

Policy Paper 2: Deutschland 2049 - Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft



**rohstoffwende
deutschland 2049**

Darmstadt, Juni 2016

Autorinnen und Autoren

Dr. Matthias Buchert
Dr. Winfried Bulach
Stefanie Degreif
Andreas Hermann
Katja Hünecke
Moritz Mottschall
Tobias Schleicher
Gerhard Schmidt
Dr. Hartmut Stahl
Dr. Veronika Ustohalova

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	II
1. Kurze Einführung - Das Projekt Rohstoffwende Deutschland 2049	1
2. Szenario-Ergebnisse anhand der Beispiele Neodym und Kies	5
2.1. Neodym	5
2.1.1. Ausgangspunkt	5
2.1.2. Rohstoffspezifische Ziele für eine Rohstoffwende bis 2049	7
2.1.3. Szenario-Ergebnisse	7
2.2. Kies	9
2.2.1. Ausgangspunkt	9
2.2.2. Rohstoffspezifische Ziele für eine Rohstoffwende bis 2049	10
2.2.3. Szenario-Ergebnisse	10
3. Instrumente für Neodym und Kies	12
3.1. Instrumente für Neodym	12
3.1.1. Notwendige Maßnahmen und Instrumente	12
3.1.2. Abgestuftes Verfahren beim Einsatz der Instrumente	13
3.2. Instrumente für Kies	14
3.2.1. Einführung einer Primärbaustoffsteuer	14
3.2.2. Verbesserungen im Raumplanungsrecht	15
4. Ausblick	16
5. Literaturverzeichnis	16
6. Anhang	19
6.1. Anhang 1: Ökologische Indikatoren für die Einstufung im Rohstoffwürfel	19
6.2. Anhang 2: Rohstoffe im Fokus von Deutschland 2049 – Einstufung Massenrohstoffe und Nicht-Massenrohstoffe	21
6.3. Anhang 3: Bisher veröffentlichte Dokumente des Projektes „Rohstoffwende Deutschland 2049“	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Rohstoff-Fokus der Rohstoffwende Deutschland 2049	2
Abbildung 2-1:	HotSpots Neodym	7
Abbildung 2-2:	Primärer Neodymbedarf in den Bedürfnisfeldern IKT und Mobilität in Deutschland (in t/a)	8
Abbildung 2-3:	Anteile primärer Neodymbedarf im Rohstoffwende-Szenario in 2049	9
Abbildung 2-4:	HotSpots Kies	10
Abbildung 2-5:	Primärer Kiesbedarf in den Bedürfnisfeldern Wohnen, Arbeiten und Mobilität in Deutschland (in Mio. t/a)	11
Abbildung 2-6:	Anteile primärer Kiesbedarf im Rohstoffwende-Szenario in 2049 in t	12
Abbildung 3-1:	Abgestuftes Verfahren beim Einsatz der Instrumente für eine zertifizierte Neodymgewinnung	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Nachhaltigkeitssäulen und ihre Kategorien	3
Tabelle 2-1:	HotSpots Neodym (Stand 2013)	6
Tabelle 6-1:	Ökologische Indikatoren für Massenrohstoffe	19
Tabelle 6-2:	Ökologische Indikatoren für Nicht-Massenrohstoffe	20

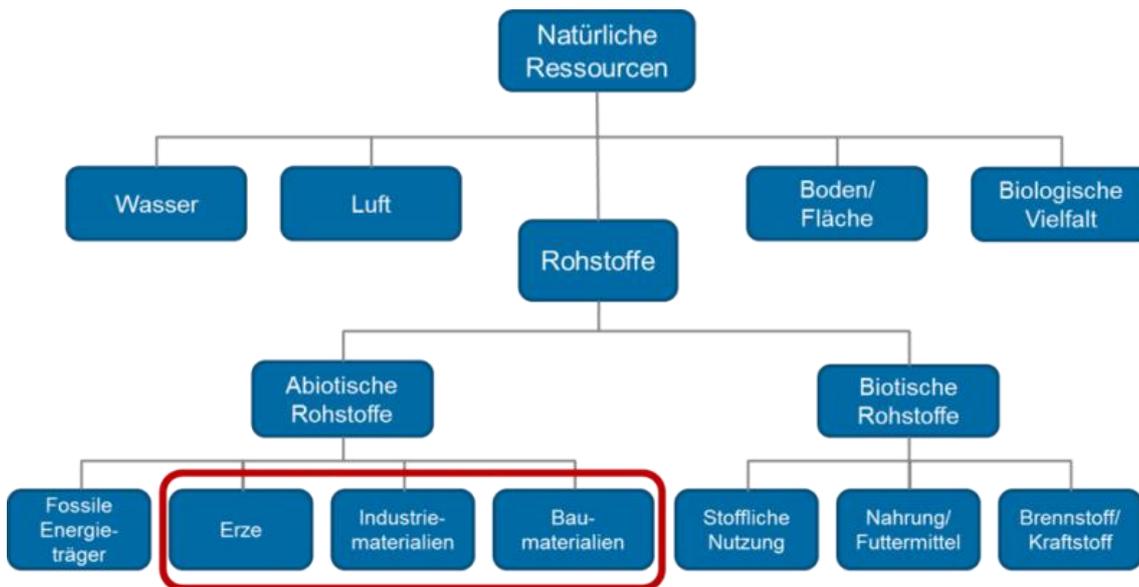
1. Kurze Einführung - Das Projekt Rohstoffwende Deutschland 2049

Im Rahmen des Eigenprojektes „Rohstoffwende Deutschland 2049“ erarbeitet das Öko-Institut seit Sommer 2014 eine umfassende Strategie für eine Rohstoffwende. Anfang 2015 wurde im Rahmen des Projekts ein erster Stakeholder-Workshop durchgeführt. Wichtige Diskussionsbeiträge der Teilnehmer aus Politik, Wissenschaft, Industrie und NGOs flossen in die weitere Arbeit ein. Die wesentlichen Arbeitsschritte und Ziele des Projekts wurden im Sommer 2015 ausführlich in einem [1. Policy Paper](#) beschrieben. Das nun vorliegende 2. Policy Paper fasst den aktuellen Arbeitsstand bis Frühjahr 2016 zusammen. Das Öko-Institut finanziert das strategische Projekt „Rohstoffwende Deutschland 2049“ ausschließlich mit eigenen Mitteln.

Bis Ende 2016 wird vom Projektteam des Öko-Instituts ein umfassender strategischer Beitrag für eine langfristige Rohstoffwende in Deutschland bis 2049 vorgelegt. Das Hauptziel der vom Öko-Institut entwickelten Rohstoffwende bis 2049 (und darüber hinaus) ist dabei die Verringerung der negativen ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen von Rohstoffgewinnung, Rohstoffverarbeitung und Rohstoffnutzung. Auf Basis zweier Szenarien („Business-As-Usual“ versus „Rohstoffwende“) werden rohstoffspezifische Ziele erarbeitet. Zur Zielerreichung werden notwendige Maßnahmen und Instrumente vorgeschlagen und ausgearbeitet.

Neben den komplexen ökonomischen und ökologischen Herausforderungen adressiert das Projekt „Rohstoffwende Deutschland 2049“ gleichermaßen soziale Aspekte wie Kinderarbeit, Arbeitssicherheit sowie weitere menschenrechtliche Risiken in der globalen Rohstoffwirtschaft.

Der Rohstoff-Fokus des Projekts liegt auf den abiotischen Rohstoffkategorien Erze, Industriematerialien und Baumaterialien (siehe folgende Abbildung). Es handelt sich dabei um 75 Rohstoffe, die ein breites Spektrum an Charakteristika hinsichtlich ihrer Primärgewinnung, ihrer Nutzung und des Recyclings aufweisen. So werden Erze fast ausschließlich im Ausland abgebaut und die Metalle entweder als Konzentrat oder in Form von Barren oder Halbzeugen importiert. Bei Industriemineralien liegt zumindest ein Teil der Gewinnung innerhalb Deutschlands. Bei Baumaterialien ist wiederum der räumliche Abstand zwischen Gewinnung und Einsatz meist sehr gering (regionale Versorgung). Eine detailliertere Auflistung der 75 Rohstoffe im Scope des Projektes ist in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 1-1: Rohstoff-Fokus der Rohstoffwende Deutschland 2049


Quelle: Darstellung Öko-Institut in Anlehnung an ProgRess

Methodische Schritte für die Rohstoffwende 2049

Die ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen der Gewinnung, Verarbeitung und Nutzung von Rohstoffen sind vielschichtig und komplex. Bisherige einfache Indikatoren (z. B. schlicht Tonnen) sind als Messgröße für den Erfolg einer Rohstoffstrategie oder –politik nicht ausreichend. Indikatoren wie die Rohstoffproduktivität können vielleicht als eine Art unspezifischer Pegelstandsmesser herangezogen werden. Sie geben aber keine Auskunft zu Hintergründen oder Ursachen und sind nicht in Richtung Umsetzung einzelner Maßnahmen hin zu einer Rohstoffwende operationalisierbar. Dies impliziert auch, dass für Massenrohstoffe (z. B. Stahl, Kies) nicht die gleichen Indikatoren und Ziele abgeleitet werden können wie für Nicht-Massenrohstoffe (z. B. Technologiemetalle wie Lithium, Neodym).

Eine wichtige Aufgabe des Projekts „Rohstoffwende Deutschland 2049“ ist es daher rohstoff-spezifische Ziele zu definieren, Entlastungspotenziale zu identifizieren und spezifisch geeignete Instrumente und Maßnahmen zur Erschließung der Potenziale auszuarbeiten.¹ Im Folgenden werden die wichtigsten methodischen Schritte in Kürze wiedergegeben. Diese sind:

1. Analyse der Charakteristika der untersuchten Rohstoffe anhand der drei Nachhaltigkeits-säulen und Identifizierung der HotSpots²
2. Einteilung der Rohstoffe in Rohstoffgruppen nach Charakteristika und HotSpots
3. Ermittlung von Entlastungspotenzialen durch Szenarien
4. Ableitung von rohstoffspezifischen Zielen
5. Entwicklung von spezifisch geeigneten Maßnahmen und Instrumenten

¹ Das methodische Vorgehen im Projekt ist bereits im [1. Policy Paper](#) zum Projekt „Rohstoffwende Deutschland 2049“ ausführlich beschrieben worden.

² Als HotSpots werden hier aus ökologischer, sozialer bzw. menschenrechtlicher und ökonomischer Sicht besonders kritische Stufen und Auswirkungen/Risiken der Wertschöpfungskette bezeichnet.

Charakteristika der untersuchten Rohstoffe

Anhand der drei Nachhaltigkeitssäulen Ökonomie, Ökologie und Soziales werden die Auswirkungen bzw. die Risikopotenziale der einzelnen Rohstoffe analysiert. Die sehr relevanten negativen Auswirkungen/Risiken werden in der Analyse mit der Bezeichnung „HotSpots“ bezeichnet. Innerhalb der drei Nachhaltigkeitssäulen wurden wichtige Einzelkategorien zur Analyse ausgewählt, die in folgender Tabelle beispielhaft aufgeführt werden.

Tabelle 1-1: Nachhaltigkeitssäulen und ihre Kategorien

Nachhaltigkeitssäule	Kategorien
Ökonomische Säule	Versorgungsrisiken
	Ökonomische Bedeutung für die europäische Volkswirtschaft
Ökologische Säule	Treibhausgasemissionen
	Versauerungspotenzial
	Risiko Schwermetalle
	Risiko radioaktive Stoffe
	Flächeninanspruchnahme
	Weitere ökologische Kategorien
Soziale Säule	Arbeitssicherheit & Kinderarbeit
	Korruption & Governance
	Gewalttätige Konflikte

Quelle: Zusammenstellung Öko-Institut e.V.

Wird ein Rohstoff in einer Kategorie als HotSpot bewertet, werden hierzu rohstoffspezifische Ziele erarbeitet. Die untersuchten Rohstoffe weisen dabei nicht alle unterschiedliche Charaktereigenschaften auf, sondern können nach ihrer Art gruppiert werden. Anhand von Beispielrohstoffen werden anschließend rohstoffspezifische Ziele erstellt. Die Notwendigkeit eines rohstoffspezifischen Vorgehens kann anhand eines einfachen Vergleiches der Probleme bei Neodym sowie bei Eisen/Stahl verdeutlicht werden: Während bei der Wertschöpfungskette der Eisen- und Stahlproduktion (Massenmetall) bereits eine Reihe von Umwelteffizienzpotenzialen wie z. B. Minderung der Treibhausgasemissionen ausgeschöpft sind, ist die Förderung und Aufbereitung von Neodym (Technologiemetall mit vergleichbarer geringer globaler Produktionsmenge) noch mit z. T. extremen und relativ leicht vermeidbaren Umweltauswirkungen verbunden. Insofern müssen bei Eisen/Stahl Ziele zur Begrenzung des absoluten Bedarfs angedacht werden. Umgekehrt sind bei Neodym Ziele zur verbesserten Primärgewinnung vergleichsweise wirkungsvoller und angemessener.

Die Bewertung der Kategorien der ökonomischen Säule orientiert sich an dem „Report on Critical Raw Materials for the EU“, der 2014 von der Europäischen Kommission veröffentlicht wurde [Europäische Kommission, 2014]. Die Kategorien der ökologischen Säule werden anhand von bereits vorliegenden Ökobilanzdaten sowie über HotSpot-Analysen bewertet. Eine Methode für die Bewertung der sozialen Säule hat das Öko-Institut in der ersten Projektphase erarbeitet (siehe [1. Policy Paper](#)).

Eingruppierung der Rohstoffe

Ein wichtiger methodischer Schritt im Rahmen der „Rohstoffwende Deutschland 2049“ ist die Gruppierung der 75 untersuchten Rohstoffe (siehe Anhang 2) anhand der oben beschriebenen Charakteristika. Diese Arbeiten sind zurzeit noch nicht abgeschlossen und werden bis Ende 2016 fortgeführt. Das Öko-Institut hat dazu ein erstes Klassifizierungskriterium erarbeitet, das definiert, ab wann ein Rohstoff als Massenrohstoff für die „Rohstoffwende Deutschland 2049“ einzustufen ist. Die sinnvolle Schwelle hierfür ist vom Projektteam mit 100.000 oder mehr Tonnen Jahresbedarf für Deutschland definiert worden. Massenbaustoffe wie Kies oder Massenmetalle wie Stahl liegen hier deutlich darüber, viele Technologiemetalle wie Lithium oder Neodym eindeutig unter dieser Schwelle (siehe entsprechende Einteilung der 75 Rohstoffe im Anhang).

Warum ist diese Schwelle wichtig?

Bei Massenrohstoffen wie z. B. Kies sind häufig (aber nicht immer) Umwelteffizienzpotenziale wie z. B. Treibhausgasemissionen bereits ausgeschöpft. Die Nachfrage an Massenrohstoffen verursacht negative Umweltauswirkungen über ihre schiere Menge – am Beispiel Kies liegt ein HotSpot bei der großen Flächeninanspruchnahme. Daher ist für Massenrohstoffe eine Dämpfung der absoluten Nachfrage eine strategische Zielsetzung. Im Falle von Technologiemetallen, die von Deutschland z. T. nur in wenigen Tonnen pro Jahr benötigt werden, sind dagegen häufig noch erhebliche Entlastungspotenziale bei Umweltauswirkungen (z.B. vorsorgendes Management für schwermetallhaltige, z.T. radioaktive Tailings aus dem Bergbau) oder sozialen HotSpots vorhanden und ihre zielgerichtete Erschließung relevant.

Die Unterschiedlichkeit der beiden Gruppen hinsichtlich geeigneter Maßnahmen lässt sich an folgender Metapher aus der Medizin veranschaulichen: Während für Massenrohstoffe ein „Breitbandantibiotikum“, also die Dämpfung des absoluten Bedarfs als ein wesentlicher Vorstoß zielführend ist, eignen sich für Nicht-Massenrohstoffe wie Technologiemetalle vielmehr einzelne präzise „chirurgische Schnitte“.

Ermittlung von Entlastungspotenzialen durch Szenarien

Zur Ermittlung von Entlastungspotenzialen hat das Öko-Institut für vier wesentliche Bedürfnisfelder (Wohnen, Arbeiten, Mobilität, IKT³) ein Rohstoffwende-Szenario erstellt und die Differenzen zu einem Business-As-Usual-Szenario (als Referenz) errechnet. Die detaillierten Ergebnisse der Szenarien wurden am 18. Februar 2016 ausführlich auf dem 2. Stakeholder-Workshop zum Projekt „Rohstoffwende Deutschland 2049“ vorgestellt (siehe Links zu den Präsentationen in Anhang 3). Die Ergebnisse der Szenarien zeigen sowohl für Massenrohstoffe als auch für Nicht-Massenrohstoffe deutliche Entlastungspotenziale hinsichtlich negativer ökologischer und sozialer Auswirkungen. In Kapitel 2 werden diese Ergebnisse beispielhaft für die Rohstoffe Kies und Neodym vorgestellt.

Ableitung von rohstoffspezifischen Zielen

Aus den beschriebenen Eingruppierungen der Rohstoffe und den Ergebnissen der Szenarien lassen sich für die „Rohstoffwende Deutschland 2049“ rohstoffspezifische Ziele ableiten. Die Arbeiten hierzu werden im Projekt noch bis Ende 2016 fortgeführt und die Ergebnisse anschließend auf der öffentlichen Jahrestagung des Öko-Instituts am 1. Dezember 2016 in Berlin vorgestellt.

³ Informations- und Kommunikationstechnologie

Entwicklung von spezifisch geeigneten Maßnahmen und Instrumenten

Geeignete Maßnahmen und Instrumente zur Erzielung von Entlastungspotenzialen sind wichtige Erfolgsfaktoren einer nachhaltigen Rohstoffpolitik. Erste Ergebnisse werden in diesem 2. Policy Paper in Kapitel 3 für die Beispiele Kies und Neodym vorgestellt.

2. Szenario-Ergebnisse anhand der Beispiele Neodym und Kies

In diesem Kapitel werden die Szenario-Ergebnisse für das Business-As-Usual-Szenario und Rohstoffwende-Szenario anhand der Rohstoffe Neodym und Kies dargestellt. Diese beiden Rohstoffe unterscheiden sich in ihren Charakteristika deutlich voneinander und wurden daher als Beispielrohstoffe ausgewählt. Anhand dieser Beispiele soll verdeutlicht werden, dass ein einziges Ziel über alle Rohstoffe nicht zielführend ist.

Zum einen ist Kies ein Massenrohstoff, der in großen Mengen z. B. im Bedürfnisfeld Wohnen und Arbeiten eingesetzt wird. Neodym dagegen wird in erheblich geringeren Mengen eingesetzt und ist als Technologiemetall für Umwelttechnologien (z. B. Elektromobilität) von großer Bedeutung. Zum anderen wird Kies in Deutschland gewonnen, während das Seltenerdmetall Neodym ausschließlich importiert wird.

2.1. Neodym

Neodym ist ein Technologiemetall, welches - im Vergleich zu den Massenrohstoffen - nur in geringen Mengen eingesetzt wird. Das Seltenerdelement Neodym gehört zu der Gruppe der leichten Seltenen Erden. Neodym hat in den letzten Jahren vor allem als Legierungsbestandteil von Permanentmagneten zunehmend an Bedeutung gewonnen. In Kombination mit Eisen und Bor (Neodym-Eisen-Bor Magnete) lassen sich die derzeit stärksten Permanentmagnete herstellen und kommen z. B. zur Permanenterregung von Generatoren in Windkraftanlagen oder in Elektromotoren von E-Fahrzeugen zum Einsatz. Weitere Beispiele sind Magnete in Computerfestplatten oder die kleinsten Magnete in Smartphones. Darüber hinaus wird Neodym auch bei Lasertechnologien angewendet. [Europäische Kommission, 2014]

Bei Maßnahmen für eine Rohstoffwende wird für Neodym an dessen spezifischen HotSpots in der Wertschöpfungskette angesetzt. Dazu wird eine vereinfachte Risikoanalyse zu den Dimensionen Ökonomie (Versorgungsrisiko, Recycling), Ökologie (Radioaktivität und Schwermetalle) sowie Soziales (Korruption und Arbeitssicherheit) durchgeführt.

2.1.1. Ausgangspunkt

Neodym wird zu 95 % in China gewonnen [Schüler et al., 2015]. Da das Recycling nach UNEP [2013] unter 1 % liegt⁴, wird der Neodymbedarf heute vollständig aus Primärmaterial gedeckt. Die nahezu monopolartige Versorgungsstruktur (95 % aus China) führt zu einem hohen Versorgungsrisiko. Die Preise der Seltenen Erden zeichnen sich in den vergangenen Jahren durch besonders starke Schwankungen aus.

Die ökologischen Kriterien „Risiko Radioaktivität“ und „Risiko Schwermetalle“ sind ebenfalls als relevante HotSpots eingestuft. Die Verarbeitung des Ausgangsmaterials benötigt große Mengen an Wasser und Chemikalien. Übrig bleiben große Mengen toxisch belasteter Schlämme.

⁴ Dies bedeutet, dass weniger als 1 % des Neodyms, welches in den Abfallstrom gelangt, recycelt wird.

Zusätzliche Probleme beim Umgang mit Abfällen aus der Neodymgewinnung entstehen aufgrund der Belastung durch radioaktive Begleitelemente wie Thorium.

Des Weiteren werden die sozialen Kriterien „Korruptionsrisiko⁵“ und „Arbeitssicherheit⁶“ als HotSpot bewertet. Nach Moss et al [2013] wurde der Anteil des weltweiten IKT-Sektors am globalen Neodymbedarf mit 18 % beziffert. Die HotSpots für Neodym werden zusammenfassend in folgender Tabelle abgebildet und in Würfelform visuell dargestellt.

Tabelle 2-1: HotSpots Neodym (Stand 2013)

Metall	Ökonomische HotSpots	Ökologische HotSpots	Soziale HotSpots
Neodym Anteil IKT-Sektor am Neodymbedarf: 18 % [Moss et al 2013]	Versorgungsrisiko: Hoch Produktion: 95 % werden in China produziert [Schüler et al. 2015] Recycling: <1 % [UNEP 2013]	Risiko Radioaktivität: Hoch ⁷ Risiko Schwermetall: Hoch ⁸	Korruptionsrisiko: Mittel-Hoch ⁹ Risiko Arbeitssicherheit: Hoch

Quelle: Eigene Zusammenstellung Öko-Institut e.V.

In den betrachteten Bedürfnisfeldern Wohnen, Arbeit, Mobilität und IKT wurde Neodym in den Bedürfnisfeldern IKT und Mobilität als relevant eingestuft und entsprechend in den Szenarien Business-As-Usual und Rohstoffwende betrachtet.

⁵ Einstufung nach Korruptionskontrolle der wichtigsten Förderländer nach Worldbank (Worldwide Governance Indicator – WGI; <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#reports>)

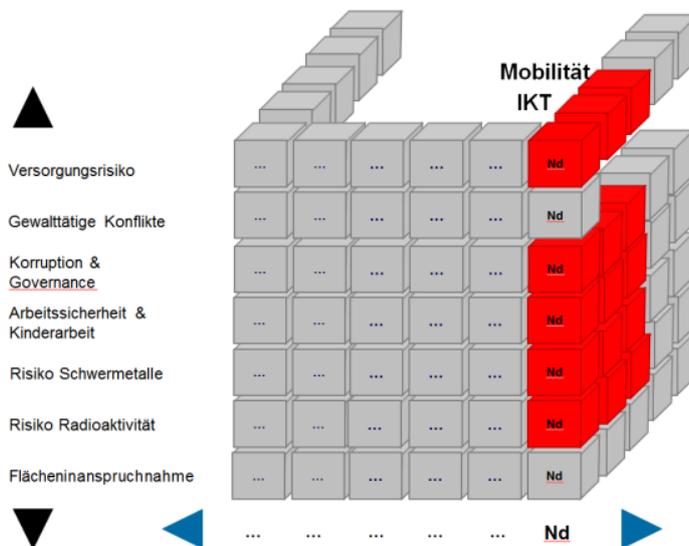
⁶ Das Risiko Arbeitssicherheit geht auf die Radioaktivität zurück.

⁷ Das Risiko, dass die radioaktiven Substanzen Thorium und Uran mit Seltenen Erden vergesellschaftet ist, orientiert sich an den Schwellenwerten 49 ppm Thorium sowie 24 ppm für Uran. Hintergrund ist, dass sich Substrate mit Konzentrationen über diesen Schwellenwerten nicht für den Siedlungsbau eignen, weil die Strahlungsdosis 1 mSv/a übersteigen würde [vgl. Schmidt, 2014].

⁸ Der Rohstoff wird zumeist aus Lagerstätten gewonnen, in denen Schwermetalle wie Blei, Quecksilber, Kadmium, Chrom, Kupfer, Uran und Nickel als Haupt- oder Nebenprodukte gewonnen werden können.

⁹ Der Schwellenwert für eine niedrige Korruptionskontrolle wurde auf <45 % des Korruptionsindex der Weltbank (s.o.) festgelegt.

Abbildung 2-1: HotSpots Neodym



Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

2.1.2. Rohstoffspezifische Ziele für eine Rohstoffwende bis 2049

Neodym wird nicht als Massenrohstoff eingesetzt. Daher liegt das Hauptaugenmerk der Zielsetzung in der Erreichung einer nachhaltigen Primärgewinnung und dem Einsatz von **zertifiziertem Primärmaterial** bis zum Jahr 2049. Ziel der Rohstoffwende ist es, den im Jahr 2049 nachgefragten Primärrohstoff zu 80 % aus zertifiziertem Primärmaterial zu decken. Die Maßnahmen und Instrumente zur Erreichung dieses Ziels werden in Kapitel 3 dargestellt. Weiterhin sollen Unternehmen verpflichtend angehalten werden, eine verbindliche Identifikation von menschenrechtlichen Risiken sowie Umweltrisiken durchzuführen („Due Dilligence“).

Des Weiteren wird an der Reduzierung des benötigten Neodyms aus der Primärroute angesetzt. Dies bezieht sich zum einen auf die Steigerung des **Einsatzes von Sekundärmaterial** von 0 % heute auf 30 % in 2049. Die Instrumente zu einer Optimierung der Neodym-Recyclingwirtschaft werden im Abschlussbericht detailliert erläutert. Zum anderen wird im Bedürfnisfeld IKT im Rohstoffwende-Szenario von einer Verlängerung der **Nutzungsdauer** der IKT-Produkte um 50 % ausgegangen. Notwendige Maßnahmen sind zum einen Mindestanforderungen an die Lebensdauer, Standardisierung und Normung der IKT-Produkte sowie Mindestanforderungen an die Software (Modularität, Bereitstellung von Treibersoftware etc.). Darüber hinaus stehen hier eine verbesserte Reparaturfähigkeit sowie neue Servicemodelle der Hersteller im Mittelpunkt. Die detaillierte Umsetzung dieses Ziels wird im Abschlussbericht ausführlich dargestellt.

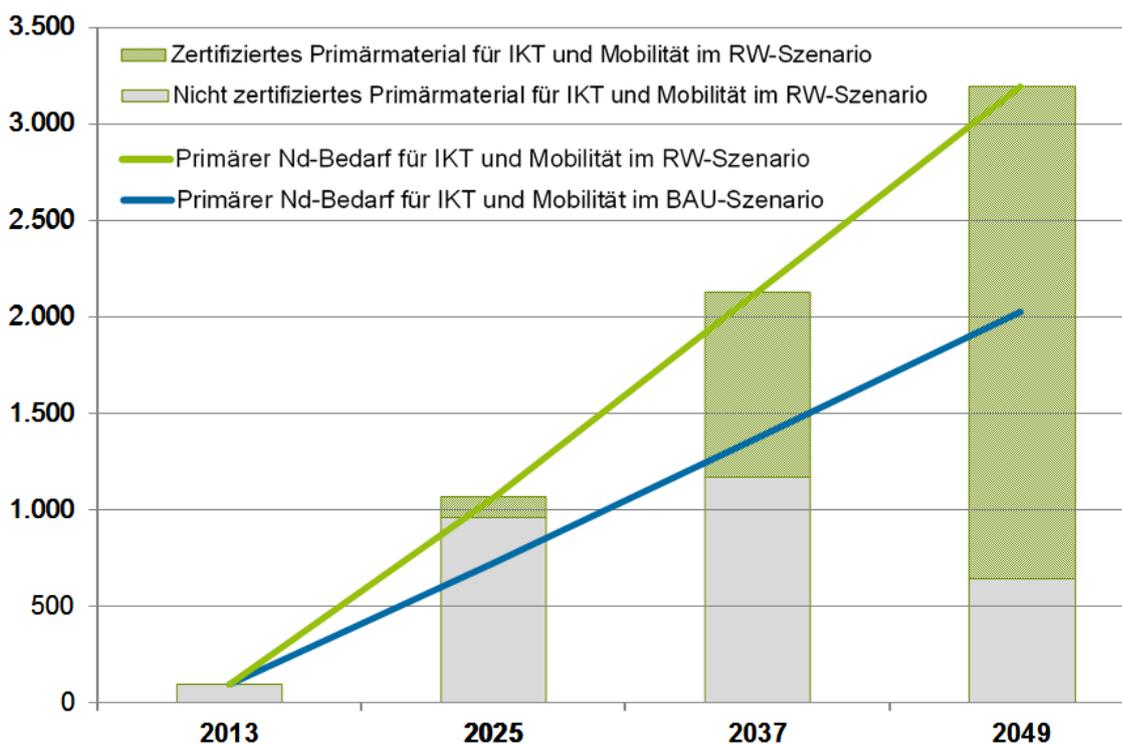
2.1.3. Szenario-Ergebnisse

Es wurden zwei Szenarien für den Neodymbedarf in Deutschland bis zum Jahr 2049 erarbeitet, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind: Zum einen ein Business-As-Usual-Szenario (BAU; blaue Linie) und zum anderen ein Rohstoffwende-Szenario (RW; grüne Linie). Da der Einsatz von Neodym für Umwelttechnologien wie z. B. Elektrofahrzeugen von großer Bedeutung ist, zeigen beide Szenarien einen steigenden Bedarf – im Rohstoffwende-Szenario ist der Anstieg steiler. Die blaue Kurve zeigt den nationalen Neodymbedarf aus Primärrohstoffquellen im BAU-Szenario in den Bedürfnisfeldern IKT und Mobilität. Da im BAU-Szenario die Recyclingrate von <1 % fort-

geschrieben wird, ist der gesamte Neodymbedarf aus Primärrohstoffen zu decken. Des Weiteren wird im BAU-Szenario angenommen, dass kein zertifiziertes Primärmaterial auf dem Markt zur Verfügung steht.

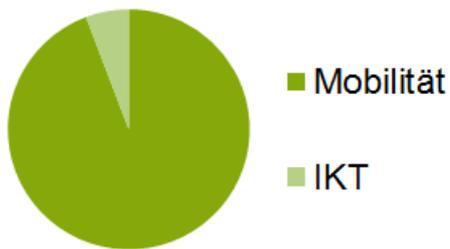
Im Rohstoffwende-Szenario steigt der primäre Neodymbedarf stärker an als im BAU-Szenario (grüne Linie). Im Jahr 2049 werden im Rohstoffwende-Szenario der Bedürfnisfelder IKT und Mobilität ca. 1.200 t primäres Neodym mehr nachgefragt (+58 %) als im Business-As-Usual-Szenario. Dies beruht auf einem erhöhten Neodymbedarf durch eine weitgehende Elektrifizierung der Antriebe von Pkw etc. Für das RW-Szenario sind bereits 30 % Sekundärmaterial in 2049 berücksichtigt. Die gesteigerte Recyclingrate kann den erhöhten Bedarf durch die weitgehende Elektrifizierung im Straßenverkehr allerdings nicht kompensieren. Der entscheidende Ansatz zur Reduktion der negativen Auswirkungen im Rohstoffwende-Szenario liegt in nachhaltig produziertem zertifiziertem Primärmaterial. In 2049 werden 80 % des benötigten Primärmaterials durch zertifiziertes Primärmaterial gedeckt (siehe grüne Säule). Dadurch sinkt im Rohstoffwende-Szenario bis 2049 der Einsatz nicht-zertifizierten Primärmaterials (graue Säule) deutlich im Vergleich zum BAU-Szenario.

Abbildung 2-2: Primärer Neodymbedarf in den Bedürfnisfeldern IKT und Mobilität in Deutschland (in t/a)



Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

Betrachtet werden hier ausschließlich die beiden Bedürfnisfelder IKT und Mobilität. Im Jahr 2013 liegt der Neodymbedarf des Mobilitätssektors noch bei nahezu 0 t. Der Gesamtbedarf geht hauptsächlich auf den IKT-Sektor zurück. Bis 2049 kehrt sich dieses Bild um. In 2049 verteilt sich der Anteil des primären Neodymbedarfs im Rohstoffwende-Szenario (betrachtet werden hier nur IKT und Mobilität) auf 95 % im Mobilitätssektors und auf 5 % im IKT-Sektor (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 2-3: Anteile primärer Neodymbedarf im Rohstoffwende-Szenario in 2049

Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

Die Ansatzpunkte der rohstoffspezifischen Ziele für Neodym lassen auf viele Technologiemetalle übertragen.

2.2. Kies

Kies ist nach Mengengesichtspunkten, neben Sand, der wichtigste Massenrohstoff in Deutschland. Er ist ein wichtiger Rohstoff für die Bauwirtschaft und wird dort vor allem als Zuschlagsstoff in Beton (Gesteinskörnung) sowie als Schüttgut im Erdbau eingesetzt. Es existieren noch weitere Anwendungen z. B. als Filterschicht oder als kapillarbrechende Schicht.

Als Massenrohstoff kann bei Kies eine Verminderung der Umweltauswirkungen im Wesentlichen nur über die Verringerung des Gesamtbedarfs erreicht werden. In der ökologischen Dimension weist Kies durch seinen Einsatz in großen Mengen ein Risiko für die Zerstörung des Landschaftsbilds und eine große Flächeninanspruchnahme auf.

Im Rahmen des Projektes „Rohstoffwende Deutschland 2049“ wurde der Rohstoff Kies in den hier relevanten Bedürfnisfeldern Wohnen, Arbeiten und Mobilität betrachtet.

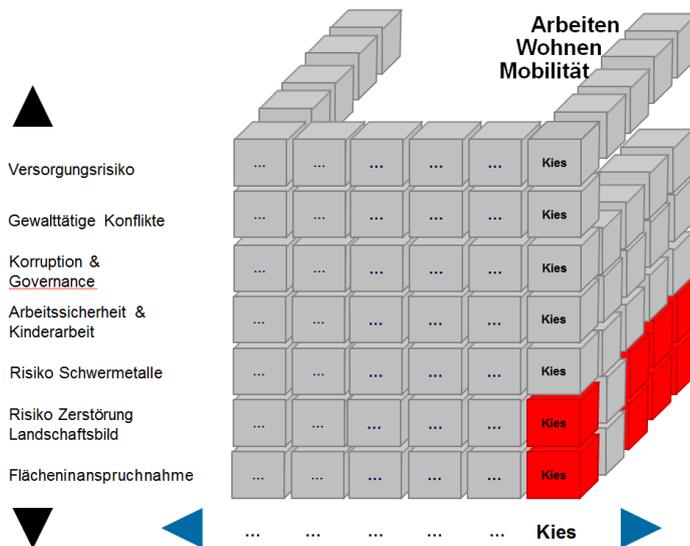
2.2.1. Ausgangspunkt

Kies ist eine Sammelbezeichnung für gerundete Gesteins- oder Mineralkörner zwischen 2 und 63 mm. Ein hochwertiges Recycling bzw. eine hochwertige Wiederverwendung von Kies findet nur in geringem Umfang statt. Im Fall von Beton beträgt der Recycling-Anteil nur 0,4 % [Deilmann et al., 2014].

Auf Grund seines geringen spezifischen monetären Wertes und dem hohen Gewicht lohnen sich weitere Transporte nicht und der deutsche Bedarf wird fast ausschließlich über inländische Förderung gedeckt. Hierdurch gibt es aktuell keine HotSpots in Bezug auf Versorgungsrisiko oder soziale Kriterien. Durch seinen Abbau in Kiesgruben (Tagebau) hat Kies aber Auswirkungen auf die Umwelt. Hier besteht insbesondere ein Risiko durch Flächeninanspruchnahme und ein Risiko zur Zerstörung des Landschaftsbildes.

Die HotSpots für Kies stellen sich in Würfelform wie folgt dar:

Abbildung 2-4: HotSpots Kies



Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

2.2.2. Rohstoffspezifische Ziele für eine Rohstoffwende bis 2049

Kies hat in Deutschland aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht keine HotSpots vergleichbar mit Neodym, die sich über die Verbesserung des Gewinnungsprozesses entscheidend lösen lassen. Da Kies ein Massenrohstoff ist, kann hier vor allem über die Dämpfung der nachgefragten Menge eine Verringerung potenzieller negativer Auswirkungen erreicht werden. Aus diesem Grund werden für das Projekt „Rohstoffwende Deutschland 2049“ bei Kies nur Ziele zur Reduzierung der nachgefragten Menge gesetzt.

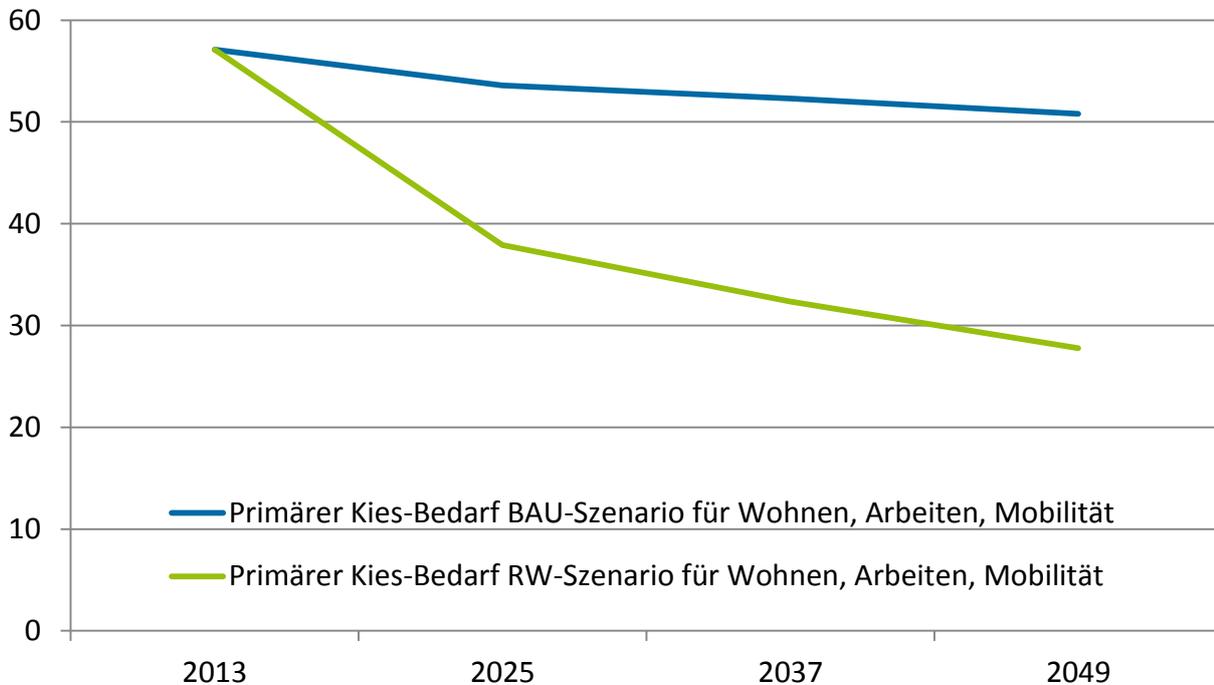
Die Verringerung des Kies-Primärbedarfs soll einerseits über eine Steigerung des eingesetzten **Sekundärmaterialanteils** (Betonbruch ersetzt Kies) von 0,4 % auf fast 10 % in 2049 erreicht werden. Weiterhin soll eine signifikante Einsparung von Primärmaterial durch die Verlängerung der Lebensdauer von Gebäuden erreicht werden. Die jährlichen **Gebäudesanierungsraten** im Bedürfnisfeld Arbeiten sollen von 0,8 % heute auf 1 % in 2049 und im Bedürfnisfeld Wohnen von 1 % auf 3 % erhöht werden. Letzteres spart Beton und damit Kies ein, da die Betonstrukturen bei der Sanierung erhalten bleiben. Im Bedürfnisfeld Wohnen sollen zudem verstärkt Mehrfamilienhäuser gebaut werden (Anstieg des Anteils von 50 % auf 70 %), sodass weniger materialintensive Einfamilienhäuser gebaut werden müssen um die gleiche Wohnfläche bereitzustellen. Eine Verringerung des Ausbaus des Straßennetzes um 25 % soll ebenfalls den Rohstoff Kies einsparen.

2.2.3. Szenario-Ergebnisse

Es wurden zwei Szenarien für den Kiesbedarf in Deutschland bis zum Jahr 2049 berechnet, die in folgender Abbildung dargestellt werden: Zum einen ein Business-As-Usual-Szenario (BAU; blaue Linie) und zum anderen ein Rohstoffwende-Szenario (RW; grüne Linie). Die blaue Kurve zeigt den Kiesbedarf aus Primärrohstoffquellen im BAU-Szenario in den Bedürfnisfeldern Wohnen, Arbeiten und Mobilität. Da im BAU-Szenario die Recyclingrate von <1 % fortgeschrieben wird, ist praktisch der gesamte Kiesbedarf aus Primärrohstoffen zu decken.

Im Rohstoffwende-Szenario sinkt der primäre Kiesbedarf stärker als im BAU-Szenario. Im Jahr 2049 werden im Rohstoffwende-Szenario durch die Bedürfnisfelder Wohnen, Arbeiten und Mobilität ca. 23 Mio. t primärer Kies weniger nachgefragt (-45 %) als im BAU-Szenario.

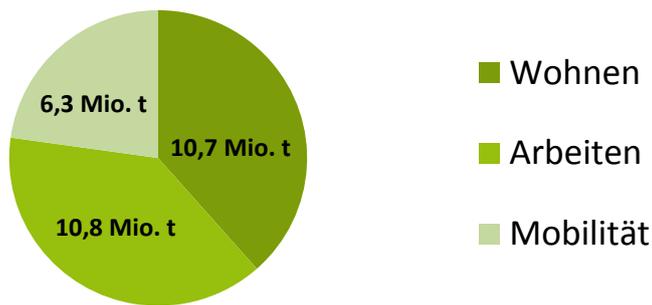
Abbildung 2-5: Primärer Kiesbedarf in den Bedürfnisfeldern Wohnen, Arbeiten und Mobilität in Deutschland (in Mio. t/a)



Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

Betrachtet werden hier die drei relevanten Bedürfnisfelder Wohnen, Arbeiten und Mobilität. Im Basisjahr 2013 liegt der Kiesbedarf des Bedürfnisfelds Wohnen bei 33,5 Mio. t, des Bedürfnisfelds Arbeiten bei 17,4 Mio. t und des Bedürfnisfelds Mobilität bei 6,1 Mio. t. Das Bedürfnisfeld Wohnen hat dabei mit fast 60 % den größten Anteil an den 57,1 Mio. t. Bis 2049 verkleinert sich dieser Anteil deutlich. Während das Bedürfnisfeld Mobilität nur einen geringen Beitrag zur Senkung des Kiesbedarfs leisten kann und immer noch 6,3 Mio. t benötigt (statt 6,4 Mio. t im BAU-Szenario), fällt der Bedarf des Bedürfnisfelds Wohnen auf 10,7 Mio. t (statt 27,8 Mio. t im BAU-Szenario) und hat damit die gleiche Größenordnung wie das Bedürfnisfeld Arbeiten mit 10,8 Mio. t (statt 16,6 Mio. t im BAU-Szenario). Die geringe Minderung im Bedürfnisfeld Mobilität liegt vor allem am hohen Bedarf der Instandhaltung, so dass eine deutliche Minderung des Ausbaus nur geringe Auswirkungen hat. Zudem sind neu gebaute Verkehrswege meist nicht Beton-, sondern Asphaltstraßen und benötigen vor allem Naturstein (Split-Anteil für Bitumen-Fahrbahnen).

Die Verteilung über die Bedürfnisfelder in 2049 beträgt etwa 20 % für das Bedürfnisfeld Mobilität und jeweils 40 % für die beiden anderen Bedürfnisfelder Wohnen und Arbeiten (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 2-6: Anteile primärer Kiesbedarf im Rohstoffwende-Szenario in 2049 in t

Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

Die Ansatzpunkte der rohstoffspezifischen Ziele für Kies lassen sich auf Massenrohstoffe und viele Massenmetalle übertragen. Bei letzteren können zudem noch weitere HotSpots auftauchen, die durch weitere spezifische Ziele adressiert werden müssen.

3. Instrumente für Neodym und Kies

3.1. Instrumente für Neodym

In diesem Kapitel werden Maßnahmen und Instrumente für eine nachhaltige primäre Neodymgewinnung skizziert.

3.1.1. Notwendige Maßnahmen und Instrumente

Zur Verbesserung der Umweltstandards bei der Primärgewinnung von Neodym ist auf EU-Ebene eine zeitlich abgestimmte Reihenfolge von Maßnahmen notwendig. Als geeignet werden die Zertifizierung, die Importzölle und das Importverbot angesehen. Der erste Schritt liegt hierbei in der Zertifizierung. Bei ausbleibendem Erfolg müssen weitere Maßnahmen ergriffen werden.

• Zertifizierung

Bei der Zertifizierung erhalten Verwender und Konsumenten die Möglichkeit, die importierten Rohstoffe und Produkte im Sinne der Nachhaltigkeit bei der Primärförderung einordnen zu können. Die Zertifizierung soll sowohl Hersteller als auch Endproduktkunden der neodymhaltigen Produkte für eine nachhaltige Primärherstellung sensibilisieren. Die Kriterien der Zertifizierung müssen umsetzbar und praktikabel sein, weshalb folgende Abstufung vorgeschlagen wird:

- Das Zertifikat „Yellow Neodymium“ soll die Etablierung strengerer Emissionskriterien bei der Verarbeitung und während der Abfallzwischenlagerung (Luft und Wasserpfad) fördern.
- Das „Green Neodymium“ soll zusätzlich die Einhaltung EU-konformer Abfallmanagementanforderungen, wie in der neuen EU-Richtlinie ([Mining Waste Directive 2006](#)) vorgesehen, in Gang setzen. Dazu gehört die Entwicklung nachhaltiger Deponiekonzepte, welche radioaktive Inhaltsstoffe in den Bergbau- und Verarbeitungsrückständen berücksichtigen. Ein weiterer Bestandteil der EU-Anforderungen ist die Einführung finanzieller Vorsorge zur Endlagerung der Rückstände.

Eine [ausführliche Präsentation](#) zu den Umweltbelastungen der Primärförderung von Neodym ist bereits veröffentlicht. Die Zertifizierung hat den Vorteil, dass sie auf EU-Ebene anwendbar ist

und als transparentes Verfahren die kritischen Punkte der Förderungskette und des Abfallmanagements am jeweiligen Herkunftsort identifiziert. Die detaillierten Kriterien und eine Skizzierung der Prozessgestaltung für eine Zertifizierung von nachhaltig gewonnenem Neodym werden noch erarbeitet.

• **Importzölle**

Die Einführung von Importzöllen (2. Stufe) soll im Fall des ausbleibenden Erfolges bei der Umsetzung der Zertifizierung (1. Stufe) erfolgen.

- Die Importzölle sollen einen robusten Anreiz zur Förderung nachhaltiger Produkte im Sinne der Preiserhöhung darstellen. Dabei müssen die Preise genügend hoch sein, um dem nachhaltig gewonnenem Neodym eine realistische Chance zum Markteintritt und zur Marktdurchdringung zu geben.
- Die durch Importzölle gewonnenen finanziellen Mittel müssen zur Förderung von finanziell nicht abgedeckten „Maßnahmen“ zur Linderung von negativen ökologischen Bergbaufolgen eingesetzt werden. Darunter fallen Maßnahmen wie Absicherung der Bergbaualtlasten innerhalb der EU oder Pilotprojekte für den nachhaltigen Bergbau Seltener Erden innerhalb der EU (Skandinavien etc.).

• **Importverbot**

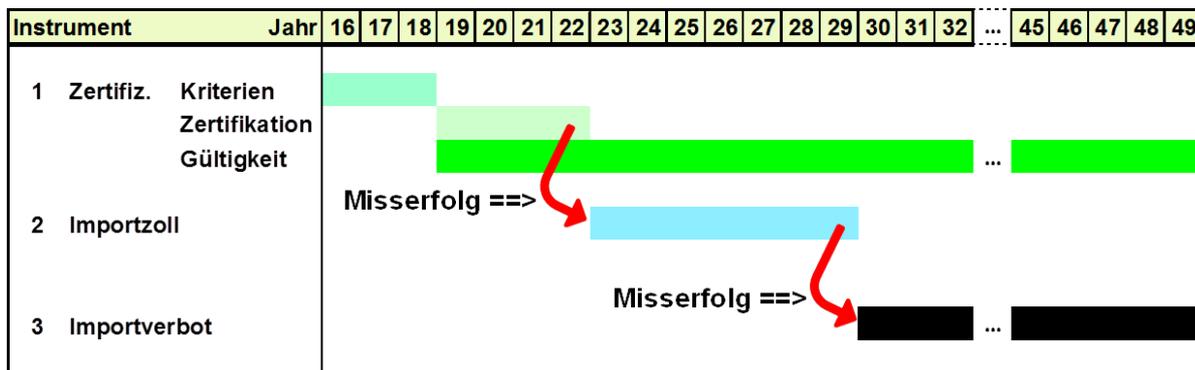
Führen die zwei oben vorgestellten Maßnahmen nicht zu dem erwünschten Erfolg, ist ein Importverbot (3. Stufe) einzuführen, welches

- die Rohstoffe und neodymhaltige Produkte betrifft, bei deren Gewinnung und beim Abfallmanagement entsprechende Standards der EU nicht eingehalten werden und
- ebenfalls nur auf EU-Ebene umsetzbar ist.

3.1.2. Abgestuftes Verfahren beim Einsatz der Instrumente

Die Anwendung der genannten drei Maßnahmen soll in einem zeitlich abgestuften Verfahren erfolgen, welches eine bestimmte Zeitspanne zur Umsetzung der jeweiligen Maßnahme einbezieht. Somit wird gewährleistet, dass sich das Handlungsinstrument im Rahmen der auf dem Markt herrschenden Bedingungen etablieren kann. Bei nicht ausreichendem Erfolg muss aber eine restriktivere Maßnahme rechtzeitig zum Einsatz kommen. Wie aus Abbildung 3-1 ersichtlich ist, beträgt die Vorbereitungszeit für die Maßnahme der Zertifizierung (Yellow und Green Neodymium) 3 Jahre (ab 2016). Damit kann die Zertifizierung ab 2019 (ohne zeitliche Einschränkung) erfolgen. Ist dieses Instrument nach 4 Jahren nicht erfolgreich, muss ein Importzoll z. B. von 250 % des Einkaufspreises auf nicht zertifiziertes Neodym und von 125 % des Einkaufspreises auf „Yellow“-Qualität ab dem Jahr 2023 eingeführt werden. Nach Vorlaufzeit von insgesamt 14 Jahren muss die Wirksamkeit beider Maßnahmen sichergestellt sein. Bei fehlendem Erfolg kommt als letzte Option das Importverbot für nicht nachhaltig erzeugtes Neodym und neodymhaltige Produkte ab 2030 zum Einsatz.

Abbildung 3-1: Abgestuftes Verfahren beim Einsatz der Instrumente für eine zertifizierte Neodymgewinnung



Quelle: Eigene Abbildung Öko-Institut e.V.

3.2. Instrumente für Kies

In diesem Policy Paper werden zwei Instrumente zur Verringerung des jährlichen Kies-Primärbedarfs vorgestellt: eine Primärbaustoffsteuer auf den Kiesabbau und Verbesserungen beim bestehenden Raumordnungsrecht. Diese Instrumente sollen mittel- und langfristig Anreize schaffen, die Lebensdauer von Gebäuden zu verlängern und damit die Einsparungen von Neubaubedarf und entsprechenden Rohstoffen zu unterstützen. Weiterhin soll durch die Instrumente ein verstärktes Betonrecycling als ein Potenzial zur Verringerung des Kies-Primärbedarfs vorangetrieben werden.

3.2.1. Einführung einer Primärbaustoffsteuer

Mit der Primärbaustoffsteuer soll der Preis für Kies erhöht werden. Damit soll ein deutlicher Anreiz geschaffen werden, die Primärrohstoffvorkommen an Kies zu schonen und den Einsatz von Recyclingbaustoffen zu befördern. Baustoffsteuern unterschiedlicher Art sind ein weit verbreitetes Instrument in 15 EU-Staaten. Dazu zählen u. a. die „aggregates levy“ in Großbritannien, die „gravel tax“ in Schweden, die „raw materials tax“ in Dänemark, die „payments for mineral extraction“ in Tschechien und die „mineral extraction charge“ in Polen. [Bahn-Walkowiak et al., 2010; Ludewig, Meyer, 2012]

Untersucht man die Aspekte der ausländischen Regelungen im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit auf Deutschland, so finden sich unterschiedliche Ansatzpunkte für die Steuererhebung. Während z. B. in Großbritannien, Schweden und Dänemark die Kiesmenge als Ansatzpunkt dient, ist es in Tschechien und Polen der Wert des abgebauten Rohstoffs. Als Argumente für die jeweiligen Ansatzpunkte lassen sich anführen: Für den Mengenansatz spricht, dass dieser möglichst früh in der Wertschöpfungskette anknüpft und keine Annahme des letztlichen Endverkaufspreises getroffen werden muss. Ferner führt er zu keinen Auswirkungen auf weitere, den Wert beeinflussenden Kostenfaktoren, wie z. B. die Vermarktung. Für den Wertansatz spricht, dass die Steuer gegen einen Wertverlust durch Inflation abgesichert ist, und nicht indiziert werden muss.

Die Steuerungswirkung einer Kiessteuer hängt dabei nicht nur von der Steuerhöhe ab, sondern von zahlreichen weiteren Rahmenbedingungen, wie z. B. der Einbeziehung weiterer Primärbaustoffe, wie Sand, Naturstein, Lehm, etc. Auch das Ziel der Steuer und die Rahmenbedingungen sind von Bedeutung. So dient die Steuer in Großbritannien/Nordirland dazu, die

externen Kosten des Kiesabbaus einzupreisen, wie die Umweltauswirkungen der Extraktion, des Transports der Baustoffe, einschließlich Lärm, Staub, Erderschütterungen, visuelle Landschaftseingriffe etc. In Schweden wurde die Kiessteuer durch weitere Maßnahmen flankiert, wie einer Verschärfung der Konzessionsverfahren für den Kiesabbau und des Ziels der Senkung des Primärkiesbedarfs. [EEA, 2008]

Für die Einführung einer Primärbaustoffsteuer in Deutschland wird eine Verbrauchssteuer mit Lenkungszweck vorgeschlagen. Ziel der Steuer soll es sein, die Entnahme des Primärbaustoffs Kies zu verringern und dadurch einen sparsamen Umgang mit Rohstoffen und eine verstärkte Verwendung von Sekundärbaustoffen zu fördern. Als Eckpunkte für die Ausgestaltung einer Kiessteuer in Deutschland sind zu nennen: Die Steuer sollte auf Bundesebene eingeführt werden. Der Bundesgesetzgeber verfügt über die notwendige Gesetzgebungskompetenz und eine solche Steuer wäre verfassungsrechtlich zulässig. [Keimeyer et al., 2013]

Als Anknüpfungspunkt für die Steuerpflicht sollte die Abgabe an den ersten Zwischenhändler (Eingang in den Wirtschaftskreislauf) gewählt werden. Denn dann besteht ein übersichtlicher Kreis an Steuerpflichtigen, wodurch der Vollzug der Steuer vereinfacht wird. Weiterhin sollte die Steuerpflicht auf inländisch abgebauten als auch importierten Kies eingeführt werden. Schließlich sollte die in einigen Bundesländern existierende Feldes- und Förderabgabe für Sand und Kies abgeschafft werden, um ein Nebeneinander zu einer Bundes-Primärbaustoffsteuer zu vermeiden.

3.2.2. Verbesserungen im Raumplanungsrecht

Da es sich bei Kies und weiteren Primärbaustoffen weder um grundeigene noch bergfreie Bodenschätze handelt, sind bei ihrem Abbau die Vorschriften des Bundesberggesetzes nicht einzuhalten. Dies bedeutet auch, dass ein fachplanerisches Planfeststellungsverfahren, in dem u. a. der Bedarf für den Abbau festgestellt wird, nicht durchgeführt wird. Somit sind für den Kiesabbau die allgemeinen Raumplanerischen Vorschriften maßgeblich. Diese fokussieren aber in § 2 Abs. 2 Nr. 1 i.V.m. § 2 Abs. 2 Nr. 4 Raumordnungsgesetz bislang nur auf die Sicherung und Ausbeutung vorhandener Rohstoffvorkommen, ohne den Schutz bzw. die Schonung von Ressourcen einzubeziehen. Die folgenden drei Aspekte zielen darauf ab die vorgenannten Defizite im Raumordnungsrecht zu beseitigen:

1. Umstellung auf bedarfsorientierte Rohstoffsicherung,
2. Verlängerung der Planungshorizonte für rohstoffbezogene Ausweisungsplanungen und
3. Pflicht zur Vorerkundung und Optimierung der Lagerstätten.

Erstens sollte für die Planung der Rohstoffsicherung (generell nicht nur für das Fallbeispiel Kies) nicht das Angebot maßgeblich sein, sondern vielmehr der Bedarf des Rohstoffs [Schomerus et al., 2012]. Die dazu notwendige Änderung des Grundsatzes der Raumordnung in § 2 Abs. 2 Nr. 4 ROG könnte wie folgt lauten: „Es sind die räumlichen Voraussetzungen für die vorsorgende Sicherung sowie für die geordnete und am voraussichtlichen Bedarf orientierte Aufsuchung und Gewinnung von standortgebundenen Rohstoffen zu schaffen.“ [Schomerus et al., 2012] Mit dieser Änderung wird der Abbau von Lagerstätten dem unabweisbaren Bedarf angepasst und auf das Notwendige reduziert. Bei der Planung wäre dann zu prüfen, ob der Kiesabbau, den Abbauunternehmen beantragen, wirklich benötigt wird und ob es nicht anderweitige betriebliche Bezugsmöglichkeiten gleicher Qualität gibt. In NRW wird eine solche Bedarfsplanung im Rahmen des Raumordnungsverfahrens bereits durchgeführt.

Zweitens sollten die Planungshorizonte der rohstoffbezogenen Ausweisungsplanungen verlängert werden, mittelfristig sollte der Planungshorizont mindestens ca. 10 bis 15 Jahre betragen. Dies könnte durch Aufnahme des Planungshorizonts in einem neuen Satz in § 2 Abs. 2 Nr. 4 Satz 4 ROG erfolgen. [Schomerus et al., 2012]

Drittens, sollte die Vorerkundung und Optimierung der Lagerstätten unter Berücksichtigung des Ressourcenschutzes erfolgen. Bislang wird der Begriff der „vorsorgenden Sicherung“ im Raumordnungsrecht (§ 2 Abs. 2 Nr. 4 Satz 4 ROG) nur als „Zugriff auf Ressource“ verstanden. Das Ziel in § 2 Abs. 2 Nr. 4 Satz 4 ROG sollte ergänzt werden, um die Betonung des umweltrechtlichen Vorsorgeprinzips. [Schomerus et al., 2012]

4. Ausblick

Die Ergebnisse des Rohstoffwende-Szenarios lassen im Vergleich zum „Weiter so“ – also dem Business-As-Usual-Szenario – erhebliche Entlastungspotenziale in der ökologischen und sozialen Dimension erkennen. Bei allen Herausforderungen (notwendige Rohstoffe für Wohnraum, Verkehrssysteme, Umwelttechnologien usw.) ist eine Rohstoffwende möglich und realisierbar. Allerdings sind hierfür erhebliche Anstrengungen notwendig – Denkverbote müssen überwunden und Tabubrüche in Kauf genommen werden. Wie dargestellt gibt es bereits in 15 anderen EU-Staaten in unterschiedlicher Form und Ausprägung Primärbaustoffsteuern mit entsprechender Lenkungswirkung. Warum sollte dies in Deutschland nicht möglich sein?

Saubere Technologien bedürfen einer sauberen und transparenten Materialversorgung. Am Beispiel Neodym hat das Öko-Institut die Herausforderungen aufgezeigt. Positive Änderungen sind hier mittel- und langfristig nur durch intelligente und abgestimmte Maßnahmen auf europäischer Ebene zu erzielen.

Das Öko-Institut wird bis Ende 2016 für die diversen untersuchten Rohstoffe sinnvolle Eingruppierungen im Hinblick auf rohstoffspezifische Ziele erarbeiten. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten wird die Vertiefung und weitere Ausarbeitung von geeigneten Maßnahmen und Instrumenten für eine Erreichung der Ziele im Rahmen einer Rohstoffwende in Deutschland in 2049 sein. Ein Beispiel ist die instrumentelle Ausgestaltung von Ansätzen zur Zertifizierung von Rohstoffen sowie Anforderungen an Branchen und Unternehmen hinsichtlich ihrer Verantwortung zur Minimierung menschenrechtlicher und ökologischer Risiken in der Wertschöpfungskette ihrer Produkte.

Die Gesamtergebnisse des strategischen Projekts „Deutschland 2049 - Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft“ werden am 1. Dezember 2016 bei der Jahrestagung des Öko-Instituts in Berlin einem breiten Publikum vorgestellt und mit den Teilnehmern dieser Veranstaltung diskutiert.

5. Literaturverzeichnis

Bahn-Walkowiak et al., 2010: Bahn-Walkowiak, Bettina / Bleischwitz, Raimund / Sanden, Joachim: Einführung einer Baustoffsteuer zur Erhöhung der Ressourceneffizienz im Baubereich, MaRess-Paper 3.7, Wuppertal, 2010. http://ressourcen.wupperinst.org/downloads/MaRess_AP3_7.pdf

Buchert et al., 2015: 1. Policy Paper: Deutschland 2049 – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft, Darmstadt, Juli 2015, http://www.resourcefever.org/publications/articles/D2049_Policy%20Paper_Juli2015.pdf

Deilmann et al., 2014: Deilmann, Clemens; Krauß, Norbert; Gruhler, Karin; Reichenbach, Jan: Sensitivitätsstudie zum Kreislaufwirtschaftspotenzial im Hochbau; im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR); Endbericht Juli 2014

https://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOER_Projekte/PDF/FB_E/Endbericht_REP.pdf

English.news.cn, 2012: Situation and Policies of China's Rare Earth Industry.

http://news.xinhuanet.com/english/business/2012-06/20/c_131665123_4.htm

Europäische Kommission, 2014: Critical Raw Materials; http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical/index_en.htm

EEA, 2008: Effectiveness of environmental taxes and charges for managing sand, gravel and rock extraction in selected EU countries, EEA-Report 02/2008, Kopenhagen.

http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_2

ERECON, 2015: European Rare Earths Competency Network: Strengthening the European rare earths supply chain: Challenges and policy options. Kooroshy, J., G. Tiess, A. Tukker, and A. Walton (eds.).

http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/erecon/index_en.htm

Hua, 2011: Liu Hua: The situation of NORM in Non-Uranium Mining in China, Oktober 2011,

<http://www.icrp.org/docs/Liu%20Hua%20NORM%20in%20Non-Uranium%20Mining%20in%20China.pdf>

Keimeyer et al., 2013: Keimeyer, Friedhelm / Schulze, Falk / Hermann, Andreas: Primärbaustoffsteuer, Berlin 2013, im Internet unter: http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCs_derivate_00000003555/PolRess_AP2-Implementationsanalyse_Primxrbaustoffsteuer_FINAL.pdf so am 25.4.2016).

Ludewig, Meyer, 2012: Ludewig, Damian / Meyer, Eike: FÖS-Diskussionspapier – Ressourcenschonung durch die Besteuerung von Primärbau-stoffen, FÖS (Hrsg., 2012), im Internet unter: <http://www.foes.de/pdf/Diskussionspapier%20Baustoffsteuer.pdf> (so am 25.04.2016).

Mining, 2015: Mining.com: Molycorp shuts down Mountain Pass rare earth plant. By Cecilia Jamasmie. 26. August 2015. Abgerufen im Mai 2016 unter: <http://www.mining.com/molycorp-shuts-down-mountain-pass-rare-earth-plant/>

Moss et al., 2013: Moss, R.L.; Tzimas, E.; Willis, P.; Arendorf, J.; Tercero Espinoza, L.: Critical Metals in the Path towards the Decarbonisation of the EU Energy Sector. Luxembourg, 2013. http://www.oakdenhollins.co.uk/media/308/Critical_Metals_Decarbonisation.pdf

Öko-Institut, 2011: Hintergrundpapier Seltene Erden – Daten & Fakten; Januar 2011. <http://www.oeko.de/fileadmin/pdfs/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf>

Schmidt, 2014: Schmidt, G. Calculations of gamma and radon doses for all-the-year stay on uncovered mill tailings. Im Rahmen des Projektes Rohstoffwende Deutschland 2049 des Öko-Instituts. Darmstadt, 2014

Schomerus et al., 2012: Schomerus, Thomas / Sanden, Joachim / Schulze, Falk, Entwicklung eines Regelungskonzepts für ein Ressourcenschutzrecht des Bundes, UBA 1/2012, Dessau-Roßlau.

Schüler et al., 2015: Schüler, Doris / Schleicher, Tobias / Jenseit, Wolfgang / Degreif, Stefanie / Buchert, Matthias: Substitution of critical raw materials in permanent magnets in wind turbines and electric vehicles, and in phosphors and LEDs for lighting. Im Auftrag des Joint Research Centre in Petten; September 2015

UNEP, 2013: Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken, C.

http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs/Metal_Recycling_Full_Report.pdf

USGS, 2016: U.S. Geological Survey: Mineral Commodity Summaries - Rare Earths, Januar 2016.

http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earth/mcs-2016-raree.pdf

Völker, Weckerle, 2015: Völker, M., Weckerle, A.: Rückgewinnung von Neodym-Magneten aus Computerfestplatten, SeRec Schlussbericht, Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie FEM; Gefördert durch Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Az 30945-31, Januar 2015.

<https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-30945.pdf>

6. Anhang

6.1. Anhang 1: Ökologische Indikatoren für die Einstufung im Rohstoffwürfel

Der im ersten Policy Paper dargestellte Würfel aus Rohstoffwirkungen markiert über die Farben rot, gelb und grün die Wirkungen der einzelnen Rohstoffe. Dies wurde in dieser Form visualisiert, um einen schnellen Überblick über die Rohstoffe und deren Wirkungen in den verschiedenen Kategorien zu erhalten.

Für die Einordnung der Wirkungen des Rohstoffkonsums im System des Rohstoffwürfels werden verschiedene Grenzwerte festgelegt, welche rote, also sehr relevante, gelbe, also bedingt relevante, und grüne, also wenig relevante, Wirkungen identifizieren. Da diese Wirkungen einerseits aus spezifischen Wirkungen in der Bereitstellungskette und andererseits durch die schiere Menge des eingesetzten Rohstoffs resultieren, werden zwei Sets an Grenzwerten definiert.

Für **Massenrohstoffe** richten sich die Einstufungen nach den Wirkungen des **absoluten** jährlichen Bedarfs¹⁰. Für die **Nicht-Massenrohstoffe** sind die Wirkungen **pro Tonne** der Maßstab.

Die **Grenze** zwischen Massenrohstoffen und den übrigen, sogenannten Nicht-Massenrohstoffen liegt bei einer Bedarfsmenge von **100.000 t** pro Jahr in Deutschland.

Die Grenzwerte im Bereich der ökologischen Indikatoren für die Einstufungen der Massenrohstoffe sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 6-1: Ökologische Indikatoren für Massenrohstoffe

Ökologische Indikatoren	Einheit	Grenzwerte		
		Rot	Gelb	Grün
GWP	t CO ₂ (Gesamtbedarf D)	>10.000.000	100.000-10.000.000	<100.000
Versauerungspotenzial	t SO ₂ (Gesamtbedarf D)	>20.000	1.000-20.000	<1.000
Humantoxizitätspotenzial	t 1,4-DB (Gesamtbedarf D)	>10.000.000	100.000-10.000.000	<100.000
Risiko Schwermetalle	Risikoeinstufung nach Erzeigenschaften	Schwermetalle vergesellschaftet	Unbekannte Schwermetallbelastung	Keine Schwermetallvergesellschaftung
Risiko Radioaktive Stoffe	Risikoeinstufung (siehe Text unten)	Hoch	Mittel	Niedrig
Flächeninanspruchnahme (Risiko Zerstörung Landschaftsbild)	m ² (Gesamtbedarf D)	>1.500.000	100.000-1.500.000	<100.000

Bei den Nicht-Massenrohstoffen werden Grenzwerte für die Wirkungen pro Tonne bereitgestellter Metalle festgelegt. Diese sind in folgender Tabelle dargestellt.

¹⁰ Definition Bedarf = Produktion in Deutschland + Import - Export

Tabelle 6-2: Ökologische Indikatoren für Nicht-Massenrohstoffe

Ökologische Indikatoren	Einheit	Grenzwerte		
		Rot	Gelb	Grün
GWP	t CO ₂ /t Rohstoff	>1.000	100-1.000	<100
Versauerungspotenzial	t SO ₂ /t Rohstoff	>10	1-10	<1
Risiko Schwermetalle	Risikoeinstufung	Siehe Tab. 6-1	Siehe Tab. 6-1	Siehe Tab. 6-1
Risiko Radioaktive Stoffe	Risikoeinstufung (siehe Text unten)	Hoch	Mittel	Niedrig
Humantoxizitätspotenzial	Tonnen 1,4-DB	>10.000	100-10.000	<100

Die Einteilung für die Risiken Schwermetalle und radioaktive Stoffe gilt für Nicht-Massenrohstoffe und Massenrohstoffe gleichermaßen, da diese auf die Belastung der Lagerstätten bezogen sind. Die Einteilung für das Risiko Schwermetalle ist nicht exakt quantifiziert, jedoch beziehen sich die eingeteilten Stufen auf stark erhöhte (rot), leicht erhöhte (gelb) und nicht erhöhte (grün) Konzentrationen der Metalle As, Cd, Cr, Pb, Hg, Cu, Ni, Se, Zn. Für die Einteilung des Risikos radioaktiver Stoffe wurden die Grenzwerte festgelegt auf >245 ppm Th bzw. >80 ppm U (rot), 49-245 ppm Th bzw. 24-79 ppm U (gelb) und <49 ppm Th bzw. 24 ppm U (grün). Diese basieren auf Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates. Im grünen Bereich können die Tailings noch als Baumaterial verwendet werden. Im gelben Bereich ist diese Nutzung untersagt. Im roten Bereich müssen Tailings unter radiologische Aufsicht gestellt werden. Diese Einteilung stammt aus dem [Projekt „ÖkoRess“](#) (Ökologische Grenzen, ökologische Verfügbarkeit und ökologische Kritikalität von Primärrohstoffen), welches Mitte des Jahres 2016 abgeschlossen wird.

6.2. Anhang 2: Rohstoffe im Fokus von Deutschland 2049 – Einstufung Massenrohstoffe und Nicht-Massenrohstoffe

(Massenrohstoffe in roter Schrift > 100.000 t Bedarf in D in 2013; Nicht-Massenrohstoffe in blauer Schrift < 100.000 t Bedarf in D in 2013)

Eisenmetalle (7)

Vanadium (V)	Nickel (Ni)
Chrom (Cr)	Niob (Nb)
Mangan (Mn)	Molybdän (Mo)
Eisen (Fe)	

Nicht-Eisenmetalle (8)

Magnesium (Mg)	Kupfer (Cu)
Aluminium (Al)	Zink (Zn)
Titan (Ti)	Zinn (Sn)
Kobalt (Co)	Blei (Pb)

Edelmetalle (8)

Ruthenium (Ru)	Iridium (Ir)
Rhodium (Rh)	Platin (Pt)
Palladium (Pd)	Silber (Ag)
Osmium (Os)	Gold (Au)

Technologiemetalle (36)

Praseodym (Pr)	Neodym (Nd)
Scandium (Sc)	Samarium (Sm)
Europium (Eu)	Gadolinium (Gd)
Terbium (Tb)	Dysprosium (Dy)
Erbium (Er)	Ytterbium (Yb)
Thulium (Tm)	Lutetium (Lu)
Yttrium (Y)	Lanthan (La)
Cer (Ce)	Holmium (Ho)
Kadmium (Cd)	Quecksilber (Hg)

Arsen (As)	Lithium (Li)
Beryllium (Be)	Tellur (Te)
Gallium (Ga)	Germanium (Ge)
Selen (Se)	Strontium (Sr)
Zirkonium (Zr)	Indium (In)
Antimon (Sb)	Barium (Ba)
Tantal (Ta)	Wolfram (W)
Rhenium (Re)	Thallium (Tl)
Bismuth (Bi)	Hafnium (Hf)

Industriematerialien (9)

Kalisalze	Steinsalze
Flussspat	Graphit
Baryt	Schwefel
Phosphat	Spezialsande
Titandioxid	

Baumaterialien (7)

Kies	Sand
Naturstein	Kalk gebrannt
Zement	Gips
Ton	

6.3. Anhang 3: Bisher veröffentlichte Dokumente des Projektes „Rohstoffwende Deutschland 2049“

1. Policy Paper: Deutschland 2049: Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft, Darmstadt, Juli 2015
http://www.resourcefever.org/publications/articles/D2049_Policy%20Paper_Juli2015.pdf

Präsentationen des 1. Stakeholderworkshops am 5. Februar 2015 in Berlin

- Ein strategischer Beitrag des Öko-Instituts
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_Workshop_2015_1_Einstiegsfolien_Buchert.pdf
- Bewertung von Rohstoffen – wo liegen die großen Impacts?
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_Workshop_2015_2_Stahl_Manhart.pdf
- Eckpunkte für ein Rohstoffwendeszenario
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_Workshop_2015_3_Huenecke.pdf
- Instrumente für eine Rohstoffwende – ein Ausblick
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_Workshop_2015_4_Schulze.pdf
- Nächste Projektschritte
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_Workshop_2015_5_Abschluss_Buchert.pdf

Präsentationen des 2. Stakeholderworkshops am 18. Februar 2016 in Berlin

- Rohstoffwende Deutschland 2049: Überblick Ziele und Szenarien
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_2_WS_1_Einstiegsfolien_Buchert_18Feb2016.pdf
- Bedürfnisfelder: Szenario-Ergebnisse (Megatrends) ausgehend von 2013
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_2_WS_2_Beduerfnisfelder_Huenecke_Bulach_Schleicher_Mottschall_18Feb2016.pdf
- Ausgewählte Rohstoffe: Szenario-Ergebnisse und konkrete Ziele
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_2_WS_3_Rohstoffe_Degreif_Buchert_18Feb2016.pdf
- Beispielfall Kies - Instrumente zur Schonung des Rohstoffs „Kies“
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_2_WS_4b_Instrumente_Kies_Hermann_18Feb2016.pdf
- Beispielfall: Seltene Erden / Neodym – Stand, Umweltbewertung, Instrumente
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_2_WS_4a_Instrumente_Neodym_Schmidt_18Feb2016.pdf
- Nächste Schritte
http://www.resourcefever.org/publications/presentations/D2049_2_WS_5_Naechste_Schritte_Buchert_18Feb2016.pdf