

Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn

Welchen Beitrag können die Kommunen leisten?

Resources strategy for the federal city of Bonn

How can the municipalities contribute?

Kornelia Hülter, Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, Hon.-Prof. Dr. Henning Friege,
Dr. Bärbel Birnstengel, Dr. Jochen Hoffmeister, Dr. Ewa Harlacz, Senta Schwaab und Jens van Helt

Dipl.-Ing. Kornelia Hülter
Vorständin der bonnorange AöR, Bonn

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich
Inhaber des Lehrstuhls für Umwelt- und Energietechnik der TU Clausthal, Direktor des INZIN Instituts für die Zukunft der Industrie-ressenschaft, Düsseldorf

Hon.-Prof. Dr. Henning Friege
Partner bei N³ und Hochschullehrer an der TU Dresden und der Leuphana Universität Lüneburg

Dr. Bärbel Birnstengel
Prinzipal für Abfall & Sekundärrohstoffe der Prognos AG, Berlin

Dr. Jochen Hoffmeister
Partner und Direktor bei Prognos AG, Düsseldorf

Dr. Ewa Harlacz
Projektleiterin bei TBF + Partner AG, Planer und Ingenieure, Böblingen

M.Sc. Senta Schwaab
Projektingenieurin bei TBF + Partner AG, Planer und Ingenieure, Böblingen

Dipl.-Ing. Jens van Helt
Mitglied der Geschäftsleitung, Niederlassungsleiter TBF + Partner AG, Planer und Ingenieure, Böblingen

Zusammenfassung

Die nachhaltige Industriegesellschaft benötigt in hohem Maße wirtschaftsstrategische Rohstoffe, sogenannte Critical Raw Materials (CRM). Langfristig wird die Rohstoffversorgung für die technischen Infrastrukturen auf Recyclingrohstoffen basieren. Das kommunale Dienstleistungsunternehmen bonnorange hat daher ein interdisziplinäres Team beauftragt, eine Ressourcenstrategie für Bonn zu erarbeiten. Im Mittelpunkt stand dabei die exemplarische Erarbeitung eines Handlungskonzeptes zur Differenzierung und Weiterentwicklung der kommunalen Abfallsammlungen und Erstellung eines Maßnahmenkataloges für öffentliche Verwaltungen. Dabei konnte gezeigt werden, dass Kommunen einen maßgeblichen Beitrag zur zukünftigen Rohstoffversorgung leisten können.

Abstract

To a vast extent, the sustainable industrialized society requires materials of strategic economic importance, so called Critical Raw Materials (CRM). In the long run, the raw material supply for the technical infrastructure will be based on recycled raw materials. Therefore the municipal service company bonnorange commissioned an interdisciplinary team to develop a resource strategy for the city of Bonn. There was a focus on the exemplary development of an action concept to differentiate and advance municipal waste collection, and on the preparation of a catalogue of measures for public administrations. This showed that municipalities may contribute considerably to future raw material supply.

1. Einführung

Die moderne Industriegesellschaft nutzt mittlerweile alle technisch einsetzbaren Elemente des Periodensystems bis hin zu den Seltenen Erden. Wegen der Endlichkeit der Rohstoffvorkommen sind diese möglichst zu recyceln. Bei wenigen klassischen Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium liegen die Recyclingra-

ten weltweit über 50 Prozent. Bei etlichen wirtschaftsstrategischen Elementen wie Tantal, Indium, Neodym usw. liegen die Recyclingraten jedoch noch bei unter einem Prozent (vgl. Abb. 1 und 2). Da die derzeitigen Rohstoffpreise noch nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten widerspiegeln, fehlt oftmals der notwendige Einsparanreiz.

Nachhaltiges Abfallmanagement muss sich stärker auf äußerst knappe nicht erneuerbare Ressourcen konzentrieren, zumal diese auch oft einen hohen Energie- und Materialaufwand bei der Gewinnung („ökologischer Rucksack“) erfordern (1). Für die Zukunft der Industriegesellschaft sind hohe zweistellige Recyclingraten für nicht erneuerbare, strategische Rohstoffe, also High-Tech-Metalle sowie das nicht substituierbare Phosphor essentiell. Diese liegen meistens noch unter einem Prozent (vgl. Abb. 2). Dies hat mehrerer Gründe: Vielfach sind die entsprechenden Metalle noch in der Technosphäre „im Gebrauch“; es fehlt an Sammel- und Aufbereitungssystemen und teilweise auch an Recyclingtechniken vor allem für komplex aufgebaute Materialien und Produkte. Diese Rohstoffe werden in der EU meist als „critical raw materials“ (CRM) bezeichnet.

Die Unterbrechung von Schadstoffkreisläufen, der Erhalt und die Kreislaufführung endlicher Ressourcen bilden wichtige Säulen der nachhaltigen Industriegesellschaft.

Vor diesem Hintergrund beauftragte bonnorange – Anstalt des öffentlichen Rechts (bonnorange AöR) das Konsortium Prognos AG, TBF Planer + Ingenieure AG, N³ Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner und Prof. Faulstich Beratender Ingenieur mit der Erstellung der Studie: „Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn – Erarbeitung eines Handlungskonzeptes zur Differenzierung und Weiterentwicklung der kommunalen Abfallsammlungen und Erstellung eines Maßnahmenkataloges für öffentliche Verwaltungen.“

Unter anderem waren zu untersuchen und zu entwickeln: Erheben der Rohstoffpotenziale im Stadtgebiet, Optimierung und Erweiterung von Sammelsystemen, Erfassung der Behandlungskapazitäten, Nutzung

der Genehmigungen und Beitrag zum Nachhaltigkeitskonzept der Stadt Bonn sowie Empfehlungen für eine Umsetzungsstrategie.

2. Künftiger Bedarf kritischer Rohstoffe

Für dieses Arbeitspaket wurden insgesamt 12 Studien (D, EU, USA, UK) ausgewertet, wobei eine Begrenzung auf 18 kritische Rohstoffe (Nennung ≥ 3) vorgenommen wurde:

- ◆ Analyse der aktuellen und zukünftigen Einsatzgebiete von kritischen Rohstoffen,
- ◆ Auswertung der 18 kritischen Rohstoffe hinsichtlich ihrer Bedeutung für NRW (Anmerkung: Seltene Erden und Platinmetalle als Gruppe erfasst),
- ◆ Auswertung Außenhandel NRW/Auflistung von Firmen nach relevanten Branchen.

Ferner erfolgt die Zuordnung der kritischen Rohstoffe zu relevanten Branchen unter Berücksichtigung der aktuellen Verwendung bzw. der Verwendung in den so genannten Technologiebranchen.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt:

- ◆ Einstufung von 18 Metallen unter Berücksichtigung von Versorgungsunsicherheiten und wirtschaftlicher Bedeutung als kritisch (vgl. Abb. 3) u. a. für NRW, da
 - ◆ die Einsatzgebiete dieser kritischen Rohstoffe überwiegend in der Metall-/ und Elektronikbranche sind, und
 - ◆ NRW eine Vielzahl an Unternehmen in diesem Bereich aufweist.
- ◆ Bedarfsanstieg durch Zukunftstechnologien bis 2035 für Lithium, Seltene Erden, Rhodium, Tantal, Cobalt und Germanium (vgl. Abb. 4).
- ◆ Ein Großteil der kritischen Rohstoffe sowie weitere Rohstoffe sind in Geräten enthalten, die in privaten Haushalten stehen.



Abbildung 1
Ausgewählte wirtschaftstragische Elemente (2)

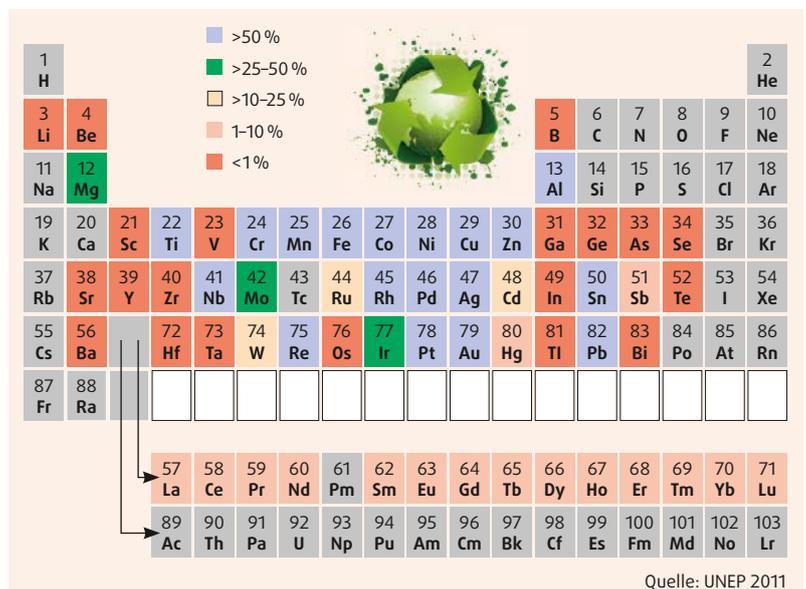


Abbildung 2
Weltweite Recyclingraten wirtschaftsstrategischer Rohstoffe (3)

3. Privathaushalte

3.1 Potenzial

Die CRM liegen nicht in elementarer Form vor, sondern es handelt sich bei den Materialien in der Regel um Legierungen, die wiederum in Produkten und Gebäuden Verwendung finden. Es ist daher zunächst eine Analyse der Mengen und Qualitäten der Metalle, Stahl und Kupfer erforderlich, aus denen auf die Mengen an wirtschaftsstrategischen Rohstoffen geschlossen werden kann.

Dabei ist zu differenzieren zwischen kurzfristig verfügbaren Mengen in getrennt erfassten Wertstoffen (z.B. Elektroaltgeräten) und gesammelten Restabfallmengen einerseits und langfristig verfügbaren Mengen aus Infrastrukturen (z.B. Gebäude, Schienennetz).

In Abbildung 5 sind die heute bereits getrennt gesammelten Mengen sowie das im Restabfall enthaltene (weitgehend über die Müllverwertungsanlage Bonn abgeschöpfte) Potenzial der Stadt Bonn dargestellt. Die getrennt gesammelten Mengen können kurzfristig gesteigert werden.

Die größten Potenziale für CRM ergeben sich in Elektro- und Elektronikaltgeräten. Im Jahr 2017 wurden insgesamt 2.166 t an Elektro- und Elektronikaltgeräten

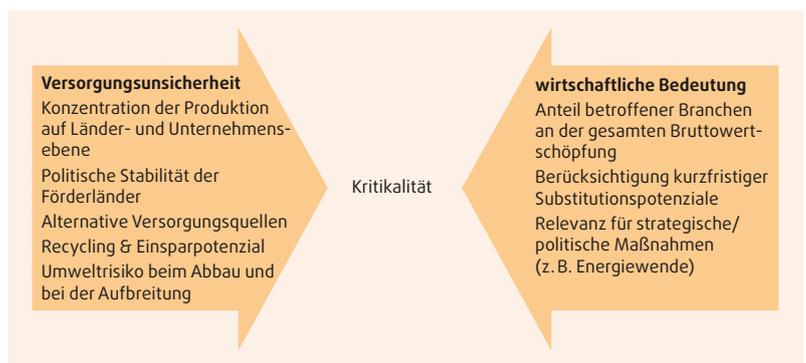


Abbildung 3
Schätzung der künftigen Bedarfsentwicklung (4)

über Entsorgungsstrukturen erfasst. Hinzu kommen (Hochrechnung) weitere 330 t, die über den Handel zurückgenommen wurden. Pro Einwohner waren das 2017 ca. 7,6 kg. Weitere Potenziale für CRM befinden sich in den separat erfassten Metallschrotten, 1,6 kg/E, sowie Batterien, 0,1 kg/E.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La*)	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

*) Lanthanoide
■ Kritischer Rohstoff
■ Deutlicher Bedarfsanstieg bis 2035

Abbildung 4
Kritische Rohstoffe und Einschätzung der Bedarfsentwicklung



Abbildung 5
Metallmengen in Abfällen pro Jahr bzw. pro Einwohner und Jahr aus Haushalten der Stadt Bonn (2017)

3.2 Konzept für Bonnorange

Um die Sammlung von Elektroaltgeräten und Altbatterien in Bonn zu optimieren, wurden Aktivitäten anderer Kommunen in Deutschland sowie die Vorge-

hensweise in Dänemark, Belgien (Flandern) und der Schweiz (5) herangezogen.

Der Vergleich mit den Sammelergebnissen anderer Großstädte mit einer Bevölkerung zwischen 250.000 und 550.000 Einwohnern zeigte, dass nur zwei Städte deutlich höhere Sammelergebnisse als Bonn erzielen. Besonderheiten in den beiden Städten sind:

- ◆ deutlich höhere Zahl von Rücknahmepunkten,
- ◆ längere Öffnungszeiten der Recyclinghöfe,
- ◆ publizistisch bekannte Kooperation mit einer Behindertenwerkstatt.

Deutschland hält im Vergleich der Sammelmengen an Elektroaltgeräten in der EU nur einen guten Mittelplatz. Wesentlich höhere Sammelmengen weisen die skandinavischen Länder, die Schweiz und Flandern auf. Die Untersuchung der „best practice“-Länder ergab:

- ◆ Intensive und zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zur Rückgabe von Elektroaltgeräten und Altbatterien,
- ◆ Hohe Zahl an Rücknahmestellen (Schweiz), hohe Dichte an Recyclinghöfen (Dänemark) und Öffnungszeiten auch am Sonntag (Skandinavien),
- ◆ Starkes Engagement für die Wiederverwendung von Geräten und erfolgreiche Second-Hand-Kaufhäuser (Flandern).

Die Motivation der Bevölkerung zur Trennung der Altgeräte bzw. Altbatterien und Rückgabe wird vor allem durch folgende Rahmenbedingungen gefördert:

- ◆ Bewusstsein schaffen durch eine klare Botschaft, die für den einzelnen verständlich ist und seine Verantwortung für nachhaltige Entwicklung anspricht sowie eine ganzheitliche Darstellung des Abfallweges,
- ◆ Unterstützende Maßnahmen, die sich an spezifische Zielgruppen richten, z. B. die Mitarbeiter in den Annahmestellen, die als Botschafter gegenüber den Verbrauchern fungieren,

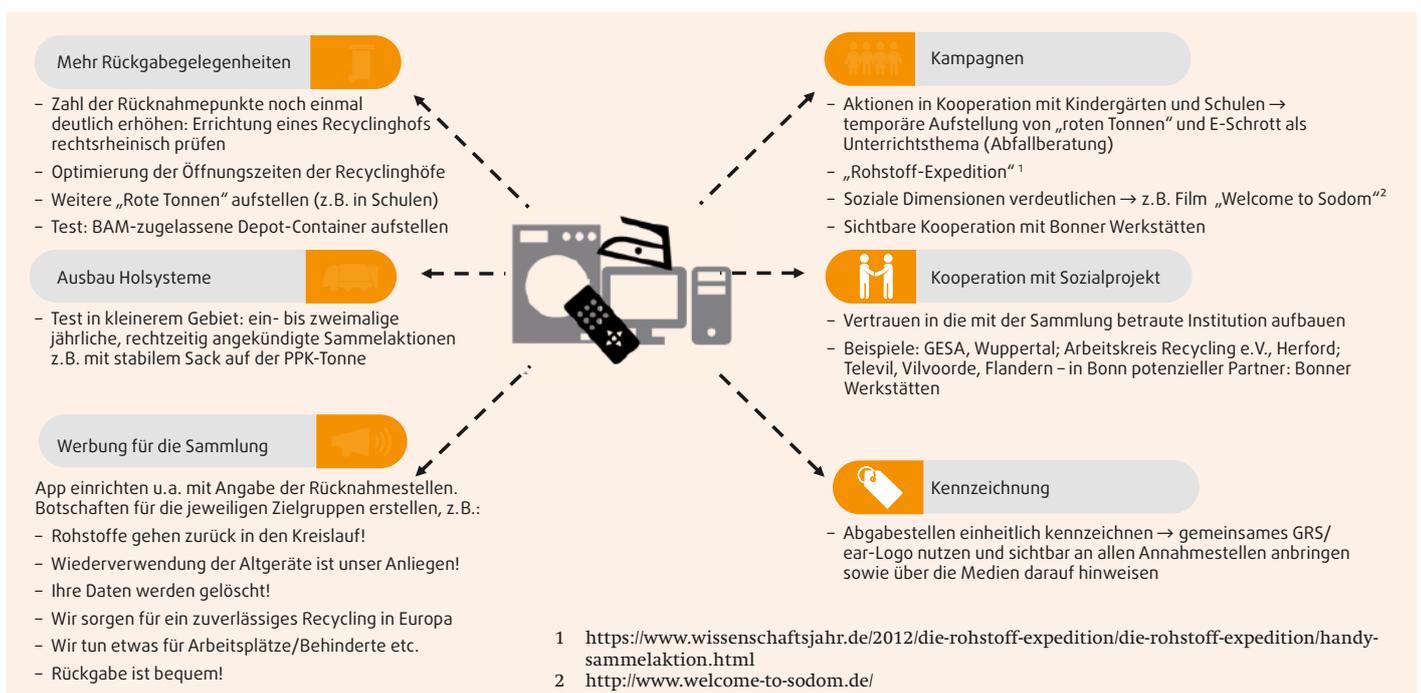


Abbildung 6
Handlungsempfehlungen

	Zugänglichkeit für Abfall-erzeuger („Convenience“)	Spezifische Kosten/Aufwand	Störanfälligkeit (informeller Sektor)	Mobilisierung von Altgeräten
Dritte Wertstoff- und Schadstoff-Sammelstelle (rechtsrheinisch); längere Öffnungszeiten aller Höfe	Deutliche Verbesserung des Angebots	Öffnungszeiten: etwas höherer Personalaufwand 3. RC-Hof: Investition, Personal – aber auch für andere Fraktionen sinnvoll	Gering im Betrieb, nachts ggf. kritisch	Wenig geeignet
Abholung von Großgeräten auf Anruf	Hoher Bequemlichkeits-Faktor	Aktuelles Angebot	Gering, da Tour nicht bekannt	Geeignet
Abholung von Kleingeräten am Haus	Hoher Bequemlichkeits-Faktor	Aufwand vermutlich hoch	Störanfällig, da bekannte Sammeltour	Geeignet
Zusätzliche Standorte für „Rote Tonnen“	Verkürzung von Wegen	Leicht steigend	Erfordert gute Kooperation der Verantwortlichen	Wenig geeignet
Aktionen an Schulen etc.	Verbesserung der Motivation, kurze Wege	Im Rahmen der Abfall-beratung	Hängt von der Durchführung ab	Gut geeignet
Kooperation mit sozialem Projekt (z.B. Bonner Werkstätten)	Verbesserung der Motivation	Einmaliger Aufwand; Erlöse aus EEAG-Verkauf klären	Gering	Geeignet

Tabelle 1
Details zu den Handlungsempfehlungen gemäß Abb. 6

- ◆ Einfacher Zugang zur Sammelinfrastruktur, um die Transaktionskosten des Verbrauchers zu minimieren,
- ◆ Nutzung geeigneter Kommunikationskanäle jeweils zugeschnitten auf die Zielgruppen,
- ◆ ggf. zusätzlicher finanzieller Anreiz (für zeitlich begrenzte Kampagnen).

Die Empfehlungen sind in Abbildung 6 zusammen gefasst.

Die ermittelten Handlungsempfehlungen lassen sich hinsichtlich der Zugänglichkeit, dem Aufwand, der Störanfälligkeit sowie der Mobilisierung von Altgeräten bewerten (vgl. Tab. 1). So ist beispielsweise der Ausbau der Rückgabemöglichkeiten durch rote Tonnen mit einem vergleichsweise geringen Aufwand verbunden, gleichzeitig ist diese Maßnahme für die Mobilisierung von Altgeräten als wenig geeignet anzusehen. Alternativ besteht die Möglichkeit der Abholung der Kleingeräte direkt am Haus. Dies erfordert einen höheren Aufwand, führt jedoch zu einer höheren Erfassungsquote für Altgeräte.

3.3 Quantifizierung

Die Bonner Abfallwirtschaft (bonnorange, die Müllverwertungsanlage Bonn und die Rheinische Entsorgungs-Kooperation) trägt heute bereits erheblich zur Verringerung der THG-Emissionen der Stadt Bonn bei.

Der Rückgang der bundesweiten THG-Emissionen seit 1990 wurde zu einem nennenswerten Anteil von der Modernisierung der Abfallwirtschaft getragen. Mit Blick auf Metalle, vor allem seltene NE-Metalle, kann eine deutliche Entlastung der THG-Bilanz auch bei kleineren zurück gewonnenen Mengen infolge des großen „ökologischen Rucksacks“ solcher Mineralien bzw. Metalle erfolgen.

Da zudem die Erze etlicher Metalle (Zinn, Wolfram, Tantal, Gold, Kobalt ...) zu den „Konfliktmineralien“ gezählt werden und/oder unter menschenunwürdigen Bedingungen abgebaut werden, ist auch die soziale Dimension von großer Bedeutung.

Der Beitrag von bonnorange zur THG-Reduzierung durch das **Recycling von Elektroaltgeräten und Batterien** ist für einige Metalle in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Daten beruhen auf aktuellen Sammelmengen und den metallspezifischen kumulierten Energie- und Materialverbräuchen für die Primärmetalle (6):

... durch einzelne in EEAG vorhandene Metalle infolge Sammlung von bonnorange				
Element (EX)	Σ [m EEG]EX 2015 (t)	[m _{max} EEAG]EX Bonn 2018 (kg)	[m _{ist} EEAG]EX Bonn 2017 (kg)	[THG _{ist}]EX (t CO ₂ -Äqu.)
Ag – Silber	21,2	100,8	28,9	3,57
Al – Aluminium	97.793	395.173	113.263	1348
Cu – Kupfer	61.923	235.565	67.517	194
In – Indium	3,94	19,9	5,71	0,85
W – Wolfram	710,6	2.733	783	2,25

Tabelle 2
Entlastung der Klimabilanz

- ◆ 4.562 t THG-Einsparung durch bonnorange-Sammlung von EEAG,
- ◆ 685 t THG-Einsparung (Hochrechnung nach ear-Statistik) zusätzlich durch Sammlung im Handel,
- ◆ 35,2 t THG-Einsparung durch bonnorange-Sammlung von Altbatterien aus Haushalten und 209 t durch Sammlung von Fahrzeugbatterien,
- ◆ 140 t THG-Einsparung insgesamt in Bonn durch Sammlung von Altbatterien (Hochrechnung nach GRS-Statistik),

Weiteres Potenzial ist gegeben durch eine Steigerung auf 10 kg EEAG je Einwohner. Daraus ergibt sich eine Einsparung von ca. 6.600 t THG. Das gesamte Potenzial dürfte über 10.000 t THG liegen.

Bei den Batterien erhöht sich das Potenzial erheblich mit der Zunahme von Lithium-Batterien im Bestand (v. a. Fahrzeugbatterien). Diese gehen weitgehend über den Fachhandel zurück.

Man erkennt, dass im Gebäudebestand der Stahlanteil so hoch ist, dass er trotz niedrigerem KEA (im Vergleich zu Aluminium) bzw. KRA (im Vergleich zu Kupfer) den „CO₂-Fussabdruck“ der Gebäude dominiert. Wie sich die weitere Entwicklung in Richtung Smart Home mit zahlreichen Sondermetallen (u. a. CRM) auswirkt, lässt sich heute noch nicht genau abschätzen.

4. Infrastrukturen Bonn

4.1 Potenzial

Auch Gebäude und Infrastrukturen wie Schienen, Gas- oder Stromnetze bilden ein wichtiges anthropogenes Metallager von Metallen. Im Zuge der Potenzialanalyse wurde für die Stadt Bonn das Rohstoffpotenzial für den Wohnungsbau, öffentliche Gebäude, das Schienennetz, für den öffentlichen Fahrzeugbestand von bonnorange sowie für öffentliche Versorgungsleitun-

Abbildung 7
Zusammenfassende
Übersicht der Ergeb-
nisse der Potenzialbe-
rechnungen

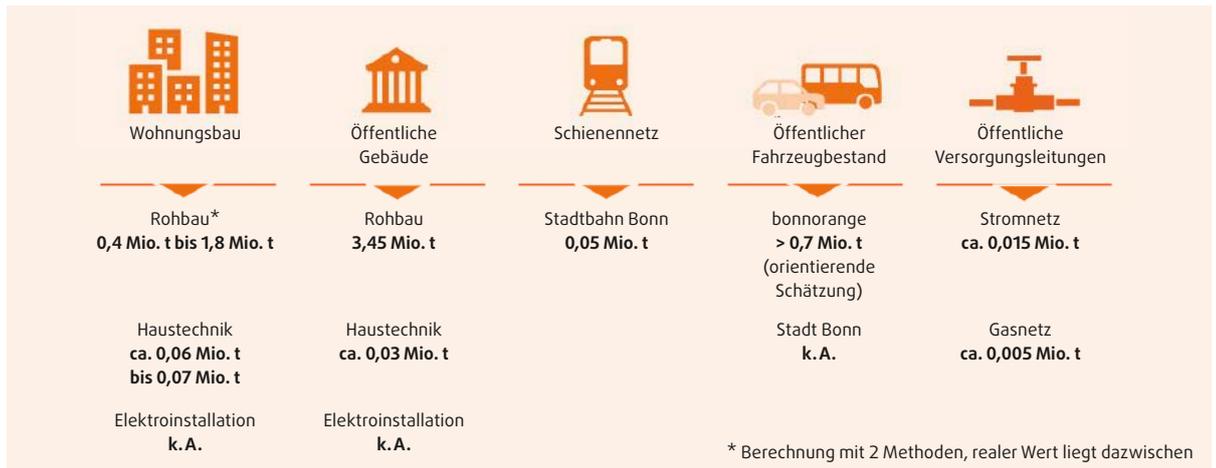


Abbildung 8
Gebäudebestand/
Materiallager
Deutschland (Rohbau,
Haustechnik, Elektro-
installationen)



90%. Daneben werden auch Kupfer-, Zink- sowie Aluminiumwerkstoffe verwendet (vgl. Abb. 8).

Je nach Nutzungstyp, Wohn- bzw. Nichtwohngebäude, sowie Baujahr ergeben sich unterschiedliche Metallmengen im Gebäudebestand.

Als Datengrundlage für die Altersstruktur dienen die im Rahmen des Zensus 2011 ermittelten Zahlen bzgl. Alter, Gebäudetyp sowie Anzahl der Wohnungen in Bonn. Für die baujahrabhängigen Materialkennzahlen werden Werte aus der Literatur verwendet. Hier existieren zwei Ansätze. Die Studie „Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung“ (7) gibt baujahrabhängige Metallmengen pro Wohneinheit in Ein- bzw. Mehrfamilienhaus vor. Daneben existieren baujahrabhängige Metallmengen für Standardgebäudetypen von „Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten“ (8).

Die Daten zur Altersstruktur aus dem Zensus 2011 werden mit den jeweiligen Kennzahlen aus den beiden Ansätzen verrechnet. Dabei ergibt sich ein Metallbestand von 0,4 Mio. t bzw. 1,8 Mio. t (vgl. Abb. 9). Die Studie „Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft“ (9) verwendet ebenfalls beide Ansätze und vermutet, dass der reale Wert für die Metallmenge zwischen den ermittelten Werten liegt.

Zur Haustechnik werden u. a. Heizungsanlagen, Versorgungsleitungen sowie Sanitäreinrichtungen gezählt. Hier existieren keine gebäudespezifischen bzw.

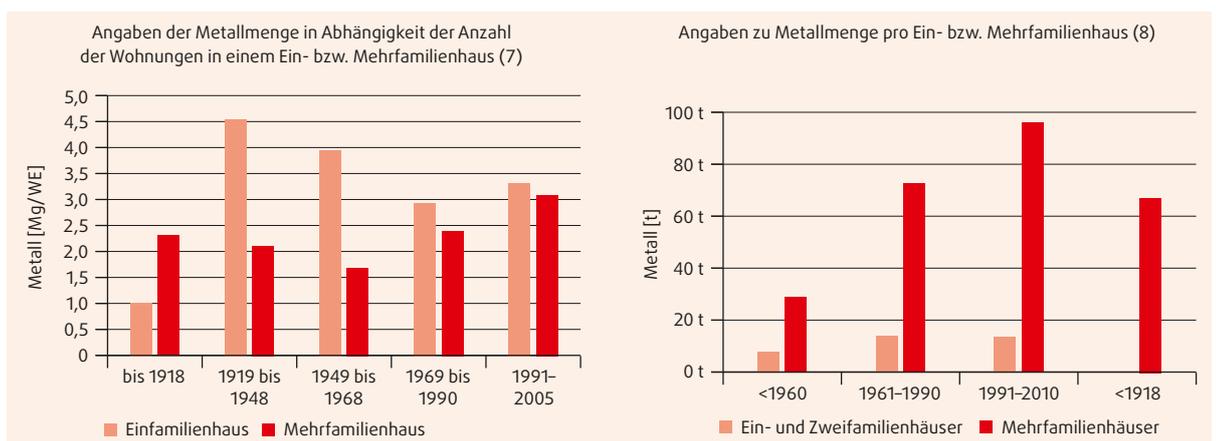
gen geschätzt (vgl. Abb. 7). Auch wenn es sich dabei lediglich um Schätzungen handelt, geben die ermittelten Mengen Auskunft darüber, welcher Bereich den höchsten Bedarf an Rohstoffen, und somit bei Abbruch das größte Rohstoffpotenzial mit sich bringt.

In den folgenden Kapiteln ist die Vorgehensweise der entsprechenden Potenzialberechnungen beschrieben.

4.1.1 Wohn- und Nicht-Wohngebäude

Metallische Werkstoffe werden in Gebäuden in den drei Anwendungsbereichen Hausrohbau, Haustechnik sowie Elektroinstallationen eingesetzt. Den größten Anteil am Metallbestand hat dabei Stahl mit über

Abbildung 9
Vergleich der zwei An-
sätze zur Bestimmung
des Materiallagers in
Wohngebäuden



baujahrabhängigen Daten. Aus diesem Grund wurden Ergebnisse aus der o. g. Studie (9) ausgewertet. Demnach liegt der Materialbestand in der Haustechnik für Deutschland bei 14 Mio. t. Dies entspricht 14 % (im Vergleich zur Studie (7)) bzw. 4 % (im Vergleich zur Studie (8)) der in dieser Studie ermittelten Metalle in Wohngebäuden. Dieses Verhältnis wird für die Bundesstadt Bonn übernommen. Auf Basis dessen beträgt das Materiallager in der Haustechnik zwischen 0,06 Mio. t und 0,07 Mio. t (vgl. Abb. 7).

Die Datenlage zur Elektrotechnik ist zu unzureichend, um eine Schätzung für Bonn abzugeben. Im Gegensatz zum Hausrohbau sowie Haustechnik werden hier überwiegend Kupferwerkstoffe und kein Stahl eingesetzt.

Zur Bestimmung des Materiallagers in Nicht-Wohngebäuden wird ebenfalls auf die Daten aus Studie (8) zurückgegriffen. Diese beinhalten Metallmengen für die Standardgebäude wie beispielsweise Pflegeheime, Lagerhallen, Bahnhofsgebäude oder Schulen. Um die Anzahl der jeweiligen Gebäudetypen in Bonn zu bestimmen, wurde eine Vielzahl an Quellen ausgewertet.

Auf Basis dessen beträgt die in Nicht-Wohngebäuden enthaltene geschätzte Metallmenge (vorwiegend Stahl und Eisen) in Bonn 3,45 Mio. t. Ungenauigkeiten ergeben sich u. a. durch die Abweichung der realen Gebäudeanzahl von der ermittelten sowie durch die Abweichungen der realen Gebäude von den standardisierten Gebäudetypen.

Analog zur Haustechnik in Wohngebäuden erfolgt eine Abschätzung für Nicht-Wohngebäude. In der Studie (9) beträgt das Verhältnis zwischen Metallen in der Haustechnik zum Rohbau in Nicht-Wohngebäuden 0,8 %. Dementsprechend wird der Metallbestand in Bonner Nicht-Wohngebäuden auf 0,03 Mio. t. geschätzt (vgl. Abb. 7). Die Datengrundlage zur Haustechnik in Nicht-Wohngebäuden ist analog zu den Wohngebäuden unzureichend, um eine Schätzung zuzulassen.

4.1.2 Schienen-, Gas- sowie Stromnetz

Im Schienen-, Gas- sowie Stromnetz befindet sich ebenfalls ein anthropogenes Metallager.

In Abhängigkeit der Schienennetzlänge der Stadtbahn Bonn kann die Metallmenge in den Gleisen, Oberleitungen sowie Unterwerk bestimmt werden. Insgesamt sind hier rund 0,05 Mio. t Stahl, Kupfer und Bronze verbaut (vgl. Abb. 7). Zusätzlich bringen auch die Masten, Schwellen, Weichen sowie sonstige Infrastruktur der Stadtbahn ein Rohstoffpotenzial mit.

Auf Basis der Angaben von BonnNetz bzgl. der Aufteilung des Stromnetzes auf Mittel- und Niederspannung bzw. Kabel-/Freileitung wird der Metallbestand in den elektrischen Versorgungsleitungen auf 0,015 Mio. t geschätzt (vgl. Abb. 7). Dabei sind überwiegend Kupfer-, Aluminium- sowie Stahlwerkstoffe verbaut. Daneben finden metallische Werkstoffe in weiteren elektrischen Infrastruktureinrichtungen wie beispielsweise Trafos oder Masten Anwendung.

Auch für die Berechnung des Rohstofflagers im Gasnetz werden die Angaben von BonnNetz bzgl. Netzlängen der Hoch-, Mittel- sowie Niederdruckleitungen ausgewertet. Auf Basis der durchschnittlich in Deutschland verbauten Gasleitungen bzw. deren Ma-

Nicht-Wohngebäude	Quelle/Datengrundlage
Pflegeheime	Bonner Adressbuch Soziales (BAB5)
Büro- und Verwaltungsgebäude	Büromarktstudie Bonn 2014
Landwirtschaftliche Hallen	Annahme: nicht vorhanden, da Stadt
Feuerwehrrhäuser und Rettungswachen	Internetseite Stadt Bonn
Produktionshallen	Annahme: nicht vorhanden, da Stadt
Autohäuser	Online Telefonbücher
Lagerhallen	Annahme: nicht vorhanden, da Stadt
Verbrauchermärkte	Online Telefonbücher
Hotels und Gästehäuser	Hotelverzeichnis der Stadt Bonn (01/2018)
Tiefgaragen	Googlemaps
Parkhäuser und Parkdecks	Googlemaps
Allgemeinbildende Schulen	Schulministerium NRW
Sport- und Mehrzweckhallen	Sportstättenbelegung Stadt Bonn
Bahnhofsgebäude	Liste der DB-Personenbahnhöfe NRW (Wikipedia)

Tabelle 3
Datengrundlage zur Bestimmung der Anzahl an Nicht-Wohngebäuden in Bonn

terialzusammensetzung ergibt sich ein Metallbestand im Gasnetz von 0,05 Mio. t (vgl. Abb. 7). Hierbei handelt es sich um Stahlwerkstoffe.

4.2 Konzept für die Stadtverwaltung

4.2.1 Nutzungen von Genehmigungen der Stadt Bonn für Urban Mining

Die Bundesstadt Bonn beeinflusst Stoffströme von NE-Metallen und CRM, insbesondere durch die:

- ◆ Beschaffung von technischen Geräten, Fahrzeugen, Gebäudetechnik, Verkehrstechnik usw. wie auch eigene Bauvorhaben von der Errichtung bis zum Abbruch,
- ◆ Genehmigungen für Bauvorhaben Dritter (Bauordnung),
- ◆ Funktionen als untere Abfall-, Wasser- und Immissionsschutzbehörde.

bonnorange nimmt satzungsgemäße Aufgaben für die Stadt Bonn wahr und verantwortet damit die Sammlung und Entsorgung bzw. Verwertung der Abfallströme aus allen privaten Haushalten sowie auch teilweise aus Gewerbebetrieben.

Die vorhandene Verwaltungsanweisung zur Vergabe bietet einen breiten Spielraum für die beschaffenden Ämter, zum einen für die Bevorzugung oder Vermeidung von bestimmten Materialien, zum anderen hinsichtlich der von den Lieferanten zu erbringenden Informationen. Dieser Spielraum sollte genutzt werden. Dazu wäre eine Abstimmung zwischen bzw. mit den betroffenen Ämtern erforderlich.

Allerdings setzt die Rechtslage dem proaktiven Handeln der Stadt Grenzen, weil sie als öRE nur auf bestimmte Materialströme direkten Zugriff hat. Der Einfluss auf private Dritte über Bau- und Umweltrecht kann genutzt werden; allerdings bedarf es bei vielen Regelungen einer Präzisierung auf Bundes- bzw. Landesebene, um dieses Instrumentarium im Sinne des nachhaltigen Managements von CRM wirksam werden zu lassen. Negativ wirkt sich das Fehlen einer zusammenfassenden Regelung für den Schutz von Ressourcen aus.

Über vergleichbare Konzepte bei anderen kommunalen Unternehmen könnte ein weiteres Ziel darin beste-

A Klima & Energie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erhöhung der Menge an aus Privathaushalten gesammelten EEAG und Altbatterien (Masse und Relation zu in Verkehr gebrachten Produkten, Quantifizierung über THG-Emissionen o.dgl.) 2. Steigerung der Rückgewinnung von NE-Metallen aus MVA-Schlacke 3. Erhöhung der Zahl wiederverwendeter Elektro(nik)geräte über Unterstützung von Repair-Cafés sowie Sozialer Werkstätten 4. Selektiver Rückbau eigener Gebäude und Infrastruktur (incl. Ampeln) mit besonderem Fokus auf darin enthaltene Metalle 5. Leasing-Konzepte im B2B-Bereich für wesentliche genutzte TK- und Bürogeräte 6. Verwendung von BIM bei neuen komplexen Hochbauprojekten (mit hohem Anteil an Gebäudetechnik) und sukzessive nachträgliche Erfassung im kommunalen Bestand
B Mobilität	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verwendung von BIM bei neuen komplexen Infrastrukturprojekten (Tunnelbau, komplizierte Straßenkreuzungen...) und sukzessive nachträgliche Erfassung von Ausrüstungen und Materialien im kommunalen Bestand
C Globale Verantwortung und Eine Welt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erarbeitungen von Empfehlungen an Bauherren zur detaillierten Dokumentation der verwendeten Materialien und der Gebäudetechnik 2. Ziel: Verhindern illegaler EEAG-Exporte u.a. durch Erhöhung der Sammelmenge und Bekämpfung informeller Sammelstrukturen
D Arbeit & Wirtschaft	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erhöhung der Beschäftigung Langzeit-Arbeitsloser und/oder behinderter Menschen durch Überprüfung von EEAG auf Funktionsfähigkeit

Abbildung 10
Zusammenfassung der Empfehlungen

hen, z. B. bei gesammelten Elektroaltgeräten entsprechende Potenziale zu heben und gemeinsam im Sinne der besten Rückgewinnungstechnik zu vermarkten.

4.2.2 Ziele und Maßnahmen für die künftige Nachhaltigkeitsberichterstattung

Folgende Ziele und Maßnahmen sind für die Nachhaltigkeitsberichterstattung der Stadt Bonn von Interesse:

- ◆ Errichtung von zusätzlichen Schadstoff- und Wertstoff-Aannahmestellen sowie längere Öffnungszeiten der Recyclinghöfe.
- ◆ Verstärkung der Kooperation mit den Bonner Werkstätten (Behindertenwerkstätten)
- ◆ Einführung von Building Information Modeling (Bauwerksdatenmodellierung/BIM)

Die Abbildung 10 zeigt, dass solche Maßnahmen durchaus mehrere Dimensionen nachhaltiger Entwicklung umfassen können.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die zukünftige nachhaltige Industriegesellschaft basiert auf zwei Säulen. Die Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme, Verkehr und Industrie wird weitgehend auf regenerativen Quellen basieren (Energiewende). Die Rohstoffversorgung wird langfristig weitgehend auf Recyclingrohstoffen basieren. Dafür ist es essentiell, dass endliche, wirtschaftsstrategische Rohstoffe (CRM) weitgehend in technischen Kreisläufen geführt werden. Dazu sind zunächst die Rohstoffpotenziale in städtischen Infrastrukturen zu erfassen und zu analysieren, wie diese gehoben werden können (Urban Mining). Der kommunalen Abfallwirtschaft kommt dabei eine große Bedeutung zu.

Mit der von bonnorange beauftragten Studie wurde erstmals umfassend für eine Stadt das Rohstoffinven-

tar für wirtschaftsstrategische Metalle und Seltene Erden untersucht. Die erfassten Rohstoffe sind naturgemäß nicht sämtlich im Besitz oder Zugriff der Stadt Bonn.

Die wesentlichen Ergebnisse sind:
CRM-relevante Metallpotenziale im Stadtgebiet Bonn:

- ◆ Elektroaltgeräte, Batterien, Metalle von Recyclinghöfen, Metalle im Haus-/Sperrmüll: 5.000 Tonnen/jährlich
 - ◆ Haustechnik in Wohn- und Nichtwohngebäude, Schienennetz und Öffentliche Versorgungsleitungen: 120.000 Tonnen insgesamt vorhanden
- Recycling, Nutzung, Zwischenlagerung:**
- ◆ Das hochwertige Recycling von wirtschaftsstrategischen Rohstoffen ist in etlichen leistungsfähigen Unternehmen in logistisch sinnvoller Entfernung möglich.
 - ◆ Die erfassbaren Metallpotenziale können einen wertvollen Beitrag zur Rohstoffversorgung in den relevanten Branchen in Nordrhein-Westfalen leisten.
 - ◆ Die getrennt erfassten Rohstoffe könnten auch im Verwertungspark St. Augustin oder der Deponie Hennef-Petershohn bis zur Vermarktung sicher zwischengelagert werden (u. a. Ausnahmeregelung in der Deponieverordnung erforderlich).

Optimierung und Erweiterung von Sammelsystemen:

- ◆ Angebote für mehr Rückgabegerlegenheiten
- ◆ Ausbau der Holsysteme, Werbung für die Sammlung,
- ◆ Kampagnen für Problembewusstsein,
- ◆ Kooperationen mit Sozialprojekten,
- ◆ Einheitliche Kennzeichnungen von Annahmestellen

Nutzung weiterer Möglichkeiten der Bonner Stadtverwaltung:

- ◆ Verwaltungsanweisung zum Ressourcenschutz für die Ämter in Bonn,
- ◆ Beratung von Bauherren zu Lebenszyklusbetrachtungen,
- ◆ Verpflichtende Dokumentation zum Ressourcenschutz beim Verkauf städtischer Grundstücke sowie bei Neu- und Umbauten,
- ◆ Einführung von Building-Information-Modeling (BIM),

Mit der Umsetzung der hier dargelegten Maßnahmen können Primärrohstoffe durch Recyclingrohstoffe substituiert und die bei der Primärmetallurgie entstehenden hohen Treibhausgasemissionen entsprechend gemindert werden. Allein durch das Recycling von Elektroaltgeräten und Batterien lassen sich jährlich 10.000 Tonnen an Treibhausgasemissionen einsparen. Damit kann unter anderem ein signifikanter Beitrag zum Nachhaltigkeitskonzept der Stadt Bonn insbesondere zum Klimaschutz geleistet werden.

Ressourcenschutz ist keine regional beschränkte Aufgabe der Stadt Bonn, sondern reiht sich ein in den europäischen Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa sowie das Ressourceneffizienzprogramm II der Bundesregierung. Die Initiativen zum Ressourcenschutz und zur Ressourceneffizienz können durch

weitere konkrete Initiativen ergänzt werden. Daher sollte die Frage, wie man einen verbesserten Ressourcenschutz gesetzlich verankern (10) und wie die Kommune bzw. der öRE sich dabei positionieren kann, auch zum Thema im politischen Raum gemacht werden.

Literatur

- [1] **Friege, H.:** Wertschöpfungsketten in einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. I. Was ist nachhaltige Abfallwirtschaft? Müll und Abfall. 2018, Bd. 50, (10) 516-525
- [2] **Faulstich, M.:** Wege zu einer nachhaltigen Industriegesellschaft. 13. Innovation Panel. SGL Group Forum. Meitingen 2011
- [3] **International Resource Panel:** Recycling Rates of Metals – A Status Report. UNEP Paris 2011
- [4] **Glöser, S., Faulstich, M.:** Analyse kritischer Rohstoffe durch Methoden der multivarianten Statistik. Fraunhofer Verlag. Stuttgart 2014
- [5] **Friege, H., Oberdörfer, M., Günther, M.:** Optimising waste from electric and electronic collection systems. A comparison of approaches of European countries. Waste Management & Research. 2015, Bd. 33, (3)
- [6] **Giegrich, J. et al.:** Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. UBA Texte 01/2012. Dessau-Roßlau 2012
- [7] **Schiller, G. et al.:** Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau 2010
- [8] **Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung:** Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten. (<http://ioer-bdat.de/>), März 2019
- [9] **Schiller, G. et al.:** Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau 2015
- [10] **Roßnagel, A., Hentschel, A.:** Rechtliche Grundlagen des allgemeinen Ressourcenschutzes. UBA Texte 23/2017, Dessau-Roßlau 2017

Der Beitrag basiert auf der Veröffentlichung im Tagungsband „Bioabfall- und stoffspezifische Verwertung II“, Hrsg. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, 2019

Anschrift der Autoren

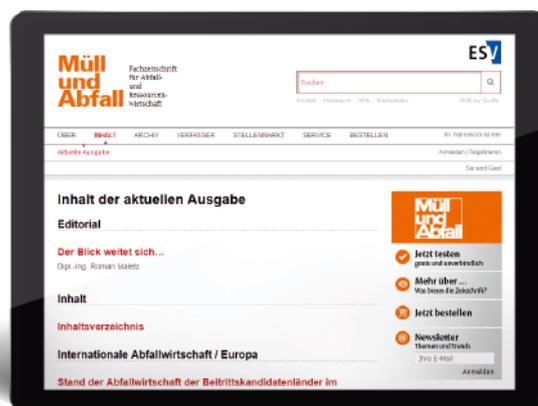
Dipl.-Ing. Kornelia Hülter

bonnorange AöR
Lieselingsweg 110, 53119 Bonn

Prof. Dr. Martin Faulstich

INZIN Institut
Schwanenmarkt 21, 40213 Düsseldorf

Nutzen Sie das eJournal der Zeitschrift MÜLL und ABFALL!



Lesen Sie auf www.MUELLundABFALL.de das aktuelle Gesamtheft oder Einzelbeiträge, die Sie besonders interessieren. Natürlich sind auch Downloads möglich.

Besonderes Plus – das MÜLL und ABFALL-Archiv! Hier finden Sie alle Ausgaben seit dem Jahr 1998 und können Einzelbeiträge beziehen.

Mehr zum eJournal unter

 www.MUELLundABFALL.de

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin · Tel. (030) 25 00 85-229
Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info



Wertstoffsammlung

Perfekt sortiert

Das Müll-Handbuch bietet ein breites Spektrum verständlich geschriebener, klar strukturierter Informationen für die Praxis

- ▶ zum neuesten Stand der Technik,
- ▶ über neue Verfahren der Abfallbehandlung bzw. Verwertung,
- ▶ über innovative Software,
- ▶ zu Prognosen über zukünftige Entwicklungen,
- ▶ zum aktuellen Stand der Gesetzgebung.

Ein ideales Gliederungssystem macht die Orientierung innerhalb der umfangreichen Materie leicht.

Datenbankzugriff inklusive

Recherchieren Sie als Bezieher des Werkes zudem in spezifischen Inhalten der regelmäßig aktualisierten Datenbank UMWELTdigital!

Mehr Komfort mit der Online-Version!

Das digitale Müll-Handbuch macht den praktischen Umgang noch komfortabler. Es bietet alle Beiträge zum Lesen und Herunterladen sowie ein umfangreiches digitales Archiv.

Müll-Handbuch

Vermeidung, Sammlung und Transport, Behandlung, Verwertung sowie Ablagerung von Abfällen
Ergänzbare Handbuch für Praktiker der kommunalen und industriellen Abfallwirtschaft

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Dr.-Ing. Helmut Schnurer, Ministerialdirigent a.D., und Dr. rer. nat. Barbara Zeschmar-Lahl, BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH

Unter Mitwirkung in- und ausländischer Fachleute aus Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft

Begründet und fortgeführt von Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Kumpf, K. Maas, Prof. Dr.-Ing. H. Straub, Prof. Dr. med. habil. G. Hösel und Dipl.-Ing. W. Schenkel
Datenbank und Loseblattwerk

Jetzt gratis testen:

www.MUELLHANDBUCHdigital.de/info



Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-228 · Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info