



Deutsche
Rohstoffagentur

58 DERA Rohstoffinformationen

Kurzfassung Abschlussbericht Dialogplattform Recyclingrohstoffe

*Handlungsoptionen zur Stärkung des Beitrags
von Recyclingrohstoffen für die Versorgungssicherheit
mit Metallen und Industriemineralen*



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

www.deutsche-rohstoffagentur.de
www.bgr.bund.de

Impressum

Herausgeberin:

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Wilhelmstraße 25–30
13593 Berlin

Mitherausgeberin:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Projektkoordination:

Bookhagen B. (DERA), Mährlitz P. (DERA), von Wittken R. (acatech), Akinic S. (acatech)

Kontakt:

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Wilhelmstraße 25–30
13593 Berlin
Tel.: +49 30 36993 226
www.deutsche-rohstoffagentur.de
recycling@bgr.de

Bildnachweise: © Petair/stock.Adobe.com

Layout: deckermedia GbR, Rostock

Zitierhinweis: DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Kurzfassung Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58: 26 S., Berlin.

Datenstand: August 2023

ISBN Druckversion: 978-3-948532-83-3

ISBN PDF: 978-3-948532-82-6

ISSN: 2193-5319

<https://doi.org/10.25928/k89y-b555>

Kurzfassung

Abschlussbericht Dialogplattform Recyclingrohstoffe

Handlungsoptionen zur Stärkung des Beitrags von
Recyclingrohstoffen für die Versorgungssicherheit
mit Metallen und Industriemineralen

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft
und Klimaschutz (BMWK)



Projektkoordination

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt
für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)



acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften



Projektseite

Geschäftsstelle der Dialogplattform Recyclingrohstoffe (Koordination und Redaktion)

Dr. Britta Bookhagen, Leiterin Arbeitsbereich Recyclingrohstoffe, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Dr.-Ing. Paul M. Mähltz, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Arbeitsbereich Recyclingrohstoffe, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Dr. Reinhard von Wittken, Wissenschaftlicher Referent, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Seda Akinci, Wissenschaftliche Referentin, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Dr. Ulrich Glotzbach, Leiter Energie, Ressourcen & Nachhaltigkeit, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Arbeitskreis Metalle

Leitung Arbeitskreis (AK)

Franziska Erdle, Hauptgeschäftsführerin, Wirtschaftsvereinigung Metalle e. V., unter Mitarbeit von: Rainer Buchholz, Leiter Kreislaufwirtschaft, Wirtschaftsvereinigung Metalle e. V.

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, Lehrstuhlinhaber Ressourcen- und Energiesysteme, Technische Universität Dortmund/Vorstand INZIN Institut, Düsseldorf

Leitungen Unterarbeitskreise (UAK)

UAK Aluminium

Jörg H. Schäfer, Referent Recycling und Nachhaltigkeit, Aluminium Deutschland e. V.

PD Dr. Simone Raatz, Administrative Leiterin, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

UAK Eisen und Stahl

Gerhard Endemann, Leiter Nachhaltigkeit, Wirtschaftsvereinigung Stahl

Prof. Dr. Rüdiger Deike, Lehrstuhlinhaber Metallurgie und Umformtechnik, Universität Duisburg-Essen

UAK Kupfer

Michael Sander, Geschäftsführer, Kupferverband e. V.

Dr. Antonia Loibl, Projektleiterin Materialflussanalyse im Geschäftsfeld Rohstoffe, Competence Center Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

UAK Technologiemetalle

Dr. Markus Zumdick, Director HSEQ/RSCM/Product Stewardship Tungsten Powders, H.C. Starck Tungsten GmbH

Prof. Dr. Christoph Helbig, Professor für Ökologische Ressourcentechnologie, Universität Bayreuth

Unter Mitarbeit von:

Dr. Asja Mrotzek-Blöß, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Institut für Aufbereitung, Recycling und Kreislaufwirtschaftssysteme, Technische Universität Clausthal

Dr. Martin Tauber, European Representative, Vorsitzender International Magnesium Association, Präsident CRM Alliance

Frank Neumann, Geschäftsführer Initiative Zink in der WVMetalle Service GmbH

Arbeitskreis Industriemineralien

Leitung Arbeitskreis (AK)

Prof. Dr. Liselotte Schebek, Lehrstuhlinhaberin, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft, Institut IWAR, TU Darmstadt

Berthold Heuser, Prokurist, REMEX GmbH

Leitungen Unterarbeitskreise (UAK) UAK Baurohstoffe

Dr. Berthold Schäfer, Geschäftsführer Technik, Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V.¹

UAK Keramische Rohstoffe (Feuerfestkeramik)

Dr. Elke Steinle, Leiterin Umweltschutz/Arbeitsschutz/Energie, Deutsche Feuerfest-Industrie e. V.

Prof. Dr. Olaf Krause, Prodekan, Werkstofftechnik Glas und Keramik, Hochschule Koblenz

UAK Gips

Dipl.-Ing. Holger Ortleb, Geschäftsführer, Bundesverband der Gipsindustrie e. V.

Prof. Dr. Ariane Ruff, Professur Urbane Ressourcen, Leiterin Thüringer Innovationszentrum für Wertstoffe, Hochschule Nordhausen

UAK Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte

Thomas Reiche, Geschäftsführer, FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e. V.

Dr. Christian Adam, Fachbereichsleiter Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Externe Gutachterinnen und Gutachter

Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Helmut Antrekowitsch, Lehrstuhlinhaber für Nichteisenmetallurgie, Montanuniversität Leoben

Dr. Matthias Buchert, Bereichsleiter Ressourcen & Mobilität, Öko-Institut e. V.

Klaus Dosch, Geschäftsführender Gesellschafter der ResScore GmbH, Assoziierter Partner der Faktor X Agentur der Entwicklungsgesellschaft indeland GmbH

Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme, Fachbereichsleiterin Bauingenieurwesen, Leiterin der IWARU-Arbeitsgruppe Ressourcen, Fachhochschule Münster

Prof. Dr. Kathrin Greiff, Institutsleiterin für Anthropogene Stoffkreisläufe, RWTH Aachen

Prof. Dr. Jur. Helmut Maurer, Rechtsanwalt, ehemals Senior Legal Expert der Europäischen Kommission DG ENV.B2

Dr. Claas Oehlmann, Geschäftsführer BDI-Initiative Circular Economy Umwelt, Technik und Nachhaltigkeit, Industrie-Förderung mbH

Prof. Dr.-Ing. Vera Susanne Rotter, Fachgebiet Kreislaufwirtschaft und Recyclingtechnologie, Technische Universität Berlin

Prof. Dr. Thomas Schomerus, Professur für Öffentliches Recht, insbesondere Energie- und Umweltrecht, Leuphana Universität Lüneburg

Prof. Dr. Daniel Vollprecht, Lehrstuhlinhaber, Resource and Chemical Engineering, Institut Materials Resource Management, Universität Augsburg

Projektlaufzeit

Juni 2021 – September 2023

Die Dialogplattform Recyclingrohstoffe wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) beauftragt und mit Mitteln der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR finanziert.

Die Inhalte dieser Veröffentlichung wurden durch die Leitungen der Arbeits- und Unterarbeitskreise in Abstimmung mit den Teilnehmenden der Dialogplattform erarbeitet. Die fachliche Verantwortung für den Abschlussbericht liegt bei der Geschäftsstelle.

¹ Herr Prof. Dr. Hermann Wotruba (Lehr- und Forschungsgebiet Aufbereitung mineralischer Rohstoffe, RWTH Aachen) begleitete den UAK als wissenschaftlicher Co-Leiter bis zu seinem Tod im Februar 2023. Kommissarisch wurde die wissenschaftliche Co-Leitung fortan durch Frau Prof. Schebek, AK-Leitung Industriemineralien, mitübernommen.

Inhaltsverzeichnis

Projektseite	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
1. Einleitung	9
2. Recycling von Metallen	13
2.1. Steckbrief – Aluminium	14
2.2. Steckbrief – Eisen und Stahl	15
2.3. Steckbrief – Kupfer	16
2.4. Steckbrief – Technologiemetalle	17
2.5. Fazit für das Recycling von Metallen	19
3. Recycling von Industriemineralen	20
3.1. Steckbrief – Baurohstoffe	21
3.2. Steckbrief – Gips	22
3.3. Steckbrief – Keramische Rohstoffe (Feuerfestkeramik)	23
3.4. Steckbrief – Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte	23
3.5. Fazit für das Recycling von Industriemineralen	25
4. Fazit zur Dialogplattform Recyclingrohstoffe	26

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Übergreifende Handlungsfelder	8
Abb. 2:	Aufbau und Durchführung der Dialogplattform Recyclingrohstoffe	10
Abb. 3:	Zielbild der Dialogplattform Recyclingrohstoffe	12
Abb. 4:	Grundlegende Referenzgrafik	12

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Überblick Stoffstrom Aluminium	14
Tab. 2:	Überblick Stoffstrom Eisen und Stahl	15
Tab. 3:	Überblick Stoffstrom Kupfer	16
Tab. 4:	Überblick Stoffstrom Technologiemetalle	17
Tab. 5:	Überblick Stoffstrom Baurohstoffe	21
Tab. 6:	Überblick Stoffstrom Gips	22
Tab. 7:	Überblick Stoffstrom Feuerfestkeramik	23
Tab. 8:	Überblick Stoffstrom Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte	24

Hinweis:

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um eine Kurzfassung des Abschlussberichts der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. Ergebnisse werden deshalb in kondensierter Form dargestellt.

Der vollständige Abschlussbericht kann [hier](#) abgerufen werden.

Die vollständigen Steckbriefe der stoffstromspezifischen Unterarbeitskreise stehen auch als separates Dokument zu Verfügung und können hier abgerufen werden:

[Steckbrief Aluminium](#)

[Steckbrief Eisen und Stahl](#)

[Steckbrief Kupfer](#)

[Steckbrief Technologiemetalle](#)

[Steckbrief Baurohstoffe](#)

[Steckbrief Gips](#)

[Steckbrief Keramische Rohstoffe \(Feuerfestkeramik\)](#)

[Steckbrief Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte](#)

Zusammenfassung

Der Industriestandort Deutschland ist auf eine sichere und nachhaltige Versorgung mit mineralischen Rohstoffen angewiesen. Hierbei wird das Recycling von Rohstoffen als weiteres Standbein der Versorgung neben der heimischen Rohstoffgewinnung und dem Import von Rohstoffen künftig eine immer wichtigere Rolle spielen. In diesem Zusammenhang veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Januar 2023 das Eckpunktepapier „Wege zu einer nachhaltigen und resilienten Rohstoffversorgung“ und unterstrich darin die strategische Bedeutung einer engen Verzahnung von Kreislaufwirtschafts- und Rohstoffstrategie.

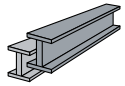
Die Dialogplattform Recyclingrohstoffe wurde im Rahmen der Deutschen Rohstoffstrategie 2020 mit dem Ziel beauftragt, Maßnahmen zu erarbeiten, die den Beitrag von Recyclingrohstoffen (Sekundärrohstoffen) für die Versorgungssicherheit von Metallen und Industriemineralen stärken. Hierzu wurden in einem Dialogprozess mit über 380 Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung sowie Zivilgesellschaft über einen Zeitraum von zwei Jahren in zwei Arbeitskreisen (Metalle und Industriemineralen) mit insgesamt acht Unterarbeitskreisen konkrete Handlungsoptionen entwickelt. Der inhaltliche Zuschnitt der Unterarbeitskreise orientierte sich an spezifischen Stoffströmen, die zum Beispiel aufgrund ihrer Mengenrelevanz, Kritikalität oder ihres Beitrags zu Treibhausgasemissionen von besonderer Relevanz sind und stoffstromspezifische Anforderungen an das Recycling stellen. Darüber hinaus spielte die in den Unterarbeitskreisen vorhandene Expertise der Teilnehmenden eine Rolle beim finalen Zuschnitt der Themen.

Die Ergebnisse aus den Unterarbeitskreisen bilden den inhaltlichen Kern des vollzogenen Dialogprozesses und werden in Steckbriefen beschrieben. So liegen für den Arbeitskreis Metalle detaillierte Steckbriefe für die Stoffströme Aluminium, Eisen und Stahl, Kupfer sowie Technologiemetalle vor. Der Arbeitskreis Industriemineralien umfasst detaillierte Steckbriefe für die Stoffströme Baurohstoffe, Gips, Keramische Rohstoffe (Feuerfestkeramik) sowie Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte.

Insgesamt wurden über die gesamte Projektlaufzeit 94 stoffstromspezifische Handlungsoptionen in den verschiedenen Unterarbeitskreisen erarbeitet, die auf einer systematischen Analyse bestehender Barrieren basieren. Alle Handlungsoptionen für die spezifischen Stoffströme finden sich im jeweiligen Steckbrief. Auf Ebene der beiden Arbeitskreise Metalle und Industriemineralien wurden zudem neun stoffstromübergreifende Handlungsfelder aggregiert, zu denen unter den Teilnehmenden Einigkeit erzielt werden konnte. Weitere Themenbereiche, die einem verbesserten Recycling potenziell zuträglich sind, zu denen jedoch kontroverse Diskussionen unter den Teilnehmenden stattfanden, werden in diesem Bericht transparent dargelegt. Ferner ist zu beachten, dass alle übergreifenden Handlungsfelder einen direkten Recyclingbezug aufweisen. Weiter gefasste wirtschaftspolitische Instrumente, zum Beispiel aus dem Bereich der Klimapolitik, die ebenfalls einen förderlichen Effekt auf ein verstärktes Recycling haben können, wie eine CO₂-Bepreisung oder ein Emissionshandel, sind daher nicht vertiefend in der Dialogarbeit aufgegriffen worden. Nachfolgend sind die übergreifenden Handlungsfelder der beiden Arbeitskreise kurz zusammengefasst, wobei die Relevanz der genannten Themen zwischen den Unterarbeitskreisen zum Teil erheblich variiert.

Die ausführlichen Steckbriefe der acht stoffstromspezifischen Unterarbeitskreise, die in dieser Kurzfassung nur umrissen werden, umfassen weitere Handlungsoptionen und betten diese jeweils in die Ausgangslage des Status quo und die daraus resultierenden Barrieren für das Recycling ein. Des Weiteren umfassen die separat zur Verfügung gestellten Steckbriefe eine differenzierte Beurteilung

der „Machbarkeit“ sowie möglicher Zielkonflikte in der Umsetzung der jeweiligen Handlungsoptionen. Gerade diese einbettende Betrachtung der vorgeschlagenen Handlungsoptionen stellt einen zentralen Mehrwert der Dialogarbeit dar, da den Lesenden hierdurch ein umfassenderes Verständnis der Vor- und gegebenenfalls auch Nachteile ermöglicht werden soll.



Metalle Übergreifende Handlungsfelder



Recyclingfreundliches Produktdesign

Minimierung von Verbundmaterialien und Materialvielfalt sowie Anpassung der Verbindungstechniken durch Ökodesign-Verordnung, Förderung von Kooperationen entlang der Lieferketten und Etablierung von Design for Recycling in der Ausbildung



Stärkere Berücksichtigung des Recyclings in der Gesetzgebung

Berücksichtigung des Recyclings bei Einstufung der Stoffe und Abbau von Widersprüchen und Zielkonflikten zwischen Abfall-, Stoff- und Produktrecht bei gleichzeitiger Stärkung des Vollzuges (z. B. EU-Abfallverbringungsverordnung durch den Zoll)



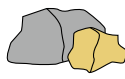
Transparenz von Stoffströmen

Verbesserung der Datenlage über anfallende und zukünftige Mengen und Legierungszusammensetzungen von Metallen im anthropogenen Lager sowie in der Nutzungsphase von Produkten, z. B. durch Produktpässe i.R.d. Ökodesign-Verordnung



Verbindliche und einheitliche Sammel-, Separations- und Sortieranforderungen

Verbesserung der getrennten Sammlung von Altprodukten, der zerstörungsfreien Entnehmbarkeit von Komponenten, der besseren Erfassung und Trennung legierungsspezifischer Stoffströme und der Weiterentwicklung von Sortier- und Analysetechniken, durch u. a. Intensivierung von Forschung und Entwicklung



Industrieminerale Übergreifende Handlungsfelder



Rechtssichere Festschreibung des Ende der Abfalleigenschaft

Produktstatus für recycelte Materialien durch klare Definition des Endes der Abfalleigenschaft festschreiben, um die Anwendung in der Praxis zu vereinfachen und eine möglichst umfassende Rückführung von Stoffströmen zu ermöglichen



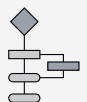
Getrennthaltung von Abfallströmen/Selektiver Rückbau

Kontrolle der Getrennthaltungspflichten und Vollzug der Gewerbeabfallverordnung schärfen. Bundesweit einheitliche Abbruchgenehmigung mit Nachweis des Verbleibs der Abfälle festschreiben sowie Rückbaukonzept (selektiver Rückbau) in Bauordnung integrieren



Stärkung des Einsatzes von Recyclingrohstoffen durch Regeln und Anreize

Einklagbare, bedingte Bevorzugung von (regionalen) Recyclingrohstoffen für die Beschaffung der öffentlichen Hand und stärkere Einbeziehung der Verwendung von Recyclingrohstoffen als Pluspunkt bei der Nachhaltigkeitsbewertung/-zertifizierung von Gebäuden und Produkten. Recyclingrohstoffe in Normungsaktivitäten aufnehmen und begleitende Regelung des Qualitätssicherungsprozesses erarbeiten



Regelungssystem für rechtssichere Behandlung der Asbestproblematik

Festlegung eines bundeseinheitlichen Beurteilungswertes zur „Asbestfreiheit“ und Einbindung in eine Verordnung zum Umgang mit geringen Asbestgehalten



Verbesserte Klassifizierung als Basis für digitale Erfassung und Nachweissysteme

Differenziertere Abfallschlüsselnummern für ausgewählte Stoffströme und zusätzliche Sekundärabfallschlüsselnummern für Recyclingrohstoffe am Ausgang der Recyclinganlage. Nutzung von verbesserter Klassifizierung bei der Normung von Qualitätsanforderungen für standardisierte Einsatzbereiche

Abb. 1: Übergreifende Handlungsfelder

1. Einleitung

Die Dialogplattform Recyclingrohstoffe¹ erarbeitete mit über 380 Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft in insgesamt 32 Arbeitssitzungen über zwei Jahre hinweg Handlungsoptionen für die beiden Arbeitskreise Metalle und Industrieminerale.

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um eine Kurzfassung des Abschlussberichts der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. Im Folgenden werden die Ergebnisse daher in kondensierter Form wiedergegeben. Ziel dieser Kurzfassung ist es, dem Lesenden einen schnellen Überblick über zentrale Inhalte zu ermöglichen, die mit dem Gesamtbericht bei Bedarf weiter vertieft werden können. Für detaillierte Ausführungen lesen Sie bitte die Gesamtversion des Abschlussberichts.

Zirkuläres Wirtschaften im Sinne einer Circular Economy umfasst Maßnahmen von der Vermeidung und Wiederverwendung über die Reparatur und Wiederherstellung bis hin zu ressourceneffizienten Ansätzen einer Sharing Economy und betont das innovative Potenzial neuer Geschäftsmodelle entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Innerhalb der Circular Economy ist das Recycling eine Schlüsselkomponente, da es als Prozess die Kreislaufführung wertvoller Ressourcen aus Komponenten und Produkten ermöglicht und so den Bedarf an neuer Produktion reduzieren kann. Auf diese Schlüsselkomponente wurde die inhaltliche Arbeit der Dialogplattform Recyclingrohstoffe ihrem Mandat folgend fokussiert. Damit standen andere Maßnahmen einer Circular Economy nicht im Vordergrund der Diskussionen.

Abbildung 2 fasst den organisatorischen Aufbau und Durchführung der Dialogplattform Recyclingrohstoffe zusammen.

Die Geschäftsstelle der Dialogplattform Recyclingrohstoffe wurde von der DERA in der BGR gemeinsam mit acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften koordiniert.

Der Fokus der Dialogplattform Recyclingrohstoffe lag auf metallischen Rohstoffen und Industriemineralen, zu denen jeweils ein übergreifender Arbeitskreis gebildet wurde.

Diese beiden Arbeitskreise wurden von jeweils vier Unterarbeitskreisen getragen, welche stoffstromspezifische Fragestellungen und Problemfelder diskutierten. Für den Arbeitskreis Metalle wurden Unterarbeitskreise für die Stoffströme Aluminium, Eisen und Stahl, Kupfer und Technologiemetalle gebildet. Analog dazu bildeten die Stoffströme Baurohstoffe, Gips, Keramische Rohstoffe (Feuerfestkeramik) sowie Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte die Unterarbeitskreise für den Arbeitskreis Industrieminerale.

Für die Leitung der Arbeitskreise und Unterarbeitskreise wurde jeweils eine Doppelspitze von Expertinnen und Experten aus Industrie und Wissenschaft vom BMWK ernannt, um beide Sichtweisen ausgewogen miteinander zu verbinden.

¹ Die beiden Begrifflichkeiten Sekundärrohstoffe und Recyclingrohstoffe werden im folgenden Text synonym verwendet. Insbesondere auf EU-Ebene und in Anlehnung an die englische Verwendung wird erster Begriff verwendet. Aufgrund seiner positiven Konnotation wird hier jedoch der Begriff Recyclingrohstoffe bevorzugt, da „Sekundär“ oft mit einer minderwertigen, weil zweitrangigen Bedeutung verbunden wird.

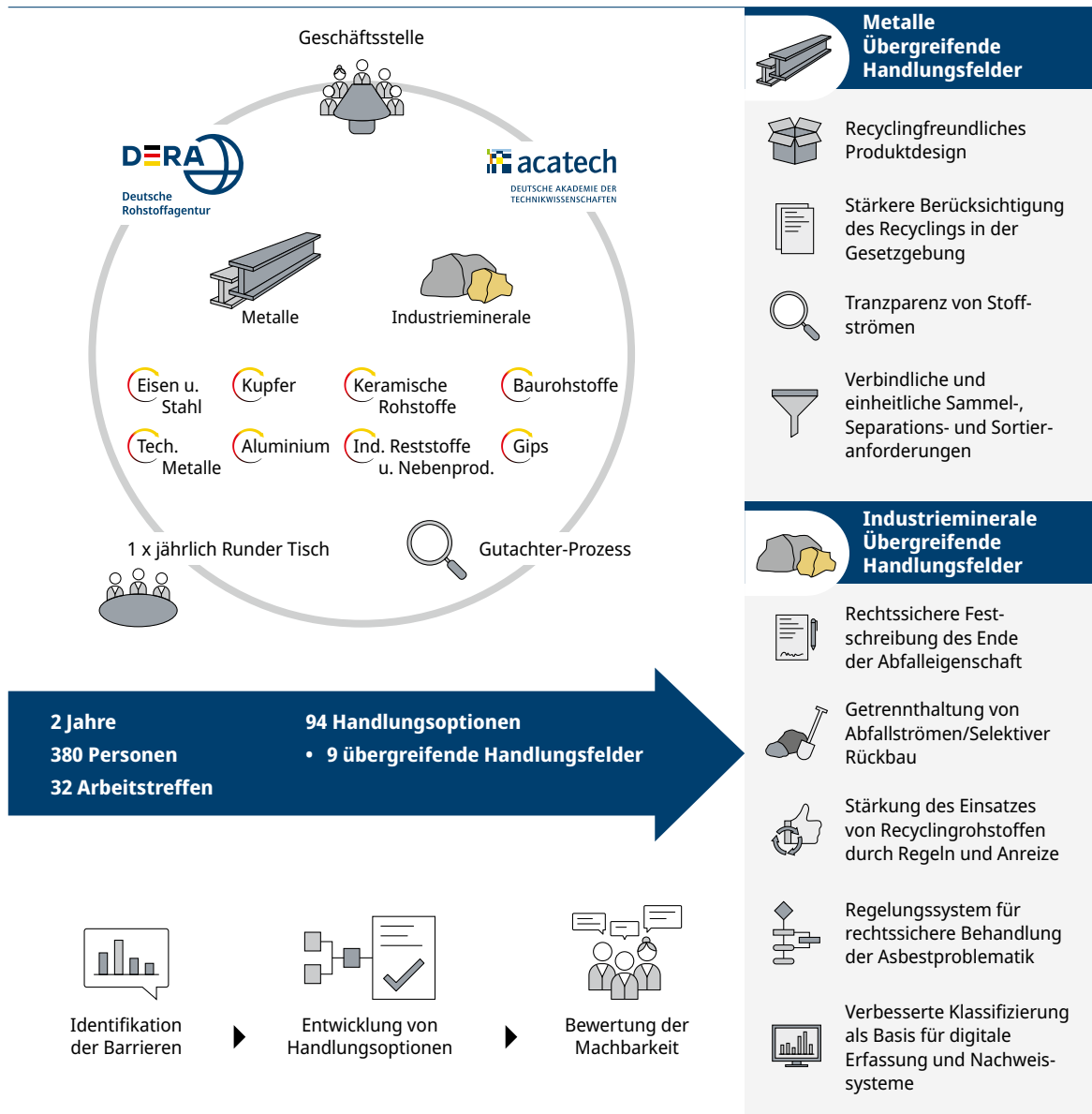


Abb. 2: Aufbau und Durchführung der Dialogplattform Recyclingrohstoffe

Ausgangspunkt der inhaltlichen Diskussionen war die Arbeit in den insgesamt acht Unterarbeitskreisen. So wurden zunächst immer erst auf Ebene konkreter Stoffströme Ergebnisse entwickelt, die dann auf übergeordneter Ebene des jeweiligen Arbeitskreises vorgestellt und zusammengefasst wurden (siehe Abbildung 2), um möglichst konkrete, das heißt stoffstromspezifische Barrieren und Lösungsansätze zu identifizieren beziehungsweise auszuarbeiten.

Um die Diskussionen über die verschiedenen UAKs hinweg zu harmonisieren, wurden inhaltliche Strukturierungselemente vorgegeben, die als Orientierungsrahmen dienten und in die Ausführungen der stoffstromspezifischen Steckbriefe einfließen.

Thematische Dimensionen

Eine Untergliederung der Diskussionen über Barrieren und Lösungsansätze erfolgte anhand der fünf Dimensionen Regulatorik, Technologie und Prozesse, Infrastruktur und Logistik, Anreize und Förderung sowie Daten und Digitalisierung.

Stoffstromübergreifender Bezugsrahmen


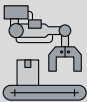



Für den Dialog wurde ein gemeinsamer Bezugsrahmen festgelegt (Abbildung 4), um Diskussionen hinsichtlich technischer Prozesse, Stoffströme und Akteure zu strukturieren und eine systemische Betrachtung von Recyclingpotenzialen entlang der Wertschöpfungskette zu ermöglichen. Als Betrachtungsrahmen wurde dabei Deutschland festgesetzt und der Bezugsrahmen wurde in Anlehnung an die von UNEP 2011 konzeptionierte Materialflussanalyse erstellt, um den Stoffstrom, Begrifflichkeiten sowie gegebene

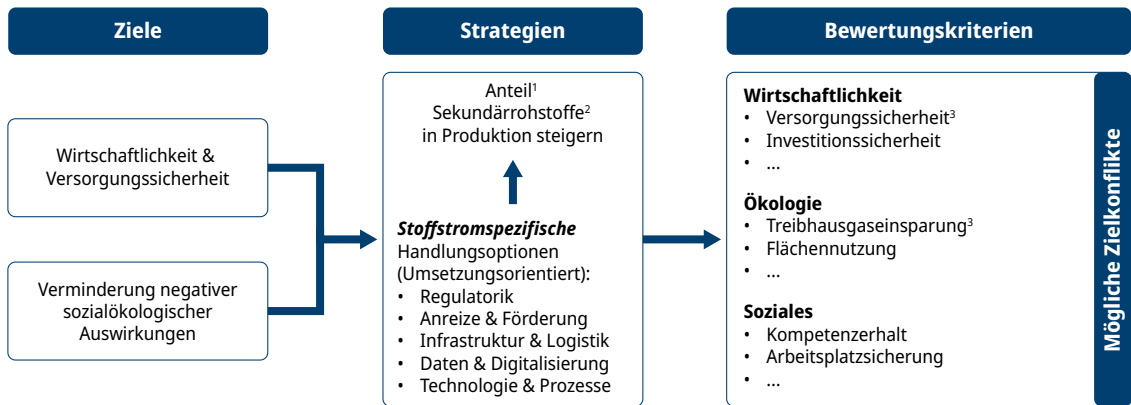
nenfalls Recyclingindikatoren übersichtlich darzustellen. Diese vereinfachte Darstellung trifft nicht immer auf einzelne Stoffströme im Detail zu, ist aber als generelle Übersicht hilfreich. Eine individuelle Abwandlung dieses Bezugsrahmens zur Strukturierung der Diskussionen in den Unterarbeitskreisen konnte daher nach Bedarf vorgenommen werden.

Allgemeines Zielbild

Um den Diskussionen in der Dialogplattform einen konzeptionellen Rahmen zu geben und zu konkreten Handlungsoptionen zu kommen, die gleichzeitig die Vielfalt multipler Zielstellungen im Recycling berücksichtigen, wurde gemeinsam mit der Leitung der AKs ein Zielbild entwickelt. Es diente als Orientierungsrahmen, innerhalb dessen die UAKs jeweils stoffstromspezifische Schwerpunkte setzen konnten.

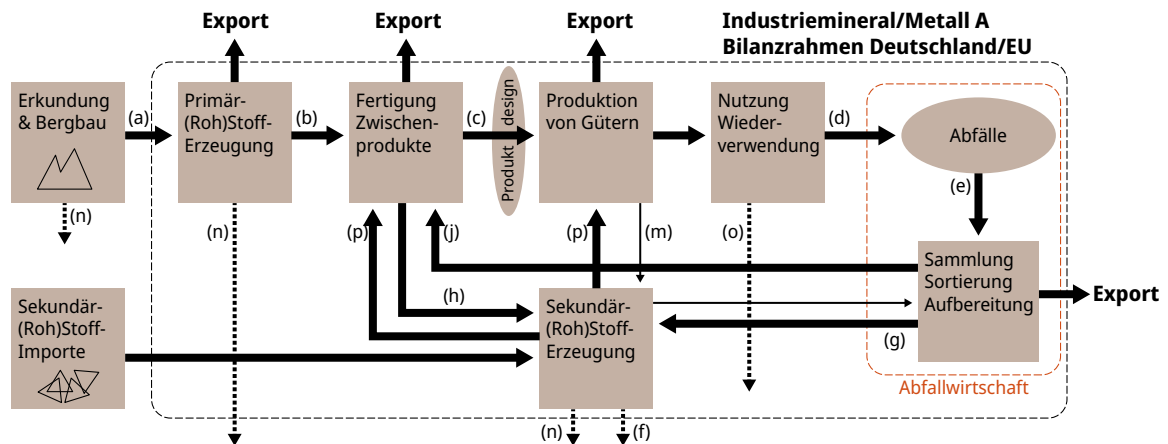
Thematische Dimensionen

	<p>Regulatorik umfasst alle Themen der Gesetzgebung und des rechtlichen Rahmens beispielsweise Genehmigungsverfahren, Normierungen, Gesetze/Regulierungen und Verordnungen auf europäischer und nationaler Ebene wie das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012), die Abfallverbringungsverordnung (VVA 2006) oder das Elektroaltgerätegesetz (ElektroG 2015). Neben bestehenden Regelwerken kann hierbei auch auf laufende Gesetzgebungsprozesse und politische Initiativen (zum Beispiel im Rahmen des Europäischen Green Deal) Bezug genommen werden.</p>
	<p>Technologie und Prozesse beschreibt alle verfahrenstechnischen und technologischen Aspekte wie beispielsweise Sortier-, Trenn- und Aufbereitungsverfahren sowie Prozesse des Recyclings.</p>
	<p>Infrastruktur und Logistik umfasst alle Themen, die für die Sammlung und den Transport von Stoffströmen notwendig sind. Darunter fallen unter anderem Sammlungsmöglichkeiten (Wertstoffhöfe, Einzelhandel, Postversand etc.) sowie Beförderungsmittel (Bahn, Lkw etc.) als auch deren Koordination und Realisierung.</p>
	<p>Anreize und Förderung schließt finanzielle und motivierende Anreize für die einzelnen Akteursgruppen sowie die Förderung von Aus- und Weiterbildung, Anschubfinanzierung und Ähnliches ein.</p>
	<p>Daten und Digitalisierung umfasst die Themen der Datenerhebung, -weitergabe, -management sowie -verarbeitung. Unter Digitalisierung werden alle Methoden und damit verbundene Prozesse verstanden, die analoge Prozesse digitalisieren und mögliche Auswirkungen von Maßnahmen datengestützt modellieren können.</p>



¹ Impliziert Steigerung der Substitutionsquote als Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen zum insgesamt genutzten Materialaufwand (UBA, 2019c).
² Durch Kreislaufschließung auf nationaler/europäischer Ebene gewonnen.
³ Wurden als besonders bedeutsame Zielkriterien festgelegt und dienen zur Synthese/Priorisierung entwickelter Lösungsoptionen.

Abb. 3: Zielbild der Dialogplattform Recyclingrohstoffe



(a)	Primärrohstoffeinsatz	(h)	Nebenprodukte und Abfälle aus Fertigung
(b)	veredelter Primär(roh)stoff	(j)	aufbereitete Abfälle für die Fertigung
(c)	Zwischenprodukte	(m)	Abfälle in der Produktion
(d)	End-of-Life (EoL) Produkte und Materialien	(n)	Bergbauabfälle und Schlacken
(e)	Abfall, gesammelt fürs Recycling	(o)	Dissipation in der Nutzungsphase
(f)	Abfall separiert für nicht-funktionales Recycling	(p)	Recyclingrohstoffe in der Fertigung und Produktion
(g)	aufbereitete Abfälle für Recycling		

Abb. 4: Grundlegende Referenzgrafik in Anlehnung an UNEP (2011)

2. Recycling von Metallen

Die Ergebnisse aus den Unterarbeitskreisen des Arbeitskreises Metalle bilden den inhaltlichen Kern des vollzogenen Dialogprozesses und wurden in detaillierten stoffstromspezifischen Steckbriefen beschrieben. Im Rahmen dieser Kurzfassung werden zentrale Inhalte zu den einzelnen Stoffströmen kurz skizziert und die relevanten Mengen für den jeweiligen Stoffstrom im Überblick dargestellt. Die kontrovers diskutierten Themen ohne gemeinsamen Konsens sind in dieser Kurzfassung nicht dargestellt.

Die ausführlichen Steckbriefe umfassen eine Beschreibung des jeweiligen Status quo und die daraus resultierenden Barrieren für das Recycling. Des Weiteren umfassen die Steckbriefe eine Beschreibung aller Handlungsoptionen (Enabler) sowie eine differenzierte Beurteilung

der „Machbarkeit“ sowie möglicher Zielkonflikte in der Umsetzung. Ein abschließendes Fazit schlussfolgert die nächsten Schritte für die Akteure aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung.

Im- und Exportmengen werden dabei gemäß der Handelsklassifikation des Harmonized Systems (HS) angegeben und bezeichnen Material mit nicht eindeutig definiertem Metallgehalt. Die Bergbauproduktion wird hier ausschließlich für die Metallherstellung betrachtet.

Der DOI-Link am Ende jeder Übersichtsseite verlinkt direkt auf den jeweiligen kompletten Steckbrief. Dieser umfasst alle Informationen und Quellennachweise.

2.1 Steckbrief – Aluminium

Aluminium. Durch das Legieren von Rohaluminium mit verschiedenen Elementen wie Magnesium (Mg), Silizium (Si), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) oder Zink (Zn), können bestimmte Eigenschaften eingestellt werden, sodass Aluminium

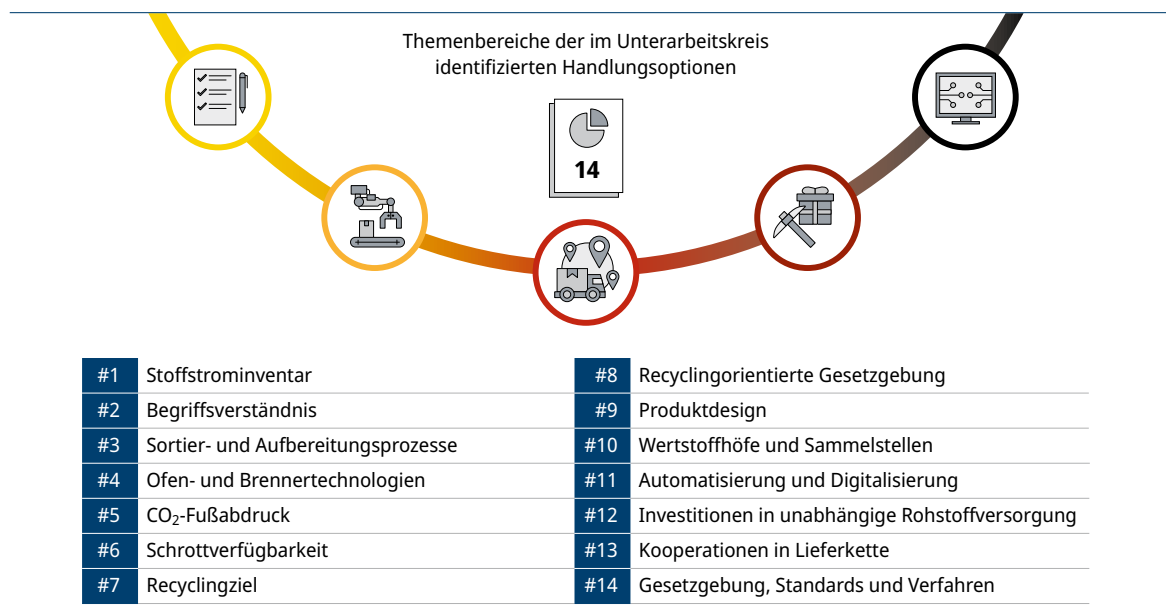
in den unterschiedlichsten Produkten Anwendung findet: Automobil- und Flugzeugindustrie, Verpackungsindustrie, Maschinenbau und Hochbau. Grundsätzlich wird zwischen Guss- und Knetlegierungen unterschieden, welche für das Recycling optimalerweise sortenrein erfasst werden müssen.

Tab. 1: Überblick Stoffstrom Aluminium (Referenzrahmen Deutschland 2021)

Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Aluminium (Referenzjahr 2021)		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion ¹	0	(BGR 2022)
Import (HS 2606; Erze und Konzentrate) ²	2.020.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 2606; Erze und Konzentrate) ²	34.700	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	509.000	(AD 2023)
Recyclingrohstoffe		
Import (HS 7602; Abfälle und Schrott) ²	1.040.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 7602; Abfälle und Schrott) ²	1.250.000	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹ (nur Refiner)	565.000	(AD 2023)

¹ Angaben in Tonnen Inhalt Aluminium-Metall

² Material mit nicht eindeutig definiertem Aluminiumgehalt



2.2 Steckbrief – Eisen und Stahl

Eisen und Stahl. Eisen- und Stahlschrott werden in Deutschland im Wesentlichen in der Eisen- und Stahlindustrie, Eisengießereien und bei der Produktion legierter Stähle eingesetzt.

Neben Eigen-, Alt- und Neuschrott sind vor allem Späne, Schleifschlämme und Weichschrotte sowie metallhaltige Filterstäube relevante Stoffströme in diesem UAK. Die Umstellung der Hochofentechnologie (BOF) auf Wasserstoff, die Umstellung auf Elektrolichtbogenöfen, das Direktinduktionsverfahren sowie Eisengießereien bestimmen zukünftig den Umgang mit Schrott.

Tab. 2: Überblick Stoffstrom Eisen und Stahl (Referenzrahmen Deutschland 2021)

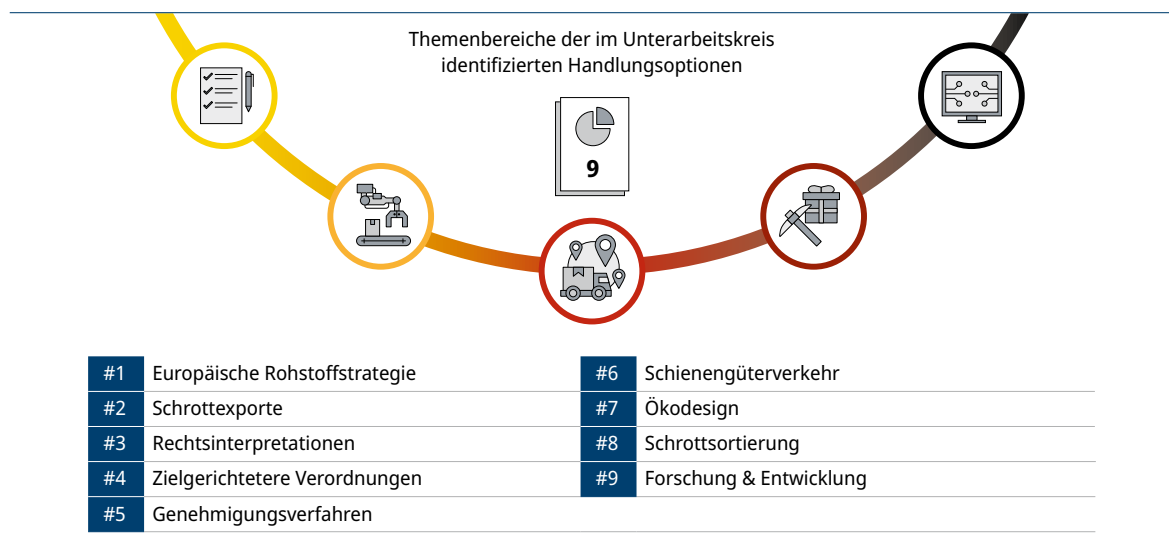
Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Eisen und Stahl (Referenzjahr 2021)		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion ¹	0	(BGR 2022)
Import (HS 2601; Erze und Konzentrate) ²	39.500.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 2601; Erze und Konzentrate) ²	1.480.000	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ^{1,3}	22.840.000	(WV STAHL 2022a)
Recyclingrohstoffe		
Import (HS 7204; Abfälle und Schrott) ²	5.030.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 7204; Abfälle und Schrott) ²	8.790.000	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion Rohstahl ^{1,4}	17.400.000	(WV STAHL 2022b)

¹ Angaben in Tonnen Inhalt Metall

² Material mit nicht eindeutig definiertem Metallgehalt

³ Errechnet aus Gesamtproduktion von 40 Millionen Tonnen abzüglich Stahlschrotteinsatz

⁴ Stahlschrotteinsatz in der Rohstahlproduktion



2.3 Steckbrief – Kupfer

Kupfer. Aufgrund seiner hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit sowie der elektromagnetischen Induktion betreffen die wichtigsten Anwendungen von Kupfer die Erzeugung, Umwandlung und den Transport von Energie in Ge-

neratoren, Transformatoren, Wärmetauschern und Kabeln. Kupfer ist ein zentraler Werkstoff für die Umsetzung der Energie- und Mobilitätswende und findet sich in vielen Produkten wieder, welche am Lebensende möglichst vollständig erfasst und dem Recycling zugeführt werden müssen.

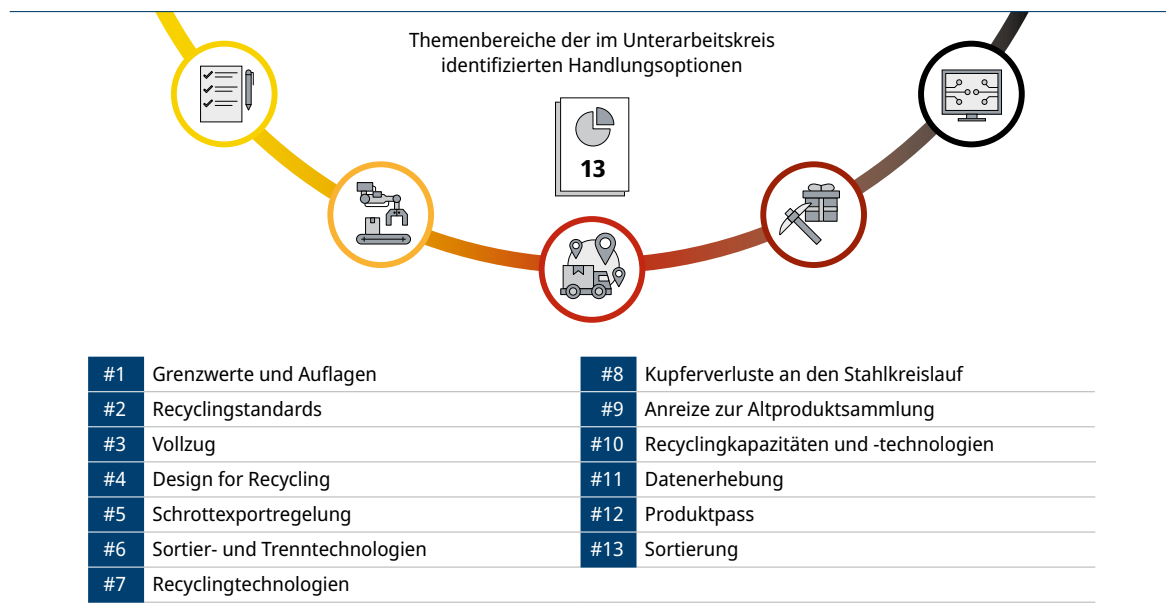
Tab. 3: Überblick Stoffstrom Kupfer (Referenzrahmen Deutschland 2021)

Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Kupfer (Referenzjahr 2021)		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion ^{1,2}	37	(BGR 2022)
Import (HS 2603, Erze und Konzentrate) ³	1.150.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 2603, Erze und Konzentrate) ³	44.500	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	384.000	(ICSG 2022)
Recyclingrohstoffe		
Import (HS 7404; Abfälle und Schrott) ³	589.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 7404; Abfälle und Schrott) ³	464.000	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	231.000	(ICSG 2022)

¹ Angaben in Tonnen Inhalt Kupfer

² Als Beiprodukt der Schwerspat- und Flussspatproduktion

³ Material mit nicht eindeutig definiertem Kupfergehalt



Steckbrief Kupfer

2.4 Steckbrief – Technologiemetalle

Technologiemetalle. Der Begriff „Technologiemetalle“ ist nicht eindeutig definiert, sodass für

den UAK eine beispielhafte Auswahl an zu betrachtenden Stoffströmen getroffen wurde: Magnesium, Zink und Wolfram. Charakteristisch für Technologiemetalle sind komplexe, geringhaltigere Massenströme und der Einsatz in Legierungen, Beschichtungen oder Spezialanwendungen.

Tab. 4: Überblick Stoffstrom Technologiemetalle (Referenzrahmen Deutschland 2021)

Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Technologiemetalle (Referenzjahr 2021)		
Magnesium		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion ¹	0	(BGR 2022)
Import (HS 810411; Rohform mit Mg ≥ 99,8 %)²,³	24.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 810411; Rohform mit Mg ≥ 99,8 %)²,³	1.350	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion	Keine Angabe	
Recyclingrohstoffe		
Import (HS 810420; Abfälle und Schrott)²	1.500	(DESTATIS 2023)
Export (HS 810420; Abfälle und Schrott)²	2.760	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	Keine Angabe	
Zink		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion ¹	0	(BGR 2022)
Import (HS 2608; Erze und Konzentrate)²	353.000	(DESTATIS 2023)
Export (HS 2608; Erze und Konzentrate)²	0	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	135.000	(ILZSG 2023)
Recyclingrohstoffe		
Import (HS 7902; Abfälle und Schrott)²	7.690	(DESTATIS 2023)
Export (HS 7902; Abfälle und Schrott)²	46.500	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	29.800	(ILZSG 2023)
Wolfram		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion ¹	0	(BGR 2022)
Import (HS 2611; Erze und Konzentrate)²	0	(DESTATIS 2023)
Export (HS 2611; Erze und Konzentrate)²	609	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	Keine Angabe	

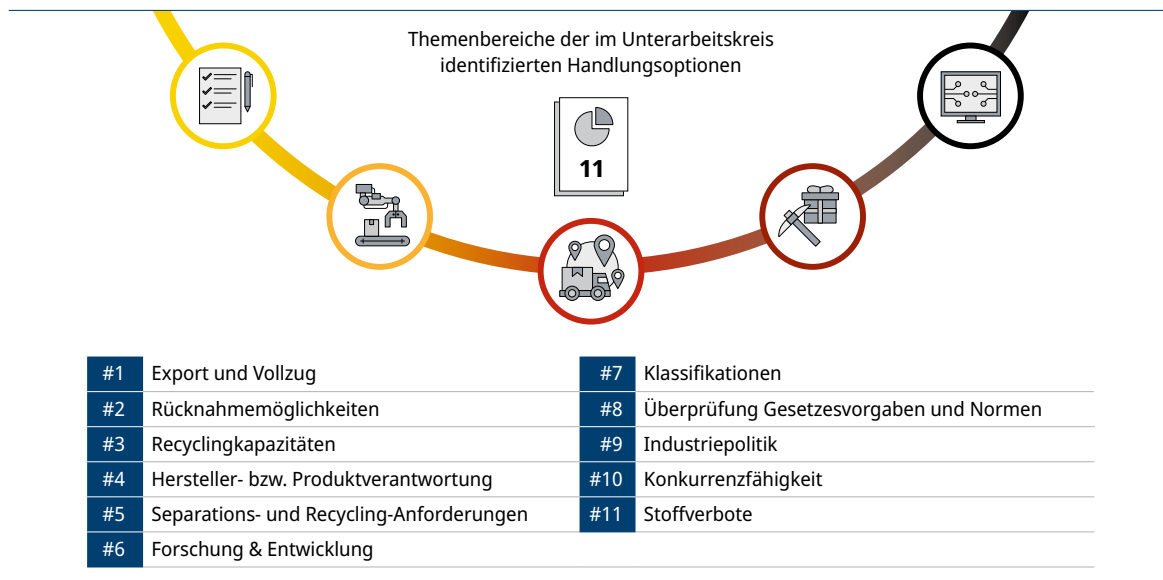
Tab. 4: Überblick Stoffstrom Technologiemetalle (Referenzrahmen Deutschland 2021)


Stoffströme	Menge [t]	Quelle
Recyclingrohstoffe		
Import (HS 810197; Abfälle und Schrott) ²	5.300	(DESTATIS 2023)
Export (HS 810197; Abfälle und Schrott) ²	7.260	(DESTATIS 2023)
Raffinadeproduktion ¹	Keine Angabe	

¹ Angaben in Tonnen Inhalt Metall

² Material mit nicht eindeutig definiertem Metallgehalt

³ HS Code unterscheidet nicht zwischen Rohform aus Primärquelle oder Recyclingrohstoff



 [Steckbrief Technologiemetalle](#)

2.5 Fazit für das Recycling von Metallen

Metalle sind für einen innovativen deutschen Wirtschafts- und Industriestandort unverzichtbar. Der primäre Metallerzbergbau findet in Deutschland fast nicht mehr statt, somit sind derzeit die beiden Standbeine der Rohstoffversorgung der Import und das Metallrecycling.

Die Massenmetalle Eisen und Stahl, Kupfer sowie Aluminium enthalten trotz Nachfragesteigerungen bereits circa 50 % an Recyclingrohstoffen in der Produktion (Neu- und Altschrotte, Recycling Input Rate). Im Vergleich dazu haben jedoch die ausgewählten Technologiemetalle noch geringere Rezyklatanteile, etliche weitere Technologiemetalle sogar nur im einstelligen Prozentbereich oder sie werden noch gar nicht zurückgewonnen. Diese Anteile an Recyclingrohstoffen in der Produktion und den Produkten können und müssen zweifelsohne noch weiter gesteigert werden.

Viele Metalle im Gebrauch haben bereits mehrere Recycling-Kreisläufe hinter sich, denn Metalle bergen (bis auf einige Legierungen) aufgrund ihrer Beschaffenheit das theoretische Potenzial einer nahezu vollständigen Schließung von Stoffkreisläufen ohne Qualitätsverlust. In der Realität werden die Grenzen des Recyclings durch ökonomische und ökologische Faktoren sowie reale Verluste in der Wertschöpfungskette (zum Beispiel bei Sammlung, Sortierung, Aufbereitung, Schmelzprozess) definiert. Weitere Verluste können durch Dissipation oder Bindung in Schlacken, (Untertage-)Deponien und so weiter entstehen. Es ist also verstärkt dafür Sorge zu tragen, dass sämtliche Metalle, welche genutzt werden, nicht verloren gehen, dem Recycling zur Verfügung stehen und möglichst verlustarm in Kreisläufen genutzt werden.

Auch wenn ein stoffstromspezifischer Ansatz gewählt wurde, sind viele der identifizierten Barrieren und Handlungsfelder metallübergreifend genannt worden. Als übergreifende Handlungsfelder wurden identifiziert (siehe zur Erläuterung Abbildung 1):

- recyclingfreundliches Produktdesign,
- Recycling in Gesetzgebung stärker berücksichtigen,
- Transparenz von Stoffströmen,
- verbindliche und einheitliche Sammel-, Separations- und Sortieranforderungen.

Für die Metallrecyclingwirtschaft in Deutschland und Europa werden Metallschrotte benötigt. Weltweite Wertschöpfungsketten in der Produktion führen auch zu weltweiten Wertschöpfungsketten in der Recyclingwirtschaft. Das Thema Schrottexporte ebenso wie das Thema Stoff- und Produktverbote wurde im Rahmen der Dialogplattform bis zum Schluss weiterhin kontrovers diskutiert.

Metallrecycling leistet einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz, der im derzeitigen Klimaschutzgesetz noch nicht angemessen abgebildet wird. Die Energiewende benötigt im hohen und steigenden Maße Metalle, die langfristig verstärkt durch Recycling bereitgestellt werden. Dennoch kann Recycling den Metallbedarf nicht decken, daher sollten primäre und sekundäre Metallverarbeitung gemeinsam gedacht werden. Die nachhaltige Transformation der Wirtschaft erfordert also sowohl eine Energiewende als auch eine Rohstoffwende. Die erarbeiteten Handlungsoptionen können dabei unterstützen, die dafür notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen.

3. Recycling von Industriemineralen

In der Dialogplattform Recyclingrohstoffe wurde der Begriff „Industriemineralen“ als Titel beziehungsweise Oberbegriff gewählt, um die Stoffströme der Industriemineralen, Baurohstoffe, Industriellen Reststoffe und Nebenprodukte sowie die Keramischen Rohstoffe (Feuerfestkeramik) zusammenzufassen. Der Begriff beinhaltet auch die Steine und Erden-Rohstoffe und fasst somit die ebenfalls geläufige Verwendung der „Bau- und Industriemineralen“ zusammen.

Die Ergebnisse aus den Unterarbeitskreisen des Arbeitskreises Industriemineralen bilden den inhaltlichen Kern des vollzogenen Dialogprozesses und wurden in detaillierten stoffstromspezifischen Steckbriefen beschrieben. Im Rahmen dieser Kurzfassung werden zentrale Inhalte zu den einzelnen Stoffströmen kurz skizziert und die relevanten Mengen für den jeweiligen Stoff-

strom im Überblick dargestellt. Die kontrovers diskutierten Themen ohne gemeinsamen Konsens sind in dieser Kurzfassung nicht dargestellt.

Die ausführlichen Steckbriefe umfassen eine Beschreibung des jeweiligen Status quo und die daraus resultierenden Barrieren für das Recycling. Des Weiteren umfassen die Steckbriefe eine Beschreibung aller Handlungsoptionen (Enabler) sowie eine differenzierte Beurteilung der „Machbarkeit“ sowie möglicher Zielkonflikte in der Umsetzung. Ein abschließendes Fazit schlussfolgert die nächsten Schritte für die Akteure aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung.

Der DOI-Link am Ende jeder Übersichtsseite verlinkt direkt auf den jeweiligen kompletten Steckbrief. Dieser umfasst alle Informationen und Quellennachweise.

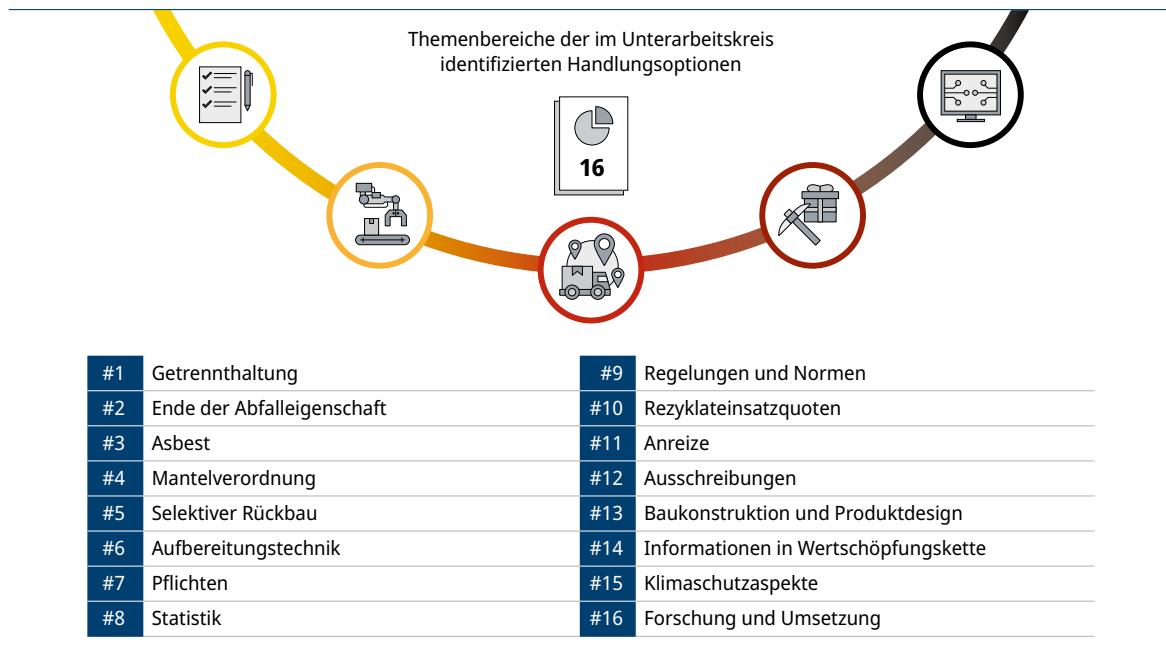
3.1 Steckbrief – Baurohstoffe

Baurohstoffe. Der UAK Baurohstoffe befasst sich in Abgrenzung zu den weiteren UAKs des AK Industriemineralien ausschließlich mit nicht gefährlichen mineralischen Bau- und Abbruch-

abfällen. Der Fokus der Betrachtungen liegt damit auf den Stoffströmen Bauschutt (Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik und Gemische aus Mauerwerk, Putzen etc.), Straßenaufbruch sowie Boden und Steine. Nicht berücksichtigt werden Bauabfälle auf Gipsbasis, die im UAK Gips behandelt werden.

Tab. 5: Überblick Stoffstrom Baurohstoffe (Referenzrahmen Deutschland 2020)

Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Baurohstoffe (Referenzjahr 2020)		
Mineralische Bauabfälle, davon	220.600.000	(KWB 2023)
Boden und Steine	129.200.000	(KWB 2023)
Bauschutt	60.000.000	(KWB 2023)
Straßenaufbruch	16.900.000	(KWB 2023)
Baustellenabfälle	13.800.000	(KWB 2023)
Bauabfälle auf Gipsbasis	741.000	(KWB 2023)



[Steckbrief Baurohstoffe](#)

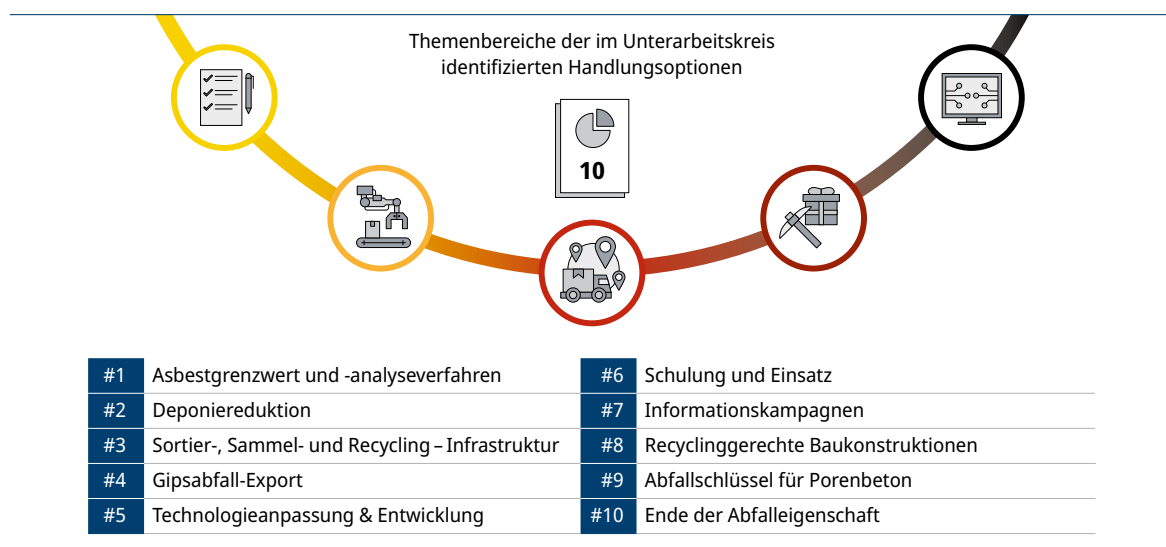
3.2 Steckbrief – Gips

Gips. Der UAK Gips fokussiert sich auf Gips aus dem Recycling. Naturgipse, synthetische Gipse und „Sekundärgipse“ (Gipse, die im Rahmen chemisch-industrieller Prozesse entstehen, wie

zum Beispiel REA-, Phosphor- oder Lithiumgips) werden), thematisch nur tangiert und bedürfen einer gesonderten Betrachtung. Weitere Informationen hinsichtlich des Inhaltlichen Zuschnitts des Unterarbeitskreises finden sich in der Langfassung des Berichts.

Tab. 6: Überblick Stoffstrom Gips (Referenzrahmen Deutschland 2020)

Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Gips (Referenzjahr 2020)		
Primärrohstoffe		
Bergbauproduktion/Primärrohstofferzeugung	5.200.000	(BGR 2022)
Import	197.000	(BGR 2022)
Export	752.000	(BGR 2022)
Recyclingrohstoffe		
Bauabfälle auf Gipsbasis, davon ca. 50 % recyclingfähig	741.000	(DESTATIS 2023)
Import	Nicht erfasst	
Export	Nicht erfasst	
RC-Gips (aus Bauabfällen auf Gipsbasis)	63.000	(BGR 2022)
REA-Gips	3.860.000	(BGR 2022)



 [Steckbrief Gips](#)

3.3 Steckbrief – Keramische Rohstoffe (Feuerfestkeramik)

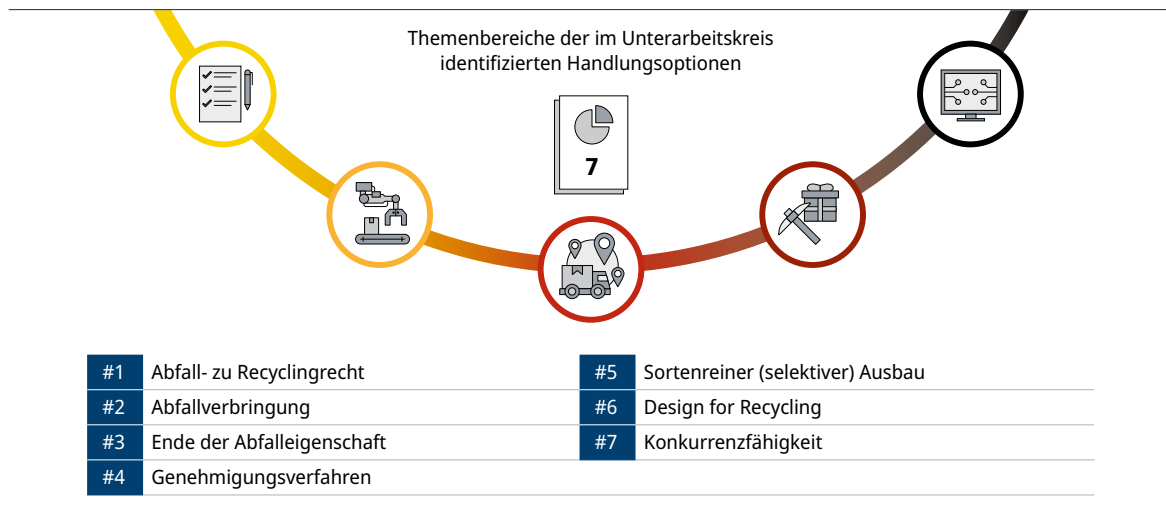
Keramische Rohstoffe. Der UAK Keramische Rohstoffe fokussiert sich auf Feuerfestkeramiken. Baukeramiken etc. werden im UAK Baurohstoffe behandelt. Zudem wird der weitere Fokus

auf feuerfeste Abfälle aus der Stahlindustrie gelegt, da dort rund 60 – 65 % der feuerfesten Produkte verwendet werden. Auch bei einer ausschließlichen Betrachtung der feuerfesten Abfälle, die in der Stahlindustrie generiert werden, kann man nicht nur von einem Stoffstrom sprechen, da die verwendeten feuerfesten Produkte, je nach Anwendung, auf einer unterschiedlichen Rohstoffbasis beruhen.

Tab. 7: Überblick Stoffstrom Feuerfestkeramik (Referenzrahmen Deutschland 2020)

Stoffströme	Menge [t]	Quelle
UAK Feuerfestkeramik (Referenzjahr 2020)		
... aus metallurg. Prozessen Kohlenstoffbasis (AVV 161101*)	11.700	(DESTATIS 2023)
... aus metallurg. Prozessen Kohlenstoffbasis (AVV 161102)	1.900	(DESTATIS 2023)
... aus metallurg. Prozessen (AVV 161103*)	60.000	(DESTATIS 2023)
... aus metallurg. Prozessen (AVV 161104)	462.900	(DESTATIS 2023)
... aus nichtmetallurg. Prozessen (AVV 161105*)	16.200	(DESTATIS 2023)
... aus nichtmetallurg. Prozessen (AVV 161106)	51.800	(DESTATIS 2023)

* Gefährlicher Abfall



Steckbrief Keramische Rohstoffe

3.4 Steckbrief – Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte

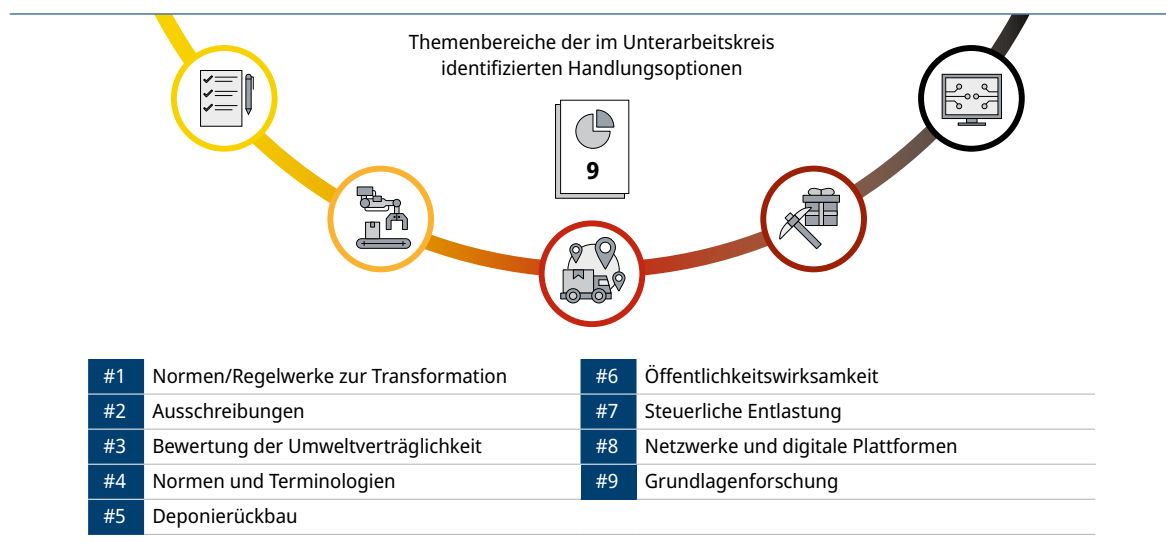
Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte. Der UAK befasst sich mit den aus industriellen Prozessen erzeugten Reststoffen oder Nebenprodukten. Zu beachten ist bei einigen der industriellen Nebenproduktstoffströme die teil-

weise unterschiedliche Zielsetzung im Hinblick auf deren Nutzung. Dabei geht es zum einen um die (Rück-)Gewinnung möglichst großer Anteile der metallischen Fraktionen und zum anderen um die möglichst vollständige Nutzung der mineralischen Fraktionen. Genauer betrachtet wurden Eisenhüttenschlacken (EHS), Metallhüttenschlacken (Nicht-Eisen-Schlacken), Hausmüllverbrennungsaschen (HMVA) und Rotschlamm.

Tab. 8: Überblick Stoffstrom Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte (Referenzrahmen Deutschland)

	Menge [t]	Referenz(jahr)	Quelle
Industrielle Nebenprodukte gesamt	45.000.000	2020	(MERKEL & REICHE 2020)
Eisenhüttenschlacken	12.500.000	2021	(FEHS 2022)
Rückstände der Rauchgasreinigung der Stahlproduktion	1.600.000	2021	Hochrechnung ¹
Kupferschlacke	1.000.000	2021	AURUBIS AG 2022
Hausmüllverbrennungsasche (aufbereitete HMVA)	4.700.000	2022	(ITAD & IGAM 2022)
Rotschlamm (AOS-STADE)	900.000	2022	(AOS-STADE 2022)
Sonstige Nebenprodukte (v. a. Kraftwerksrückstände)	24.300.000	2020	(MERKEL & REICHE 2020)

¹ Hochrechnung: 40 Millionen Tonnen pro Jahr Rohstahl · 40 Kilogramm pro Tonne Rückstände



Industrielle Reststoffe und Nebenprodukte

3.5 Fazit für das Recycling von Industriemineralen

Für die Zielstellungen der Versorgungssicherheit, Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit sind Industriemineralen von erheblicher Bedeutung. Die große Relevanz der Stoffströme im Bereich Industriemineralen wird insbesondere vor dem Hintergrund einer gleichbleibenden oder aufgrund der Bautätigkeit in den kommenden Jahren eher steigenden Nachfrage unterstrichen. Damit wird eine sichere Versorgung mit Industriemineralen in Zukunft neben einer nachhaltigen heimischen Förderung auf dem Recycling basieren.

Im Gegensatz zu Metallen haben die Stoffströme der Industriemineralen durch ihre Mengenrelevanz im heimischen Abbau und Abfallaufkommen großen Einfluss in den folgenden Themenfeldern:

- **Fläche:** Der Abbau von Primärrohstoffen führt zum Verbrauch/zur Beanspruchung von Flächen. Auch wenn Tagebau/Gruben/Steinbrüche in Deutschland insgesamt nur 0,4 % der Bodenfläche einnehmen, kann dies insbesondere in Metropolregionen mit hohem Verbrauch an Baustoffen und vielfältigen Ansprüchen an die Flächennutzung zu Flächenkonkurrenzen oder der Notwendigkeit des Transports von Primärrohstoffen aus weiter entfernten Vorkommen führen.
- **Biodiversität:** Vorkommen von Primärmaterialien finden sich auch an Orten mit wertvollen Ökosystemen. Im Hinblick auf den Erhalt dieser Ökosysteme und das Schutzziel Biodiversität stehen diese nicht zur Verfügung und verknappen daher das Angebot an Primärrohstoffen.
- **Deponievolumen:** Aufgrund ihrer Mengenrelevanz trägt die Beseitigung von Industriemineralen maßgeblich zum Verbrauch von kostbarem und knappem Deponievolumen bei. Bau- und Abbruchabfälle sind die dominierenden Abfälle, die auf Deponien beseitigt werden. Mehr Recycling schont somit Deponievolumen.

Die Potenziale der Treibhausgasreduktion konzentrieren sich im Bereich der Industriemineralen vor allem auf den Stoffstrom Zement beziehungsweise Beton aus dem Abbruch von Gebäuden und Infrastruktur. Wegen der großen Klimarelevanz der Zementproduktion sollte hierauf künftig ein besonderes Augenmerk liegen.

Weitere Einsparpotenziale für Treibhausgase würden sich möglicherweise bieten, wenn durch den Einsatz von Recyclingmaterial als Substitut für Primärmaterial Transportentfernung eingespart werden könnte. Dieser Aspekt ist aber sehr stark von individuellen Rahmenbedingungen des Anfalls der Materialien abhängig.

Auch wenn ein stoffstromspezifischer Ansatz gewählt wurde, sind viele der identifizierten Barrieren und Handlungsfelder für Industriemineralen insgesamt genannt worden. Als übergreifende Handlungsfelder wurden identifiziert (zur Erläuterung siehe Abbildung 1):

- Rechtssichere Festschreibung des Endes der Abfalleigenschaft
- Getrennthaltung von Abfallströmen/Selektiver Rückbau
- Stärkung des Einsatzes von Recyclingrohstoffen durch Regeln und Anreize
- Regelungssystem für rechtssichere Behandlung des Asbestproblematik
- Verbesserte Klassifizierung als Basis für digitale Erfassung und Nachweissystem

Die erarbeiteten Handlungsoptionen können zur Schaffung der notwendigen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen beitragen und das Recycling von Industriemineralen zukünftig verbessern.

4. Fazit zur Dialogplattform Recyclingrohstoffe

Die Arbeiten im Rahmen der Dialogplattform Recyclingrohstoffe haben aufgezeigt, dass teils noch große Barrieren überwunden werden müssen, um eine möglichst vollständige und verlustfreie physische Kreislaufschließung für die ausgewählten Metalle (Kupfer, Eisen und Stahl, Aluminium und Technologiemetalle Zink, Wolfram, Magnesium) und Industrieminerale (Baurohstoffe, Gips, Feuerfestkeramik und industrielle Reststoffe und Nebenprodukte) in Deutschland zu etablieren. Insgesamt wurden im ersten Schritt des Dialogprozesses über alle Unterarbeitskreise circa 250 Barrieren von den Teilnehmenden identifiziert, welche einer Stärkung des Recyclings entgegenstehen. Der Schwerpunkt lag hierbei neben regulatorischen Barrieren vor allem auf den Themen Technologien und Prozesse sowie Anreize und Förderung. Basierend auf dieser systematischen Analyse bestehender Barrieren im Status quo wurden über die gesamte Projektlaufzeit 94 stoffstromspezifische Handlungsoptionen über die verschiedenen Unterarbeitskreise hinweg erarbeitet. Diese sind in den Steckbriefen der UAKs beschrieben und werden hinsichtlich ihrer Machbarkeit und möglicher Zielkonflikte diskutiert. Übergreifend konnten durch die Leitung der Arbeitskreise neun stoffstromübergreifende Handlungsfelder abgeleitet werden.

Die enge Einbindung der zuständigen Ministerien und Behörden durch direkten Austausch und den Runden Tisch wurden seitens der Teilnehmenden als großer Mehrwert empfunden. So wurden bereits vorläufige Zwischenergebnisse der Dialogarbeit in das Eckpunktepapier des BMWK zu einer resilienten und nachhaltigen Rohstoffversorgung mit einbezogen. Der Abschlussbericht stellt zudem einen wichtigen Input in der Erstellung der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) unter Federführung des BMUV dar. Hierbei können gerade die Machbarkeitsbewertungen der entwickelten

stoffstromspezifischen Handlungsoptionen mit ihren dargelegten Zielkonflikten eine wichtige Grundlage für die weitere interministerielle Abstimmung spielen.

Rückblickend hat sich das dreistufige Vorgehen im Dialogprozess, bestehend aus der Identifikation der Barrieren, Entwicklung von Handlungsoptionen und Bewertung der Machbarkeit, bewährt. Dies ermöglichte die Schaffung einer transparenten Entscheidungsgrundlage, die von einer Vielzahl von Akteuren mitgetragen wird. Auch in Zukunft sollten deshalb Dialogformate bereitgestellt werden, um mit Akteuren entlang der Wertschöpfungskette über Potenziale zur Verbesserung des Recyclings ins Gespräch zu kommen und auf sich ändernde Rahmenbedingungen zeitnah reagieren zu können. Insbesondere sollte dabei darauf geachtet werden, dass verstärkt auch Akteure am Anfang des Wertschöpfungskreislaufs mit einbezogen werden, um Themen wie Design for Recycling vor dem Hintergrund einer erweiterten Produktverantwortung von Beginn an ganzheitlich mitdenken zu können. Dabei bietet sich ein Austausch zu ganz konkreten stoffstrom- oder produktspezifischen Herausforderungen an, um zu möglichst zielführenden Maßnahmen zu gelangen, die das Recycling im jeweiligen Kontext schnell und effektiv verbessern. Der Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe soll auf diesem Weg einen wichtigen Beitrag leisten.

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Wilhelmstraße 25–30
13593 Berlin

dera@bgr.de

