

Management Summary

„Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn“

Optimierung der Sammlung und
Verwertung von wirtschaftsstrategischen
Rohstoffen („critical raw materials“)

Autoren

Dr. Jochen Hoffmeister, Prognos AG
Dr. Bärbel Birnstengel,
Prof. Dr. Martin Faulstich, Beratender Ingenieur
Dr. Ewa Harlacz, TBF + Partner AG
Senta Schwaab M.Sc., TBF + Partner AG
Dipl.-Ing. Jens van Helt, TBF + Partner AG
Prof. Henning Friege, N3 Nachhaltigkeitsberatung
Dr. Friege + Partner, Voerde

Im Auftrag von

bonnorange - Anstalt des öffentlichen Rechts (bonnorange AöR)

Datum

Düsseldorf, den 04. Oktober 2018

ZUSAMMENFASSUNG

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 hingegen wird langfristig weitgehend auf Recyclingrohstoffen basieren. Dafür ist es essentiell, dass endliche, wirtschaftsstrategische Rohstoffe (sog. Critical Raw Materials CRM) also High-Tech-Metalle und Seltene Erden (z. B. Vanadium, Indium, Neodym), deren Recyclingraten derzeit meistens bei unter ein Prozent liegen, 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 daher eine große Bedeutung zu.

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 Studie: „Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn - Erarbeitung eines Handlungskonzeptes zur Differenzierung und Weiterentwicklung der kommunalen Abfallsammlungen und Erstellung eines Maßnahmenkataloges für öffentliche Verwaltungen.“ Dabei sind die Handlungsmöglichkeiten von bonnorange zu analysieren und weiterzuentwickeln.

Insbesondere waren zu untersuchen und zu entwickeln: Rohstoffpotenziale im Stadtgebiet, Optimierung und Erweiterung von Sammelsystemen, Behandlungskapazitäten und Zwischenlagerungskonzepte, Wettbewerber und Kooperationsmöglichkeiten, Nutzung der Genehmigungen und Beitrag zum Nachhaltigkeitskonzept der Stadt Bonn, Umsetzungsstrategie. Mit der vorgelegten Studie wurde erstmals umfassend für eine Stadt das Rohstoffinventar 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 Mg/jährlich
 - Haustechnik in Wohn- und Nichtwohngebäude, Schienennetz und Öffentliche Versorgungsleitungen: 120.000 Mg insgesamt
- 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 (Ausnahmeregelung in der Deponieverordnung erforderlich)
- Optimierung und Erweiterung von Sammelsystemen:
 - Angebote für mehr Rückgabebelastungen

-
- Ausbau der Holsysteme, Werbung für die Sammlung,
 - Kampagnen für Problembewusstsein,
 - Kooperationen mit Sozialprojekten,
 - Einheitliche Kennzeichnungen von Annahmestellen
- Nutzung der Genehmigungen im Baubereich:
 - Verwaltungsanweisungen zum Ressourcenschutz für die Ämter in Bonn,
 - Beratung der Bauherren zu Lebenszyklusbetrachtungen,
 - Verpflichtende Dokumentationen zum Ressourcenschutz beim Verkauf städtischer Grundstücke sowie bei Neu- und Umbauten,
 - Auswertung kommunaler Erfahrungen und Einführung von Building-Information-Modeling (BIM),
 - Initiativen des Städtetags bei der Bundesregierung für verbesserten kommunalen Ressourcenschutz.

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

INHALT

Zusammenfassung	1
Inhalt	3
Anlass und Aufgabenstellung der Untersuchung	4
Einführung	5
Künftiger Bedarf kritischer Rohstoffe	6
Privathaushalte.....	8
Potenzial	8
Konzept für bonnorange	9
Quantifizierung.....	11
Infrastrukturen Bonn	13
Potenzial	13
Konzept für die Stadtverwaltung	17
Gemeinsame Initiativen mit dem Deutschen Städtetag (DStT) und dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU)	19

ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG DER UNTERSUCHUNG

Die bonnorange - Anstalt des öffentlichen Rechts (bonnorange AöR) - ist eine selbständige Einrichtung der Bundesstadt Bonn in der Rechtsform einer rechtsfähigen Anstalt des öffentlichen Rechts. Als kommunales Dienstleistungsunternehmen ist die bonnorange AöR zuständig für die Abfallwirtschaft, die Stadtreinigung und den Winterdienst der Bundesstadt Bonn.

Für die Zukunft der Industriegesellschaft ist es essentiell, dass endliche, wirtschaftsstrategische Rohstoffe, also High-Tech-Metalle und Seltene Erden hohe zweistellige Recyclingraten erfahren. Diese liegen meistens noch unter einem Prozent. Es fehlt u.a. an Sammel- und Aufbereitungssystemen, damit die notwendigen Recyclingtechniken auch im großen Stil zum Einsatz kommen können. Die Rolle der kommunalen Abfallwirtschaft insbesondere die Möglichkeiten von bonnorange AöR sollen analysiert und weiterentwickelt werden.

Vor diesem Hintergrund beauftragte bonnorange das Konsortium Prognos AG, TBF + Partner AG, N3 Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner und Prof. Faulstich Beratender Ingenieur mit der Studie:

„Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn“

Erarbeitung eines Handlungskonzeptes zur Differenzierung und Weiterentwicklung der kommunalen Abfallsammlungen und Erstellung eines Maßnahmenkataloges für öffentliche Verwaltungen“

Im Rahmen der Untersuchung wurden im Einzelnen die folgenden Themenstellungen bearbeitet:

- Potenzialanalyse relevanter Sekundärrohstoffe im Restabfall privater Haushalte
- Analyse der Rohstoffpotenziale und Erfassungsziele im öffentlichen Bereich
- Konzeption eines ergänzenden Sammelsystems für private Haushalte
- Analyse und Prognose der Auswirkungen für die bestehenden und ggf. noch notwendigen Behandlungsanlagen und -kapazitäten
- Schätzung der Stoffströme an Sekundärrohstoffen, Qualitäten und Kosten
- Lagerungskonzept für Sammelgut und gewonnene Sekundärrohstoffe - Flächennutzungskonzept
- Analyse der Marktposition, der Wettbewerber und möglicher Kooperationspartner für bonnorange
- Durchführung von Sensitivitätsanalysen zur Wirtschaftlichkeit der ermittelten Prozessketten
- Nutzung von Genehmigungen der Stadt Bonn für urban mining
- Quantifizierung möglicher Beiträge von bonnorange zum Nachhaltigkeitskonzept der Stadt Bonn

Mit der durchgeführten Untersuchung wurde erstmals umfassend das Rohstoffinventar für wirtschaftsstrategische Metalle und Seltene Erde für ein Stadtgebiet untersucht. Die erfassten Rohstoffe sind naturgemäß nicht sämtlich im Besitz oder Zugriff der Stadt Bonn.

Die Stadt Bonn kann jedoch insbesondere in zwei Bereichen aktiv werden:

- Optimierung des Sammelsystems für private Haushalte
- Genehmigungen im Baubereich

Die hier vorgelegte Kurzfassung mit ausgewählten Ergebnissen ist ein Beitrag zum Handlungskonzept für die kommunale Abfallwirtschaft der Stadt Bonn. Dieses soll im November 2018 in den Verwaltungsrat eingebracht werden.

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 einigen klassischen Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium liegen die Recyclingraten weltweit über 50 Prozent. Bei etlichen wirtschaftsstrategischen Elementen wie Tantal, Indium, Neodym usw. liegen die Recyclingraten jedoch noch bei unter einem Prozent (vgl. Abbildungen 1 und 2). Da die derzeitigen Rohstoffpreise noch nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten widerspiegeln, fehlt oftmals der notwendige Einsparreiz.

Abbildung 1: Ausgewählte wirtschaftstragische Elemente

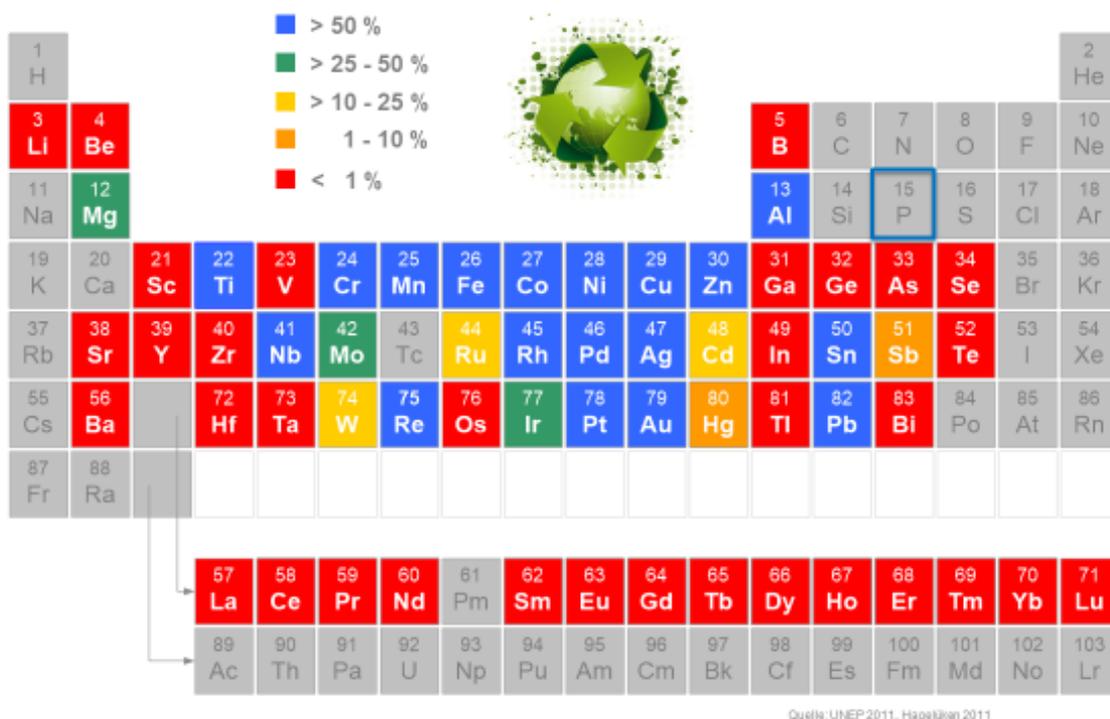


Quelle: (Faulstich 2011)

Recycling muss sich zukünftig stärker auf wirklich endliche Ressourcen konzentrieren. Die derzeitige Abfallwirtschaft kann zweifelsohne auf große Erfolge verweisen, etwa das etablierte Recycling von Papier, Pappe, Glas, Kunststoffen und einigen Basismetallen. Für die Zukunft der Industriegesellschaft ist jedoch essentiell, dass sämtliche wirklich endlichen, wirtschaftsstrategischen Rohstoffe, also High-Tech-Metalle und Seltene Erden sowie das nicht substitu-

ierbare Phosphor, hohe zweistellige Recyclingraten erfahren. Diese liegen, meistens noch unter einem Prozent (vgl. Abbildung 2). Vielfach sind sogar entsprechende Recyclingtechniken vorhanden, jedoch fehlt es an weltweiten Sammel- und Aufbereitungssystemen, damit diese Recyclingtechniken auch im großen Stil zum Einsatz kommen können.

Abbildung 2: Weltweite Recyclingraten wirtschaftsstrategischer Rohstoffe



23

Quelle: (UNEP 2011)

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

KÜNFTIGER BEDARF KRITISCHER ROHSTOFFE

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

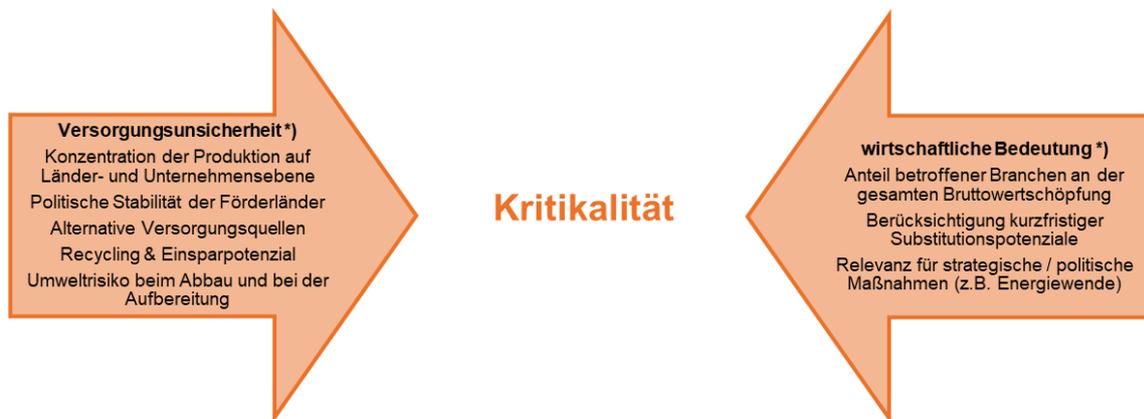
Analyse der aktuellen und zukünftigen Einsatzgebiete von kritischen Rohstoffen

Auswertung der 18 kritischen Rohstoffe hinsichtlich ihrer Bedeutung für NRW

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.

Abbildung 3: Schätzung der künftigen Bedarfsentwicklung



Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018), Glöser et al., Analyse kritischer Rohstoffe durch Methoden der multivariaten Statistik (2018)

Zusammenfassung der Ergebnisse

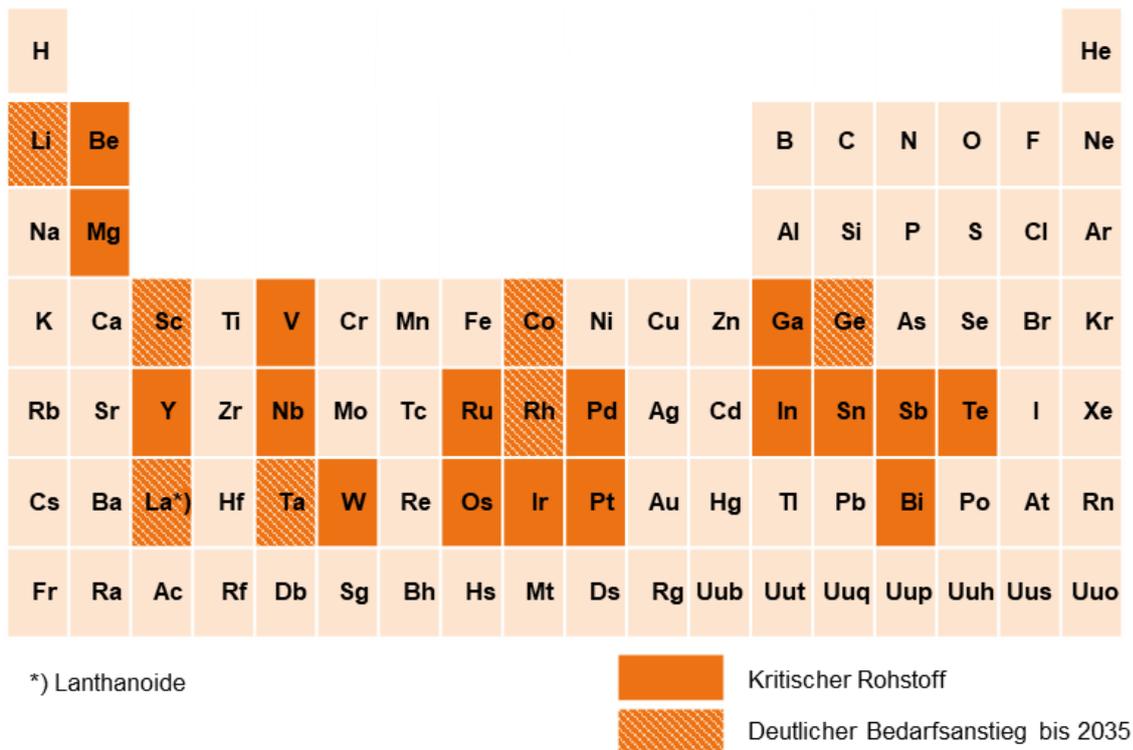
Bedarfsanstieg durch Zukunftstechnologien bis 2035: Li, Seltene Erden, Rh, Ta, Co und Ge

Die Auswertung der Studien ergab die Einstufung von 20 Metallen unter Berücksichtigung von Versorgungsunsicherheiten und wirtschaftlicher Bedeutung als kritisch.

Die Einsatzgebiete dieser kritischen Rohstoffe sind überwiegend in der Metall-/ und Elektronikbranche. Da NRW eine Vielzahl an Unternehmen in diesem Bereich aufweist, sind die ausgewählten kritischen Metalle auch für NRW von großer Bedeutung.

Ein Großteil der kritischen Rohstoffe sowie weitere Rohstoffe sind in Geräten enthalten, die in privaten Haushalten stehen.

Abbildung 4: Kritische Rohstoffe und Einschätzung der Bedarfsentwicklung



Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn

PRIVATHAUSHALTE

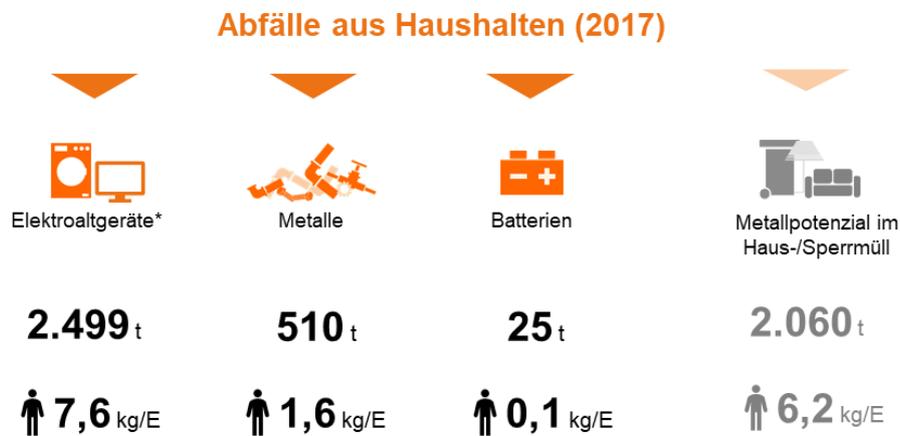
POTENZIAL

Die wirtschaftsstrategischen Rohstoffe liegen nicht in elementarer Form vor, sondern sind in Legierungen, Produkten und Gebäuden. 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 3 sind die heute bereits getrennt gesammelten Mengen in Mg pro Jahr sowie das im Restabfall enthaltene (weitgehend über die MVA abgeschöpfte) Potenzial dargestellt. Die getrennt gesammelten Mengen können kurzfristig gesteigert werden. Im nachfolgenden Kapitel sind dann die Potenziale in Gebäuden dargelegt.

Abbildung 5: Metallmengen in Abfällen aus Haushalten der Stadt Bonn (2017)



*inkl. 330 t Rücknahmemengen durch den Handel

Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

KONZEPT FÜR BONNORANGE

Um die Sammlung von Elektroaltgeräten und Altbatterien in Bonn zu optimieren, wurden Aktivitäten anderer Kommunen in Deutschland sowie die Vorgehensweise in Dänemark, Belgien (Flandern) und der Schweiz herangezogen.

Der Vergleich mit den Sammelergebnissen anderer Großstädte zwischen 250.000 und 550.000 zeigte, dass nur zwei Städte deutlich höhere Sammelergebnisse als Bonn erzielen. Besonderheiten in den beiden Städten: 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 höher liegen Skandinavien, die Schweiz und Flandern. Die Untersuchung der „best practice“-Länder ergab:

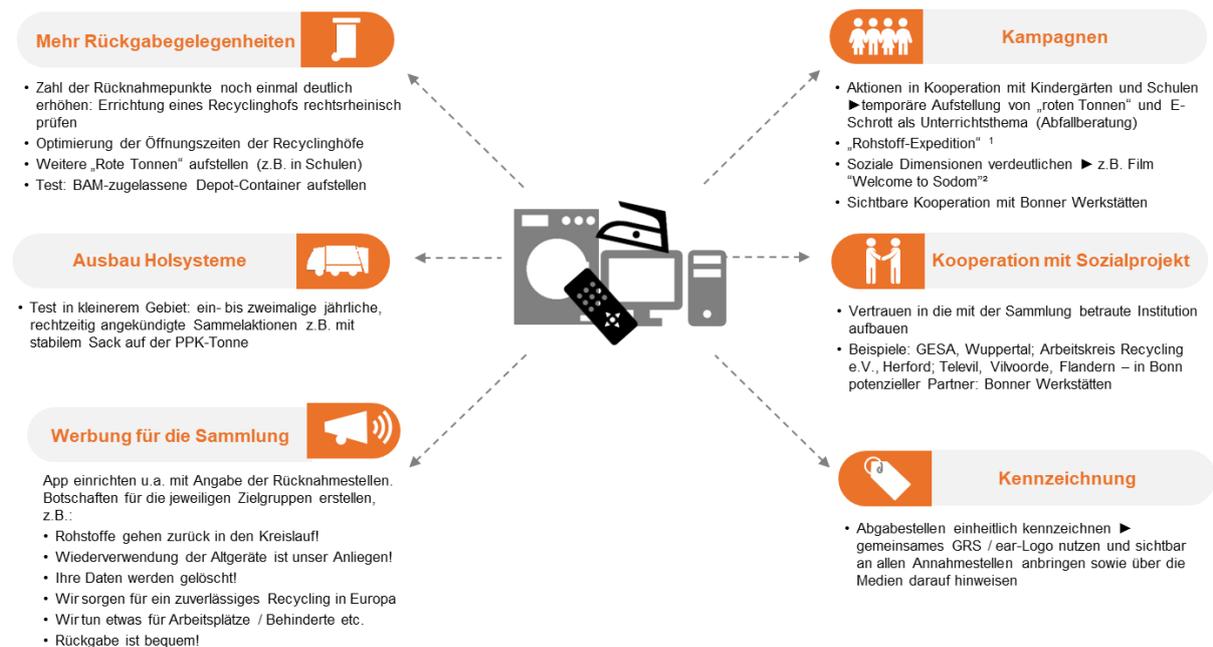
- Intensive und zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zur Rückgabe von Elektroaltgeräten und Altbatterien
- Hohe Zahl an Rücknahmestellen (Schweiz), hohe Dichte an Recyclinghöfen (Dänemark) und Öffnungszeiten auch am Sonntag (Skandinavien)
- Starkes Engagement für die Wiederverwendung von Geräten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

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

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

- Einfacher Zugang zur Sammelinfrastruktur, um die Transaktionskosten des Verbrauchers zu minimieren
- Nutzung geeigneter Kommunikationskanäle parallel mit Blick auf die Zielgruppen, z.B. social media für die Ansprache junger Leute
- ggf. zusätzlicher finanzieller Anreiz (für zeitlich begrenzte Kampagnen)

Abbildung 6: Handlungsempfehlungen



¹ <https://www.wissenschaftsjahr.de/2012/die-rohstoff-expedition/die-rohstoff-expedition/handy-sammelaktion.html>

² <http://www.welcome-to-sodom.de/>

Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

Abbildung 7: Hinweise zur Ableitung von Handlungsempfehlungen in Abbildung 6

	Zugänglichkeit für Abfallerzeuger („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 Abfallberatung	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

Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

QUANTIFIZIERUNG

Die Bonner Abfallwirtschaft – bonnorange, die MVA und die Rheinische Entsorgungskooperation 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. Hervorzuheben sind:

- Die endgültige Schließung der Hausmülldeponien (mittelfristige Verringerung der Methan-Emissionen)
- Recycling von Altpapier und Kartonagen
- Rückgewinnung von Metallen durch getrennte Sammlung oder Abtrennung aus MVA-Schlacken
- Stetige Effizienzsteigerung der Energieausbeute aus der Müllverbrennung und der Biogas-Erzeugung

Mit Blick auf Metalle, vor allem seltene NE-Metalle, kann eine deutliche Entlastung der THG-Bilanz auch bei kleineren zurückgewonnenen 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.

Abbildung 8: Entlastung der Klimabilanz

... durch einzelne in EEAG vorhandene Metalle infolge Sammlung von bonnorange

Element (EX)	$\sum [m_{EEAG}]_{EX}$ 2015 (t)	$[m_{max}^{EEAG}]_{EX}$ Bonn 2018 (kg)	$[m_{ist}^{EEAG}]_{EX}$ Bonn 2017 (kg)	$[THG_{ist}]_{EX}$ (t CO ₂ -eq)
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

... durch einzelne in Altbatterien vorhandene Metalle infolge Sammlung von bonnorange

Element	$\sum [m_{Batt}]_{EX}$ 2015 (t)	$[m_{max}^{AltBatt}]_{EX}$ Bonn 2018 (kg)	$[m_{ist}^{AltBatt}]_{EX}$ Bonn 2016/17 (kg)	$[THG_{ist}]_{EX}$ (kg CO ₂ - eq)
Cu – Kupfer	1.200	2.822	246	2.928
Co – Cobalt	630	2.234	265	2.042
Li – Lithium	420	784	92,8	1.702
Mn – Mangan	7.500	26.648	3.155	7.966
Ni - Nickel	1.900	5.486	650	6.677

Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

Mögliche Beiträge von bonnorange zur THG-Reduzierung durch das **Recycling von Elektroaltgeräten und Batterien:**

- 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)
- Potenzial: Bei Steigerung auf 10 kg EEAG je Einwohner 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 aber weitgehend über den Fachhandel zurück.

Die Hochrechnung der NE-Metall-Gehalte in der **Haustechnik in Wohngebäuden** ergab (Durchschnitt zweier unterschiedlicher Methoden) ca. 1.500 t Al und 6.500 t Cu sowie 7 t Al und 3.330 t Cu in Nichtwohngebäuden (Modul I.2). Daraus lassen sich – zusammen mit dem Baustahl - folgende Entlastungen der Klimabilanz (bei vollständiger Erfassung im Falle des Rückbaus) abschätzen, die natürlich nur über einen sehr langen Zeitraum realisiert werden können:

Abbildung 9: CO₂-Fußabdruck der im Gebäudebestand vorhandenen Metalle

Element	Indikatoren für Metall aus Primärverhüttung			Metalle i. d. Haustechnik		Einsparbare THG bei Recycling		Summe CO ₂ -Äqiv. [t]
	KEA MU/t	KRA kg/t	CO ₂ -Äqiv. kg/t	Wohngeb. t	Nicht-Wohn. t	Wohngeb. CO ₂ -Äqiv. [t]	Nicht-Wohngeb. CO ₂ -Äqiv. [t]	
Al	140.700	10.412	11.904	1.500	7	17.857	83	17.940
Cu	50.438	128.085	2.874	5.400	3.330	18.680	9.570	28.250
Stahl	25.552	10.023	1.712	45.000	17.332	77.040	29.672	106.712
Edelstahl	25.552	10.023	1.712	9.000	267	15.408	457	15.865
Gussstahl	255.520	10.023	1.712	230	6.999	394	11.982	12.376

„kumulierter Energieaufwands“ (KEA)

„kumulierte Rohstoffaufwand“ (KRA)

KEA und KRA: Zusammenhang zwischen Gewinnung / Verarbeitung von Metallen und dem damit verbundenen Aufwand.
Treibhausgasen (THG):

Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

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) auswirken wird, lässt sich heute noch nicht genau abschätzen.

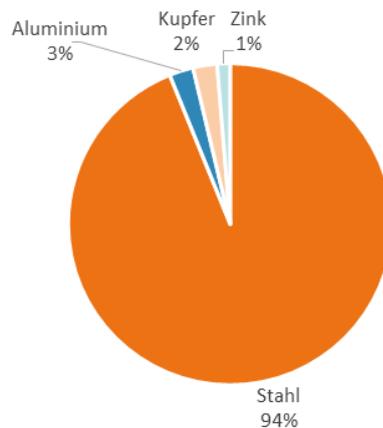
INFRASTRUKTUREN BONN

POTENZIAL

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 90 %. Daneben werden auch Kupfer-, Zink- sowie Aluminiumwerkstoffe verwendet.

Abbildung 10: Gebäudebestand/Materiallager Deutschland (Rohbau, Haustechnik, Elektroinstallationen)



Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

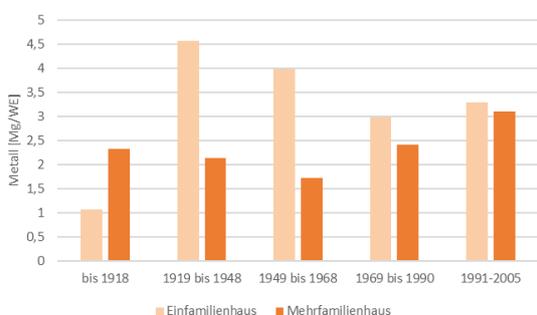
Je nach Nutzungstyp, Wohn- bzw. Nichtwohngebäude, sowie Baujahr ergeben sich unterschiedliche Metallmengen im Gebäudebestand.

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 Materialkenndaten werden Werte aus der Literatur verwendet. Hier existieren zwei Ansätze. Die Studie „Ermittlung von Ressourcenschonungspotenziale bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung“ (Schiller et al., 2010) gibt baujahrabhängige Metallmengen pro Wohneinheit in Ein- bzw. Mehrfamilienhaus vor. Daneben existieren noch baujahrabhängige Metallmengen für Standardgebäudetypen von „Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten“.

Abbildung 11: Vergleich der zwei Ansätze zur Bestimmung des Materiallagers in Wohngebäuden

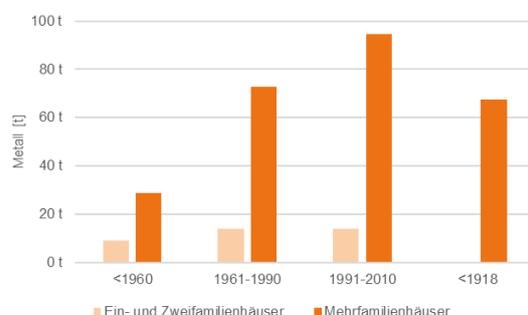
Schiller et al.; Ermittlung von Ressourcenschonungspotenziale bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung (2010)

Angaben der Metallmenge in Abhängigkeit der Anzahl der Wohnungen in einem Ein- bzw. Mehrfamilienhaus



Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten (<http://ioer-bdat.de/>)

Angaben zu Metallmenge pro Ein- bzw. Mehrfamilienhaus



Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

Die Daten zur Altersstruktur aus dem Zensus 2011 werden mit den jeweiligen Kenndaten aus den beiden Ansätzen verrechnet. Dabei ergibt sich ein Metallbestand von 0,4 Mio. t bzw. 1,8 Mio. t. Die Studie „Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft“ (Schiller et al., 2015) 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 gebäudespezifische bzw. baujahrabhängigen Daten. Aus diesem Grund werden Ergebnisse aus der Studie „Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft“ (Schiller et al., 2015) ausgewertet. Diese ermittelt einen Materialbestand in der Haustechnik für Deutschland von 14 Mio. t. Dies entspricht 14 % (Ansatz Schiller et al.) bzw. 4 % (Ansatz Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten) 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.

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

Zur Bestimmung des Materiallagers in Nicht-Wohngebäuden wird ebenfalls auf die Daten von „Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten“ zurückgegriffen. Diese beinhalten Metallmengen für die Standardgebäude wie beispielsweise Pflegeheime, Lagerhallen, Bahnhofsgebäude oder Schulen. Um die Anzahl der jeweiligen Gebäudetypen in Bonn zu bestimmen, werden eine Vielzahl an Quellen ausgewertet.

Tabelle 1: Datengrundlage zur Bestimmung der Anzahl an Nicht-Wohngebäuden in Bonn

Nicht-Wohngebäude	Quelle/Datengrundlage
Pflegeheime	Bonner Adressbuch Soziales (BABS)
Büro- und Verwaltungsgebäude	Büromarktstudie Bonn 2014
Landwirtschaftliche Hallen	Annahme: nicht vorhanden, da Stadt
Feuerwehrlhäuser 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)

Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn

Auf Basis dessen beträgt die in Nicht-Wohngebäude geschätzte Metallmenge (vorwiegend Stahl und Eisen) in Bonn 3,45 Mio. t. Ungenauigkeiten ergeben sich u.a. durch die Abwei-

chung der realen Gebäudeanzahl von der ermittelten sowie durch die Abweichungen der realen Gebäude von den standardisierten Gebäudetypen.

Analog zu der Haustechnik in Wohngebäuden erfolgt eine Abschätzung für Nicht-Wohngebäude. In der Studie „Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft“ (Schiller et al., 2015) beträgt das Verhältnis zwischen Metallen in der Haustechnik zum Rohbau in Nicht-Wohngebäude 0,8 %. Dementsprechend wird der Metallbestand in Bonner Nicht-Wohngebäuden auf 0,03 Mio. t. geschätzt.

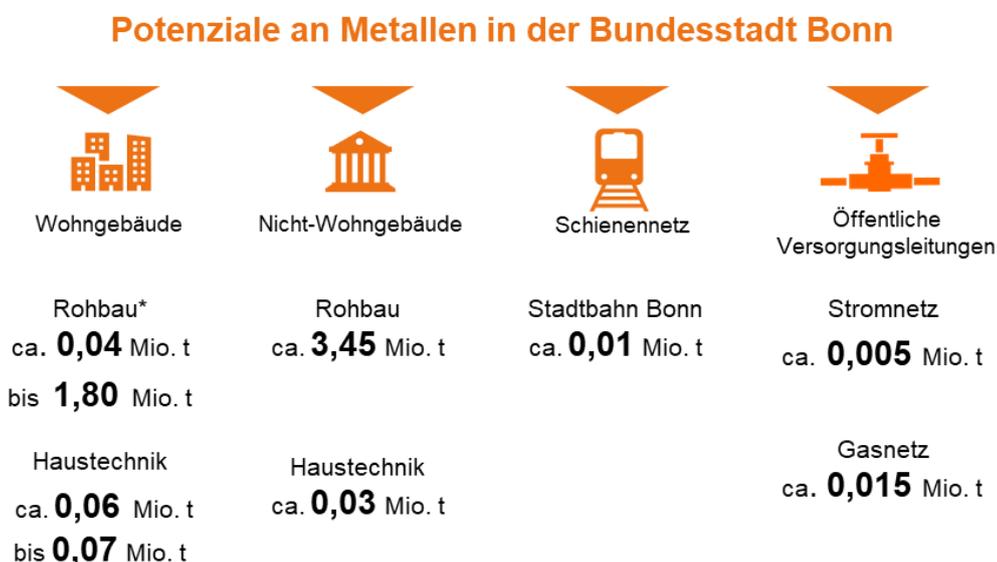
Die Datengrundlage zur Haustechnik in Nicht-Wohngebäude ist analog zu den Wohngebäuden unzureichend, um eine Schätzung zuzulassen.

Schienen-, Gas- sowie Stromnetz

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

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

Abbildung 12: Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse der Potenzialberechnungen



Quelle: Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)

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. Dabei sind überwiegend Kupfer-, Aluminium- sowie Stahlwerkstoffe verbaut. Daneben finden metallische Werkstoffe in weiteren elektrischen Infrastruktureinrichtungen wie beispielsweise Trafo 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 Materialzusammensetzung ergibt sich ein Metallbestand im Gasnetz von 0,05 Mio. t. Hierbei handelt es sich um Stahlwerkstoffe.

KONZEPT FÜR DIE STADTVERWALTUNG

Nutzungen von Genehmigungen der Stadt Bonn für Urban Mining

Die Bundesstadt Bonn beeinflusst unter anderem auch Stoffströme von NE-Metallen und CRM, insbesondere durch:

- 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 nach Fertigstellung der Studie sinnvoll.

Über vergleichbare Konzepte bei anderen kommunalen Unternehmen könnte ein weiteres Ziel darin bestehen, vergleichbare Metalle zu sammeln und entsprechende Potenziale zu heben und dann gemeinsam zu vermarkten, um bessere Preise erzielen zu können. Dies würde gleichzeitig zu einer Verbesserung des Images beitragen.

Abbildung 13:: Zusammenfassung der Empfehlungen

Verwaltungsanweisung zum Umgang der Ämter mit bei ihnen anfallenden Abfällen im Sinne des Ressourcenschutzes und der Beteiligung von bonnorange an entsprechenden Entscheidungen (oder eine eigene VA Abfall) erstellen.

Die Stadt sollte Bauherren zu einer über die Pflicht hinaus gehenden Dokumentation raten, um im Sinne einer Lebenszyklus-Betrachtung durch Bereitstellung von Informationen in späteren Jahren Kosten zu senken.

Beim Verkauf städtischer Grundstücke kann eine Verpflichtung zur Dokumentation als Nebenbestimmung aufgenommen werden; dies bedarf einer Ratsentscheidung.

Bisher vorliegenden Erfahrungen auch anderer Städte mit BIM sollten ausgewertet und über die Einführung entschieden werden. Mit der BBSR ist auch die zuständige Institution des Bundes in Bonn angesiedelt. Vernetzung mit der CDO ist zu prüfen.

Initiativen gegenüber Land, Bund und EU sind sinnvoll: Ressourcenschutz für nicht erneuerbare Rohstoffe gesetzlich verankern, Transparenz für Stoffströme mit CRM (Identifikation in Produkten) herstellen und Ziele für die Verwertung von CRM auf europ. Ebene setzen, "Gebäudepass" verpflichtend einführen, Zugriffsmöglichkeiten der öRE auf CRM in Abfällen z.B. bei Abbruch verbessern.

Ziele und Maßnahmen für die künftige Nachhaltigkeitsberichterstattung:

Errichtung von zusätzlichen **Schadstoff- und Wertstoff-Aannahmestellen** sowie längere Öffnungszeiten der Recyclinghöfe. Bis auf den Bau eines weiteren Recyclinghofs sind keine wesentlichen Investitionen dafür erforderlich, die im Übrigen ausschließlich den Gebührenhaushalt belasten würden. Die Verlängerung von Öffnungszeiten wie auch weitere Maßnahmen erfordern zusätzlichen personellen Aufwand. Im Detail wäre zu prüfen, welche zusätzlichen Einnahmen über die optimierten Fraktionen an EEAG dem gegenüberstehen würden. Die höhere Zufriedenheit der Bürger mit dem Service von bonnorange lässt sich nicht quantifizieren.

Mit den **Bonner Werkstätten** sind Behindertenwerkstätten bereits vorhanden. **Repair-Cafés** entstehen in der Regel aus privater Initiative und bedürfen ggf. der Unterstützung durch Überlassung von Räumlichkeiten. Mit dem Jobcenter könnte eine zusätzliche Beschäftigung von Langzeit-Arbeitslosen abgestimmt werden. Die Wiederverwendung von Geräten lässt sich über vermiedene THG-Emissionen quantifizieren Die Beschäftigung behinderter Menschen und vor allem von Langzeit-Arbeitslosen kann perspektivisch den kommunalen Haushalt entlasten.

Abbildung 14: *Vorschläge für zusätzliche Themen in der Nachhaltigkeits-Berichterstattung*

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

Quelle: *Abschlussdokumentation Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn (2018)*

Kosten und Personalaufwand durch Einführung von **Building Information Modeling** (Bauwerksdatenmodellierung / BIM) Folgen: Verringerung der Kosten der Unterhaltung technischer Anlagen und Gebäude, Entfall der bei Umbauten und Rückbau sonst notwendigen Untersuchungen, Verringerung der THG-Emissionen durch „schlankeren“ Betrieb des Gebäudes bzw. der Anlage und durch gezielte Entnahme von wertvollen Bestandteilen beim Rückbau.

GEMEINSAME INITIATIVEN MIT DEM DEUTSCHEN STÄDTETAG (DSTT) UND DEM VERBAND KOMMUNALER UNTERNEHMEN (VKU)

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 sind durch eigene konkrete Initiativen zu ergänzen.

In diesem Sinne sollte die Frage, wie man einen verbesserten Ressourcenschutz gesetzlich verankern und wie die Kommune bzw. der öRE sich dabei positionieren kann, auch zum Thema in den Gremien des DStT bzw. im Rahmen des Verbandes kommunaler Unternehmen (VKU) gemacht werden. Dies würde koordinierte Initiativen des Städtetags bzw. des VKU bei der Bundesregierung für verbesserten kommunalen Ressourcenschutz ermöglichen.

Um verschiedene Möglichkeiten zur Hebung der verfügbaren Potenziale prüfen und weiterentwickeln zu können, sind sowohl über gemeinsame Initiativen des DStT bzw. des VKU die Möglichkeiten für gemeinsame F&E-Anträge bei z.B. DBU, BMBF zu prüfen.

Im Rahmen des Ressortforschungsplans des BMUB laufen Untersuchungen, wie geeignete Rechtsbereiche ergänzt werden können, um einen effizienteren Umgang mit Ressourcen sicherstellen bzw. unterstützen zu können. Hier sollte die Stadt Bonn auch den Kontakt direkt zum BMUB (u.a. Referat Abfallrecht) suchen.