

## Ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz Teil des Problems oder Teil der Lösung auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft?

Alexander Gosten

1. Vom Abfallgesetz zum Kreislaufwirtschaftsgesetz zur Circular Economy .....
2. Der Siedlungsabfall .....
3. Abfallhierarchie .....
4. Recycling .....
5. Grenzwerte .....
6. Betrachtung unterschiedlicher Erfassungssysteme, Behandlungsverfahren und Ressourcen .....
7. Ressourcen im Abfall .....
8. Zielvorgaben und Hemmnisse .....
9. Zusammenfassung .....
10. Literatur .....

### 1. Vom Abfallgesetz zum Kreislaufwirtschaftsgesetz zur Circular Economy

Seit nunmehr über 30 Jahren wird das Abfallgesetz alle paar Jahre zu einer neuen Fassung des Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) novelliert. Die Herkunft des Gesetzes und die ursprüngliche Zielsetzung war geprägt von der Sicherstellung der Hygiene, der Besorgnis über die Umweltgefahren und Auswirkungen von Abfällen. Das aktuelle *Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (KrWG)*<sup>1</sup> ist das führende Regelwerk für die Abfall- oder Ressourcenwirtschaft. Das KrWG spricht in seiner aktuellen Fassung nicht mehr von *Entsorgung* sondern von *Bewirtschaftung*. Die maßgeblichen Ziele des Gesetzes sind nun:

1. Die Schonung der natürlichen Ressourcen
2. Schutz von Mensch und Umwelt bei der Bewirtschaftung von Abfällen.

<sup>1</sup> Dieser Text basiert auf der Fassung der Änderung durch Artikel 20 G vom 10.08.2021 /3436 (Nr. 53)

Der Schwerpunkt und der Anspruch haben sich also damit deutlich verändert. Die eigentliche Entsorgung wird jetzt nachrangig als *Bewirtschaftung* bezeichnet. Erreicht werden sollen diese Ziele durch die

- Abfallvermeidung,
- Einhaltung einer Abfallhierarchie,
- Realisierung der Kreislaufwirtschaft durch Recycling,
- Schadlose Verwertung zum Schutz von Mensch und Umwelt,
- Gemeinwohlverträgliche Beseitigung,
- Minimierung der Schadstoffanreicherung durch Wertstoffkreisläufe,
- Betrachtung der Energieeffizienz,
- Minimierung von Emissionen und
- Wirtschaftliche und soziale Zumutbarkeit<sup>2</sup>.

Diese vielen Ziele und Mittel stehen im konkreten Einzelfall jedoch im Konflikt bzw. schließen sich gegenseitig aus. Die Rangfolge oder Priorisierung ist im Grunde nicht geklärt.

Trotz aller Novellierungen hat sich nach Einschätzung des Autors die Kreislaufwirtschaft für Siedlungsabfälle seit Umsetzung der TAsi nicht mehr so weiterentwickelt, wie es notwendig wäre, um die Ziele des KrWG zu erreichen. Unter dem Titel *Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG – eine vertane Chance? – Thesen* veröffentlichte der Autor zusammen mit Prof. W. Klett bereits 2015 dazu Thesen [7]. Die Verfasser vertreten die Ansicht, dass sich bei dem Vollzug des KrWG in der Praxis herausgestellt hat, dass die Entwicklung zu einer Recyclingwirtschaft nicht ausreichend unterstützt wird.

Aktuell prägen die Schlagwörter Circular Economy, Green Deal, Fit for 55 [5], Klima- und Ressourcenschutz die Diskussion. Hinter all diesen Begriffen steht die Einschätzung, dass der Abfall ein besonderes Problem sei und die Erwartung, dass im Umgang mit den Abfällen neue Wege beschritten werden können und sollten. Um eine wirkliche Weiterentwicklung zu erreichen, muss über das KrWG hinausgedacht werden, wenn die Transformation der industriellen Prozesse in eine Circular Economy gelingen soll.

Am Ende der Transformation in eine Kreislaufwirtschaft wird nach Einschätzung des Autors nur noch in *gebrauchte* und *ungebrauchte Ressourcen* und Abfall unterschieden werden. Die jetzigen Sekundärrohstoffe (*gebrauchte Ressourcen*) des Abfallrechtes werden die Primärrohstoffe von morgen sein, wenn auf den Einsatz von *ungebrauchten Ressourcen* (Primärrohstoffe) zukünftig weitgehend verzichtet wird. Gleichwohl wird es auch in Zukunft Abfall geben, der schadlos verwertet oder beseitigt bzw. bewirtschaftet werden muss, um §1 des KrWG zum Schutz von Mensch und Umwelt umzusetzen.

Die DGAW Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. bevorzugt inzwischen den Begriff *Circular Economy*, weil das KrWG die Kreislaufwirtschaft zu eng fasst, und hat sich daher schon 2019 den Leitspruch gegeben: *Ressourcen neu Denken*.

<sup>2</sup> KrWG §6 (2). Siehe auch Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG) Artikel 4

## 2. Der Siedlungsabfall

Der Haus- und Sperrmüll ist der Schwerpunkt der Regelungen des KrWG, obwohl von den über 400 Mio. Tonnen Abfall, die in Deutschland jährlich anfallen, diese beiden Fraktionen nur einen Anteil von 13 Mio. t oder 3 % an der Abfallmenge haben. (Der gesamte Siedlungsabfall hat nur einen Anteil von 12 % und die sogenannten Haushaltsabfälle haben einen Anteil von 9 % am gesamten Abfallaufkommen 2019.) Diese Fraktionen umfassen alle Abfälle, die dem lokalen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) angedient und zur schadlosen Entsorgung überlassen werden, weil der Abfallerzeuger einen Entledigungswillen hat. Das KrWG ist schwerpunktmäßig auf eine sehr kleine Abfallmenge fixiert und hat nicht die gesamte Kreislaufwirtschaft im Blick.

## 3. Abfallhierarchie

Zum Kern des KrWG gehört die Umsetzung der Abfallhierarchie (§6), die an oberster Priorität mit der *Abfallvermeidung* beginnt.

### Abfallvermeidung

Abfall kann grundsätzlich nicht vermieden werden. Alles was produziert wird, verliert irgendwann seine Nutzungszeit oder Funktion und wird vom Besitzer aufgegeben, so dass das Produkt gemäß KrWG zu Abfall wird. Um Abfall zu vermeiden, müssen die Produkte länger im Wirtschaftsleben verbleiben und dort wieder zurückkommen, wenn sie ihre ursprüngliche Bestimmung verloren haben. Abfall kann nur vermieden werden, wenn weniger produziert wird. Dies kann aber nicht im Abfallrecht geregelt werden. Daher ist dieser Ansatz im KrWG für die Umsetzung der echten Kreislaufwirtschaft nicht zielführend.

Der Entsorgungs- oder Kreislaufwirtschaft wird der Abfall überlassen. Insofern ist die Entsorgungswirtschaft der falsche Adressat für Abfallvermeidung.

### Vorbereitung zur Wiederverwendung

Auf der zweiten Stufe der Hierarchie befindet sich die *Vorbereitung zur Wiederverwendung*. Bevor eine Produkt jedoch von seinem Besitzer aufgegeben wird, kann der Besitzer das Produkt zuerst einer Tausch- oder Verkaufsbörse oder einem Händler oder Auktionator anbieten. Die größte Teil der Kreislaufwirtschaft befindet sich außerhalb des Abfallrechtes und wächst stetig. Zahlreiche neue Geschäftsmodelle sind zurzeit am Start und versuchen sich wie Ebay dauerhaft erfolgreich zu etablieren. Erst wenn sich niemand findet, der das Produkt, für das ein Entledigungswille besteht, abnehmen will, wird es dem Entsorger als Abfall überlassen. Die Überlassung oder Andienung erfolgt üblicherweise entweder in einem Sammelgefäß oder auf einem Recycling- oder Wertstoffhof.

Auf der gleichen Stufe der Abfallhierarchie befindet sich der *Abfalldiebstahl*. In direkter Abhängigkeit von den regionalen Preisen für den Ankauf von Sekundärrohstoffen *verschwinden* die werthaltigen Abfälle. Dies ist keineswegs nur beschränkt auf Schrott- und Kabeldiebstähle. Es betrifft je nach Marktlage auch Alttextilien, Papier, Folien, PET,

Hartkunststoffe, E-Schrott oder Glas. Es findet eine abfallwirtschaftliche Vorsortierung statt, die den Wert der verbleibenden Abfallinhalte reduziert. Die Entsorgungswirtschaft erhält also Produkte, für die sich kein Abnehmer gefunden hat und somit zu Abfall geworden sind.

Der Adressat des KrWG ist die Entsorgungswirtschaft bzw. die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Diese sind aber weder für die Abfallmenge noch deren Beschaffenheit verantwortlich. Die zweite Stufe der Abfallhierarchie beschreibt den Zustand, bevor ein Produkt zu Abfall geworden ist und findet nur in einem nicht-messbaren Umfang im Abfallrecht statt. Diese Stufe sollte daher außerhalb des Abfallrechts geregelt werden.

### Recycling

Erst ab der dritten Stufe, dem *Recycling*, beginnt die Verantwortung der Entsorgungswirtschaft, die ein natürliches Interesse daran hat, diejenigen Abfälle, die wieder wirtschaftlich in Wirtschaftskreislauf integriert werden können, im Sinne der Abfallhierarchie möglichst hochwertig zu verwerten bzw. zu verkaufen. Auf dieser dritten Hierarchiestufe sieht das KrWG lediglich die getrennte Erfassung und die Erreichung von Sammel- und Recyclingquoten für die erste Erfassungsstufe der Abfallaufbereitung als Ziele vor.

### Sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung

In der vierten Hierarchiestufe, *sonstige Verwertung*, wird versucht, über eine Rangfolge von *Verwertungen* die Bewirtschaftung der Abfälle zu *Befördern*. In der Anlage 2 zum KrWG werden die Verwertungsverfahren aufgelistet, wobei bei der energetischen Behandlung und Verfüllung eine Reihe von Einschränkungen gemacht werden. Ob hingegen eine Vergärungsanlage zum stofflichen Recycling (R3) oder zur energetischen Verwertung (R1) zählt, ist nach Kenntnis des Autors noch nicht geklärt worden. Problematisch ist ebenfalls, dass mechanische Vorsortieranlagen, deren Hauptzweck die Herstellung einer verbrennungs- oder deponierungsfähigen Fraktion ist, nicht wie ein R1-Verfahren als *sonstige Verwertung* eingestuft werden, sondern als Recyclingverfahren R12. Die in der Praxis vielfältig eingesetzten Begriffe *Verwertung* und *Recycling* ermöglicht eine Grauzone im Genehmigungsrecht bzw. im Vollzug, was letztlich die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft behindert.

### Beseitigung

Die schadlose *Beseitigung* ist die fünfte Hierarchiestufe, die möglichst vermieden werden soll, obwohl sie notwendig ist und auch zukünftig notwendig sein wird.

### Bewertung der Abfallhierarchie

Historisch gesehen ist die Entwicklung von den Ursprüngen der Entsorgung in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts nachvollziehbar und richtig gewesen. Für die Circular Economy wird eine Produkthierarchie an Stelle einer Abfallhierarchie benötigt. So formulierte Prof. Bunge bereits vor Jahren: *Nicht der Abfall ist das Problem, sondern der Konsum.* [3]

## 4. Recycling

Recycling ist ein zentraler Begriff des KrWG. Gemäß § 3 (25) KrWG ist Recycling im Sinne dieses Gesetzes jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwertung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.

Recycling ist ein Instrument, um die Kreislaufwirtschaft zu erreichen, nicht jedoch das Ziel selbst. Daher ist es methodisch zweifelhaft, eine Quote für den Einsatz des *Instrumentes* Recycling festzulegen. Gemäß KrWG besteht die Pflicht zur Verwertung von Abfällen, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist und ein Markt vorhanden ist. Demzufolge ist Recycling nicht per se das anzuwendende Verfahren der Kreislaufwirtschaft. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob das Recycling nicht zu einer Schadstoffanreicherung oder zu Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit führt und die Kosten im Vergleich zur Regelentsorgung verhältnismäßig sind.

Von dem Primat des Recyclings ist dort abzuweichen, wo die Abfälle nicht mit vertretbarem Aufwand zu marktfähigen Produkten aufbereitet werden können oder das Recycling auch zu einer Verteilung von Schadstoffen in der Umwelt führen kann. Die energetische Verwertung und Nutzung der Energie aus schadstoffbelasteten Kunststoffen oder Compound-Stoffen in einer 17. BImSchV-Anlage ist der schadlosere und im Hinblick auf das Recycling ehrlichere Weg als das Recycling gemäß KrWG.

### Recyclingquoten

Ein wesentliches Ziel des KrWG ist die Erhöhung der Recyclingquoten. Das Statistische Bundesamt fasst unter dem Oberbegriff *Behandlung und stoffliche Verwertung* alle R2- bis R13-Verfahren zusammen. Aus der Summe des Inputs aller Behandlungsanlagen, die zu den R2- bis R13-Verfahren zählen, ergab sich bereits im Jahr 2012 eine Recyclingquote von über 65 %. Nach Kenntnis des Autors ist noch nicht abschließend entschieden worden, wie die stoffliche Verwertung des Kompostierungsverfahrens in der deutschen Recyclingstatistik für Siedlungsabfall berücksichtigt wird. Die stoffliche Recyclingquote auf den Input bezogen beträgt 100 %, auf den Output bezogen 44 bis 75 % [17]. Bei der thermischen Abfallbehandlung werden 2 bis 3 % des Input als Metall und 20 bis 25 % als mineralischer Baustoff dem Wirtschaftskreislauf wieder zugeführt. Beide Fraktionen werden bisher bei der Ermittlung der Recyclingquoten nicht berücksichtigt.

In der Vergangenheit wurden die Recyclingquoten auf Basis der Eingangsverwiegung der ersten Stufe der Abfallbehandlung ermittelt. Die Eingangsverwiegung lässt allerdings keinerlei Rückschlüsse zu, was mit dem Abfall tatsächlich passiert und welche recycelte Menge dem Wirtschaftskreislauf wieder zugeführt wird. Technologisch ist ein 100%iges Recycling unmöglich. 100%-Recycling entspricht der Wiederverwendung, wie das z.B. bei Alt Kleidern möglich ist. Aber auch Kleidung kann nicht ewig getragen werden, so dass auch Textilien eines Tages entsorgt werden. Thomas Obermeier und

das Präsidium der DGAW haben schon 2012 und 2016 mehrfach darauf hingewiesen, dass die tatsächliche Verwertungsquote für Siedlungsabfall in Deutschland nur bei 34 bis 38 % liegen kann, wenn die durchschnittlichen stofflichen Recyclingquoten der unterschiedlichen Verfahren betrachtet werden [12,13]. Die EU hat diesen Gedanken der DGAW übernommen und die Berechnungsmethoden geändert. Seitdem veröffentlicht Deutschland keine Quoten mehr.

Klasse vor Masse, Qualität vor Quote, sind die Forderungen der DGAW an die Kreislaufwirtschaft und den Gesetzgeber.

### Das Verhältnis von Recycling zur Knappheit der Ressourcen

Die Notwendigkeit des Recycling wird häufig in Verbindung mit dem *Ressourcenschutz* und der Begrenztheit der Ressourcen gesetzt.

Es gibt Rohstoffe, die aus geologischen oder geopolitischen Gründen knapp werden können. Diese kritischen Rohstoffe werden jedoch in den einschlägigen Gesetzen und untergesetzlichen Regelwerken wie KrWG, VerpackG, BioAbfV, GewAbfV gar nicht behandelt. Stattdessen beschäftigt sich das KrWG z.B. detailliert mit Glas, Papier, Holz und Kunststoff, obwohl mit einer Knappheit bei diesen Materialien eher nicht zu rechnen ist.

Die Knappheit und Kritikalität der mineralischen Ressourcen wird seit Jahrzehnten u.a. von der BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) systematisch untersucht. Die Ergebnisse hierzu finden in der deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetzgebung keine Berücksichtigung. Hierzu sollte ein völlig neuer rechtlicher Rahmen geschaffen werden.

### Das Verhältnis von Recycling zum Klimaschutz und zur Energiewende

Ein weiterer zentraler Umweltbegriff ist der Klimaschutz. Der Anteil der Abfallwirtschaft an den klimarelevanten Emissionen beträgt mit 7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> national unter 1 % und stammt im Wesentlichen aus den Deponien und der Bioabfallbehandlung [18], weil die übrige Kreislaufwirtschaft in der Klimabilanzierung auf die Sektoren Energie, Mobilität und Industrie verteilt wird. Eine gleichzeitige Optimierung von Recycling und Minimierung klimarelevanter Emissionen ist in vielen Fällen nicht möglich.

Im Rahmen der Energiewende sollen bis zum Jahr 2050 fossile Energieträger ersetzt werden, um den Temperaturanstieg zu begrenzen. Einige Abfälle können schadlos nur durch ein thermisches Verfahren behandelt werden, wobei bei dieser Form der Abfallbehandlung ebenfalls ein Beitrag zur Energiewende durch die Erzeugung von Strom und Wärme geliefert wird. Sobald die Energieerzeugung aber nicht mehr auf der Basis von fossilen Energieträgern erfolgt, reduziert sich auch rechnerisch der bilanzielle Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz. Die Gutschriften aus der Substitution werden perspektivisch immer kleiner, so dass die absolute Klimabelastung bzw. der spezifische Energieverbrauch der Abfallwirtschaft wieder in den Fokus rücken wird. Diese Emissionen lassen sich durch die Nutzung des CO<sub>2</sub> aus dem Abgasvolumenstrom der Anlagen beseitigen. Der Hauptzweck der Bewirtschaftung

von Abfällen ist nicht der Klimaschutz. Daher kann die Auswahl und die Bewertung von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen nicht primär unter dem Gesichtspunkt der Energiewende und des Klimaschutzes erfolgen.

Tatsächlich ist die Abwägung sowohl zwischen den unterschiedlichen Aufgaben und Zielen der Kreislaufwirtschaft als auch der Energiewende, der Reduktion von klimarelevanten Emissionen und anderen Umweltdisziplinen wie die Biodiversität völlig ungeklärt. Aus Sicht der DGAW sollte daher eine Methode erarbeitet werden, um das Recycling auch im Zusammenhang mit den übrigen ressourcen- und klimaorientierten Zielen sachgerecht einordnen und beurteilen zu können.

Die *schadlose Bewirtschaftung* bei gleichzeitiger Entwicklung einer Circular Economy durch die Schließung der Materialkreisläufe und ein möglichst weitgehenden Verzicht auf die Deponierung von Abfällen ist und bleibt die zentrale Aufgabe der Entsorgungswirtschaft.

### Zukünftige Anforderungen an des Recycling

Es fehlt strenggenommen auch mehr als 20 Jahre nach dem Inkrafttreten des KrWG zudem immer noch an geeigneten Kriterien, die eine *hochwertige* und *ökologisch sinnvolle* Verwertung beschreiben. Es ist daher höchste Zeit den Begriff des Recyclings neu zu definieren und einen Beitrag zur Diskussion, um Ziele und Zukunft des Recyclings auf nationaler und europäischer Ebene zu leisten. Nach Ansicht der DGAW sollte daher die Definition des Recyclings im KrWG sachorientiert um die folgenden Inhalte ergänzt werden:

- a) Recycling findet nur statt,
  - wo die stoffliche Integration in den Wirtschaftskreislauf gewährleistet ist,
  - keine Schadstoffe in der Umwelt verteilt werden (Hierzu muss im Einzelfall eine Abwägung getroffen werden, was eine Bewertung und Vergleich von ökologischen Kriterien erfordert).
- b) Die Recyclingquote ist als alleiniger Erfolgsmaßstab ungeeignet.
- c) Es müssen neue Begrifflichkeiten und Kriterien entwickelt werden, wie:
  - Substitutionsquote
  - Average Loss Rate
- d) Wertigkeit der Recyclingprodukte (Dies berücksichtigt die Qualität der Recyclingprodukte, die Knappheit und Kritikalität der substituierten Ressourcen),
- e) ökologische Belastungen (Dies setzt voraus, dass unter ökologischen Kriterien Prozesse, Verfahren und Produkte verglichen werden können).

## 5. Grenzwerte

In den einschlägigen gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerken werden zahlreiche Grenzwerte für den Umgang, die Emissionen und die Immissionen der Abfälle, die Abfallbehandlung und die Recyclingprodukte festgelegt. Den Anforderungen des

Umweltschutzes wird durch das Anlagenrecht (BlmschG, WHG, usw.) genüge getan. Generell ist zu beobachten, dass in vielen Regelwerken die Grenzwerte *verschärft* werden sollen. Dies wird wahrscheinlich dazu führen, dass die Verwertung und das Recycling in Deutschland zurückgehen werden und der Export ansteigen werden, was nicht die Intention des KrWG sein kann. Hier sind klare Signale des Gesetzgebers und seiner beratenden Institutionen gefordert, um diesen Trend aufzuhalten.

Um in Zukunft vermehrt Ressourcen über die Schließung abfallwirtschaftlicher Kreisläufe zu substituieren, sind neben wirtschaftlichen Impulsen die bestehenden Grenzwerte für den Umgang mit Abfall kritisch zu hinterfragen. Es ist nicht transparent nachvollziehbar, nach welchen Kriterien die Grenzwerte der abfallwirtschaftlichen Regelwerke festgelegt worden sind. Eine Bewertung und der Vergleich der unterschiedlichen Grenzwerte scheinen zurzeit unmöglich zu sein. Von Sekundärrohstoffen wird eine Reinheit gefordert, die bei Primärrohstoffen ohne Behandlung häufig nicht vorhanden ist. Die Kreislaufwirtschaft darf an Sekundärrohstoffe keine höheren Anforderungen stellen als an Primärrohstoffe. Beispielsweise gibt es für gebrauchte und ungebrauchte Hölzer unterschiedliche Anforderungen, obwohl auch natürliche Hölzer Anreicherungen von verschiedensten Elementen beinhalten können. Der Käufer von Holz hat klare Anforderungen an die Qualität für sein Produkt. Sollte das gebrauchte oder ungebraucht Holz die Anforderungen nicht erfüllen, wird es energetisch verwertet werden. Warum bedarf es noch einer Altholzverordnung für gebrauchte Hölzer? Dies trifft auch auf Düngemittel und andere abfallstämmige Produkte zu, an die deutlich höhere Anforderungen gestellt. Das gesamte Thema der Plausibilität von Grenzwerten ist vom Kopf auf die Füße zu stellen. Hierzu sollte eine Grundsatzdiskussion angestoßen werden.

Insgesamt ist zu überlegen, ob nicht vom Besorgnisgrundsatz auf eine Gefährdungsbeurteilung umgestellt werden sollte und das Abfallrecht nicht in ein Produktrecht zu überführen ist.

## 6. Betrachtung unterschiedlicher Erfassungssysteme, Behandlungsverfahren und Ressourcen

Das KrWG und die einschlägigen Verordnungen verpflichten nicht den tatsächlichen Abfallerzeuger, sondern den öRE mit der gesetzeskonformen Bewirtschaftung der Abfälle und beschäftigt sich intensiv mit der Erfassung (Sammlung) und hält das Dogma aus dem letzten Jahrhundert aufrecht, dass eine getrennte Sammlung per se für die Kreislaufwirtschaft gut sei.

Vor der getrennten Erfassung und einem Recyclingprozess sollten aber die Potenziale zur Steigerung des stofflichen Recyclings und die Zusammensetzung der überlassenen Abfälle untersucht und bewertet werden. Um die noch nicht genutzten Potenziale zu identifizieren, sollten die verschiedenen Erfassungssysteme, Behandlungsverfahren verglichen werden [8].

Sobald Abfall in einem bestimmten Sammelgefäß entsorgt wird, fehlt er konsequenter Weise in einem anderen Sammelgefäß. Die absolute Abfallmenge, derer sich der Abfallerzeuger entledigen will, bleibt aber, auf einen längeren Zeithorizont bezogen, gleich.

Die Getrenntsammlungspflichten führen allein noch nicht zur Kreislaufwirtschaft. Sie können lediglich eine Voraussetzung sein, entsprechende einzelne Fraktionen zu erfassen, damit auf dieser Grundlage bessere Recyclingmaßnahmen zur Durchführung gelangen können. Es ist ein Irrglaube, dass allein eine getrennte Sammlung, die immer einen zusätzlichen *Footprint* hat und zu erhöhtem volkswirtschaftlichen Aufwand führt, auch einen zusätzlichen Nutzen im Sinne der Circular Economy bringt.

Die unterschiedlichen Erfassungssysteme führen zu unterschiedlichen Recyclingquoten. Die Output-Betrachtung führt zu Quoten, die mit unter 40 % deutlich unter den politisch gewollten und errechneten 65 % liegen.

### Recycling- oder Wertstoffhof

Die höchsten Recyclingquoten sind auf den Wertstoff- oder Recyclinghöfen möglich.

Die Quote kann theoretisch bis zu 90 % betragen. Der Wertstoff- oder Recyclinghof bietet die Möglichkeit der Erfassung von beliebig vielen sortenreinen Fraktionen. Die Auswahl der Fraktionen kann nachfrageorientiert gesteuert werden, so dass die höchste Sortenreinheit und Recyclingquote in der Erfassung möglich sind.

### Vergärung und Kompostierung

Die zweithöchste stoffliche Recyclingquote ermöglicht die Vergärung und Kompostierung mit 44 bis 78 % [17].

### Energetische Verwertung

Eine Verbrennungsanlage kann stofflich 20 bis 30 % an Metallen und Rostaschen dem Wirtschaftskreislauf wieder zuführen.

### Leichtverpackungsortierung (LVP oder Gelbe Tonne)

Die LVP-Erfassung (Gelbe Tonne) kann in einer LVP-Anlage wahrscheinlich bis zu 50 % an stofflichem Recycling realisieren, wobei die reale Wiedereinsatzquote ohne den Metallanteil 20,1 % beträgt [1,10].

### Mechanische Siedlungsabfallbehandlung (Haus- oder Restabfall)

Mechanische Vorbehandlungsanlagen für Siedlungsabfall wie MBA, MA oder MPS recyceln offiziell 6 %<sup>3</sup>. Realistisch ist eher eine Quote von 2 bis 3 % [8].

## 7. Ressourcen im Abfall

Exemplarisch werden die wichtigen Fraktionen im Abfall behandelt, die wieder dem Wirtschaftskreislauf zugeführt werden sollten.

### Glas, PPK

Für die Fraktionen Glas und Papier wird die Circular Economy schon umgesetzt. Hierfür bedarf es aus abfallwirtschaftlicher Sicht keiner zusätzlichen gesetzlichen

<sup>3</sup> Auswertung Input/Output von Mechanisch-biologischen Anlagen nach Abfallentsorgung 2013. In: Statistisches Bundesamt: Umwelt, Abfallentsorgung 2013. Fachreihe 19, Reihe 1. Statistisches Bundesamt: Wiesbaden, 2015.

Regelungen und Entsorgungssystemvorgaben. Das Abfallrecht ist im internationalen Warenverkehr dieser Wertstoffe eher hinderlich.

### Gemischte Wertstoffe / Verpackungen inklusive LVP

Diese Fraktionen werden durch das Verpackungsgesetz geregelt. Diese Fraktionen haben einen Anteil von 12 % an der Siedlungsabfallmenge oder 1 % an der gesamten Abfallmenge. Die LVP-Fraktion umfasst nur 5 % der Siedlungsabfallmenge was lediglich 0,7 % der deutschen Abfälle entspricht.

Obwohl die Verpackungen im Gesamtzusammenhang der Abfallwirtschaft mengenmäßig nachrangig sind, stand knapp 30 Jahre die Verpackung mit den kontinuierlichen Novellen der Verpackungsverordnung bis zum aktuellen Verpackungsgesetz im Mittelpunkt der umweltpolitischen Debatte. Im Grunde genommen ging es immer nur um die Geldflüsse der beteiligten Akteure. Die ökologische Relevanz wird hier nicht weiter behandelt. Hierzu haben sich u.a. die Professoren Baum und Franke mehrfach wissenschaftlich geäußert [1,6].

Für die Weiterentwicklung in eine echte Ressourcenwirtschaft ist entscheidend, dass für die unterschiedlichen Fraktionen, Absatzmärkte gefunden werden. Es ist nach Meinung des Autors der falsche Ansatz, nur die Quoten der Erfassung zu erhöhen, wenn die Fraktionen nicht wieder in den Wirtschaftskreislauf integriert werden können und nicht zur Substitution von primären Rohstoffen beitragen. Vor allem von den Kunststofffraktionen kann nur ein Teil recycelt werden, so dass die kunststoffhaltigen Fraktionen unter unterschiedlichen Bezeichnungen entsorgt werden müssen.

### Kunststoff

In der Abfallstatistik für den Siedlungsabfall ist Kunststoff nicht erkennbar. Kunststoff ist in allen Abfallfraktionen enthalten. In der EU werden rund 60 Mio. Tonnen Kunststoffe jährlich in den Verkehr gebracht [16]. Von den lizenzierte Verpackungsabfälle werden 1,15 Mio. Tonnen als Kunststoffverpackung ausgewiesen [11].

Das Verpackungsgesetz wurde u.a. mit der Notwendigkeit begründet, dass für den Ressourcenschutz eine Steigerung des Kunststoffrecyclings notwendig sei. Von der weltweiten Rohölproduktion werden nur 4 bis 6 % für die Kunststoffproduktion verbraucht [15], was die Bedeutung des Kunststoffrecyclings für den Ressourcenschutz doch relativiert. Die Fixierung des KrWG und des VerpackG konzentriert sich auf relativ kleine Abfallfraktionen, die nur begrenzt in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können.

Zum einen ist Kohlenstoff als Ausgangselement der Kunststoffe keine knappe Ressource, weil Kohlenstoff in Form von Öl, Gas, Kohle und Biomasse weltweit zur Verfügung steht. Zum anderen werden ständig neue Kunststoffe auf den Markt gebracht. Die Kunststoffe werden komplexer und immer *dünnwandiger*, so dass die Aufbereitung in marktfähige Kunststofffraktionen immer schwieriger wird und zum Teil unmöglich ist. Das mechanische Recycling geht mit einer stetigen Minderung der Qualität der

Recyclate sowie einer Anreicherung der Schadstoffe einher [11]. Je höher die Qualitätsanforderungen an das Recyclingprodukt sind, desto höher ist der Anteil der Sortierreste oder Produktionsrückstände. Das heißt, die tatsächliche Sekundärkunststoffmenge, die wieder stofflich in den Wirtschaftskreislauf integriert wird, ist weitaus kleiner als die sortierten Kunststofffraktionen der LVP-Sortieranlagen, die veröffentlicht werden.

Der Aufwand für das Recycling kann nur dann zu rechtfertigen sein, wenn die Energiedifferenz zwischen der Neuproduktion aus Primärrohstoffen und der aus Sekundärrohstoffen größer ist als der gesamte Aufwand für die getrennte Sammlung, Behandlung, Logistik und Vermarktung ist sowie die Umwelt nicht zusätzlich belastet wird. Für das Recycling von Monofraktionen, wie sie in der Industrie anfallen, kann das gewährleistet sein. Aus den Abfallgemischen des Siedlungsabfalls scheint dies deutlich schwieriger zu sein.

Da in Deutschland die Kapazitäten für die energetische Verwertung begrenzt sind und das KrWG versucht, die energetische Verwertung zu *vermeiden*, ist der Abfallexport ein kostengünstiger Weg, die Abfallgemische des Kunststoffrecyclings zu entsorgen, zumal wenn dies der Recyclingquote zugerechnet wird. Aus vielen Berichten ist bekannt, dass diese Abfallfraktionen zum Teil faktisch nur abgelagert oder offen verbrannt werden, was den Zielen der Circular Economy und dem KrWG nicht entspricht [14].

Da nur ein Teil der Kunststoffe stofflich aufbereitet werden kann und Teile der Recyclingwirtschaft strukturell nicht in Lage sind, Kunststoffe industriell aufzubereiten und zu vermarkten, ist das chemische Recycling eine sinnvolle und notwendige Ergänzung, um zu verhindern, dass die Altkunststoffe *nur* exportiert werden, um sie *billig* zu entsorgen. Insbesondere für die Reste aus dem Kunststoffrecycling bietet sich neben der Verbrennung das chemische Recycling an. Bezogen auf 5,3 Mio. Tonnen Post-Consumer Kunststoffabfälle wurden rund 1 Mio. Tonnen Kunststoffabfälle ermittelt, die durch das chemische Recycling wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden könnten [11]. Diesem sinnvollen Ansatz steht derzeit die Gesetzeslage entgegen, dass das chemische Recycling nicht als Recycling auf die Quote anerkennt.

Aktuell werden unterschiedliche Ansätze diskutiert, damit die Menge an Kunststoff gesteigert werden kann, die dem Wirtschaftskreislauf wieder zugeführt werden. Inzwischen wollen immer mehr Produzenten freiwillig einen bestimmten Anteil Kunststoff durch Sekundärware substituieren. Gerade für Kunststoffe fordert die DGAW daher seit Jahren eine Substitutionsquote, um die Circular Economy messbar voranzubringen.

### Metalle

In den Siedlungsabfällen wird keine eigenständige Metallfraktion ausgewiesen, da Metall im Siedlungsabfall zumeist im Verbund mit anderen Materialien enthalten ist. Das Altmetall oder der Schrott aus Siedlungsabfällen ist ein Sekundärabfall, der vor allem aus der energetischen Verwertung stammt.

Auch in der mechanischen Aufbereitung von Abfällen werden Schrottgemische abgetrennt. Diese Gemische müssen erst in einem weiteren Verfahrensschritt aufbereitet werden. In der Stahlschrottliste der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV) heißt es: *Alle Sorten müssen frei sein –*

ausgenommen unbedeutende Mengen – von brennbarem, nicht metallischem Material, einschließlich, aber nicht begrenzt, auf Gummi, Plastik, Gewebe, Holz, Öl, Schmiermittel und andere chemische oder organische Substanzen [2].

Da die deutsche Hüttenindustrie strenge Emissionswerte einhalten muss, ist ein direkter Einsatz der in mechanischen Anlagen gewonnenen Metallfraktionen in der deutschen Hüttenindustrie nur begrenzt möglich. Somit müssen diese Schrotte exportiert werden oder es ist eine gesonderte Aufbereitung erforderlich. Die Erfassung von Metall in die Wertstofftonne führt daher nicht unbedingt zur Verbesserung der heimischen Rohstoffversorgung, sondern eher zu einem erhöhten Export von Metallgemischen.

Insgesamt ist am KrWG zu bemängeln, dass nur pauschal auf Fe- und NE-Metalle abgestellt wird. Die strategischen Metalle, wie Kobalt, Tantal, Vanadium werden an keiner Stelle berücksichtigt.

### E-Schrott

Die Erfassung von E-Schrott wird in einem eigenständigen europäischen Regelwerk (WEEE) vorgegeben. Die Menge betrug 0,8 Mio. t im Jahr 2019. Der E-Schrott beinhaltet wichtige Rohstoffe, die möglichst recycelt werden sollen, um Ressourcen zu schonen. Leider stellt die Verordnung auf Massenprozente ab. Sie unterscheidet nicht zwischen dem recycelten Betonanteil bei Wäscheschleudern und den Edelmetallen. Die Verordnung gibt keine Ziele für bestimmte Metalle vor, die wieder in den Wirtschaftskreislauf integriert werden müssen. Die Verordnung regelt im Wesentlichen die Erfassung und deren Finanzierung aus dem Siedlungsabfall.

### Sonstiges wie Holz, gefährliche Abfälle, Marktabfälle, Straßenkehricht, Parkabfälle

Diese Fraktionen machen zusammen 1,5 Mio. t der Siedlungsabfälle aus. Sie befinden sich nicht im Fokus der Betrachtung des KrWG.

Für gebrauchtes Holz, allgemein bisher als Altholz bezeichnet, gibt es umfangliche Regelungen und internationale Märkte. Die Holzwirtschaft hat genauso wie die Papierindustrie etablierte Qualitätskriterien. Daher sollte ernsthaft geprüft werden, ob eine Novelle der Altholzverordnung die Kreislaufwirtschaft fördert oder eher behindert. Entscheidend sollte sein, für gebrauchte Hölzer das Ende der Abfalleigenschaften zu bestimmen, um die Vermarktung zu erleichtern.

## 8. Zielvorgaben und Hemmnisse

Das KrWG und seine untergesetzlichen Regelwerke sind eine Mischung aus Regelungen, die sowohl stoffbezogen als auch herkunftsbezogen oder funktionsbezogen sind. Das KrWG beschäftigt sich besonders mit dem Siedlungsabfall und dem Recycling der etablierten Abfallfraktionen, für die es bereits Recyclingmärkte gibt. Es fehlen jedoch die entsprechenden Ansätze für die kritischen Ressourcen z.B. von Seltenen Erden, Phosphor oder NE-Metallen.

Das KrWG denkt von der Sammlung und deren Organisation her. Es sollte vom Sekundärrohstoff, dem Erzeugnis des Aufbereitungsprozesses, ausgehend gedacht werden.

Wenn es im Einzelfall nicht möglich ist, marktfähige Erzeugnisse in den Stoffkreislauf zurückzuführen, ohne dabei Schadstoffe diffus zu verteilen, bleibt die schadlose und energieeffiziente energetische Verwertung als umweltverträgliches Verfahren zur Entsorgung und Verwertung von Abfällen. Recycling ist kein Selbstzweck.

Das KrWG sollte Recyclingziele vorgeben und nicht Erfassungsmethoden. Es sollte dazu einen Paradigmenwechsel vornehmen. Dies heißt, Recycling kann im Sinne der Ressourcenschonung und der Ökologie vorteilhafter sein als eine energetische Verwertung, muss es im Einzelfall aber nicht sein. Dies wiederum bedeutet, dass weder Recycling noch ein anderes Verwertungsverfahren per se gut oder besser ist. Es ist eine Frage des Einzelfalls bzw. der tatsächlichen Umsetzung eines Verfahrens. Ein eindeutiger Vorrang für das eine oder andere Sammelsystem und Behandlungsverfahren ist nicht automatisch gegeben, auch wenn das stoffliche Recycling immer wünschenswert ist.

Es ist nicht ersichtlich, dass das KrWG Anreize enthält, dass die Akteure der Abfallwirtschaft vermehrt Innovationen für Recyclingmaßnahmen entwickeln. Die Ermittlung der Recyclingquoten zur Prüfung der Zielvorgaben hat mit dem bloßen Bezug auf die Eingangsverwiegung der *Scheinverwertung* Tür und Tor geöffnet. Eine nachhaltige Entwicklung einer Recycling- oder gar Ressourcenwirtschaft muss andere Ansätze finden.

Aufgabe des Gesetzgebers sollte es deswegen sein, die Richtung für solche Maßnahmen vorzugeben und dafür Impulse zu setzen, damit der Weg zur Kreislaufwirtschaft oder Circular Economy beschritten werden kann. Der Gesetzgeber sollte für die Förderung des Recyclings der Abfallwirtschaft in Deutschland Vorgaben machen. Solche gesetzlichen Regelungen sollten Erleichterungen im Vollzug des Abfallrechts für den Fall vorsehen, dass nachweislich Wege des Recyclings beschritten werden und das Ende der Abfalleigenschaft erreicht wird. Solche Erleichterungen könnten auch steuerliche Vergünstigungen oder abgabenrechtliche Vorteile darstellen. Das AbfG 1986 kannte die Rechtsfigur von Zielfestlegungen und des Ergreifens gesetzlicher Maßnahmen nach Ablauf einer Frist bei Nichterreichen der Zielfestlegungen durch freiwillige Maßnahmen der Abfallwirtschaft. Insbesondere die Liberalisierung bei der Förderung des Wettbewerbs von Recyclingmaßnahmen hätte mit einer solchen gesetzlichen Konzeption zusammengeführt werden können. Die Vorschriften des KrWG lassen eine Förderung des Wettbewerbs um höhere Qualitätsziele für Recyclingmaßnahmen vermissen, die auch bei dem Wettbewerb um die gewerbliche Sammlung den Ausschlag geben sollten.

Tatsächlich haben wir es mit einer völlig ungeklärten Abwägung zwischen den unterschiedlichen Aufgaben und Zielen der Abfallwirtschaft zu tun. Das KrWG gibt keine Antworten auf die folgenden Fragestellungen:

- In welchem Verhältnis steht die Schadlosigkeit zum Recycling?
- Wie wird die Klimarelevanz der Prozesskette in der Abfallbewirtschaftung bewertet?

Es geht also um eine notwendige Positionsbestimmung und Klärung der folgenden Punkte:

- Recyclingrate oder Recyclingquote?
- Das Verhältnis von Recycling zur Knappheit der Ressourcen,
- Werkstoffentwicklung versus Recyclingfähigkeit,
- Aufgaben des Recyclings innerhalb einer nachhaltigen Abfallwirtschaft und
- das Verhältnis von Recycling zu den klimarelevanten Emissionen und zur Energiewende.

## 9. Zusammenfassung

Die Entsorgungswirtschaft kann weder den Umfang der Abfallmenge noch die Zusammensetzung der Altprodukte bestimmen, die sie am Ende des Produktlebenszyklus als Abfall überlassen bekommt. Das KrWG denkt vom Ende her. In der Kreislaufwirtschaft geht es um die Produktverantwortung und um das Produktdesign. Es sollte daher von Anfang gedacht werden. Das Potenzial der Ökodesign-Richtlinie hat für die Kreislaufwirtschaft noch keine wirkliche Relevanz erlangt, weil sie noch nicht für alle Produktionszweige gilt. Das Potenzial ist sicher noch nicht ausgeschöpft. Die DGAW hält den Ansatz der Ökodesign-Richtlinie für richtig und zukunftsweisend.

Recycling ist ein Mittel der Kreislaufwirtschaft, aber kein Selbstzweck. Nach Einschätzung der DGAW ist die Recyclingquote als pauschaler Erfolgsmaßstab ungeeignet und nicht zielführend [9]. Die DGAW unterstützt Verfahren, die sich auf neue Messgrößen stützen, wie die *Average Loss Rate* oder die *Wiedereinsatzquote*. Das sinnvolle Maß des Recyclings bei Siedlungsabfällen sollte anhand ökologischer und ökonomischer Kriterien neu und genauer als bisher definiert werden.

In der Kreislaufwirtschaft ist Abfall nur eine notwendige Übergangsphase. Das heißt, Abfall ist ein notwendiger Teil der Kreislauf. Ohne Abfall keinen Kreislauf. Das heißt, dass Abfall nichts *Schlechtes* ist, der *stigmatisiert* oder vermieden werden sollte.

Ein Grundproblem des KrWG ist, dass Abfälle, die einmal im Abfallrecht sind, dort kaum noch aus dem Abfallrecht entlassen werden, so dass eine Schließung des Kreislaufes deutlich erschwert bzw. unmöglich ist. Rohstoffe sollten daher möglichst einfach aus dem Abfallregime entlassen werden, denn es gibt bereits Sekundärrohstoffmärkte, die global agieren.

Abfallstammigen Produkte werden gegenüber den Primärrohstoffen diskriminiert, obwohl auch natürliche mineralische oder biologische Rohstoffe nicht frei von Verunreinigungen sind. Von Sekundärrohstoffen werden Reinheitsgrade und Nachweise verlangt, die deutlich umfassender als bei primären Rohstoffen sind.

Der Umgang mit Abfall ist in der Kreislaufwirtschaft notwendig und sollte *normal* werden. Die Entsorgungswirtschaft verfügt über ausreichend Technologie und Know-how, um mit Abfall sicher und effizient umzugehen. Eine Produkthierarchie ist notwendig, wenn vom Anfang hergedacht wird.

Vorschläge der DGAW an die Politik:

- Besteuerung des Ressourcenverbrauch,
- Besteuerung Primärrohstoffe,
- Steuerliche Anreize für zur Förderung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen,
- Einführung von Substitutionsquoten zur messbaren Bewertung des Ersatzes von Primärrohstoffen durch Recyclingprodukte,
- Einführung einer Produktrahmenrichtlinie,
- Vorrang der nachhaltigen Beschaffung bei öffentlichen Auftraggebern,
- Produktende Kriterien,
- Produktverantwortung sollte am Anfang, nicht am Ende wirksam werden,
- Hierarchiestufen für Produkte und
- Von der absatzorientierten zur nutzenorientierten Ökonomie.

Die Kreislaufwirtschaft wird nur erreicht werden, wenn die Abfallwirtschaft durchgängig einen industriellen Standard hat, der an die übrige Industrie *andocken* kann.

Das KrWG setzt die falschen Anreize und widersprüchliche Ziele und mogelt sich um Begriffe, wie Verwertung, von seinem eigentlichen Ziel weg. Obwohl die kritischen Stoffe von besonderer Bedeutung sind, werden diese noch nicht einmal namentlich erwähnt, geschweige denn zurückgewonnen. Das Ziel kann eigentlich nur sein, dass diese Stoffe wieder in den Wirtschaftskreislauf integriert werden. Nicht nur an dieser Stelle ist das KrWG möglicherweise Teil des Problems und nicht der Lösung.

Nach Auffassung des Autors ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz aus seiner Historie zu verstehen. Auf dem Weg zur Circular Economy stellt sich die Frage, ob das Abfallrecht nicht in ein *Produktrecht* überführt werden sollte oder ein novelliertes KrWG, das dann sicherlich Ressourcengesetz oder so ähnlich heißen wird, noch im Umweltministerium angesiedelt sein sollte oder nicht konsequenterweise im Wirtschaftsministerium.

## 10. Literatur

- [1] Baum, H.-G.: Entsorgung von LVP-Haushaltsverpackungen. In: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): Entsorgung von Verpackungsabfällen. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014, S. 123
- [2] Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.: Europäische Stahlschrottsortenliste, Allgemeine Bedingungen. Abgerufen am 02.05.2022: <https://www.bvse.de/images/pdf/schott-elektro-kfz/schrottsorten.pdf>
- [3] Bunge, R.: Der Konsum ist das Problem. Nicht der Abfall. In: UMTEC News Nr.02/2018, Raperswil, S. 1–3.
- [4] Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e. V.: Grundsatzfragen zur zukünftigen Abfallwirtschaft. In: Recycling, 03/2019 oder Alwast, H; Gosten, A.: Grundsatzfragen der zukünftigen Abfallwirtschaft. In: Energie aus Abfall, Band 16. TK Verlag: Nietwerder, 2019, S. 19–31.

- [5] Europäische Kommission: Europäischer Grüner Deal: Kommission schlägt Neuausrichtung von Wirtschaft und Gesellschaft in der EU vor, um Klimaziele zu erreichen. Pressemitteilung vom 14.07.2021. Abgerufen am 02.05.2022: [file:///Users/vivis/Downloads/Europ\\_ischer\\_Gr\\_ner\\_Deal\\_Kommission\\_schl\\_gt\\_Neuausrichtung\\_von\\_Wirtschaft\\_und\\_Gesellschaft\\_in\\_der\\_EU\\_vor\\_um\\_Klimaziele\\_zu\\_erreichen.pdf](file:///Users/vivis/Downloads/Europ%20ischer_Gr%20ner_Deal_Kommission_schl_gt_Neuausrichtung_von_Wirtschaft_und_Gesellschaft_in_der_EU_vor_um_Klimaziele_zu_erreichen.pdf).
- [6] Franke, M.; Reh, K.; Hense, P.: Ökoeffizienz in der Kunststoffverwertung. In: Thomé-Kozmiensky, K.J (Hrsg.): Entsorgung von Verpackungsabfällen. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014, S. 73-74.
- [7] Gosten, A; Klett, W.: Festschrift zum 25-jährigen Jubiläum der DGAW, 18.06.2015.
- [8] Gosten, A.: Sekundärrohstoffpotenzial eines kommunalen Entsorgers. In: Recycling und Rohstoffe, Band 10. TK Verlag: Nietwerder, 2017, S.11–26.
- [9] Gosten, A.: Sind die bestehenden Recyclingquoten als politische Zielgröße für den Erfolg der Kreislaufwirtschaft zukunftsfähig? In: Müll und Abfall 5–18. Erich Schmidt Verlag: Berlin, S. 262-263, Mai 2018.
- [10] Kuchta, K.: Metallrückgewinnung aus MVA Schlacken oder Wertstofftonne. Bewertung der Ressourceneffizienz. Abfallressourcenwirtschaft an der Technischen Universität Hamburg-Harburg für Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (EdDE), Mannheim, 2014.
- [11] Obermeier, T; Henkel, I.: Reicht das mechanische Recycling, um die Quoten der EU für Verpackungen zu erreichen? In: Müll und Abfall, 12/2021, ISSN: 1863-9763, S. 683-686.
- [12] Obermeier, T; Klett, W.; Gosten, A.: Quotenzauber – Neue Berechnungsgrundlagen für die deutsche Kreislaufwirtschaft. DGAW (Hrsg.), Januar 2016.
- [13] Obermeier, T.: Sind wir Recyclingweltmeister oder Meister im Täuschen mit Zahlen?, In: Veröffentlichung der DGAW e.V. (Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft), Berlin, 2012.
- [14] Paul, J.: Open burning of waste and its climate impact. In: COP26, 08.11.2021, Glasgow.
- [15] Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers: Plastics – the Facts 2015. Abgerufen am 02.05.2022: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2015-Plastics-the-facts.pdf>.
- [16] Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers: Plastics – the Facts 2020. Abgerufen am 02.05.2022: [https://plasticseurope.org/nl/wp-content/uploads/sites/6/2021/11/Plastics\\_the\\_facts-WEB-2020\\_versionJun21\\_final.pdf](https://plasticseurope.org/nl/wp-content/uploads/sites/6/2021/11/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf). S16f
- [17] Rettenberger, G.; Urban-Kiss, S.; Schneider, R.: Handbuch Bioabfallbehandlung. In: Texte 54/2012 Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltbundesamt: Dessau, 2012, S. 23.
- [18] Umweltbundesamt: Chartsammlung zum Klimaschutz. Abrufbar über: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

## Ansprechpartner



**Dr.-Ing. Alexander Gosten**  
Gosten Consulting GbR  
Geschäftsführender Gesellschafter  
Schulenberg 55  
45470 Mülheim an der Ruhr  
[consulting@gosten.de](mailto:consulting@gosten.de)