

POSITION DER RESSOURCENKOMMISSION AM UMWELTBUNDESAMT (KRU)

// JULI 2019 //

Substitutionsquote

Ein realistischer Erfolgsmaßstab
für die Kreislaufwirtschaft!

Impressum

Dies ist ein Positionspapier der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU). Die darin enthaltenen Positionen stimmen nicht zwangsläufig mit denen des Umweltbundesamtes überein.

Herausgeber:

Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU) unter Mitarbeit von Dr. Kathrin Greiff

Die KRU ist ein Gremium unabhängiger Expertinnen und Experten. Sie berät das Umweltbundesamt mit konkreten Vorschlägen zu einer nachhaltigen Ressourcenpolitik.

Vorsitzende:

Prof. Dr. Christa Liedtke
(Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie)
Prof. Dr. Martin Faulstich
(Technische Universität Clausthal)

Mitglieder:





Dipl.-Ing. Sascha Hermann (VDI Technologiezentrum GmbH)
Dr. Friedrich Hinterberger
(Sustainable Europe Research Institute)
Dr. Alexa Lutzenberger (ALRENE Ingenieurbüro)
Prof. Dr. Bernd Meyer
(Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH)
Prof. Dr. Bruno Oberle
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)
Prof. Dr. Armin Reller (Universität Augsburg)
Prof. Ursula Tischner (econcept)
Dr. Julia Tschesche (Effizienz-Agentur NRW)
Dr. Hildegard Wilken
(Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)
Herwart Wilms (REMONDIS Assets & Services GmbH & Co. KG)

Redaktion:

Dr. Alexandra Lindenthal

Geschäftsstelle:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.1
Postfach 14 06
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Ressourcenkommission@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt

Satz und Layout:

Atelier Hauer+Dörfler GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

Titel: Adobe Stock | serkat Photography
Unsplash.com
Shutterstock.com

Stand: Juli 2019

Umwelt 
Bundesamt

**POSITION DER RESSOURCENKOMMISSION
AM UMWELTBUNDESAMT (KRU)**

// JULI 2019 //

Substitutionsquote

Ein realistischer Erfolgsmaßstab
für die Kreislaufwirtschaft!

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger

Die Industriegesellschaft hat jahrzehntlang unseren Wohlstand gesichert. Zugleich sind der Ressourcen- und Energieverbrauch sowie die Treibhausgasemissionen stark gestiegen. Nun gilt es mehr denn je, unseren Wohlstand vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Das erfordert sowohl die sparsame Verwendung von Ressourcen und lange Nutzung als auch die Wieder- und Weiternutzung von Rohstoffen, die sich bereits in der Nutzung befinden. Vor dem Hintergrund der Endlichkeit der genutzten Rohstoffe, insbesondere im Bereich der Metalle, ist eine Wiedernutzung von bereits in der Wirtschaft befindlichen Stoffen sogar zwingend erforderlich.

Daher ist zusätzlich zur Betrachtung des Ressourcenverbrauchs und der Rohstoffproduktivität die Menge an Ressourcen, die über das Recycling dem Wirtschaftskreislauf erhalten bleibt, eine essentielle Größe für die Bewertung der Ressourcennutzung. Das Recycling wird bisher über Recyclingquoten gemessen. Diese beziehen sich jedoch lediglich auf die Inputströme in Verwertungsanlagen.

Derzeit wird auf europäischer Ebene eine neue Berechnungsmethodik umgesetzt, die sich auf die Outputströme der Verwertungsanlagen bezieht. Doch auch mit dieser Berechnungsmethode bilden Recyclingquoten nur die Qualität der Sammel- und Recyclinginfrastruktur ab, NICHT aber die Qualität und Funktionsfähigkeit der Kreislaufwirtschaft und damit die Abfallhierarchie. Recyclingquoten sind eine wichtige Größe, sind aber in ihrer Aussagefähigkeit begrenzt und das sollte klar kommuniziert werden:

- ▶ Die Menge an Rohstoffen, die tatsächlich der Produktion wieder zugeführt wird und damit primäre Rohstoffe ersetzt, wird mit den Recyclingquoten nicht erfasst.
- ▶ Studien auf europäischer und globaler Ebene zeigen: die Mengen an tatsächlich zurückgeführten Rohstoffen werden so um ein Vielfaches überschätzt.



Wie kann der Erfolg der Kreislaufwirtschaft realistisch gemessen werden?

Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU) empfiehlt, dafür eine **Substitutionsquote** einzuführen: Die Substitutionsquote definiert das Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen zum insgesamt genutzten Materialaufwand (Primärrohstoffe und Sekundärrohstoffe). Dies kann auf nationaler, sektoraler wie auch auf Produkt(gruppen)ebene (Bezug Ökodesign-Richtlinie und Normungsreihe 4555x) erhoben werden.

Der Indikator Substitutionsquote sollte ...

- ... die Material- bzw. Rohstoffmenge messen, die als Sekundärmaterial bzw. Sekundärrohstoff in die Produktion oder die Verarbeitung rückgeführt wird und dort Primärrohstoffe ersetzt.
- ... auf Ebene der einzelnen Materialien/Elemente ausgewiesen werden, kurzfristig auf nationaler Ebene, langfristig auf produkt(gruppen)spezifischer Ebene.
- ... die Qualität des Recyclings berücksichtigen, so dass eine Aussage darüber getroffen werden kann, welches Primärmaterial mit welcher Funktion ersetzt wird.

Die Umsetzung eines solchen Indikators wirft noch zahlreiche Fragen auf, die von Seiten der Wissenschaft weiter untersucht werden müssen, um einen aussagekräftigen und belastbaren Indikator zu erhalten. So ist die Abgrenzung von Produktionsabfällen und Abfällen aus Altprodukten (Neuschrotte und Altschrotte) nicht bei allen Materialien gleichermaßen zu trennen und wirft insbesondere bei legierten Metallen Fragen auf. Auch müssen die Grenzen dieses Indikators diskutiert werden, der die Langlebigkeit sowie Wiedernutzung von Produkten, Produktteilen oder deren Aufbereitung (Remanufacturing) nicht berücksichtigt. Um die wirtschaftliche und ökologische Leistungsfähigkeit unserer Kreislaufwirtschaft ganzheitlich zu bewerten, wäre eine Substitutionsquote ein wichtiger Bestandteil in einem zu entwickelnden Indikatorenset.

Ähnliche Überlegungen hat kürzlich die Europäische Kommission im Rahmen des „Circular Economy Action Plans“, ein Monitoringsystem zur Abbildung des Fortschritts einer „Circular Economy“, verabschiedet. Der darin enthaltene Indikator „Verwendungsrate von recyceltem Altmaterial“, abgekürzt „EOL-RIR“, entspricht annähernd der schon länger von der KRU geforderten Substitutionsquote. Es liegen zwar in der Europäischen Union erste Abschätzungen auf Elementebene vor, jedoch steht bisher keine konsistente und valide Datengrundlage zur Berechnung des Indikators zur Verfügung. Eine Verbesserung der Datengrundlage wird als dringend erforderlich angesehen, ebenso sollte die Umsetzung des Monitoringsystems auf nationaler Ebene weiter vorangetrieben werden.

Das Umweltbundesamt hat in diesem Zusammenhang im April 2019 ein Portal¹ online gestellt, welches material- und stoffspezifische Verwertungswege zu Sekundärrohstoffen in Stoffstromgliederungen und Zeitreihen aufzeigt. Mithilfe der Indikatoren DERec (Direct Effects of Recovery) und DIERec (Direct and Indirect Effects of Recovery) wird die Schonung von Primärrohstoffen durch Kreislaufführung beschrieben und erfasst. Die Indikatoren berücksichtigen die tatsächlichen Verwertungs- und Rückführungsqualitäten von Sekundärrohstoffen sowie die dadurch eingesparten Rohstoffe in der Primärproduktion. Damit werden die oben genannten Kriterien einer Substitutionsquote erfüllt. Substitutionsquoten weist das Umweltbundesamt in Bezug auf gesamtwirtschaftliche Materialeinsätze bzw. die Primärrohstoffeinsätze aus. Methodisch sind DIERec und DERec auch geeignet, um die Substitutionsquote auf Ebene einzelner Materialien auszuweisen.

Langfristig sollte eine Ausweisung einer Substitutionsquote auf Produktebene angestrebt werden, also wie viel rezykliertes Material ist im Produkt enthalten. Das wäre zugleich eine sinnvolle Erweiterung der Produktkennzeichnung, entsprechend der Forderung der KRU für eine Produktkennzeichnungsstelle (KRU 2017). Eine Verankerung in der gegenwärtig sich in Entwicklung befindlichen Normungsreihe 4555x, insbesondere auf der generischen Ebene, zur Integration kreislauf- und materialwirtschaftlicher Aspekte in das Produktdesign ist dringend gefordert. Eine nationale Substitutionsstrategie muss sich in den realen Stoffströmen und damit auch Produkten und Dienstleistungsbündeln abbilden.

Dies bildet auch die notwendige Datengrundlage, um die Ressourcenschonung durch den Rezyklateinsatz zu ermitteln und in einem nächsten Schritt ebenfalls auszuweisen. Dabei sollte diskutiert werden, ob konkrete Vorgaben zu einem festgelegten Anteil von Sekundärrohstoffen festgelegt werden können.

Die Ressourcenkommission möchte mit diesem Papier darauf hinweisen, dass die Umsetzung einer zirkulären Wirtschaft durch das entsprechende Monitoring nicht nur gemessen, sondern auch vorangetrieben werden kann. Auf europäischer Ebene sind mit dem Monitoringsystem zur Abbildung des Fortschritts einer „Circular Economy“ bereits gute Anfänge gemacht worden, die es weiter zu verfolgen, wissenschaftlich zu untermauern und zu diskutieren gilt.

Empfehlungen der Ressourcenkommission an die Bundesregierung und die zuständigen Ministerien

1. Ausweisung einer **Substitutionsquote** auf Ebene der Rohstoffe/Materialien
2. Aufbau eines ganzheitlichen Monitorings für eine zirkuläre Wirtschaft mit entsprechender Datengrundlage
3. Integration und Koordination aller politischer Aktivitäten im Bereich Ressourcen
4. Weiterentwicklung von Zielvorgaben über abfallbezogene Quoten hinaus hin zu Rezyklatanteilen auf Produktebene über die Integration in die Weiterentwicklung der Ökodesign-Richtlinie insbesondere in der Normungsreihe 4555x
5. Formulierung von Forschungsbedarf und -programmen zur Entwicklung von stoff-, werkstoff- und produktbasierten Modellierungen, Szenarien und akteursspezifischen Roadmaps

1 <https://www.umweltbundesamt.de/sekundaerrohstoffwirtschaft-start>

Werkstattbericht

1. Ausgangssituation

Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU) hat das Ziel, das Umweltbundesamt hinsichtlich seiner Strategie zur Ressourcenpolitik zu beraten. Die Art der Nutzung von Ressourcen ist ein Schlüsselfaktor für die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft. Mit der Standortbestimmung sowie der Vision einer ressourcenleichten Gesellschaft hat die Ressourcenkommission das oberste Ziel dargestellt – die absolute Reduktion des Ressourcenverbrauchs – und Handlungsfelder für eine zielführende Ressourcenpolitik abgeleitet (KRU 2014, KRU 2015).

Zur Umsetzung einer integrierten Ressourcenpolitik gehört die Umsetzung einer zirkulären Wirtschaft. Darunter werden Aktivitäten und Prozesse verstanden, die Ressourcen innerhalb des Wirtschaftssystems halten. In einer zirkulären Wirtschaft sind Materialflüsse entweder biogener Natur und können so in die Biosphäre zurückkehren oder es sind Materialien, die durch Wiedernutzung oder Recycling innerhalb des sozio-technischen Wirtschaftsraums zirkulieren. Entsprechend der Ellen MacArthur Foundation (2013) sind dabei drei Prinzipien zentral:

- ▶ Nutzung von Abfallströmen als Inputs für wirtschaftliche Aktivitäten – und damit Ersatz von Primärmaterial
- ▶ Verlängerung der Nutzungsdauer sowie Ermöglichung der Wiedernutzung und des Recyclings durch angepasstes Design von Produkt-Dienstleistungssystemen
- ▶ Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energien

Gerade im Bereich der Metalle ist eine Wiedernutzung von bereits im Kreislauf befindlichen Stoffen zwingend erforderlich, bedingt durch deren Endlichkeit. Während viele Betrachtungen zur Umsetzung einer „Circular Economy“ eine ganzheitliche Betrachtung anstreben und die Hauptmaterialkategorien Biomasse, fossile Energieträger, Metalle und Mineralien betrachten, weist die KRU auf die Dringlichkeit hin, die im Bereich der Metalle vorliegt (siehe auch KRU 2019 „10 Thesen zur Zukunft der Metalle“). Diese Dringlichkeit resultiert aus der wirtschaftlich begrenzten Verfügbarkeit metallischer Rohstoffe – hiervon hängt derzeit jedoch die gesellschaftliche Funktionsfähigkeit und damit die Wettbewerbsfähigkeit und Lebensqualität ab.

Für die Messung der Zirkularität in Bezug auf die Nutzung von Sekundär- als Ersatz von Primärmaterial sind derzeit keine Indikatoren implementiert, die es ermöglichen würden, die Existenz und Wirksamkeit eines zirkulären Wirtschaftens abzubilden. Die Ressourcenkommission hat sich deswegen zum Ziel gesetzt, einen solchen Indikator – „Substitutionsquote“ – genauer zu beleuchten, zu definieren und Empfehlungen zur Etablierung eines geeigneten Monitorings zu erarbeiten.

2. Welche Grenzen haben Recyclingquoten?

Indikatoren sind ein wesentlicher Bestandteil politischen Handelns. Sie dienen dazu, Maßnahmen oder Aktivitäten wie zum Beispiel politische Programme und Strategien zu überprüfen und deren Erfolg oder Misserfolg zu bewerten. Um den Erfolg eines Abfallmanagementsystems bzw. einer Kreislaufwirtschaft zu messen, ist ein wirksames Indikatorensystem notwendig.

Um einen Kreislaufschluss zu erreichen, ist es notwendig, Materialien und Produkte nach einer ersten Nutzung in die Wirtschaft zurückzuführen. Recyceltes Material ersetzt dabei neu gefördertes, primäres Material und reduziert damit die ökologischen Auswirkungen von Produktion und Konsum – über die Kreislaufwirtschaft wird es bspw. möglich, den Energieaufwand um bis zu 95 % zu reduzieren. Gleichzeitig wird die Sicherheit einer zukünftigen Rohstoffbereitstellung erhöht.

Bisher wird das Recycling über die Ausweisung von stofflichen Verwertungsquoten bzw. Recyclingquoten dargestellt und gemessen. „Recyclingquoten setzen eine Inputmasse, die einer stofflichen Verwertung zugeführt wird, ins Verhältnis zur Gesamtmasse Abfall,

der einer Entsorgung zugeführt wird“ (UBA 2018²). Auf deutscher und europäischer Ebene wird diese Quote über die Abfallbilanz ausgewiesen. Energetische und stoffliche Verwertungsquote werden dabei unterschieden. Zur stofflichen Verwertung werden alle Materialien gezählt, die Verwertungsanlagen zugeführt werden, d. h. der Input in Verwertungsanlagen wird gemessen. Zu diesen Anlagen gehören: Sortieranlagen, Zerlegeeinrichtungen, Schredderanlagen, Kompostierungs- und Vergärungsanlagen, MBAs (Verwertungsanlagen entsprechend der Definition der EU-Abfallrahmenrichtlinie, „recovery Operations“: R2-R11).

Recyclingraten (stoffliche Verwertungsquoten) bilden damit die Sammelrate an potentiell recyclingfähigem Material ab und nicht die Rate an recyceltem Material (Output von Verwertungsanlagen) oder Material, das wieder dem Wirtschaftssystem zugeführt wird. Bisher genutzte Recyclingraten sind dennoch von hohem Interesse, so bilden sie doch die Qualität der Sammel- und Recycling-Infrastruktur ab.

² UBA (Umweltbundesamt) (2018): Verwertungsquoten der wichtigsten Abfallarten. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertungsquoten-der-wichtigsten-abfallarten>.

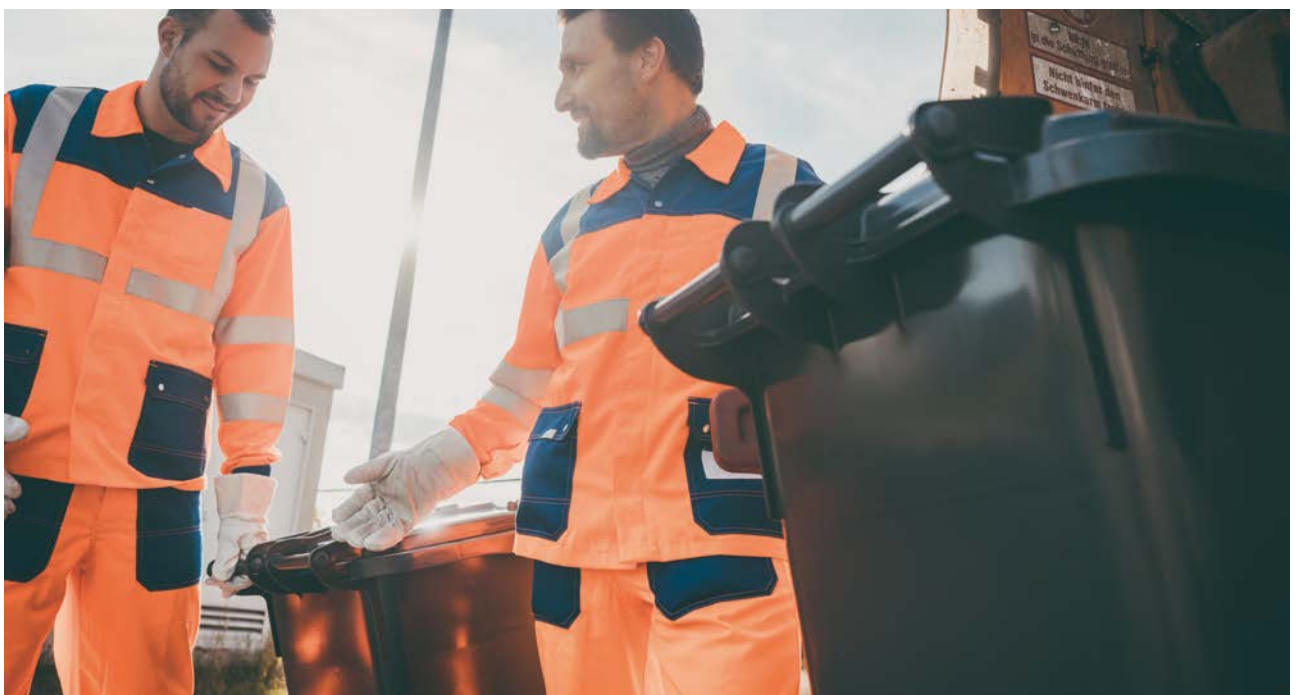


Die stoffliche Verwertungsquote liegt in Deutschland bei 67 % des insgesamt erfassten Siedlungsabfalls³ (Bezugsjahr 2015). 23 % des Siedlungsabfalls wurden energetisch genutzt und 10 % beseitigt. Wie von Obermeier & Lehmann 2018 dargestellt, werden entgegen der Recyclingquote von 67 % nur ca. 36–40% des Siedlungsabfalls in Deutschland stofflich genutzt, also in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt. Dies aber meist in Bereiche geringerer Qualität als die Erstnutzung (Reller, Fendt & Böckenhold 2017; Seelig et al. 2015).

EU-weit liegt die Recyclingrate von Siedlungsabfall bei 46 % (EU COM 2018a, S. 19). Die Zielsetzung auf EU Ebene liegt für 2020 bei 50 % und für 2030 bei 65 %. Die Methoden zur Kalkulation der Recyclingraten sind über die Mitgliedstaaten allerdings nicht harmonisiert, z. B. werden zum Teil die Inputmengen, zum Teil aber auch die Outputmengen aus den Verwertungsanlagen erfasst. Diese Unterschiede führen bisher zu erheblichen Unterschieden. Eine Harmonisierung der Berechnungen bezogen auf die Outputströme ist aber bereits beschlossen und wird von den Mitgliedstaaten umgesetzt.

Zur Abbildung einer Zirkularität erscheint auch eine Output-basierte Berechnung der Recyclingquoten nicht ausreichend. Mit Output-basierten Recyclingquoten kann nur auf die Qualität der Recycling-Infrastruktur geschlossen werden. Weiterhin wird nicht dargestellt, welche Menge an Sekundärmaterial real wieder der Produktion und einer neuen Nutzung zugeführt wird. Diese Daten sind für verschiedene Materialien/Rohstoffe durch Erhebungen der jeweiligen Branchenverbände ausgewiesen, werden allerdings nicht in den öffentlichen Statistiken geführt. In Bezug auf einzelne metallische Rohstoffe wurden mittels Literaturreview sowie Expertenbefragungen Recyclingraten entsprechend einer fünfstufigen Einteilung abgeschätzt (UNEP 2011). Diese Abschätzung stellt bisher die detaillierteste Betrachtung einzelner Elemente in Bezug auf das Recycling dar. Während die Recyclingraten für Basismetalle wie Eisen/Stahl, Kupfer, Gold, Aluminium oder Blei bei über 50 % liegen – für Eisen liegen diese sogar bei 90 % und für Blei bei 90–95 %, werden für ein weites Spektrum von Metallen und Halbmetallen, vor allem für kritische Metalle, wie z. B. Neodym, Dysprosium etc., Recyclingraten von unter 1 % ausgewiesen (ebd.).

³ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/dokumente/dok_verwertung_2000-2015.pdf



3. Was ist eine Substitutionsquote?

Ziel einer zirkulären Wirtschaft ist es, Abfallströme als Input für Produktionsprozesse zu nutzen. Um den Stand eines zirkulären Wirtschaftens beurteilen zu können, ist es wichtig diesen „Input“ an Sekundärmaterial zu bemessen und ins Verhältnis zum insgesamt genutzten Material in der Produktion zu setzen. Darüber hinaus ist es gerade im Bereich der Metalle wesentlich, eine Differenzierungsmöglichkeit des Indikators entsprechend der genutzten Materialien zu ermöglichen, da gerade in diesem Bereich große Unterschiede in der Rückführung und im Recycling vorliegen.

Dies könnte über die Einführung einer „Substitutionsquote“ erfolgen: Definiert als Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen zum insgesamt genutzten Materialaufwand (Primärrohstoffe und Sekundärrohstoffe). Größen wie Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum wären damit implizit berücksichtigt.

Dieser Indikator sollte:

1. das Material/den Rohstoff messen, das/der als Sekundärmaterial bzw. Sekundärrohstoff in die Produktion oder die Verarbeitung rückgeführt wird und dort Primärrohstoffe ersetzt,
2. auf Ebene der einzelnen Rohstoffe/Materialien/Elemente ausgewiesen werden,
3. die Qualität des Recyclings berücksichtigen, so dass eine Aussage darüber getroffen werden kann, welches Primärmaterial mit welcher Funktion ersetzt wird.

Dadurch könnten die bestehenden Indikatoren Recyclingquote und Rohstoffproduktivität durch den Indikator (Inputmenge Sekundärmaterial im Verhältnis zum Gesamtmaterial) ergänzt werden. Damit könnte die Frage beantwortet werden, wieviel rezykliertes Material wieder im Wirtschaftskreislauf ankommt und wie viel verloren geht oder in anderen Wirtschaftsräumen genutzt wird.

Im Januar 2018 hat die Europäische Kommission im Rahmen des „Circular Economy Action Plans“ ein Monitoringsystem zur Abbildung des Fortschritts einer „Circular Economy“ („Überwachungsrahmen

für die Kreislaufwirtschaft“) verabschiedet (EU COM 2018c). Darin enthalten sind in Bezug auf Sekundärrohstoffe die Indikatoren⁴ (Eurostat 2018a, 2018b, 2018c):

- ▶ Beitrag recycelter Materialien zur Deckung der Rohstoffnachfrage (Circular Material Use rate, CMU): „ratio of recycled waste material over the overall material demand (operationalised by domestic material consumption plus the amount of recovered waste)“ (Eurostat 2018a)
- ▶ Verwendungsrate von recyceltem Altmaterial (End-of-life recycling input rates, EOL-RIR): „this indicator measures recycling’s contribution to materials demand per type of material for a selected subset of materials“ (Eurostat 2018b)
- ▶ Handel mit recyclingfähigen Rohstoffen (Eurostat 2018c)

Bei der Kalkulation dieser neuen Indikatoren wird auf die derzeit vorliegenden Statistiken zurückgegriffen. So geht in die Kalkulation des CMU die Menge an Material ein, die in stofflichen Verwertungsanlagen behandelt wurde, sprich die bisher genutzten stofflichen Verwertungsquoten. Eine Implementierung in den Mitgliedstaaten steht noch aus.

Die ersten Auswertungen von Eurostat zeigen, dass die Recyclingquoten europaweit durchschnittlich bei etwa 46 % liegen (Eurostat 2018a, EU COM 2018a). Das erfasste Sekundärmaterial für die stoffliche Verwertung hat aber nur einen Anteil von 11,7 %⁵ am gesamten Rohstoffbedarf der EU. Die Unterschiede in diesen Anteilen sind auf die verschiedenen Bezugsgrößen zurückzuführen. Während die Recyclingquoten den Anteil am gesamten Abfallaufkommen darstellen, bezieht sich der Einsatz von Sekundärmaterial auf die insgesamt genutzten Ressourcen (DMC + rückgeführtes „Recyceltes“ Material), d. h. inkl. Ressourcen für energetische Zwecke. Mitgliedstaaten mit hohen CMU-Raten können demnach hohe Recyclingquoten haben oder insgesamt einen geringen Ressourcenverbrauch (DMC).

⁴ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/monitoring-framework>
⁵ http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_cur&lang=en

Durch den Bezug zu den bestehenden Recyclingquoten und zum DMC kann der Indikator CMU ausweisen, welcher Anteil des insgesamt genutzten Materials als Sekundärmaterial zur Verfügung steht und verwertet werden kann. Dieser Anteil kann entsprechend der Materialkategorien Biomasse, Metalle, nicht-metallische Mineralien und fossile Energieträger dargestellt werden. Eine weitere Differenzierung ist nicht vorgesehen. Gerade im Bereich der Metalle wäre eine differenzierte Ausweisung von genutztem Sekundärmaterial auf Ebene der einzelnen Elemente oder Werkstoffgruppen wünschenswert, die möglichst nicht verunreinigt werden sollten, um spezifische Anwendungen zu ermöglichen.

Neben dem CMU wurde die Verwendungsrates von recyceltem Altmaterial (Beitrag der recycelten Materialien zur Rohstoffnachfrage, Recycling-Rate am Ende des Lebens, End-of-life recycling input rates, abgekürzt „EOL-RIR“) als neuer Indikator auf EU-Ebene festgelegt. Laut Definition (Eurostat 2018b) setzt dieser Indikator die Menge an tatsächlich recyceltem Material, das einer Wiedernutzung zugeführt wird, ins Verhältnis mit dem insgesamt genutzten Material (DMC + recyceltes Material + Importe von recyceltem Material). „Der Indikator misst, für einen jeweiligen Rohstoff, wie viel seines in der Produktion eingesetzten Materials aus recyceltem Altschrott, d. h. Schrott aus Altmaterial, besteht. Der EOL-RIR Indikator berücksichtigt keinerlei Schrott, der im Fertigungsprozess entsteht („neuer Schrott““ (ebd.). Eine nationale Implementierung steht bisher noch aus.

Als Datengrundlage dienen bei der Ableitung der EOL-RIR Literaturquellen, die im Rahmen der Studie der Europäischen Kommission (EU COM 2018b) „Study on the review of the list of Critical Raw Materials, Criticality assessments“, Anhang 4, genutzt wurden. Eine konsistente, valide Datengrundlage liegt bisher nicht vor.

In Abbildung 1 sind alle bisher verwendeten Indikatoren anhand eines Modells der Stoffströme eines Wirtschaftsraums dargestellt.

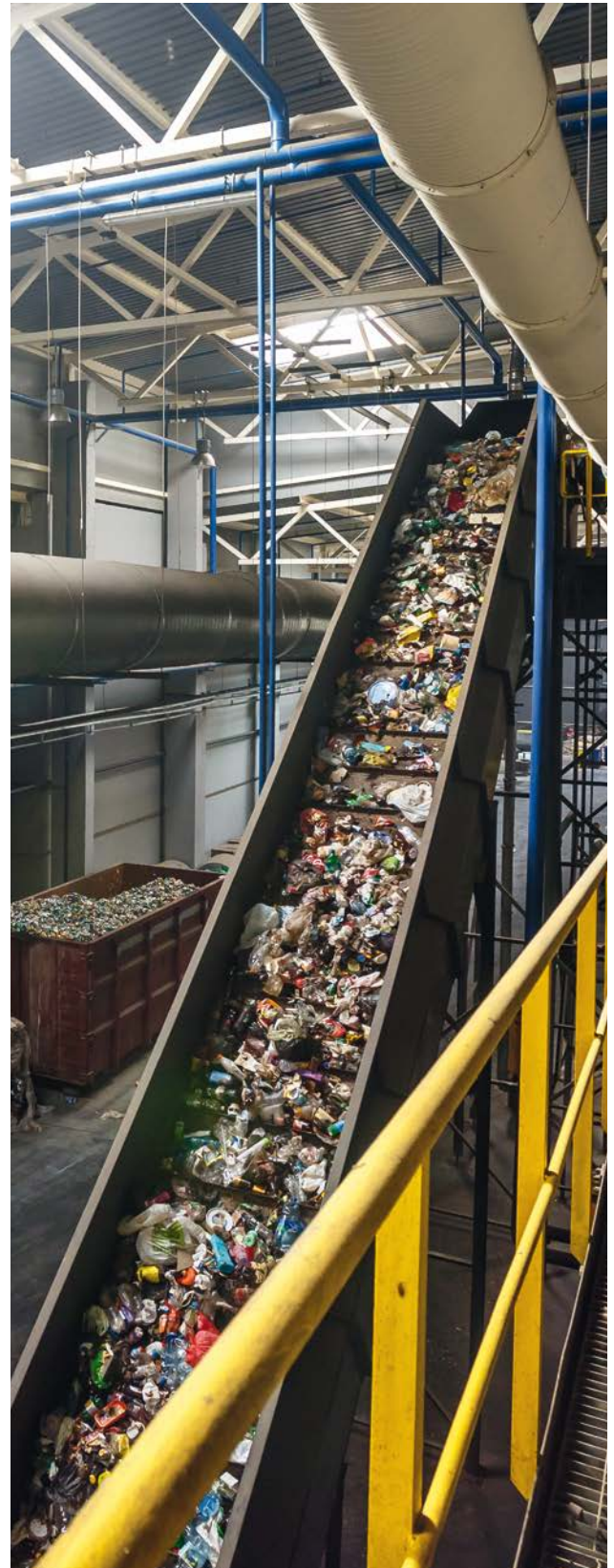
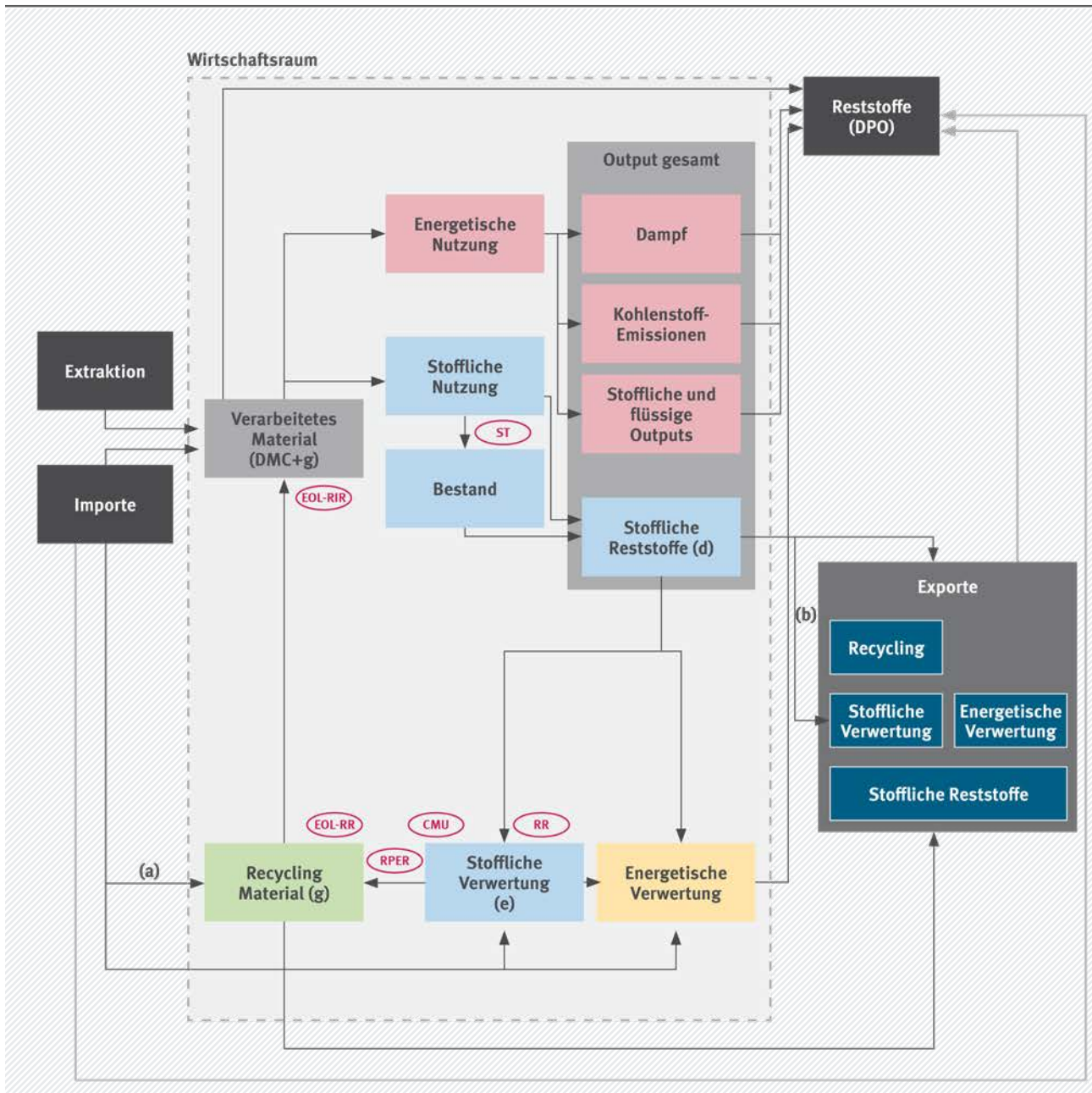


Abbildung 1

Modell der Stoffströme in einem Wirtschaftsraum
 Mögliche Ansatzpunkte für Recycling/Substitutionsquoten



- ST = Stocking Rate
- RR = Recyclingrate = old scrap collection rate = e/d (UBA 2018, UNEP 2011)
- RPER = Recycling Process efficiency rate = g/e (UNEP 2011)
- EOL-RR = EOL Recyclingrate = g/d (UNEP 2011)
- EOL-RIR = EOL Recycling Input Rate = $g/(DMC+g)$ (eurostat 2018b)
- CMU = $(e - a + b) / (DMC + (e - a + b))$ (eurostat 2018a)
- DMC = Domestic Material Consumption
- DPO = Domestic Produced Output

Quelle: eigene Darstellung nach Jacobi et al. 2018, Krausmann et al. 2018

4. Weiterer Forschungsbedarf und Empfehlungen

Durch die Einführung einer Substitutionsquote wird auf politischer Ebene fassbar, wie die Nutzung von Abfallströmen als Rohstoff in dem betrachteten Wirtschaftsraum erfolgt. Wichtig für die Beurteilung ist dabei das Festlegen von Zielen. Eine hundertprozentige Rückführung von Rohstoffen ist schon aus thermodynamischen Gründen nicht möglich und nicht zwingend sinnvoll. Hier sollte über die Einbindung von Experten und Expertinnen eine sinnvolle Zielsetzung gefunden werden, auch mit Blick auf die absolute Reduktion des Ressourcenverbrauchs.

Mit dem Indikator EOL-RIR des europäischen Monitoringsystems für eine „Circular Economy“ sind zwei der oben benannten Anforderungen an eine Substitutionsquote (Punkt 1 und 2) erfüllt. Die Abbildung der Qualität des Recyclings ist über diesen Indikator nicht möglich. Indirekt könnte diese über die Ausweitung von Dissipationsverlusten auf Ebene der Elemente abgebildet werden.

Darüber hinaus ist die Ableitung einer „Stocking Rate“ für die Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Kreislaufwirtschaft von hoher Bedeutung. Diese bildet ab, in welchem zeitlichen Rahmen ein genutzter Rohstoff einem Recycling wieder zur Verfügung stehen kann. Es sollte deswegen über eine Erweiterung des Monitoringsystems diskutiert werden.

Langfristig wäre eine Art Produktkennzeichnung entsprechend der Vorschläge der KRU (2017) erstrebenswert, die ausweist, wie viel Sekundärmaterial in einem Produkt enthalten ist. Mit

diesen Überlegungen sind allerdings noch einige methodische Unklarheiten zu klären. Damit gehen Überlegungen zu einer „Downcycling“- und „Upcycling“-Rate/Quote einher, also eine qualitative Einschätzung, welchem Nutzen/welchem Produkt das Sekundärmaterial zugeführt wird. Diese sollten in Ergänzung zu bisherigen Überlegungen hinsichtlich der Novellierung der Ökodesign-Richtlinie weiterverfolgt werden, die bereits die Entwicklung von Kriterien zum Erfassen von „Langlebigkeit (Mindestlebenszeit – Produkte, Bauteile), Reparierbarkeit, Nachrüstbarkeit, Demontierbarkeit, Informationsweitergabe, Wiederverwendung und Wiederverwertung, Treibhausgase[n], andere Emissionen“ fordert (EU COM 2016, S. 10). In diesem Zusammenhang sollte auch ein festgelegter Anteil von Rezyklateinsatz pro Produktgruppe überlegt werden. Die Arbeiten zur Normungreihe 4555x, insbesondere auf generischer Ebene, sollten die Substitutionsquote jetzt integrieren, um Produktdesign wirklich kreislauffähig umzuorientieren. Design ist in der Lage dies zu antizipieren, es bestimmt 80 % des Ressourcen- und Energieverbrauchs. Die Verfügbarkeit und Verfahrenstechnik begrenzen hier weitestgehend die bestehenden Potenziale zur Ressourcen- und Energieeinsparung.

Für solche Überlegungen stellen sich allerdings etliche methodische Fragen, die hier nicht abschließend benannt und diskutiert werden können. Es soll vielmehr Politik, Wissenschaft und Industrie dazu aufgerufen werden, diese offenen Punkte weiter zu untersuchen und zu verfolgen.

Empfehlungen der Ressourcenkommission

1. Ausweisung einer **Substitutionsquote** auf Ebene der Rohstoffe/Materialien für einen Wirtschaftsraum, mittel- bis langfristig branchen- und produkt(gruppen)bezogen.
2. Aufbau eines ganzheitlichen Monitorings für eine zirkuläre Wirtschaft mit entsprechender Datengrundlage: Es sollte ein ganzheitliches Monitoring für eine zirkuläre Wirtschaft aufgebaut werden, auf dessen Basis eine zirkuläre Wirtschaft gemessen, aber auch vorangetrieben und gestaltet werden kann. Dazu ist eine entsprechende Datengrundlage zu entwickeln und zu betreiben. Diese kann durch eine engere Zusammenarbeit der oberen Bundesbehörden wie dem UBA oder der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Verbindung mit dem Statistischen Bundesamt erfolgen.
3. Integration und Koordination aller politischer Aktivitäten im Bereich Ressourcen: Die Ressourcenkommission rät der Bundesregierung und den zuständigen Bundesministerien für Umwelt (BMU), Wirtschaft (BMWi) sowie Forschung (BMBF), die Aktivitäten zur Indikatorenentwicklung in den jeweilig ressourcenbezogenen politischen Programmen sowie Zielen entsprechend den bestehenden Richtlinien und Gesetzen zu koordinieren und zu integrieren (z. B. Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Abfallvermeidungsprogramm, Deutsches Ressourceneffizienzprogramm, Nationales Programm nachhaltiger Konsum, Ökodesign-Richtlinie/Nationale Top-Runner-Initiative, Kreislaufwirtschaftsgesetz, Verpackungsgesetz, Digitalisierungsstrategie, High Tech Strategie etc.).
4. Weiterentwicklung von Zielvorgaben über abfallbezogene Quoten hinaus hin zu Rezyklatanteilen auf Produktebene: Es sollten transparente und ambitionierte Zielvorgaben zur Kreislaufwirtschaft jenseits der bisherigen abfallbezogenen Quoten gesetzt werden. Beispielsweise sollte diskutiert werden, ob für relevante Produktgruppen konkrete Vorgaben zu einem definierten Anteil von Sekundärrohstoffen festgelegt werden können. Die Arbeiten zur Normungreihe 4555x sollten die Substitutionsquote jetzt integrieren.
5. Formulierung von Forschungsbedarf und -programmen zur Entwicklung von stoff-, werkstoff- und produktbasierten Modellierungen, Szenarien und aktorenspezifischen Roadmaps: Es sollten stoff-, werkstoff- und produktbasierte Modellierungen, Szenarien und Roadmap-Entwicklungen angestoßen werden, die Transformationspfade für die einzelnen Akteure – Politik, Unternehmen, Kommunen – gestaltbar machen. Dazu sind von den genannten Ministerien der entsprechende Forschungsbedarf zu formulieren und Forschungsprogramme zu entwickeln und schnellstmöglich umzusetzen. Dabei ist die Integration mikro- (Produkte, Prozesse, Wertschöpfungsketten) und makrowirtschaftlicher Modellierungen, Simulationen, Szenarienbildung notwendig.

5. Literatur

- Ellen MacArthur Foundation (2013) 'Towards a circular economy. Opportunities for the consumer goods sector.' Ellen MacArthur Foundation. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-2-opportunities-for-the-consumer-goods-sector>
- EU COM (2016): COM(2016) 773 final. Ökodesign - Arbeitsprogramm 2016 – 2019. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0773&from=PL>
- EU COM (2018a): „Measuring progress towards circular economy in the European Union – Key indicators for a monitoring framework“. European Commission. URL: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework_staff-working-document.pdf.
- EU COM (2018b): Study on the review of the list of Critical Raw Materials Criticality Assessments. European Commission. URL: <http://hytechcycling.eu/wp-content/uploads/Study-on-the-review-of-the-list-of-Critical-Raw-Materials.pdf>
- EU COM (2018c): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on a monitoring framework for the circular economy. European Commission. URL: <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework.pdf>
- Eurostat (2018a): Circular material use rate (cei_srm030) Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/cei_srm030_esmsip2.htm
- Eurostat (2018b): 'Contribution of recycled materials to raw materials demand- End-of-life recycling input rates (EOL-RIR) (cei_srm010)'. Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/cei_srm010_esmsip2.htm (Accessed: 9 October 2018).
- Eurostat (2018c): 'Trade in recyclable raw materials (cei_srm020)'. Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/cei_srm020_esmsip2.htm (Accessed: 9 October 2018).
- Haas, W. et al. (2015) 'How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005', *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), pp. 765–777. doi: 10.1111/jiec.12244.
- Jacobi, N. et al. (2018) 'Providing an economy-wide monitoring framework for the circular economy in Austria: Status quo and challenges', *Resources, Conservation and Recycling*, 137, pp. 156–166. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.022>.
- Krausmann, F. et al. (2018) 'From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015', *Global Environmental Change*, 52, pp. 131–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>.
- KRU (Ressourcenkommission am Umweltbundesamt) (2014) 'Ressourcenleicht leben und wirtschaften. Standortbestimmung der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU)'. UBA. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ressourcen-leicht-leben-wirtschaften>.
- KRU (Ressourcenkommission am Umweltbundesamt) (2015) 'Fachgespräch Ressourcenschonung. Transfer aus der Forschung in die Praxis'. UBA. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fachgespraech-ressourcenschonung>.
- KRU (Ressourcenkommission am Umweltbundesamt) (2017) 'Produktkennzeichnungsstelle zur Förderung der Ressourceneffizienz und Kreislauffähigkeit von Produkten'. UBA. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/kru_produktkennzeichnungsstelle.pdf.
- KRU (Ressourcenkommission am Umweltbundesamt) (2019): 10 Thesen zur Zukunft der Metalle. UBA. (In Bearbeitung)
- Liedtke, C. (2018): Design for sustainability, A UNA-UK online publication. URL: <http://www.sustainablegoals.org.uk/design-for-sustainability/>
- Obermeier, T., Lehmann, S. (2018): Recycling-Quotenzauber. Schaffen wir in Deutschland die europäischen Recyclingziele. Präsentation am 29.01.2018. TOMM+C/DGAW. (unveröffentlicht)
- Reller, A.; Fendt, J.; Böckenhold, C. (2017): Bericht zur Ressourcenstrategie für Bayern für Projektverbund ForCYCLE I – Rohstoffwende Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. URL: https://www.stmu.bayern.de/themen/ressourcenschutz/forschung_entwicklung/doc/abschlussberichte/tp1.pdf
- Seelig, J. H.; Stein, T.; Zeller, T.; Faulstich, M. (2015): Möglichkeiten und Grenzen des Recyclings. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Goldmann, D.: *Recycling und Rohstoffe*, Band 8.
- UBA (Umweltbundesamt) (2018): Verwertungsquoten der wichtigsten Abfallarten. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertungsquoten-der-wichtigsten-abfallarten>.
- UNEP (2011) *Recycling Rates of Metals – A Status Report, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel*. Graedel, T.E.; Allwood, J.; Birat, J.-P.; Reck, B.K.; Sibley, S.F.; Sonnemann, G.; Buchert, M.; Hagelüken, C.



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurmlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/useår/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/