
RECYCLINGPOTENZIAL VON TECHNOLOGIE- METALLEN UND ANDEREN KRITISCHEN ROHSTOFFEN

WORKSHOP

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie,
Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.

Berlin, 21. September 2015

Dr. Asja Mrotzek-Blöß

Projektteam:

Asja Mrotzek-Blöß

Jochen Nühlen

Hartmut Pflaum

Matthias Franke

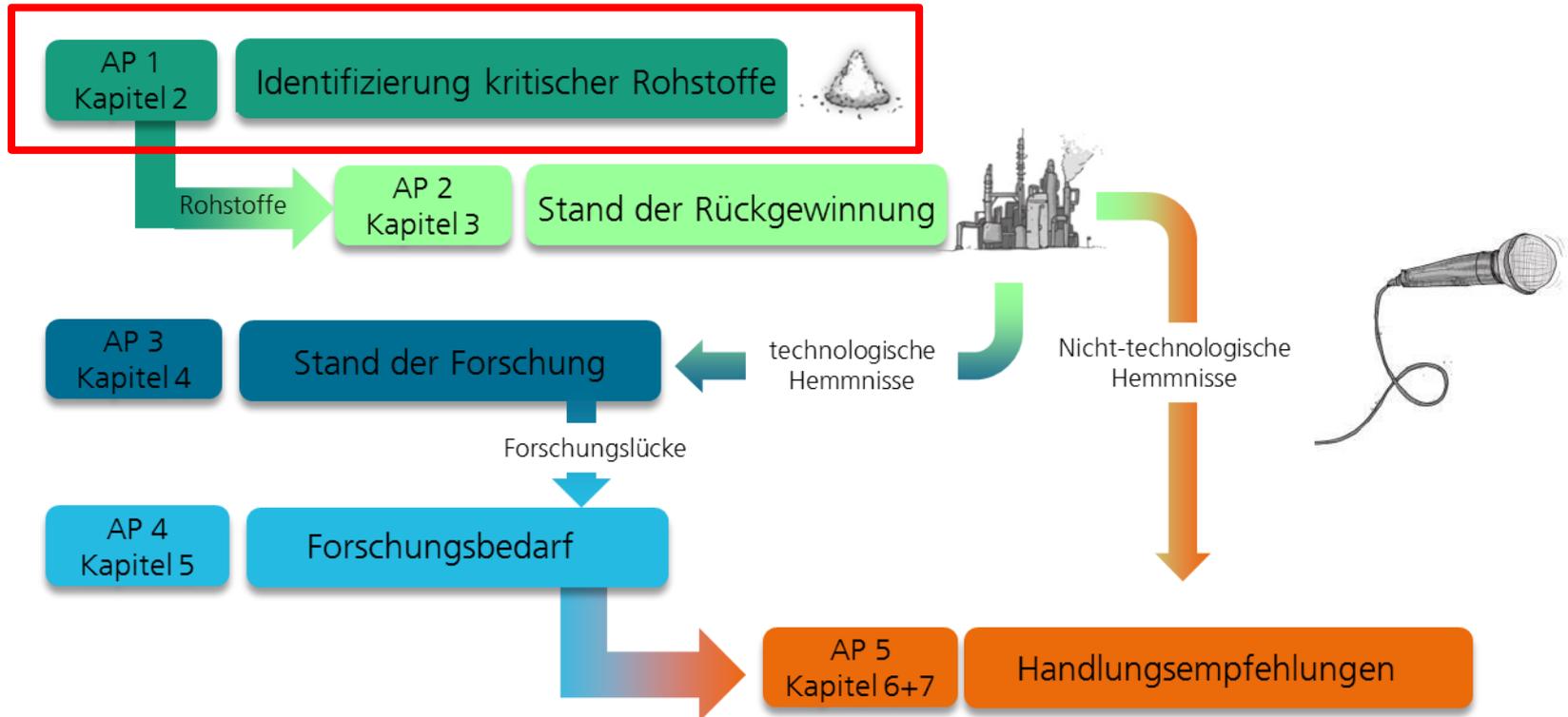
Stephanie Kroop

Katharina Reh

Stand: 18. September 2015

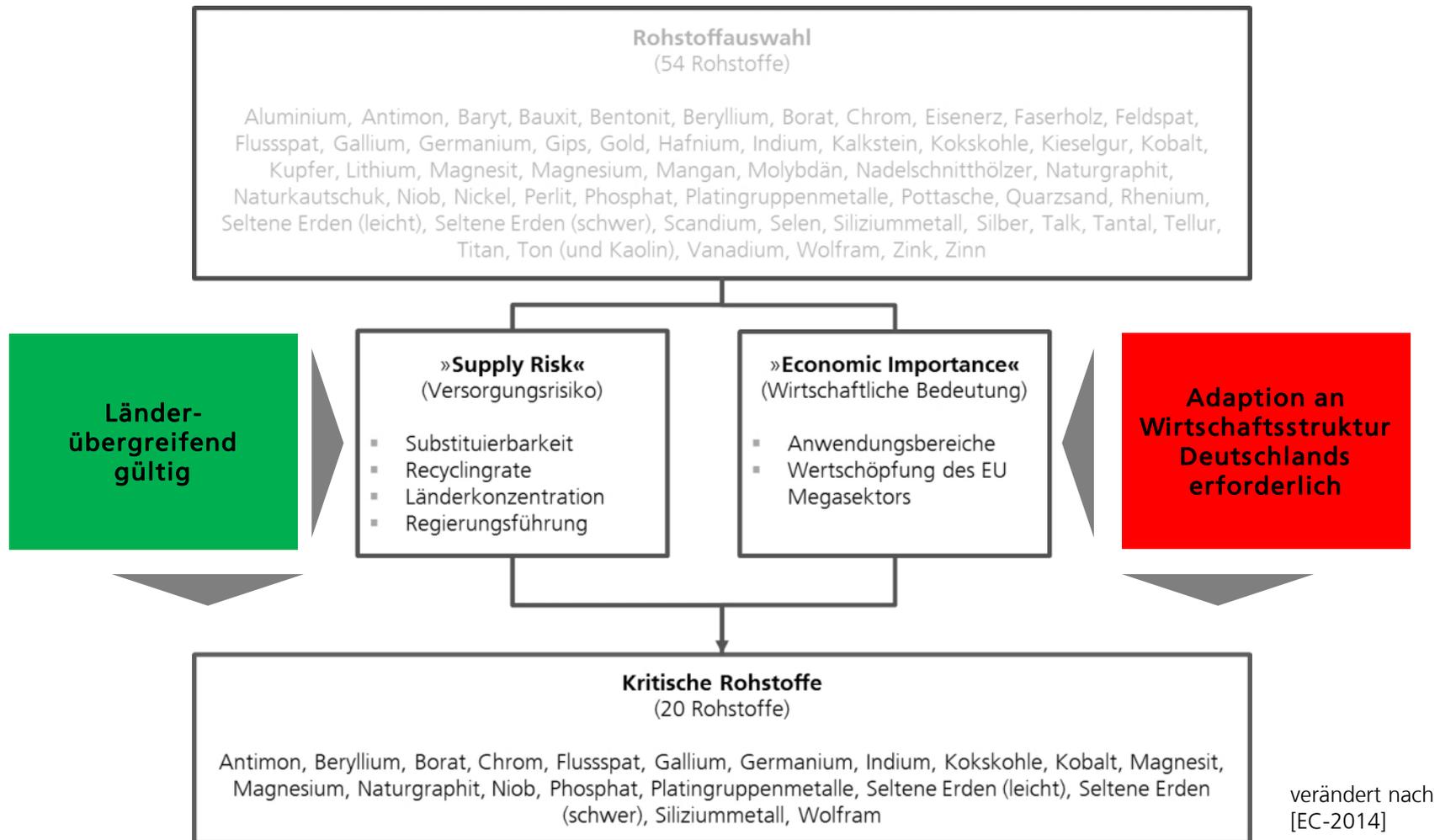


Projekt- und Studienaufbau



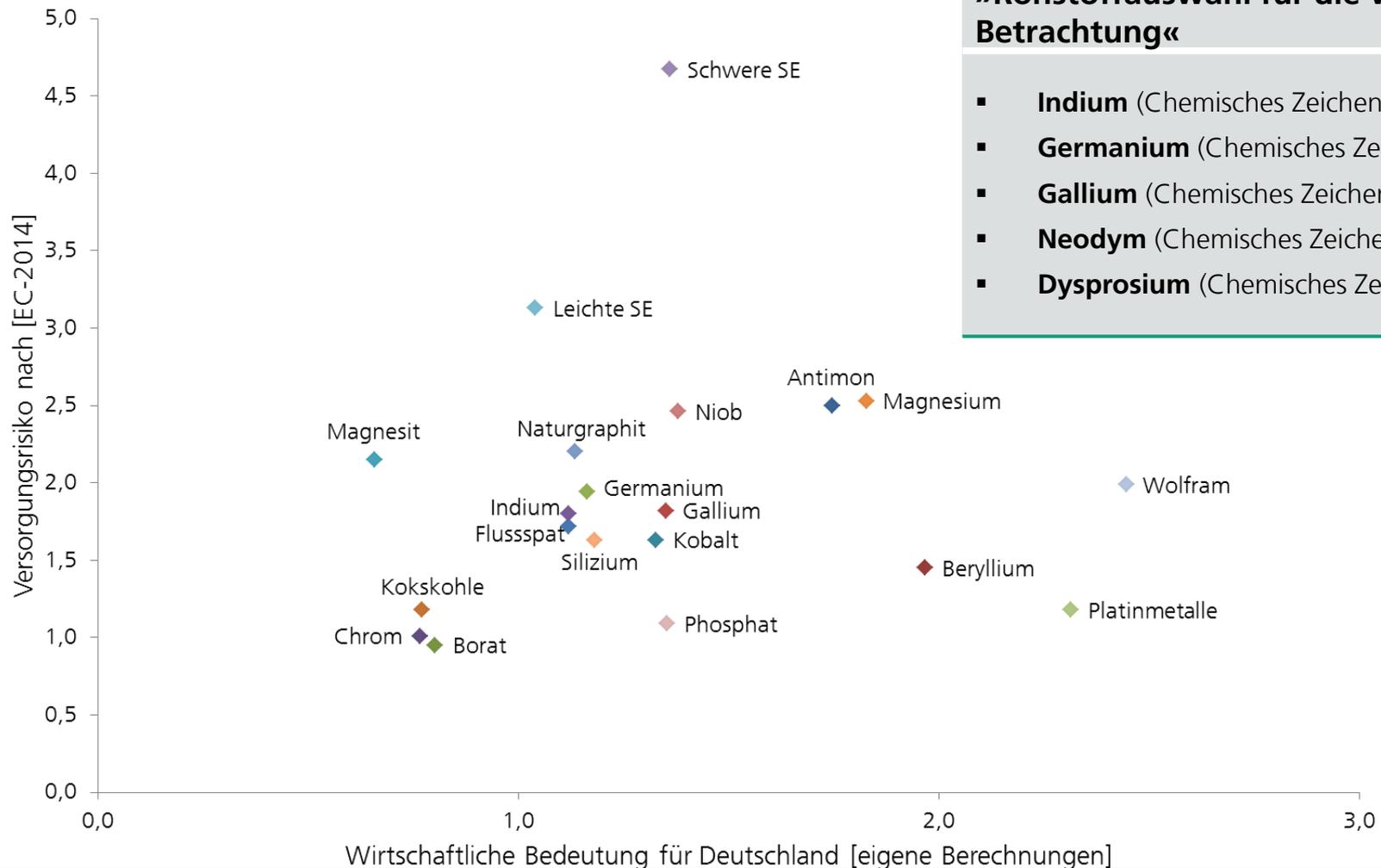
Identifizierung kritischer Rohstoffe

Methodik Kritikalitätsbewertung der EU



Identifizierung kritischer Rohstoffe

Ergebnis der Rohstoffbewertung



»Rohstoffauswahl für die weitere Betrachtung«

- **Indium** (Chemisches Zeichen: In)
- **Germanium** (Chemisches Zeichen: Ge)
- **Gallium** (Chemisches Zeichen: Ga)
- **Neodym** (Chemisches Zeichen: Nd)
- **Dysprosium** (Chemisches Zeichen: Dy)

Stand der Rückgewinnung

Status Quo für ausgewählte Rohstoffe

	Indium	Germanium	Gallium	Neodym / Dysprosium
End of Life Recyclingrate [UNEP-2011]	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
Recyclinganteil (RA) [UNEP-2011]	25-50 %	25-50 %	10-25 %	1-10 %
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> Vorwiegend Recycling aus Produktionsrückständen Erhebliche Ineffizienzen bei der Aufbringung von ITO-Schichten In D vorwiegend Forschungsaktivitäten zum Recycling von LCD- Bildschirmen und teilw. Photovoltaik 	<ul style="list-style-type: none"> Vorwiegend Recycling aus Produktionsrückständen Stoffströme ab einem Ge-Gehalt >2 % für Recycling interessant Germaniumverluste durch Anwendung als Katalysator bei PET-Herstellung 	<ul style="list-style-type: none"> Vorwiegend Recycling aus Produktionsrückständen Galliumrecycling erfordert hohe Reinheiten der Inputströme Etwa 15 % Verluste bei der Galliumarsenid- Waferproduktion bzw. -verarbeitung Bei aktuellen Recyclingverfahren erheblicher Chemikalienverbrauch (NaOH und HCl) 	<ul style="list-style-type: none"> Vorwiegend Recycling aus Produktionsrückständen; In D anfallende Rückstände werden nach China exportiert Kein Recycling aus Magneten (Hauptanwendungsgebiet) in D bzw. Europa in industriellem Maßstab Zukünftiges Recycling haupts. auf Magnete aus Großanwendungen (z. B. Windkraft) ausgerichtet

Stand der Rückgewinnung

Technologische Hemmnisse – Verluste

Metall	Gehalt in allen 2010 in D verkauften Notebooks [Mg]	Verluste bei der Erfassung	Verluste bei der Vorbehandlung	Verluste bei der Endbehandlung	Rückgewinnung in Deutschland [Mg]
Indium	0,29	50 %	20 %	100 %	0
Gallium	0,010	50 %	40 %	100 %	0
Neodym	15,16	50%	100 %	100 %	0
Dysprosium	0,43	50 %	100 %	100 %	0
Kobalt	461,31	50%	20 %	4 %	177

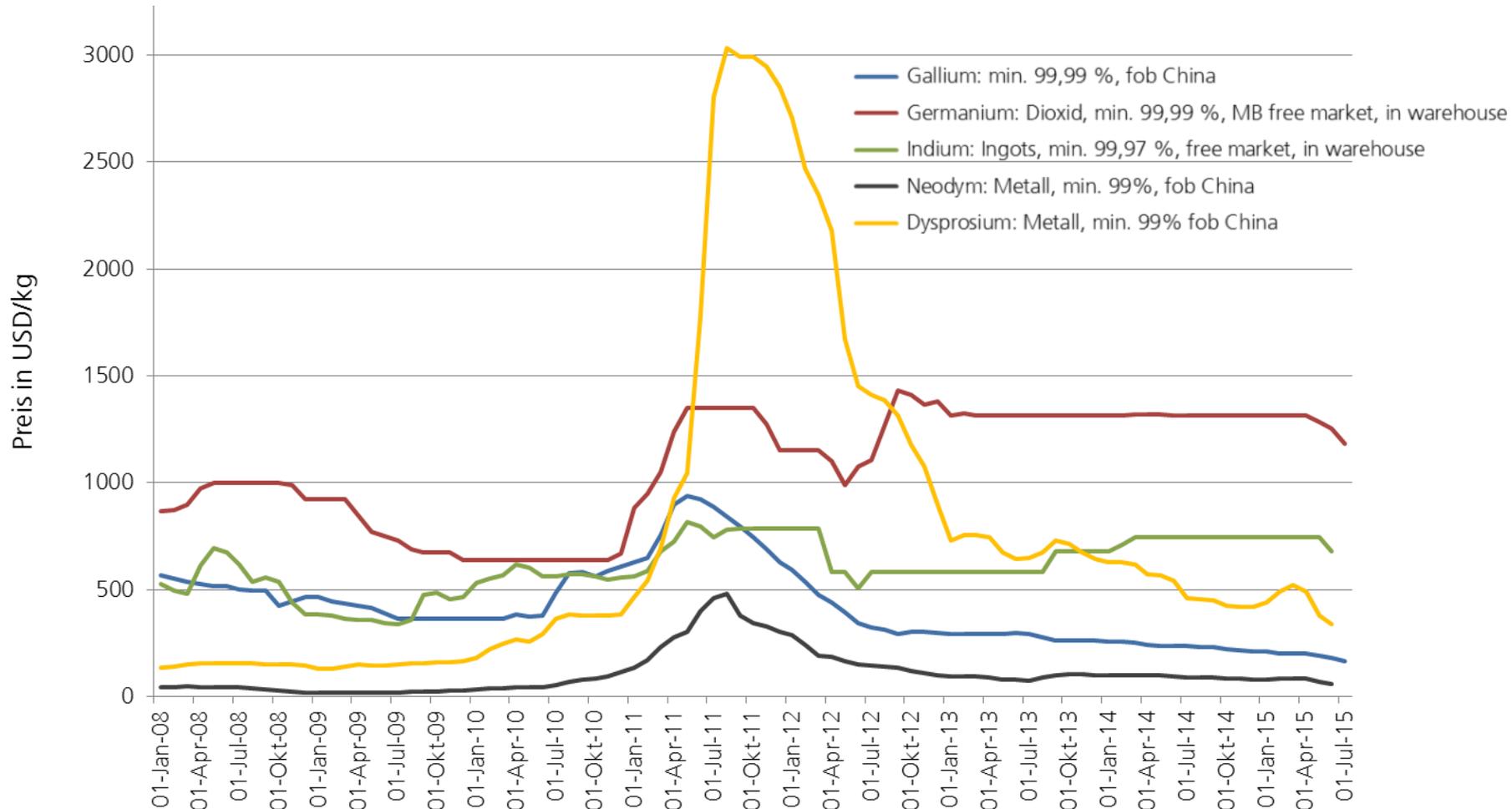
Verändert nach [Manhardt-2012]

»Mangelhafte Infrastruktur und Datenverfügbarkeit«

- Hohe Verluste im Erfassungsschritt (z. B.: durch nicht fachgerechte Entsorgung, durch mangelndes Bewusstsein des Bürgers und informelle Sammlungen)
- Bestehende Vorbehandlungs- und Recyclingverfahren sind vorwiegend auf Massen- und Edelmetalle ausgerichtet
- Kaum Informationen zu Zusammensetzung und Aufbau von EoL-Produkten verfügbar, dadurch häufig keine optimale Gestaltung von Erfassung, Vorbehandlung und Recycling
- Mangelnde Investitionssicherheit für Implementierung von Recyclingverfahren aufgrund fehlender Informationen zum Rohstoffgehalt in Abfällen und dessen zukünftiger Entwicklung

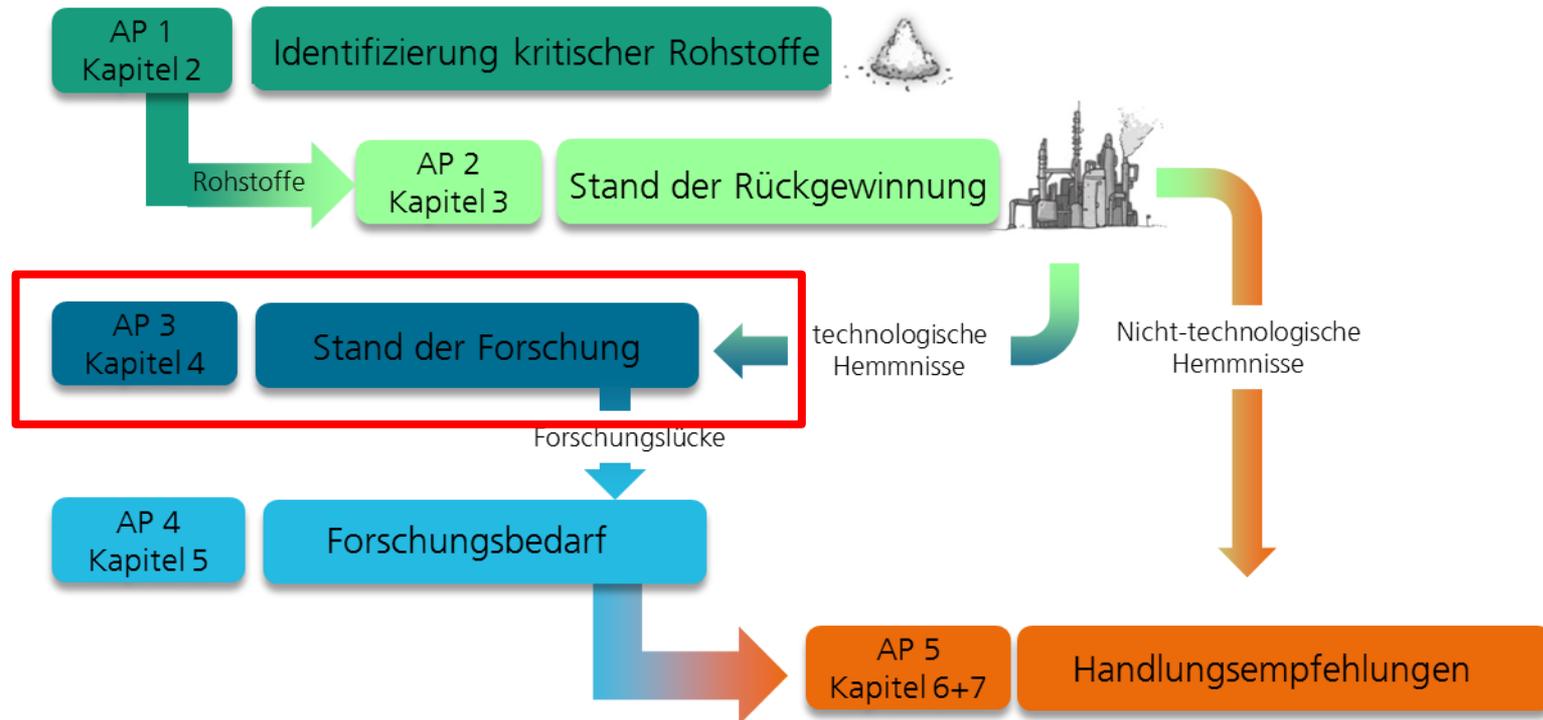
Stand der Rückgewinnung

Wirtschaftliche Hemmnisse



[DERA-2015]

Projekt- und Studienaufbau

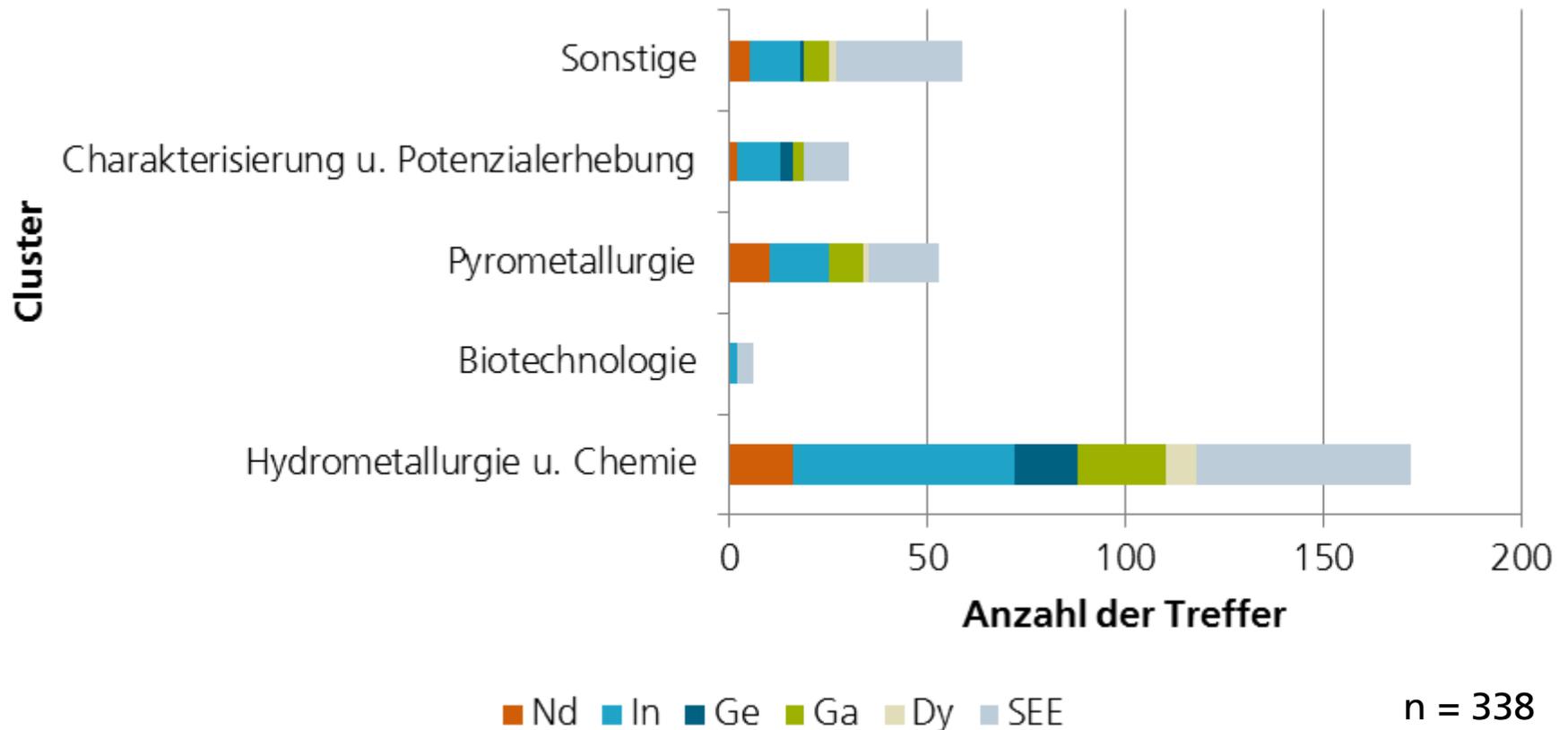


Stand der Forschung

- Screening relevanter Veröffentlichungsmedien für wissenschaftliche Arbeiten
 - Wissenschaftliche Veröffentlichungen
 - Patente
 - Öffentlich geförderte Forschungsprojekte
- Prüfung auf Relevanz
- Einteilung der Ergebnisse in Verfahrenscluster
 - Chemische/hydrometallurgische Verfahren
 - Biotechnologische Verfahren
 - Pyrometallurgische Verfahren
 - Charakterisierung und Potentialerhebung
 - Sonstige
- Einordnung der Ergebnisse nach Entwicklungsstand in Anlehnung an TRL-System der EU

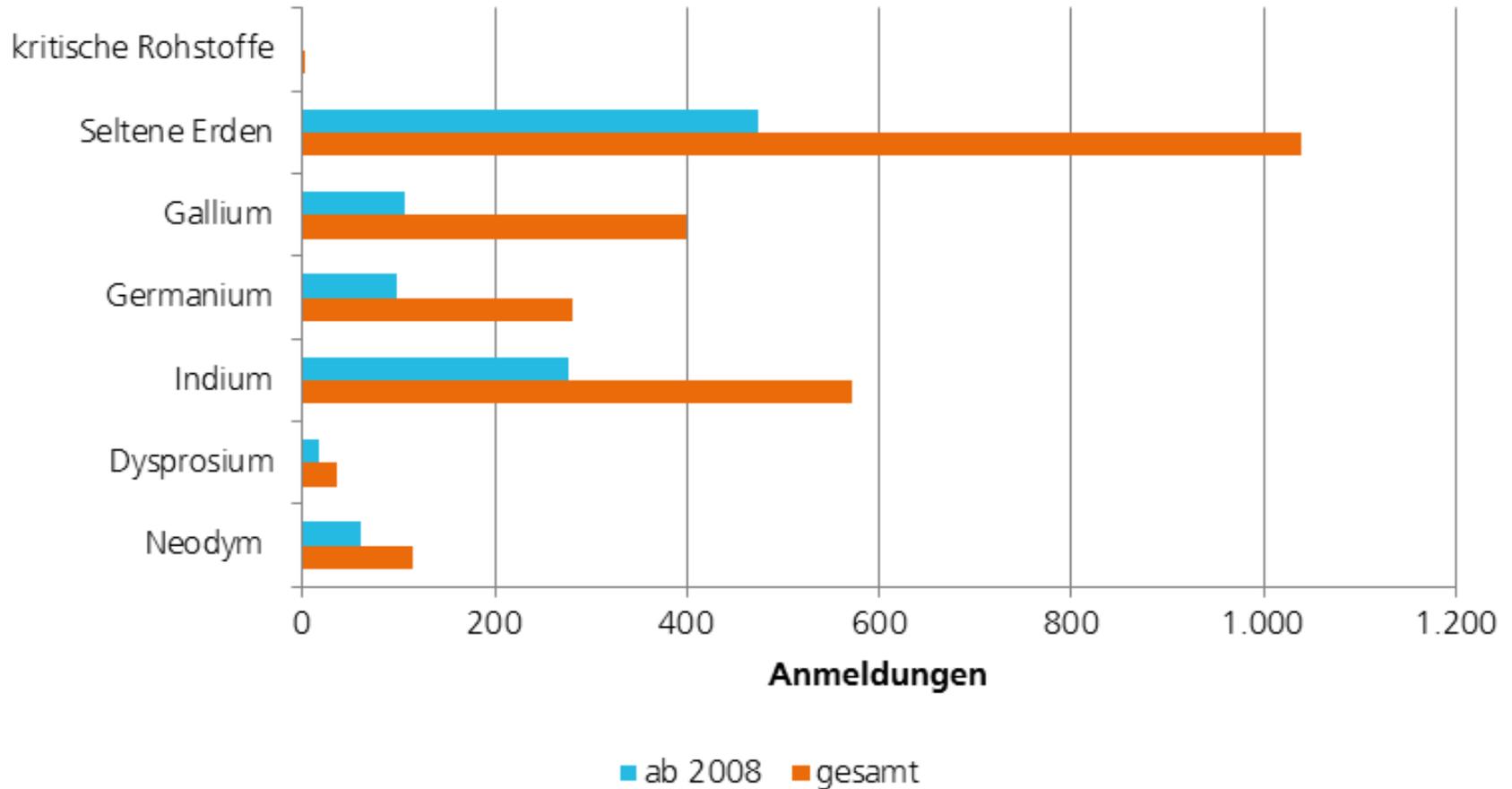
Stand der Forschung

Veröffentlichungen nach Element und Verfahren



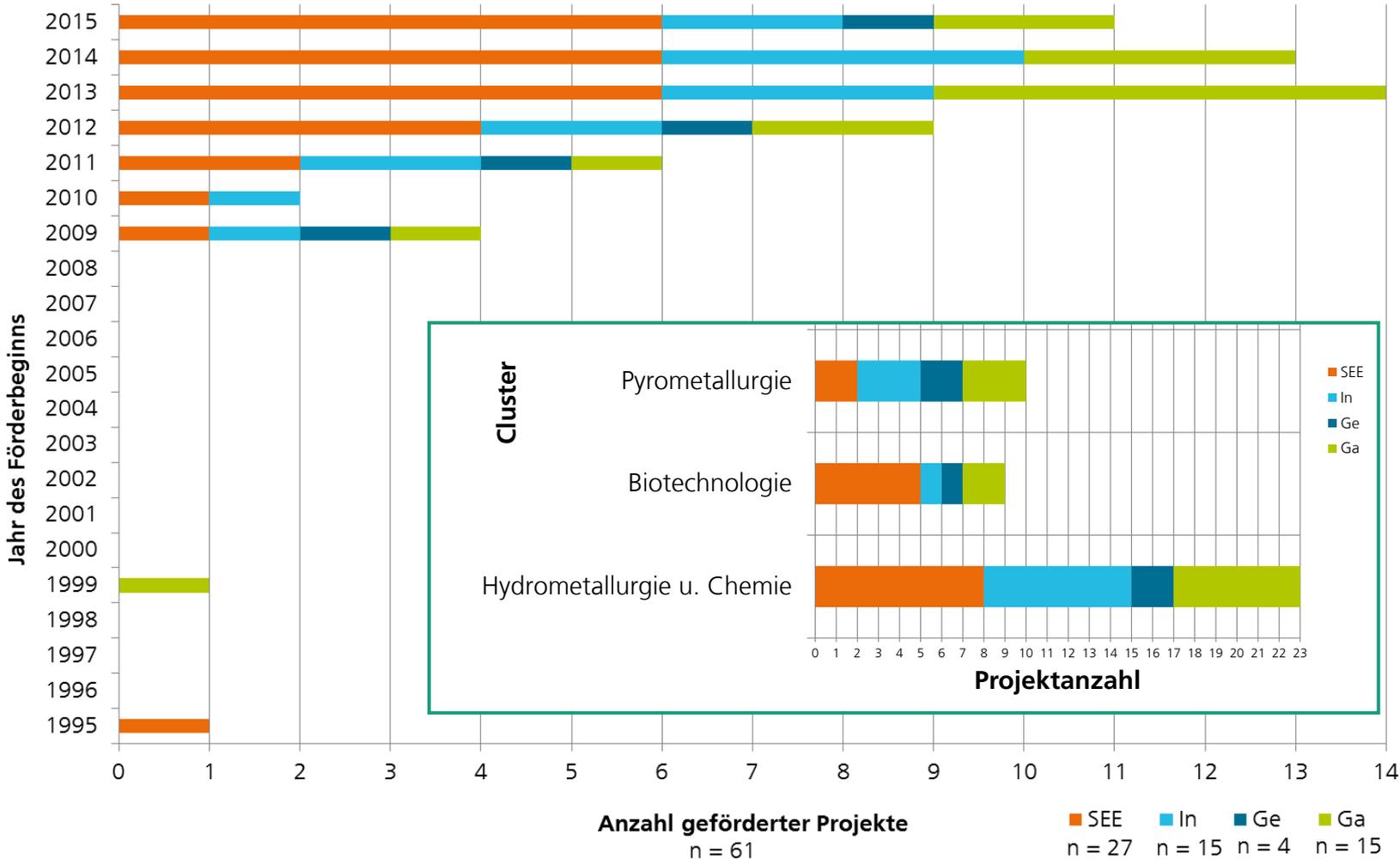
Stand der Forschung

Patentanmeldung der ausgewählten Elemente



Stand der Forschung

Forschungsprojekte nach ausgewählten Elementen

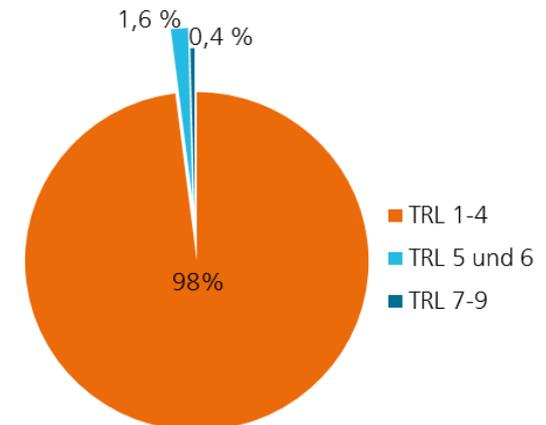


Stand der Forschung

Entwicklungsstand von Forschungsprojekten

Technologiereife								
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
Beobachtung des Funktionsprinzips	Beschreibung der Anwendung einer Technologie	Nachweis der Funktions-tüchtigkeit einer Technologie	Versuchsaufbau im Labor	Versuchsaufbau in Einsatzumgebung	Prototyp in Einsatzumgebung	Prototyp im Einsatz	System mit Nachweis der Funktions-tüchtigkeit im Einsatzbereich	System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes
Labor/lab environment				Demonstration in Einsatzumgebung/relevant environment		Tatsächlicher Einsatz/operational environment		

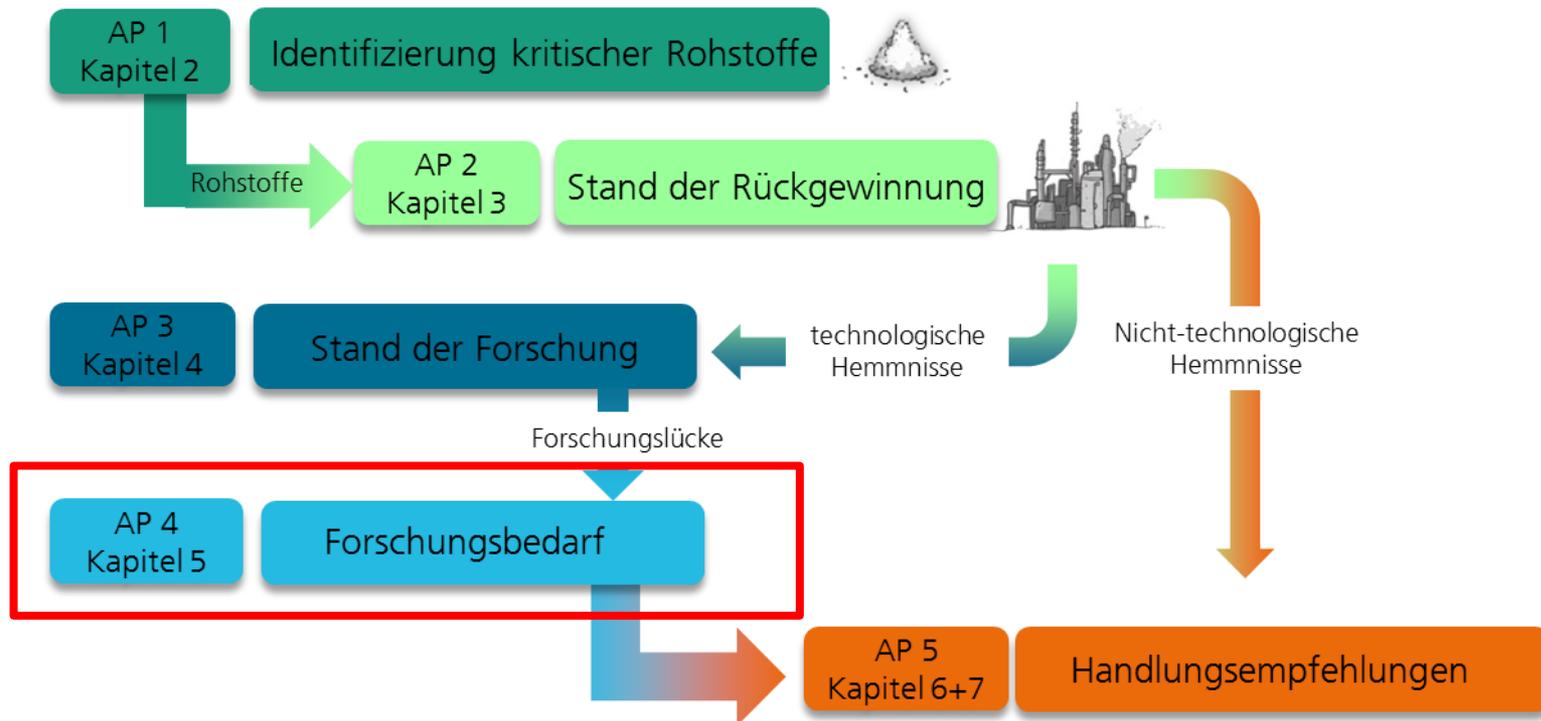
- Veröffentlichungen überwiegend zu TRL 1-4
- Vorläufige Ergebnisse BMBF r³-Fördermaßnahme
Erwartungen zu Projektende (Stand April 2015)
 - 43 % bis TRL 4
 - 29 % TRL 5+6
 - 29 % TRL 7-9



TRL = Technology Readiness Level

Auswertung ScienceDirect, eigene Darstellung

Projekt- und Studienaufbau



Forschungsbedarf

Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung

- Nach betrachteten Elementen ...
 - Germanium

- Nach betrachteten Recyclingverfahren ...
 - pyrometallurgische Verfahren

- Nach Entwicklungsstand ...
 - Labormaßstab oder diskontinuierlichen Technikumsmaßstab
 - Nächste Entwicklungsstufe: Demonstrationsanlagen

Forschungsbedarf

Erkenntnisse aus begleitenden Interviews

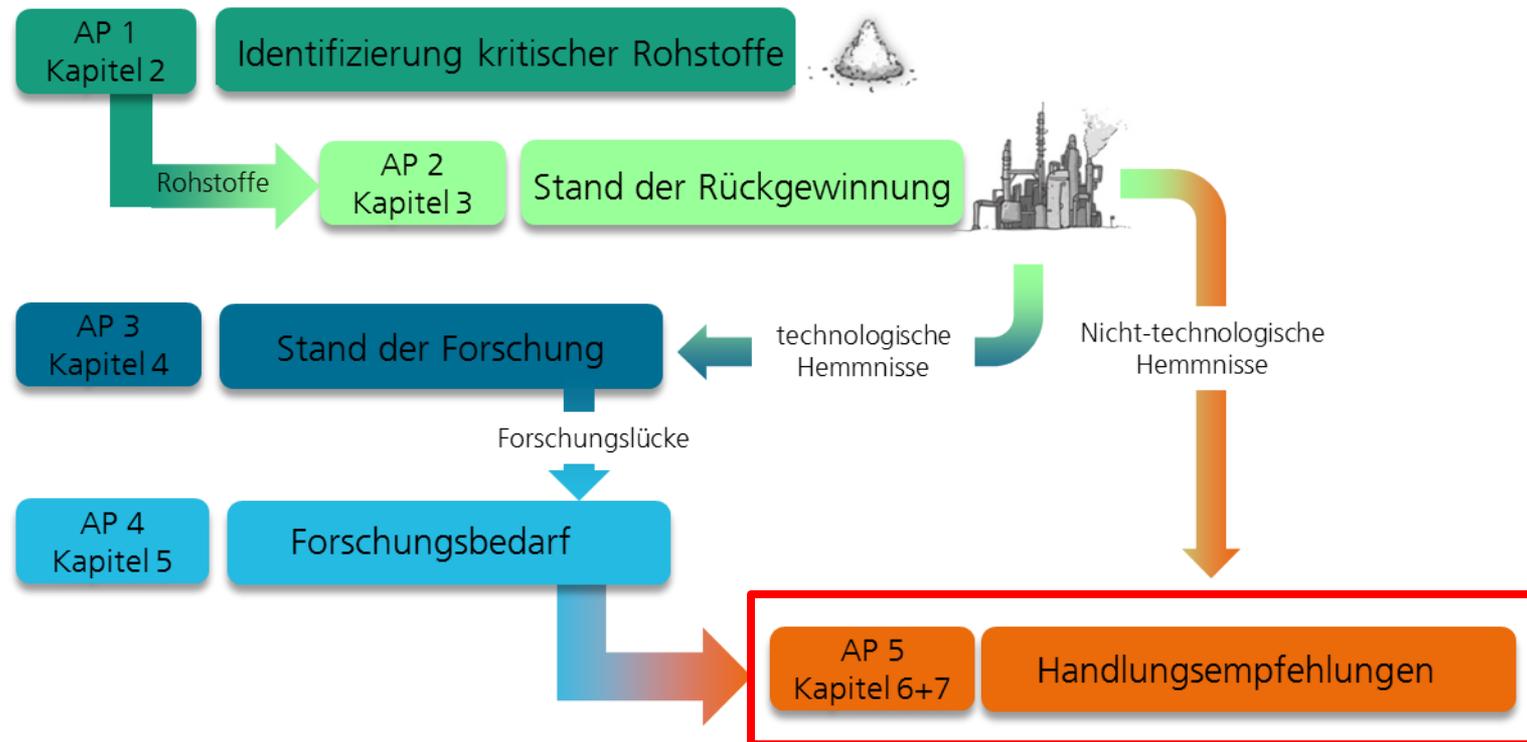
- Dokumentation von Forschungsprojekten
 - Belastbare oder standardisierte Daten

- Erreichte Produktqualitäten
 - Absatzwegen oder -märkte

- Einsatzmengen und -qualitäten
 - Geringkonzentrierte Elemente in vielen unterschiedlichen Produkten
 - Kurze Innovationszyklen der Produkte

- Anlagengröße
 - Kritische Materialmenge
 - Modulare, flexible Anlagen

Projekt- und Studienaufbau



Handlungsempfehlungen

Kernaussagen der bisherigen Ergebnisse

- Kein wirtschaftliches Recycling der betrachteten Elemente aus End-of-Life-Produkten
- Kein spezieller Bedarf an recycelten Sekundärrohstoffen
- Kaum aktuelles geschütztes technisches Know-how
- Nur wenige Verfahrensentwicklungen in der großtechnischen Anwendung

Daraus resultierende Handlungsempfehlungen...

- Weitere Beobachtung der Märkte und Rohstoffverfügbarkeit
- Regelmäßige Befragungen zur Rohstoffversorgung und Bezugslage
- Fortlaufende Dokumentation und Auswertung von Forschungsergebnisse und internationaler Schutzrechtsslage
- Erneute Beschäftigung mit dem Thema bei einer erneuten Verknappung der Rohstoffe

Handlungsempfehlungen

Mögliche Folgen der Handlungsempfehlung

- Entwicklungsstand von Rückgewinnungsverfahren entspricht bei einer erneuten Verknappung dem heutigen Stand
- Direkte Anknüpfung an heutigen Kenntnisstand schwierig
- Direkte bzw. zeitnahe Kompensation fehlender Primärstoffe durch Sekundärrohstoffe nicht möglich

Daher perspektivische Handlungsempfehlungen...

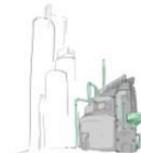
- Mittel- bis langfristiger Kompetenzerhalt und -aufbau
- Schrittweise Implementierung einer Recyclingwirtschaft für kritische Rohstoffe

■ Themen:

■ Wissensbasis



■ Technologieausbau



■ Rechtliche Möglichkeiten



■ Kompetenzaufbau



Handlungsempfehlung 1

Verbesserung der Wissensbasis



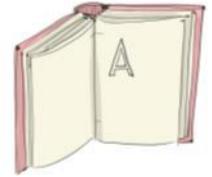
Information über verbaute Wertstoffe in Produkten und Bauteilen über den gesamten Lebenszyklus verbessern

- Steigerung des Recyclingpotenzials über bessere
 - Erkenntnisse enthaltener Stoffe in Produkten/Bauteilen
 - Informationen über den gesamten Lebenszyklus
 - Idealerweise elektronisch auslesbar
 - Erkennen von Bauteilen/Produkten mit einem bestimmten Minimalgehalt kritischer Rohstoffe

- Mögliche Maßnahmen:
 - Stakeholderdialoge zur Problembeschreibung, Lösungsfindung und Projektentwicklung
 - Machbarkeitsstudie zur Datengenerierung, zu geeigneten Technologien, Innovationen und Industrie 4.0-Konzepten
 - Erarbeitung von Daten-/Übertragungsstandards der Informationsbereitstellung

Handlungsempfehlung 2

Verbesserung der Wissensbasis



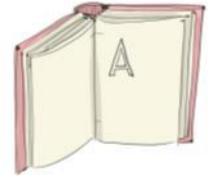
Langfristiger Aufbau eines virtuellen Katasters für Sekundärrohstoffe in langlebigen Produkten

- Planungsgrundlage über Stoffströme in der Zukunft über
 - Vorhandene Ressourcenkataster zu Gebäuden und Halden
 - Ausbau mit Daten zu EoL-Produkten (Zusammensetzung/Nutzungsdauern)
 - Möglicherweise Einbindung abfallschlüsselscharfer Analysen zu kritischen Rohstoffen

- Mögliche Maßnahmen:
 - Datengrundlage über Mengen und Zusammensetzungen von Produkten und Urban Mining-Stoffströmen
 - Prognosen über erwartbare Stoffströme und deren Wertstoffgehalte
 - Verbindung der Materialströme mit räumlichen Informationen (Erstellung von Rohstofflandkarten)
 - Erarbeitung bzw. Weiterentwicklung dynamischer Stoffstrommodellierungen

Handlungsempfehlung 3

Verbesserung der Wissensbasis



Wissensbasis zu Rohstoffbedarfen und Verknüpfung mit Angebot und Verbleib von Sekundärrohstoffen

- Sichere Bestimmung der Rohstoffkritikalität für Deutschland
 - Spezifische Betrachtung der Anwendungsgebiete in Deutschland
 - Schwankungen auf dem primären Rohstoffmarkt
 - Verknüpfung Rohstoffnachfrage und Sekundärrohstoffangebot

- Mögliche Maßnahmen:
 - Anpassung der statistischen Datengrundlage
 - Bedarfslage und Stoffstromanalyse für Primärrohstoffe für Deutschland
 - Detaillierte Stoffstromanalysen für ausgewählte Rohstoffe zur Abbildung des spezifischen Bedarfs einzelner Industriezweige
 - Fortsetzung und Ausbau des Monitorings der Rohstoffmärkte (primär und sekundär)



Handlungsempfehlung 4

Nutzung rechtlicher Möglichkeiten

Bestehende und geplante Rechtsvorschriften konsequenter für die Verbesserung des Recyclings kritischer Rohstoffe nutzen

- Ansätze zur Steigerung des Recyclings kritischer Rohstoffe (weiter)nutzen
 - Europaweite Vorgaben zum Design for Recycling
 - Informationspflichten (ElektroG und Ökodesign-RL) konkreter gestalten
 - Berücksichtigung der Rückgewinnung kritischer Rohstoffe in Behandlungsverordnung nach ElektroG

- Mögliche Maßnahmen:
 - Normierte Vorgaben für Informationen zur Produktzusammensetzung
 - Prüfung der Aufnahme von Maßnahmen zur Anreicherung von kritischen Metallen bei der geplanten Behandlungsverordnung nach ElektroG
 - Prüfung der Implementierung von Vorgaben zur verpflichtenden Rückgewinnung von kritischen Rohstoffen aus Geräten oder Baugruppen ab gewissen Elementkonzentrationen



Handlungsempfehlung 5

Technologieausbau

Verbessern der Sammlung und Erfassung, Verhindern von Dissipationseffekten

- Erfassung und Sammlung von Produkten die kritische Rohstoffe enthalten
 - Berücksichtigung von Produkten, die heute nicht im Fokus stehen
 - Zusammenfassung von Bauteilen/Produkten und gebündelte Weiterleitung
 - Export von Produktionsrückständen (wegen fehlender Aufbereitungsanlagen)

- Mögliche Maßnahmen:
 - Stakeholderdialoge zur Diskussion relevanter Stoffströme
 - Monitoring und wiederkehrende Prüfung der Sammelmengen von EAG
 - Bereits bei der Erfassung und Sammlung möglichst Fraktionen mit vergleichbaren Zielmetallkonzentrationen erzeugen
 - Weiterentwicklung von spezifischen Identifikations- und Konzentrations-techniken für kritische Rohstoffe



Handlungsempfehlung 6

Technologieausbau

Realisierung von Demonstrationsanlagen in Zusammenarbeit von öffentlicher Hand, Wirtschaft und Wissenschaft

- Schließen der Entwicklungslücke »Demonstrationsanlage«
 - Erhebung belastbarer Daten (Massenbilanzen, Verschleißdaten, Einsatzstoffe)
 - Optimierung von Laborverfahren
 - Flexible, modulare Techniken (adaptierbar auf unterschiedliche Aufgaben)
 - Genehmigungsdauern

- Mögliche Maßnahmen:
 - Entwicklung und Bereitstellung von standardisierten Vorgaben (Dokumentation)
 - Ggf. Aufbau einer neuen Forschungslinie »Mikro-Recyclingtechnik«
 - Frühzeitige Kooperation von Wissenschaftlern und Business Development
 - Geschäfts-/Finanzierungsmodelle
 - Vereinfachung und Beschleunigung von Genehmigungsverfahren



Handlungsempfehlung 8

Kompetenzaufbau

Materialspezifischer Kompetenzaufbau

- **Fachkräfte für Entwicklung, Bau und Betrieb von Anlagen**
 - Fachrichtungen: Metallurgie, Chemie
 - Absolventenzahlen decken nicht den Bedarf
 - Akademische Lehre und Forschung sowie berufsbegleitenden Weiterbildungsangebote stärken

- **Mögliche Maßnahmen:**
 - Schaffung von disziplinübergreifenden Lehrstühlen
 - Integration des Themas in Lehrpläne von allgemeinbildenden Schulen und Berufsschulen
 - Schaffung einer virtuellen Kompetenz-/Wissensplattform
 - Forschungslücke Germanium schließen
 - Patentanmeldungen im Bereich kritischer Rohstoffe kontinuierlich analysieren



Handlungsempfehlung 9

Kompetenzaufbau

Vernetzung von Kompetenzen und Branchen stärken

- Erfahrungen im Umgang mit betrachteten Stoffströmen fehlen
 - Bewegte bzw. gehandelte Masse
 - Kompetenzen zu Hydro- oder Pyrometallurgie fehlen in der Abfallwirtschaft
 - Kompetenzen im Bergbau, chemischer Industrie und Metallurgie vorhanden
 - Wünschenswert: Koordinierte Zusammenarbeit über Branchen hinweg

- Mögliche Maßnahmen:
 - Stakeholderdialoge zur Themen- und Strukturfindung
 - Identifikation und Einbindung bestehender Netzwerke
 - Entwicklung von geeigneten Netzwerkstrukturen und -formaten
 - Entwicklung einer wiederkehrenden Veranstaltung mit anwendungsnahen Beispielen für disziplinübergreifende Zusammenarbeit und Schnittstelleninnovationen

VIELEN DANK FÜR IHRE TEILNAHME

KONTAKT

Fraunhofer UMSICHT

Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen

E-Mail: info@umsicht.fraunhofer.de

Internet: <http://www.umsicht.fraunhofer.de>



Dr.-Ing. Asja Mrotzek-Blöß

Ressourcen- und Innovationsmanagement
Gruppenleiterin Stoffstromsysteme

Telefon: +49 (0) 208-8598-1154

E-Mail: asja.mrotzek@umsicht.fraunhofer.de



Jochen Nühlen M.Sc.

Ressourcen- und Innovationsmanagement
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Stoffstromsysteme

Telefon: +49 (0) 208-8598-1370

E-Mail: jochen.nuehlen@umsicht.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Hartmut Pflaum

Abteilungsleiter Ressourcen- und Innovationsmanagement

Telefon: +49 (0) 208-8598-1171

E-Mail: hartmut.pflaum@umsicht.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Matthias Franke

Abteilungsleiter Kreislaufwirtschaft

Telefon: +49 (0) 9661-908-438

E-Mail: matthias.franke@umsicht.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. (FH) Stephanie Kroop

Kreislaufwirtschaft

Wissenschaftlicher Mitarbeiterin Abfall- und Ressourcenstrategien

Telefon: +49 (0) 9661-908-431

E-Mail: jochen.nuehlen@umsicht.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Katharina Reh

Kreislaufwirtschaft

Gruppenleiterin Abfall- und Ressourcenstrategien

Telefon: +49 (0) 9661-908-431

E-Mail: hartmut.pflaum@umsicht.fraunhofer.de

Quellen in dieser Präsentation

-
- [EC-2014] European Commission (EC) (Hrsg.): Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. Brüssel, Mai 2014
-
- [DERA-2015] Schriftliche Auskunft der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) vom 06.08.2015 zu Rohstoff Monatspreisen verschiedener Spezifikationen für den Zeitraum Januar 2008 bis Juni 2015
-
- [Manhardt-2012] Manhardt, A.: Ressourcenfieber – Seltene Erden & kritische Metalle, Vortrag in der Reihe „Wissenschaft für jedermann“, Deutsches Museum, München, 2012
-
- [UNEP-2011] United Nations Environment Programme (UNEP): Recycling Rates of Metals – a status report. Paris, Mai 2011
-