

Die Lebenszyklusbetrachtung als Wegweiser für Recyclingtechnologien und Rohstoffe

Florian Gehring und Roberta Graf

1.	Einleitung.....	116
2.	Technologiebewertung anhand des Anwendungsfalls.....	116
3.	Potentiale der Sekundärrohstoffgewinnung.....	120
4.	Zusammenfassung.....	122
5.	Quellen.....	123

Viele Recyclingtechnologien weisen ein großes ökologisches und ökonomisches Potential auf. Genau dieses Potential wird allerdings oft nicht eindeutig beleuchtet, insbesondere im Entwicklungsstadium vieler Recyclingtechnologien. Dadurch können Kommunikationsmöglichkeiten nicht ausreichend genutzt werden und es kann zu Fehlinterpretationen kommen. Diese beruhen zum Teil auf einem suboptimal gewählten Anwendungsfall, der oftmals bereits vor Projektbeginn festgelegt wurde. Um allerdings das umfassende Potential einer Recyclingtechnologie im ökologischen und ökonomischen Bereich aufzuzeigen, muss der Betrachtungsraum für das System erweitert werden. Zudem ist es essentiell die Quantität und Qualität der gewinnbaren Sekundärmaterialien in die Bewertung zu integrieren. Beide Teile sind für die Potentialbewertung entscheidend.

Im ersten Teil dieser Veröffentlichung wird die Recyclingtechnologie ökologisch und ökonomisch bewertet. Zudem wird geprüft, ob der ursprünglich angedachte Anwendungsfall für diese Technologie aus ökologischer und ökonomischer Sicht geeignet ist, oder ob die Technologie in einem anderen Einsatzgebiet zielführender eingesetzt werden kann. Die Identifizierung besonders geeigneter Anwendungsfälle für Recyclingtechnologien lässt sich über den Break-Even Punkt ermitteln.

Im zweiten Teil rückt die Qualität und Quantität des erzeugten Zielelements in den Fokus. Hierzu ist eine Zusammenführung von Life Cycle Assessment (LCA)- und Materialflussanalyse (MFA)-Methodik sinnvoll. Hierdurch werden die Stärken beider Methoden verknüpft. Eine Stärke der MFA ist die Visualisierung und Aufschlüsselung der Massenströme in einem definierten Bilanzierungsraum (Quantität), eine Stärke der LCA ist die Prozesskettenbetrachtung, wodurch Qualitätsstufen und Rückführungsmöglichkeiten identifiziert werden. Zusammengeführt können sie den ökologischen und ökonomischen Systemraum einschränken und zeitgleich neue Möglichkeiten der Marktverknüpfung zwischen Abfallerzeugern, Rohstoffabnehmer und -produzenten erzeugen. Angebot und Nachfrage rücken somit näher zusammen.

1. Einleitung

Rohstoffe sind eine wichtige Grundlage der industriellen Wertschöpfung und der wirtschaftlichen Entwicklung [1]. Die Nachfrage an Rohstoffen wird durch globales Wirtschaftswachstum und durch das menschliche Konsumverhalten verstärkt. Doch was bedeutet dies für Industrienationen wie Deutschland? Auf der einen Seite beziehen wir einen Großteil der Massenrohstoffe aus heimischen Lagerstätten, darunter fallen Kiese, Sande, Kalksteine, Tone und Salze. Andere, aber ebenfalls wichtige Industriematerialien können in Deutschland nicht primär gewonnen werden, hierzu zählen hauptsächlich Metallrohstoffe und speziell Seltene Erden [2]. Besonders von Interesse sind hierbei die wirtschaftsstrategischen Rohstoffe. Dazu veröffentlichte die EU einen Katalog mit 27 kritischen Rohstoffen [5]. Für all diese genannten Rohstoffe steht aus derzeitiger deutscher Sicht keine Primärquelle zur Verfügung. Es bedarf anderer Optionen zur Bereitstellung dieser Materialien oder zumindest für die Senkung des Bedarfs. Eine Möglichkeit bietet der Sekundärrohstoffmarkt, also das Recycling dieser Rohstoffe. Zur Förderung dieses Themas werden nationale und internationale Ausschreibungen veröffentlicht. Die EU hat unter dem Motto *Circular Economy* Fördersummen zur Verfügung gestellt, um Wirtschaftskreisläufe zu untersuchen und bestenfalls zu schließen. Ein wichtiger Bestandteil in den Anträgen ist die Betrachtung der Nachhaltigkeit, insbesondere der ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Technologieansätze. Eine Herausforderung stellt hierbei die Wahl des Anwendungsfalls dar. Diese werden oftmals vor Projektbeginn gewählt und sollen zur Abbildung des ökologischen und ökonomischen Potentials der Technologie dienen. Diese Anwendungsfälle scheinen oder wirken für den derzeitigen Entwicklungsstand geeignet, bei einer näheren Betrachtung ist deren Potential unter den gewählten Umständen allerdings manchmal begrenzt. Um ein mögliches Potential der Technologie aufzuzeigen muss der Betrachtungsraum erweitert werden. Zudem sollten Qualität und Quantität der rückgewinnbaren Sekundärmaterialien betrachtet werden. Um auf der einen Seite Fehlinterpretationen zu minimieren und auf der anderen Seite Marketing- und Kommunikationsmöglichkeiten und darüber hinaus Marktchancen zu maximieren. Die Kommunikation zwischen Abfallerzeuger, -verwerter und potentielle Rohstoffabnehmer und -produzenten soll somit forciert werden.

Der erwähnten Herausforderung kann mittels erweiterter Betrachtung von Recyclingtechnologie und Zielelement entgegengewirkt werden. Eine Möglichkeit wird nachfolgend dargestellt. Sie beruht auf dem Zusammenspiel validierter Methoden. Im ersten Teil dieser Veröffentlichung wird die Recyclingtechnologie ökologisch und ökonomisch bewertet ehe im zweiten Teil auf die Potentiale der Sekundärrohstoffgewinnung eingegangen wird.

2. Technologiebewertung anhand des Anwendungsfalls

In diesem Teil der Veröffentlichung werden die ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Recyclingtechnologie unter Berücksichtigung des gewählten Anwendungsfalls ermittelt. Zur Erfassung der ökologischen Wirkungen wird die Methode der

Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA) herangezogen. Sie ist ein Teilelement der Ganzheitlichen Bilanzierung und ist in der ISO 14040/44 [3][4] standardisiert. Mit ihr können Umweltwirkungen von Produkten und Verfahren entlang des Lebenszyklus systematisch erfasst und ermittelt werden. Dazu gehören sämtliche Umweltwirkungen während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung, sowie die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse (z.B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe). Die Ökobilanzmethode dient der umweltorientierten Entscheidungsunterstützung. Anwendungsbereiche lassen sich in der Entwicklung und der Verbesserung von Produkten, im Rahmen strategischer Planung, bei politischen Entscheidungsprozessen und im Marketing finden.

Parallel zur Analyse der Umweltwirkung mit Hilfe der Ökobilanz wird eine ökonomische Bewertung der Recyclingtechnologie durchgeführt. Das Ziel ist hierbei, die Identifikation von Kostentreibern, die Quantifizierung von Erlöspotentialen und basierend auf dem Vergleich von Kosten und Erlösen die Generierung von Aussagen über die Wirtschaftlichkeit. Die ökonomische Bewertung basiert auf den im Rahmen der Ökobilanz erstellten Modellen der Massen- und Energieströme. Somit ist die Konsistenz von ökologischer und ökonomischer Analyse sichergestellt. Die der Analyse zu Grunde liegenden Stoff- und Energiestrommodelle werden mit Kostendaten ergänzt. Zur Erfassung der Daten können die aktuellen Marktpreise der eingesetzten Ressourcen herangezogen werden. Somit beruhen die Ergebnisse auf aktuellen Preisen. Durch Veränderungen der Marktpreise einzelner Ressourcen sind die getroffenen Aussagen in manchen Fällen daher dynamischen Änderungen unterworfen.

Zur Erstellung der erwähnten Modelle wird die Recyclingtechnologie in enger Kooperation mit den entwickelnden Ingenieuren in Prozessschritte unterteilt, dazugehörige Massen- und Energieströme ermittelt und quantifiziert. In Bild 1 werden die Prozesse der Recyclingtechnologie beispielhaft aufgeschlüsselt dargestellt und die Massen- und Energieströme den Prozessen zugeteilt und quantifiziert.

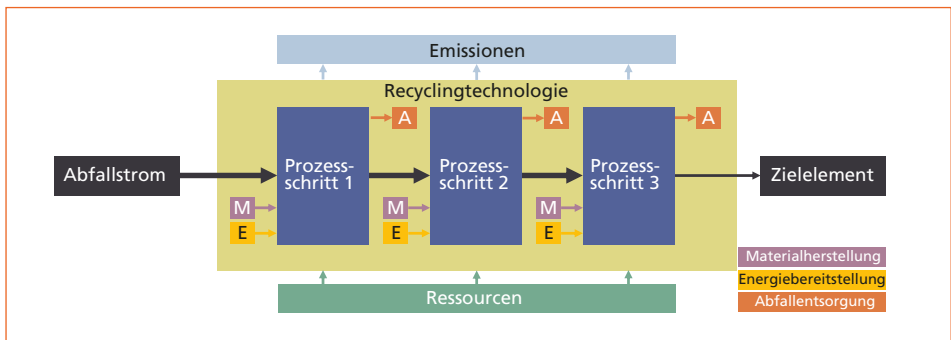


Bild 1: Aufschlüsselung der Recyclingtechnologie in Prozessschritte und Massen- und Energieströme

Der ankommende Abfallstrom durchläuft die Prozessschritte 1, 2 und 3 der Recyclingtechnologie und generiert so das Zielelement. Bei der Aufbereitung des Abfallstroms werden Energie und Material benötigt, die in die jeweiligen Prozesse eingehen.

Bei jedem Prozessschritt können zudem Abfälle anfallen die einer Entsorgung zugeführt werden. Aufwände zur Bereitstellung von Material und Energie sowie das Entsorgen dieser Abfälle werden den einzelnen Prozessschritten zugeteilt und fallen in Summe der gesamten Recyclingtechnologie zu. Der ankommende Abfallstrom hat in dieser Betrachtung keinen ökologischen und ökonomischen Rucksack. Dies muss aber für jeden Anwendungsfall bewertet und entschieden werden. Das Zielelement verlässt die Systemgrenze und steht zur Rückführung zur Verfügung.

Auf Basis dieser quantifizierten Inventardaten werden Modelle in einer geeigneten Software wie GaBi 8.2 [7] erstellt und ausgewertet. Die Bezugsgröße der Ergebnisse ist entweder die Aufbereitung einer bestimmten Menge an Abfall oder die Menge an produziertem Zielelement. Je nach Detaillierungsgrad der erhobenen Eingangsdaten können Umweltwirkungen spezifischen Prozessschritten zugeordnet werden. Beispielfhaft wird dies in Bild 2 für das System in Bild 1 dargestellt. Ein Blick in die Prozesse (Inventarebene) erlaubt eine vertiefende Analyse der eingehenden und ausgehenden Material- und Energieströme. Die Relevanz dieser Ströme hinsichtlich derer ökologischer sowie ökonomischer Wirkungen wird somit ersichtlich. Diese Informationen werden visuell aufbereitet und den entwickelnden Ingenieuren zu Verfügung gestellt. Bild 2 zeigt eine mögliche visuelle Darstellung der ökologischen und ökonomischen Ergebnisse.

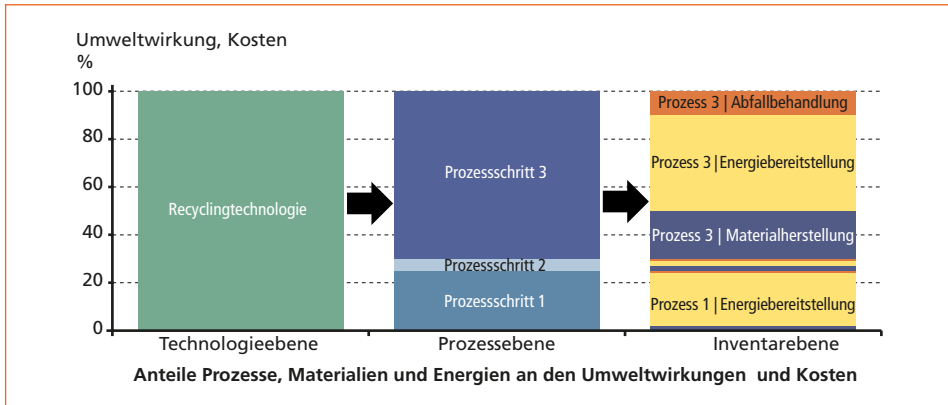


Bild 2: Identifikation relevanter Prozesse und der dazugehörigen Material- und Energieströme

Zuerst werden die ökologischen und ökonomischen Wirkungen des gesamten Recyclingprozesses auf Technologieebene dargestellt (linke Säule). Mittig wird die Relevanz der einzelnen Prozessschritte in der Prozessebene dargestellt, bevor auf der rechten Seite die Prozessschritte in der Inventarebene aufgeschlüsselt werden. In dieser Säule werden jeweils die Auswirkungen der Materialherstellung, der Energiebereitstellung und der Abfallbehandlung dargestellt. Signifikante Materialien, Energien und Abfälle können identifiziert werden. Diese Ergebnisgrafiken liefern den Entwicklungsingenieuren Grundlagen für die frühzeitige Identifikation ökologisch und ökonomisch relevanter Prozesse einhergehend von den verwendeten Material- und Energieströmen. Die spezifischen Erkenntnisse der sogenannten Hotspot-Analyse können zu

Optimierungen herangezogen werden. Der iterative Charakter der Methoden erlaubt im ökologischen und ökonomischen Bereich die stetige Anpassung an Änderungen und Optimierungen, somit können parallel weitere Material- und Energieoptionen untersucht und ausgewertet werden. Im Labor und Pilotmaßstab können Material- und Energieart der Recyclingtechnologien vereinfacht angepasst werden.

Recyclingtechnologien zerkleinern, trennen und sortieren Abfallströme. Grundsätzlich sind der Aufbereitung dieser Stoffströme hinsichtlich Qualität und Reinheit kaum Grenzen gesetzt. Lediglich der Aufwand steigt meistens enorm an, um eine höhere Qualität rückzugewinnen. Dies geht Hand in Hand mit dem Aufwand der Primärbereitstellung dieser Materialien. Allerdings liegen die Primärquellen fast immer höher konzentriert und einheitlicher vor als die Sekundärquellen. Abfallströme werden oftmals gemischt gesammelt und stellen somit Technologieentwickler vor Herausforderungen. Eine getrennte Sammlung oder einfach zu trennende Stoffströme sind wesentlich leichter zugänglich für die Recyclingtechnologien und erlauben ein vereinfachteres Rückführen. Unter dem Motto *Circular Economy* macht sich zudem die Europäische Kommission für das Schließen der Kreisläufe und die Entwicklung von Recyclingtechnologie stark. Hierfür wird gezielt durch Ausschreibungen geworben in denen auch die Betrachtung von Umweltaspekten eine entscheidende Rolle spielt.

Um eine möglichst sinnhafte Rückführung in die Kreisläufe zu ermöglichen, soll bei der Bewertung abgewogen und beurteilt werden, welche Qualität der Zielelemente ökologisch und ökonomisch sinnvoll sind. Bild 3 zeigt die ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Sekundärroute (Recyclingtechnologie) verglichen mit denen der Primärroute des Zielelementes.

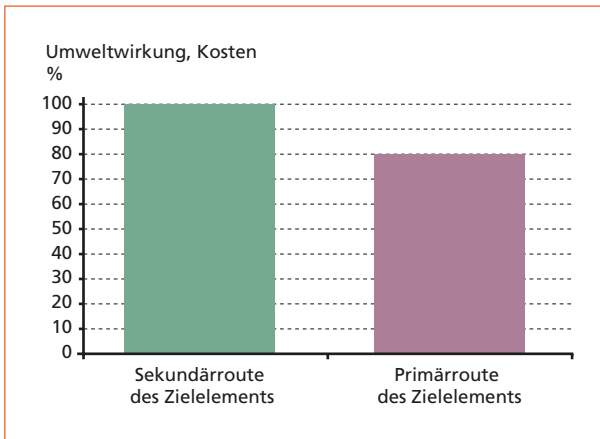


Bild 3:

Sekundärroute (Recyclingtechnologie) im Vergleich zur Primärroute

Ersichtlich ist, dass der derzeitige Anwendungsfall der Sekundärroute im Vergleich zur Primärroute keine ökologischen sowie ökonomischen Vorteile liefert. Abzuleiten ist, dass die Effizienz der Rückgewinnung, die Qualität des rückgewonnenen Zielelements oder die Konzentration im Abfallstrom zu niedrig ist. Angenommen wird nun, dass die Qualität des rückgewonnenen Zielelementes durch die Effizienz der Recyclingtechnologie bedingt wird.

Nachfolgend werden die Umweltwirkungen oder Kosten der Sekundärroute des Zielelements (Recyclingtechnologie) in Abhängigkeit einer zu behandelnden Abfallmenge in Bild 4 gezeigt (türkisfarbene Linie). In der gleichen Grafik werden zudem die ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Primärroute des Zielelements abgebildet, beginnend mit einer Menge von Null Kilogramm.

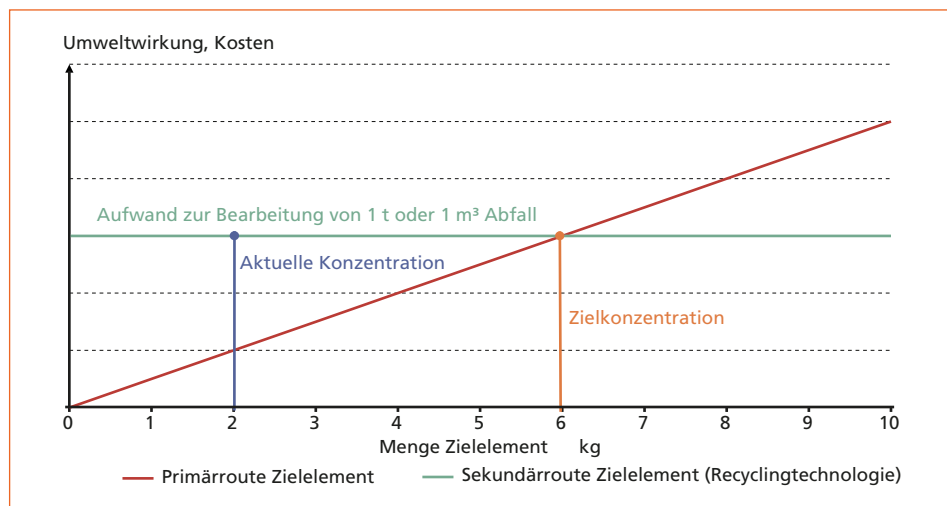


Bild 4: Ableitung der Zielkonzentration anhand der Wirkungen der Primär- und Sekundärroute

Ersichtlich ist, dass am gewählten Beispiel der ökologische oder ökonomische Aufwand der Sekundärroute höher ist als die Primärroute des Zielelements (Aktuelle Konzentration). Die Grafik erlaubt, bei gleichbleibender Rückgewinnungseffizienz, das Ableiten von einer Zielkonzentration die im Abfallstrom erreicht werden muss, damit der Einsatz der Recyclingtechnologie ökologisch und ökonomisch vorteilhaft ist. Dies lohnt sich im betrachteten Fall ab einer sogenannten Break-Even Konzentration von 6 kg pro Tonne oder Kubikmeter. In Bild 4 ist sie als Schnittpunkt der Primär- und Sekundärroute zu identifizieren. Als Break-Even wird somit die Konzentration bezeichnet, an der die Umwelt- oder Kostenwirkungen für beide Routen identisch sind. Bei höheren Konzentrationen tritt bereits eine ökologische oder ökonomische Vorteilhaftigkeit ein. Die Konzentration des Zielelements im Abfallstrom kann zudem ein Einfluss auf die Recyclingtechnologie haben. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass aufgrund der höheren Ausgangskonzentration weniger Material- und Energieaufwand nötig ist, um das Zielelement in identischer Qualität und Menge rückzugewinnen. Zudem können sich bei Anreicherungsprozessen erhebliche Zeiteinsparungen ergeben. Unter diesen Annahmen verschiebt sich der mögliche Break-Even Punkt weiter zugunsten der Sekundärroute.

3. Potentiale der Sekundärrohstoffgewinnung

Um ökologische und ökonomische Potentiale der Sekundärrohstoffgewinnung aufzeigen zu können, ist ein Verständnis des Lebenszyklus des Zielelements essentiell. Ein Grundstein für die Bestimmung des Potentials wurde bereits bei der ökologischen und

ökonomischen Bewertung gelegt. Ein weiterer Grundstein bildet die Materialflussanalyse (MFA) [5]. Grundsätzlich wird hier das System aus zwei Perspektiven heraus beleuchtet und es bestehen dazu zwei prinzipielle Fragestellungen:

- Woher kommen die Elemente?
- Wohin gehen die Elemente?

Die Frage der Herkunft bezieht sich auf die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials und die möglichen Ursprünge der Anteile. Durch die Analyse kann die Zukunftsperspektive des entwickelten Verfahrens abgesichert werden, indem theoretisch kontinuierliche Materialflüsse bestimmt werden. Neben der zeitlichen Betrachtung wird auch lokalen Unterschieden Rechnung getragen und eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf zuvor definierte Gebiete betrachtet. Hierbei steht die Untersuchung der möglichen Materialflüsse im Fokus.

Die zweite Fragestellung richtet sich an perspektivische Absatzmöglichkeiten der Sekundärrohstoffe als Produkt. Hierbei wird das Marktpotential der Endprodukte im Hinblick auf Preis und Mengen untersucht. Durch vertiefte Informationen zu Verwendungszwecken und Anwendungsfällen sind Rückschlüsse darauf möglich, in welcher Form und Reinheit die Rohstoffe am geeignetsten vorliegen. Schlussendlich bestimmen diese Informationen auch welche Vergleichsprofile der Primärrohstoffe herangezogen werden, um ökologische und ökonomische Potentiale des entwickelten Verfahrens abzubilden.

Das Bild des Stoffkreislaufs des Zielelements wird durch Materialflussanalyse (MFA) dargestellt. Wichtig ist, den Systemraum und das Bezugsjahr festzulegen. Bild 5 zeigt exemplarische eine Materialflussanalyse.

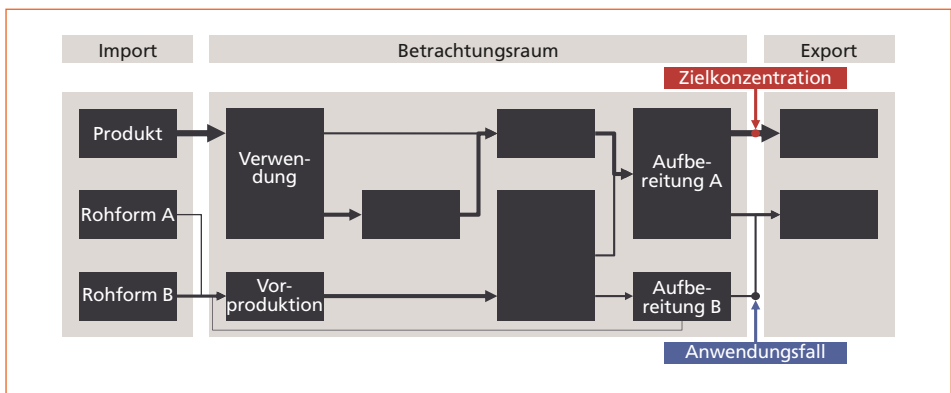


Bild 5: Materialflussanalyse des Zielelements zur Ermittlung von Stoffströmen geeigneter Konzentrationen

Mit dieser Darstellung der Materialflüsse können zwei Seiten beleuchtet werden. Auf der einen Seite dient sie zur Identifikation von Materialflüssen mit einer geeigneten Zielkonzentration des Zielelements und auf der anderen Seite zeigt sie Einsatzgebiete für das Zielelement auf. Um das zukünftige ökologische und ökonomische Potential einzugrenzen, werden die identifizierten Stoffströme untersucht und die dynamischen

Aspekte der zukünftigen Verfügbarkeit ermittelt. Diese Gesichtspunkte werden mit einer dynamischen MFA hervorgehoben.

Parallel wird basierend auf der Lebenszyklusbetrachtung die Primärroute des Zielelements beleuchtet. In Bild 6 wird schematisch die Primärroute des Zielelements gezeigt.

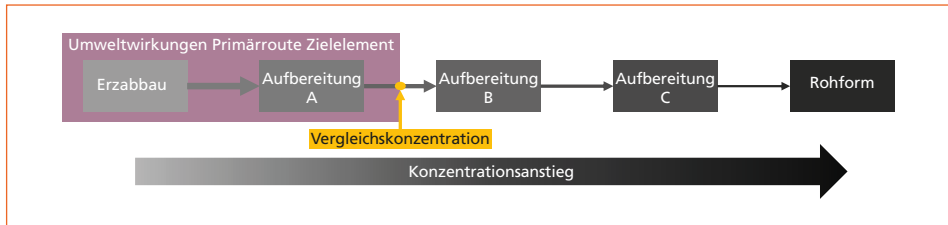


Bild 6: Primärroute des Zielelements zur Ermittlung des ökologischen und ökonomischen Werts des sekundär erzeugten Zielelements

Anhand der Primärroute kann das ökologische und ökonomische Potential der Sekundärroute abgeleitet werden. Hierzu wird die Konzentration des Materials der Sekundärroute herangezogen und als Vergleichskonzentration mit der der Primärroute abgeglichen. Die Umweltwirkungen ergeben sich aus den Prozessschritten, die vor der erreichten Konzentration durchgeführt werden. Sie bilden das Ökoprofil der Primärroute ab. Zur Festlegung der ökonomischen Wirkungen werden aktuelle Preise des Sekundärmaterialmarktes herangezogen und mit den ermittelten auf der Basis von Stoff- und Energieströmen abgeglichen.

Die Potentiale lassen sich aus den jeweiligen Unterschieden zwischen Primärroute und Sekundärroute ermitteln. Ein wichtiger Faktor ist nicht nur die Differenz pro bestimmte Einheit, sondern auch die mögliche Menge, mit der das tatsächlich ökologische und ökonomische Potential bestimmt werden kann.

Mit der Betrachtung der MFA und der Aufschlüsselung der Primärroute werden Optionen und Möglichkeiten gegeben, die Sichtweise zu schärfen um neue Anwendungsgebiete zu identifizieren und den Markt damit zu optimieren. Zusammengeführt können sie den ökologischen und ökonomischen Raum einschränken und zeitgleich neue Möglichkeiten der Marktverknüpfung zwischen Abfallerzeugern, Rohstoffabnehmer und -produzenten aufzeigen. Angebot und Nachfrage rücken somit näher zusammen.

4. Zusammenfassung

Recyclingtechnologien können einen wesentlichen Bestandteil der deutschen Wirtschaftsfähigkeit darstellen. Durch die Entwicklung von Recyclingtechnologien werden Stoffkreisläufe geschlossen und sekundäre Rohstoffe bereitgestellt. Ein suboptimal gewählter Anwendungsfall sollte nicht dazu führen, dass Technologien in der Schublade verschwinden. Stattdessen kann durch eine Erweiterung des Betrachtungsraums das tatsächliche ökologische und ökonomische Potential bestimmt werden. Hierbei helfen

verschiedene etablierte Methoden, die die Vorteile der Lebenszyklusbetrachtung vereinen, wie die Ökobilanz, die ökonomische Bewertung und die Materialflussanalyse.

Die Kenntnisse der Massen- und Energieströme, die den genannten Methoden zugrunde liegen, dienen zudem der Optimierung der untersuchten Recyclingtechnologie, indem durch Hotspot-Analyse relevante Beiträge identifiziert werden. Neben der Untersuchung der im Fokus der Analyse stehenden Sekundärroute wird die Primärroute ebenfalls berücksichtigt und abgebildet. Auf dieser Basis erfolgt der Vergleich der beiden Routen. Mit dem generierten Wissen können ökologische und ökonomische Break-Even Punkte identifiziert werden.

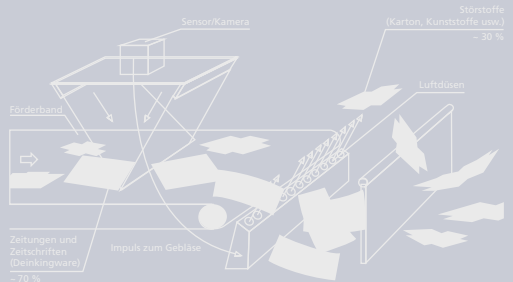
Über die Technologiebewertung bis hin zur Bewertung der Primär- und Sekundärroute des Zielelements, den sich daraus ergebenden verschiedenen Einsatzmöglichkeiten und bis hin zur Identifizierung geeigneter Abfallströme erstreckt sich somit der Betrachtungsraum. Durch das Zusammenführen der Methoden kann somit das Potential und die Zukunftsfähigkeit des Zielelements und der Recyclingtechnologie ermittelt werden. Sie dienen somit nicht nur Technologieentwicklern, sondern auch Politikern und Akteuren zur Entscheidungsunterstützung.

Durch eine gleichzeitige Berücksichtigung des Absatzmarktes und der tatsächlich gestellten Anforderungen an zu rezyklierende Rohstoffe kann ein wichtiger und richtiger Schritt zur Erschließung und Ausschöpfung des Sekundärrohstoffmarktes geboten werden. Rohstoffbezieher werden somit zu Rohstofflieferanten. Die Lebenszyklusbetrachtung dient dabei als wertvoller Wegweiser für Recyclingtechnologien und Rohstoffe.

5. Quellen

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014-2015): Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag über die Aktivitäten des Gemeinsamen Fonds für Rohstoffe und der einzelnen Rohstoffabkommen; http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/rohstoffbericht-jan-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Themenseite Rohstoffpolitik; <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rohstoffpolitik.html>
- [3] DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen 2006
- [4] DIN EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen 2006
- [5] Europäische Kommission (2017): Liste der kritischen Rohstoffe für die EU 2017; <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017DC0490&from=EN>
- [6] Graf, R.; Gehring, F.; Svancarova, M.; Ko, N.; Brandstetter, P.: Erweiterung der MFA-Perspektive: Reichweitenbetrachtung am Beispiel Cadmium. Beitrag in 4. Symposium Rohstoffeffizienz und Rohstoffinnovationen, Hrsg.: Fraunhofer ICT, 2016
- [7] thinkstep AG; Leinfelden-Echterdingen: GaBi Software-System and Database for Life Cycle Engineering 1992-2017

Entsorgung von Verpackungsabfällen

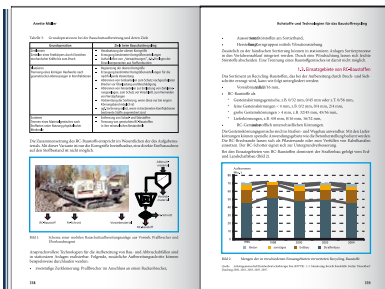


Erscheinungsjahr: 2014
 Hardcover: 350 Seiten
 mit zahlreichen Abbildungen
 ISBN: ISBN: 978-3-944310-01-5
 Preis: 35,00 EUR

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky • Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Themen:

- Funktionen von Verpackungen
- Produktverantwortung
- Recht und Praxis in Deutschland und Österreich
- Organisation
- Verfahrenstechnik
- Ökoeffizienz
- Kosten
- Probleme
- Perspektiven



Bestellen Sie direkt beim TK Verlag oder unter www.vivis.de

TK Verlag GmbH

Dorfstraße 51
 D-16816 Nietzwerder-Neuruppin
 Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10
 E-Mail: tkverlag@vivis.de



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel • Elisabeth Thomé-Kozmiensky • Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 11

ISBN 978-3-944310-40-4 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2018

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel, Sandra Peters,
Ginette Teske, Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.