaßnahmen zurückgehen. Mineralische Abfälle werden daher in der Zukunft vor allem Baustoffe – also auch mineralische Abfälle – aus bestehenden Verkehrsflächen ersetzen. Da die ausgebauten mineralische Abfälle aufgrund der physikalischen Beanspruchungen und der daraus resultierenden Qualitätsverluste nur in begrenztem Umfang einer erneuten hochwertigen Verwertung zugeführt werden können, wird ein erheblicher Anteil der verbleibenden – bauphysikalisch minderwertigen – ausgebauten mineralischen Abfälle auf Deponien abgelagert werden müssen.
- Die begrenzte technische Lebensdauer von Bauwerken wird aufgrund des großen Bestandes, der aus dem Wiederaufbau in der Nachkriegszeit stammt, in den nächsten Jahren zu einem erheblichen Abfallaufkommen aus Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen führen. Dieses betrifft sowohl den Gebäudebestand als auch die Verkehrsinfrastruktur (Straßen, Bahnstrecken).
- Es liegen Erkenntnisse vor, dass Abfälle, die in der Vergangenheit verwertet worden sind (z.B. Steinkohlenteer als Bindemittel im Straßenbau), aufgrund der darin enthaltenen Schadstoffe nur unter erheblichen Sicherungsmaßnahmen und Folgekosten für die Träger der Baulast verwertet werden können und aus Gründen der Umweltvorsorge möglichst aus Verwertungskaskaden ausgeschleust werden müssen.
- Der Einsatz von mineralischen Abfällen in Bauprodukten kann zu nachteiligen Veränderungen der Eigenschaften des Bauschutts führen, der nach Ablauf der Nutzungsphase entsteht. So schränkt z.B. die zunehmende Nutzung von Gips aus der

³ Pressemitteilung des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz vom 30.01.2014: Umweltministerium mahnt Bereitstellung von Deponiekapazitäten für mäßig belastete mineralische Abfälle an.

Entschwefelung von Abgasen (REA-Gips) im Putz, im Estrich und in Porenbetonsteinen die Verwertbarkeit von Bauschutt aus dem Umbau und dem Abbruch von Gebäuden erheblich ein.

- Die Folgekosten der Verwertung von belasteten mineralischen Abfällen führen inzwischen zu einer erheblichen Zurückhaltung der Baulasträger bei der Verwendung derartiger Abfälle. Die finanziellen Mittel für die spätere Entsorgung dieser Abfälle stehen aufgrund der angespannten finanziellen Situation der öffentlichen Haushalte nicht zur Verfügung. So lehnen inzwischen z.B. die für den Bau von Landes- und Bundesfernstraßen zuständigen Baulasträger den Einsatz von pechhaltigem Straßenaufbruch aus kommunalen Baumaßnahmen als hydraulisch gebundene Tragschichten ab, weil dieser Einsatz beim späteren Ausbau zu erheblichen Folgekosten für die Landeshäushalte und den Bundeshaushalt führen würde.
- Die fachlichen Anforderungen des Grundwasserschutzes und die Ergebnisse von Forschungsvorhaben zur Ermittlung der Freisetzung und des Transportes von Schadstoffen aus mineralischen Abfällen lassen erwarten, dass der Anteil der schadlos verwertbaren Abfälle zukünftig geringer sein und nicht ansteigen wird.
- Die allgemeine Verunsicherung hinsichtlich der Verwertbarkeit von mineralischen Abfällen nimmt aufgrund des nicht erkennbaren Endes der Diskussion über eine bundeseinheitliche Regelung für die Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen zu. Auch aus diesem Grund ist in der Tendenz mit einem Rückgang der bisher verwerteten Massenanteile zu rechnen.
- Der Bedarf an mineralischen Abfällen für die Rekultivierung von Deponien, die aufgrund veränderter rechtlicher Anforderungen in den Jahren 2005 und 2009 geschlossen werden mussten, nimmt ab, weil mehrere dieser Vorhaben inzwischen abgeschlossen worden sind.
- Die Verfüllung von Bodenabbaustätten mit anderen mineralischen Abfällen als mit Bodenmaterial ist aufgrund der Anforderungen des Bodenschutzes und aus Gründen des vorsorgenden Grundwasserschutzes unzulässig.

Im Ergebnis ist daher trotz aller Bemühungen um die Verwertung von mineralischen Abfällen ein tendenziell steigender Bedarf an Deponieraum insbesondere für die Ablagerung von mäßig belasteten mineralischen Abfällen (Deponieklasse I) zu erwarten.

Da es sich hierbei um den mit Abstand größten Massenstrom bezogen auf das gesamte Abfallaufkommen handelt, ist zur Minimierung der Transportentfernungen sowie der mit dem Transport verbundenen Umweltbelastungen (CO₂, Feinstaub, Ruß, Lärm), des Energieverbrauches für den Transport und der Kosten ein möglichst flächendeckendes Netz an Deponien für Abfälle mit einer derartigen mäßigen Belastung erforderlich. So zeigt z.B. die Bestandsaufnahme im *Abfallwirtschaftsplan Niedersachsen, Teilplan Siedlungsabfälle und nicht gefährliche Abfälle* eine in weiten Landesteilen sehr begrenzte Restkapazität mit zu erwartenden Entsorgungsengpässen an Deponievolumen der Deponieklasse I insbesondere im Norden, Nordwesten und Nordosten des Landes.

Die Nutzung von Ablagerungsvolumen der Deponieklasse II stellt hinsichtlich der Bereitstellung eines flächendeckenden Netzes von Deponien für die Ablagerung von mäßig belasteten mineralischen Abfällen keine Alternative für eine Problemlösung dar:

- Die vorhandenen Deponien der Deponieklasse II können die nur mäßig belasteten Abfälle entsprechend der Deponieklasse I nicht zu vertretbaren Preisen annehmen. Technische Vorkehrungen wie eine Deponiegasfassung und eine Sickerwasserreinigung für organisch belastete Sickerwässer, wie sie in den bestehenden Deponien der Deponieklasse II vorgehalten werden, sind für diese mineralischen Abfälle nicht erforderlich, da beides nicht entsteht. Sie bewirken auch keinen Umweltvorteil. Zugleich sind die entstehenden Kosten nach dem Gebührenrecht – es handelt sich bei den betreffenden Deponien um öffentlich-rechtlich betriebene Anlagen – an die Abfallerzeuger weiterzugeben. Aus diesem Kontext heraus sieht das Deponierecht die Differenzierung in die Deponieklassen 0, I, II, III und IV vor, die auch eine gesetzliche Grundlage der vorzunehmenden Abfallwirtschaftsplanung bilden.
- Wegen der kostenmäßigen Auswirkungen auf die Aktivitäten der Bauwirtschaft sowie ihrer privaten und öffentlichen Auftraggeber (z.B. öffentlichen Straßenbau-Lastträger) ist es gerade nicht unbeachtlich, wenn ausschließlich Entsorgungswege mit Standards zur Verfügung stehen, die für große Anteile der in der Praxis entstehenden mineralischen Abfälle nicht benötigt werden, jedoch die Entsorgungskosten erheblich erhöhen. Derartige Optionen bieten der betroffenen Wirtschaft keine echte Entsorgungssicherheit, sondern führen zu *Abfalltourismus* und vergrößern den Druck in Richtung *Scheinverwertung*.
- Wegen der Grenzen der Belastbarkeit einer Volkswirtschaft, die auch die Kosten der Daseinsvorsorge erwirtschaften muss, ist es nicht vertretbar, mäßig belastete Abfälle in Anlagen zu entsorgen, deren technische Ausstattung hierfür nicht erforderlich ist. Die Kosten der für derartige Abfälle viel zu aufwändigen technischen Ausstattung müssen vom Deponiebetreiber durch die Annahme von Abfällen erwirtschaftet werden. Die daraus resultierenden Ablagerungskosten müssen vom – häufig öffentlichen – Baulastträger getragen werden. Dieses ist aus Sicht der übergreifenden Abfallwirtschaftsplanung nicht zu vertreten, zumal Deponien der Deponieklasse II einen volkswirtschaftlichen Wert darstellen, der entsprechend sparsam zu bewirtschaften ist.

Das vorhandene Deponievolumen der Deponieklasse II stellt zudem eine langfristig nutzbare wertvolle Ressource für die Ablagerung von höher belasteten Abfällen dar. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von geeigneten Standorten für derartige Deponien muss dieses Deponievolumen nach dem Grundsatz der Ressourcenschonung sorgsam bewirtschaftet werden und darf nur für solche Abfälle genutzt werden, die die technischen Sicherungssysteme dieser Deponien auch tatsächlich erfordern.

So verfolgt das Land Niedersachsen das Ziel, vorhandene Altlasten stärker als in der Vergangenheit zu sanieren, und das Flächenrecycling im Verhältnis zu Bauvorhaben auf der sogenannten *grünen Wiese* zu fördern. Bei der Sanierung von Altlasten oder vorbelasteten Flächen entstehen höher belastete Abfälle, die auf geeigneten Deponien – häufig der Deponieklasse II – abgelagert werden müssen. Für diese Abfälle muss daher

flächendeckend innerhalb des Landes ausreichendes Deponievolumen zur Verfügung stehen, damit die Vorhaben zu vertretbaren Kosten und bei möglichst geringen Transportentfernungen realisiert werden können. Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, dass Sanierungsvorhaben aufgrund fehlender Ablagerungsmöglichkeiten innerhalb des Landes und der Abhängigkeit von externen Deponien nicht realisiert werden konnten.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass auch zukünftig ein erheblicher Bedarf an Deponievolumen besteht. Dieses gilt insbesondere für mäßig belastete mineralische Abfälle (Deponieklasse I). Vor diesem Hintergrund ergeben sich mit Blick auf die zukünftige Entwicklung der öffentlich zugänglichen Deponien Fragen, die vom Verfasser auf der Grundlage persönlicher Einschätzungen beantwortet werden:

- Sind die Entsorgungswirtschaft und die abfallerzeugende Wirtschaft auf den Bedarf an Deponievolumen ausreichend vorbereitet?

Das Thema *Bau und Betrieb von Deponien* besitzt zurzeit bei der Entsorgungswirtschaft und bei den Abfallerzeugern noch keine vorrangige Bedeutung. Da zurzeit noch Deponievolumen zur Verfügung steht, sind die bevorstehenden Veränderungen und die daraus resultierenden Schritte offenbar noch nicht allen Wirtschaftsbeteiligten bewusst geworden. Es gibt allerdings einige mittelständische Unternehmen, die sich z.B. in Niedersachsen mit diesem Thema intensiv auseinandersetzen und Deponien errichten und betreiben möchten.

- Gibt es kurz-, mittel- und langfristige Konzepte für die Ablagerung von nicht verwertbaren und nicht behandelbaren Abfällen?

Es ist nur vereinzelt zu erkennen, dass übergreifende Konzepte für die Ablagerung von nicht verwertbaren mineralischen Abfällen vorhanden sind und umgesetzt werden. Der überwiegende Teil der betroffenen Wirtschaft diskutiert zurzeit vor allem über die Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen (Ersatzbaustoffverordnung). Auch in den Verwaltungen (Bund, Länder, Kommunen) und in der Politik bildet das Thema *Deponiebedarf* nur vereinzelt einen Schwerpunkt.

- Nimmt der Druck auf die Verfüllung von Bodenabbaustätten zu?

Der Druck auf die Bodenabbaustätten zur Annahme von mineralischen Abfällen als *Abfall zur Verwertung* wird insbesondere aufgrund der Kosten der Deponierung (Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen der Deponieverordnung) und der zunehmend größeren Transportentfernungen (weniger Deponiestandorte) ansteigen.

- Werden die Entsorgungskosten für mineralische Abfälle steigen (weniger Deponien mit weniger Deponievolumen und größeren Transportentfernungen)?

Aufgrund der abnehmenden Zahl von kostengünstigen Deponien der Deponieklasse I für die Ablagerung von mäßig belasteten mineralischen Abfällen und der zunehmenden Transportentfernungen ist zu erwarten, dass die Ablagerungskosten ansteigen werden. Dieses wird den Druck auf die Verwertung und auf die Festlegung der Höhe der Zuordnungswerte für die Verwertung mineralischer Abfälle erhöhen.

Um einem Worst-Case-Scenario entgegenzuwirken, wie es sich aus der Beantwortung der vorstehenden Fragen ergibt, sind zeitnah geeignete Konzepte unter Berücksichtigung der folgenden Punkte zu erarbeiten und umzusetzen:

- Entwicklung eines umfassenden Entsorgungskonzeptes für sämtliche Abfälle unter Berücksichtigung der Ablagerung von nicht verwertbaren Abfällen auf Deponien. Von dem Null-Abfall-Ziel für Deponien muss Abstand genommen und ein Konzept erarbeitet werden, das die tatsächlichen Erfordernisse berücksichtigt.
- Entwicklung und Realisierung von Konzepten für den Bau und den Betrieb von Deponien durch die abfallerzeugende Wirtschaft und die Entsorgungswirtschaft. Diese sollten zunächst auf regionaler Ebene durch die betroffenen Kreise (Wirtschaft unter Einbindung der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger) konzipiert und durch die obersten Abfallbehörden begleitet werden.
- Berücksichtigung der Folgekosten bei der Verwertung von mineralischen Abfällen in der Einbauklasse 2. Die Kosten, die dem Nutzer der Abfälle entstehen, dürfen nicht auf diesen abgewälzt werden, sondern müssen internalisiert und vom Abfallerzeuger getragen werden. Für Baumaßnahmen, in denen mineralische Abfälle verwertet werden sollen, müssen Berechnungsmodelle entwickelt werden, die nicht nur die Kosten für das Baumaterial berücksichtigen sondern auch die Folgekosten (z.B. Unterhaltung, Entsorgungskosten am Ende der Nutzungsphase).
- Konzeption der Nachnutzung von Deponien bereits in Planungsphase. Deponien können nach Abschluss der Ablagerungsphase durchaus sinnvoll genutzt werden.
- Das Fehlen von Deponievolumen darf nicht zu Lasten des Boden- und Gewässerschutzes gehen. Daher ist das Bodenschutz- und Wasserrecht bei der Verfüllung von Abgrabungen und bei der Verwertung von Abfällen in technischen Bauwerken konsequent anzuwenden.

Die überarbeitete LAGA-Mitteilung 20 [18] mit der TR Boden (neu) als Grundlage für die Bewertung der Schadlosgkeit der Verwertung entspricht zwar hinsichtlich der Zuordnungswerte für die Bewertung des Sickerwassers nicht den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Sie genügt jedoch der aktuellen Rechtslage einschließlich des *Tongrubenurteils* und kann daher für einen Übergangszeitraum bis zum Inkrafttreten einer Bundesverordnung im Vollzug angewendet werden. Die Verfüllung von Ton-, Sand- und Kiesgruben mit ungeeigneten Abfällen lässt sich somit mit den geltenden Rechtsvorschriften und Vollzugshilfen verhindern, wenn diese angewendet werden und verbindlicher Bestandteil der Genehmigungen sind [6].

5. Ausblick und Fazit

Eine vollständige Kreislaufwirtschaft (*Recycling-Gesellschaft*) und die *Null-Abfall-Gesellschaft* werden vermehrt als politisches Ziel für den Umgang mit Abfällen propagiert. Die Analyse der abfallwirtschaftlichen Erfordernisse zeigt jedoch, dass insbesondere schadstoffhaltige Abfälle aus Kreisläufen ausgeschleust werden müssen, da deren Verwertung die Umwelt erheblich belasten kann. Darüber hinaus kann durch die

nachträglich erforderlichen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen ein hoher volkswirtschaftlicher Schaden entstehen. Denn trotz aller gut gemeinten Bemühungen handelt es sich bei vielen (sogenannten) *Kreisläufen* in der Regel um Kaskaden mit einem hohen Anreicherungsrisiko in den Medien Wasser und Boden. *Verwertung um jeden Preis* darf daher nicht das Grundprinzip einer nachhaltigen Abfallwirtschaft sein.

Eine langfristig stabile Abfallverwertung lässt sich nur über eine Qualitätsstrategie mit hohen Ansprüchen an die Schadlosigkeit erreichen. Nach den Gesetzen des Marktes entscheidet der Hersteller aufgrund der Ansprüche des Kunden über den Einsatz der für die Herstellung seiner Produkte verwendeten Sekundärrohstoffe und nicht der Abfallerzeuger. Außerdem verstößt es gegen Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft, die Abfallverwertung zu Gunsten hoher Verwertungsquoten und zu Lasten des vorsorgenden Umweltschutzes zu bevorzugen und hinzunehmen, dass sich die Schadstoffe in der Umwelt anreichern. Dieses ist nicht mit der Staatszielbestimmung des Artikels 20 a des Grundgesetzes und den Anforderungen an eine nachhaltige Abfallwirtschaft vereinbar.

Es ist unbestritten, dass das wirtschaftliche Wachstum und der Verbrauch von begrenzt verfügbaren Rohstoffen voneinander entkoppelt werden müssen. Die Vermeidung von Abfällen und die Gewinnung von sekundären Rohstoffen aus verwertbaren Abfällen können hierzu einen wichtigen Beitrag leisten. Allerdings würden die in diesem Zusammenhang geforderte *vollständige Kreislaufwirtschaft* und deren Weiterentwicklung zu einer *Null-Abfallgesellschaft* mit dem *Null-Abfall-Ziel* für Deponien und Verbrennungsanlagen zu absehbaren Fehlentwicklungen führen.

Deponien sind als Schadstoffsene ein unentbehrliches Element einer nachhaltigen Abfallwirtschaft für belastete Abfälle, die häufig auch bei Umweltschutzmaßnahmen entstehen. Je wirksamer diese Maßnahmen sind, umso größer ist das Aufkommen an Abfällen und umso höher ist deren Schadstoffbelastung. Nur wenn die schadstoffhaltigen Abfälle aus Verwertungskreisläufen und -kaskaden ausgeschleust werden, können eine Schadstoffanreicherung, eine großflächige Schadstoffverteilung und damit ein Akzeptanzverlust der Abfallverwertung verhindert werden. Auch Verbrennungsanlagen sind unverzichtbare Bausteine einer umweltgerechten Abfallwirtschaft, weil sie für heizwertreiche Abfälle die zwingend erforderliche *Nierenfunktion* übernehmen. In diesen Anlagen wird nicht nur Energie aus Abfällen erzeugt, sondern es werden auch organische Schadstoffe unter kontrollierten Bedingungen umweltverträglich inertisiert.

Die Abfallwirtschaft hat sich im Wesentlichen empirisch aus dem Erfordernis entwickelt, die Umwelt vor den Auswirkungen von unsachgemäß entsorgten Abfällen und daraus entstandenen Altlasten zu schützen. Sie ist jedoch zunehmend durch politische, emotionale, juristische sowie wirtschaftliche Einflüsse und immer weniger durch fachtechnische Erfordernisse geprägt worden. In Anbetracht dieser Entwicklung läuft die Abfallwirtschaft Gefahr, ihre Wurzeln zu verlieren. Um die damit verbundenen negativen Auswirkungen auf den vorsorgenden Schutz von Wasser, Boden, Luft und die menschliche Gesundheit sowie auch auf die Verwertung von Abfällen zu verhindern, ist dem Ziel einer *Null-Abfall-Gesellschaft* mit dem *Null-Abfall-Ziel* für Deponien mit Nachdruck entgegenzutreten.

Erforderlich ist ein ganzheitliches und in sich schlüssiges, naturwissenschaftlich-technisches Konzept einer umfassenden Abfallwirtschaft, das die unterschiedlichen fachlichen Aspekte logisch und widerspruchsfrei miteinander verknüpft, und das die bisher gewonnenen Erfahrungen berücksichtigt. Auf dieser Grundlage müssen Anforderungen an die Entsorgung von Abfällen festgelegt werden, die den Schutz der Umwelt gewährleisten und die die *Nierenfunktion* zur Ausschleusung von schadstoffbelasteten Teilströmen sowie Senken (Verbrennungsanlagen, Deponien) für deren Zerstörung und Ablagerung vorsehen. Verwertungsquoten sind aus Sicht des vorsorgenden Umweltschutzes nicht geeignet, um Abfallströme zu steuern. Verwertung ist kein Umweltziel, sondern ein Instrument der Abfallwirtschaft, das ebenso wie die Beseitigung die gesetzlich vorgegebenen Anforderungen an den Schutz der Umwelt erfüllen muss.

Wenn die in der Abfallwirtschaft Verantwortlichen ihre Glaubwürdigkeit und die Akzeptanz ihres Handelns nicht beschädigen wollen, müssen sie Fakten und Sachverhalte offen und ehrlich kommunizieren. Vermeintliche oder befürchtete Akzeptanzprobleme gegenüber der Errichtung von Abfallentsorgungsanlagen (z.B. Deponien) dürfen kein Grund dafür sein, die Öffentlichkeit mit Illusionen über eine *Null-Abfall-Gesellschaft* zu täuschen. Vielmehr muss mit den vorliegenden Argumenten für die Akzeptanz der erforderlichen Maßnahmen beim Umgang mit Abfällen geworben werden. Zu diesen gehören auch die *Nierenfunktion* und Deponien als Senken für schadstoffhaltige Abfälle.

6. Quellen

- [1] Ausschuss der Regionen: Stellungnahme des Ausschusses der Regionen Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020; (2012/C 9/08), veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Union C 9/37, 11.01.2012; im Internet: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2012:009:0037:0044:DE:PDF>
- [2] Beckmann, M.: Das deutsche Abfallrecht als Instrument des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung. In: AbfallR 2, Berlin: Lexxion Verlagsgesellschaft mbH, 2008, S. 65-71
- [3] Bertram, H. U.; Zeschmar-Lahl, B.: Nachhaltige Gründe – Eine Erfassung von Biokunststoffen über die Biotonne ist aus Sicht der Abfallwirtschaft abzulehnen. In: Müllmagazin, 11, Heft 1, Berlin, 2000, S. 46-50
- [4] Bertram, H. U.: Brauchen wir keine Deponien mehr? Grenzen des Recyclings. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 159-177
- [5] Bertram, H. U.: Die Regelungsasymmetrie bei der Entsorgung von mineralischen Abfällen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Goldmann D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010, S. 401-429
- [6] Bertram, H. U.: Anforderungen an die Verfüllung von Abgrabungen. In: AbfallR 6, Berlin: Lexxion Verlagsgesellschaft, 2009, S. 297-305
- [7] Biedermann, K.: Deponien haben Zukunft; Editorial, Müll und Abfall, 1/2012, Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, 2012, S. 1
- [8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung) als Artikel 2 der Mantelverordnung; Entwurf, Stand: 31.10.2012

- [9] Der Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012 – Verantwortung in einer begrenzten Welt; Deutscher Bundestag, Drucksache 17/10285, Berlin, 05.07.2012
- [10] Der Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2000 – Schritte ins nächste Jahrtausend; Stuttgart, April 2000
- [11] Der Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2002 – Für eine neue Vorreiterrolle; Kurzfassung, Berlin, März 2002, Seite 54-55
- [12] Der Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 1996 – Zur Umsetzung einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung; Stuttgart, Februar 1996
- [13] DIN-Fachbericht 127: Beurteilung von Bauprodukten unter Hygiene-, Gesundheits- und Umweltaspekten; DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1. Auflage 2003
- [14] Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission ..., Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2000; KOM(2011)21, Brüssel, 26.01.2011; im Internet: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0021:FIN:de:PDF>
- [15] Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission ..., Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa; KOM(2011)571 endgültig, Brüssel, 20.09.11; im Internet: http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/com2011_571_de.pdf
- [16] Gesetz über die Beseitigung von Abfall (Abfallbeseitigungsgesetz – AbfG) vom 07.06.1972; BGBl. I, Nr. 49, 1972, S. 873-880
- [17] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24. Februar 2012; Bundesgesetzblatt Jahrgang 2012 Teil I, Nr. 10, Bonn, 29.02.2012
- [18] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (2003): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln, Stand: 06.11.2003; erschienen als Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, 5. erweiterte Auflage im Erich Schmidt-Verlag, Berlin, 2004
- [19] N.N.: Abschlussbericht des Arbeitskreises 2 Biologisch abbaubare Kunststoffe der Expertenkommission Kunststoffindustrie in Niedersachsen am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung; Niedersächsisches Umweltministerium, Hannover, 1999 (www.umwelt.niedersachsen.de, Pfad: Home > Themen > Nachhaltigkeit > Regierungskommissionen > Kunststoffkommission > Endbericht des Arbeitskreises 2 Biologisch abbaubare Kunststoffe)
- [20] Österreichischer Baustoff-Recycling Verband (ÖBRV): Richtlinie für Recycling-Baustoffe: 8. Auflage, Wien, September 2009
- [21] Urteil des Bundesverfassungsgerichtes in dem Verfahren über die Verfassungsbeschwerden ... (gegen verschiedene Abfallabgabengesetze), Bundesverfassungsgericht: 2 BvR 1876/91, 2 BvR 1083/92, 2 BvR 2188/92, 2 BvR 2200/92, 2 BvR 2624/94, verkündet am 07.05.1998
- [22] Vahrenholt, Fritz: Strategie der Abfallwirtschaftspolitik, 3. Schlackenforum, Hamburg, 1995
- [23] Ziele der Abfallwirtschaft nicht mit den Instrumenten verwechseln. In Europäischer Wirtschaftsdienst (EUWID) Nr. 46, Gernsbach, 16.11.1999, S. 4



Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung: Wir planen von A bis Z.

Über 50 Jahre erfolgreich am Markt

- Projektentwicklung
- Standort- und Verfahrensevaluation
- Anlagenkonzept
- Vorplanung, Genehmigungsplanung
- Ausschreibung
- Überwachung der Ausführung
- Betriebsoptimierung
- Betriebs-, Störfall-, Risikoanalysen
- Umweltverträglichkeitsberichte
- Gesamtanlagen
- Verfahrenstechnik
- Prozessautomation und Elektrotechnik (EMSRL-T)
- Bauteil inklusive Logistik