

Abschlussbericht

ROBEHA

Nutzung des Rohstoffpotenzials von Bergbau- und Hüttenhalden
 unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit am Beispiel des Westharzes

<p>Zuwendungsempfänger:</p> <p>Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft (LFA), RWTH Aachen</p>	<p>Förderkennzeichen:</p> <p>033R105H</p>
<p>Vorhabenbezeichnung:</p> <p>ROBEHA - Nutzung des Rohstoffpotenzials von Bergbau- und Hüttenhalden unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit am Beispiel des Westharzes</p> <p>Arbeitspaket 4.1 - Multikriterieller Bewertungsansatz</p>	
<p>Laufzeit des Vorhabens:</p> <p>01.08.2012 - 31. 07. 2014</p>	<p>Berichtszeitraum</p> <p>01.08.2012 - 31. 07. 2014</p>

Bearbeitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Doetsch

Dr.-Ing. Heio van Norden

Aachen, 30. April 2015

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Abschlussbericht	
3. Titel BMBF Förderschwerpunkt r3 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. „Nutzung des Rohstoffpotenzials von Bergbau- und Hüttenhalden unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit am Beispiel des Westharzes (ROBEHA)“ – AP: 4.1 Multikriterieller Bewertungsansatz		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Univ.-Prof. Dr.-Ing. Doetsch, Peter Dr.-Ing. van Norden, Heio	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.07.2014	6. Veröffentlichungsdatum 30.04.2015
	7. Form der Publikation	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft (LFA) der RWTH Aachen Mies-van-der-Rohe-Straße 1 52074 Aachen	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn		9. Ber. Nr. Durchführende Institution
		10. Förderkennzeichen 033R105H
		11. Seitenzahl 274
16. Zusätzliche Angaben		13. Literaturangaben 120
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		14. Tabellen 53
18. Kurzfassung Die deutsche Industrie ist zu nahezu 100 % auf den Import metallischer Rohstoffe angewiesen. Der deutsche Rohstoffimport ist deshalb in erheblicher Weise mitverantwortlich für die ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen, also der Nachhaltigkeit, des Rohstoffabbaus in den Förderländern. In Abhängigkeit der importierten Metalle werden die spezifischen Nachhaltigkeitsdefizite nach Deutschland eingeführt. Diesen Import durch den Rückbau von Erzbergbauhalden des Westharzes, mit dem daraus gewinnbaren Metallinventar sowie der Reduktion der Haldengefahrenpotentials zu vermindern, und durch eine geeignete Bewertungssystematik (Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator) abzubilden, ist Ziel des durchgeführten Vorhabens. Die entsprechende Systematik wurde in einer allgemeinen Form entwickelt und exemplarisch an einer fiktiven Halde angewandt, wobei die Reduktion des Nachhaltigkeitsdefizites nachgewiesen werden konnte. Bezogen auf das gesamt Metallinventar aller Halden des Westharzes dürfte der Effekt jedoch marginal sein.		15. Abbildungen 26
		19. Schlagwörter Nachhaltigkeit des Metallimportes, Erzbergbauhalden, Haldengefahrenpotenzial, Bewertungssystematik zum Nachweis der Nachhaltigkeit der Metallgewinnung durch den Haldenrückbau (Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator)
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report		
3. title BMBF Funding Priority r3 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. (Innovative Technologies for Resource Efficiency – Strategic Metals and Minerals) “Using the Raw Material Potential of Mining and Mill Stockpiles While Taking Sustainability into Account, Example: West Harz (ROBEHA)” – AP: 4.1 Multi-criteria Evaluation Approach			
4. author(s) (family name, first name(s)) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Doetsch, Peter Dr.-Ing. van Norden, Heio		5. end of project 31. 07. 2014	6. publication date 30. 04. 2015
		7. form of publication	
		8. performing organization(s) (name, address) Academic and Research Department Waste Management (LFA) at RWTH Aachen Mies-van-der-Rohe-Straße 1 52074 Aachen	
11. no. of pages 274			
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn			
		15. no. of figures 26	
		16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)			
18. abstract The German industry is almost 100% dependent on the import of metallic raw materials. The German import of raw materials is thus significantly jointly responsible for the economic, ecological, and social effects, that is, the sustainability of mining in the producing countries. Depending on the metals imported, specific sustainability deficits will be introduced to Germany. The goal of this project is to reduce this import through the renaturation of ore stockpiles in West Harz with the obtainable metal inventory and reducing the hazard potential of the stockpiles, as well as to model a suitable evaluation system (Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator). A general corresponding system was developed and applied to a fictitious stockpile, where the reduction of the sustainability deficit could be proven. The effect is marginal based on the entire metal inventory of all stockpiles in West Harz.			
19. keywords Sustainability of metal import, ore stockpiles, hazard potential of stockpiles, application system for documenting the sustainability of extractive metallurgy through stockpile renaturation (Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator)			
20. publisher		21. price	

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnisse	Seite
Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Anlagenverzeichnis	V
Kapitel	Seite
1. Importe metallischer Rohstoffe und Haldensituation im Landkreis Goslar	1
2. Zentrale Kritikalitätsstudien für metallische Rohstoffe	10
3. Diskussion von Nachhaltigkeitsindikatoren als Grundlage des multikriteriellen Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators	20
4. Grundstruktur des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators	29
5. Quantifizierung der Nachhaltigkeitsdefizite der importierten metallischen Rohstoffe	32
5.1 Prinzip des Quantifizierungsansatzes	32
5.2 Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit	36
5.3 Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit	54
5.4 Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit	74
5.5 Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit (SND)	86
6. Status-Quo-Bewertung der Halden bezüglich der generellen Rückbaueignung	92
7. Abschätzung des Gefahrenpotenzials von Bergbauhalden	99
7.1 Überprüfung der Anwendbarkeit der Beurteilungskriterien gemäß Artikel 20 EU-Mine-Waste-Directive	99
7.2 Bewertungsraster zur Abschätzung des Gefahrenpotenzials	115
8. Abschätzung der Umwelteffekte / Umweltwirkungen der rückgebauten Halden im Haldenumfeld, des Rückbau-, Aufbereitungs- und Gewinnungsprozesses und der ökologischen Wertigkeit des rückgebauten Haldenstandortes	122
9. Anwendung und Erläuterung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators an einem fiktiven Haldenbeispiel	131
10. Zusammenfassung und Fazit	141
11. Literatur- und Informationsgrundlagenverzeichnis	146

Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Seite
1.1 Veränderung des Metallerzbergbaus seit 1850	2
1.2 Entwicklung der Metallimporte	3
1.3 Metallpreisdynamik 2000 bis 2013	4
1.4 Halden im Landkreis Goslar	7
2.1 Ergebnismatrix der EU-Kritikalitätsbewertung	11
2.2 Rohstoffkritikalitätsscreening für Deutschland	14
2.3 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Rohstoffproduktion	16
2.4 Kritikalität von metallischen Rohstoffen in drei verschiedenen Studien	18
2.5 Ursachen der Rohstoffkritikalität	19
3.1 Zieltrias der Nachhaltigkeit, Dimensionen und Strategien	20
3.2 Erweitertes Nachhaltigkeitsindikatorenset	27
4.1 Grundstruktur des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators	31
5.1.1 Logik der Nachhaltigkeitsgrundsatzbewertung der Primärproduktion metallischer Rohstoffe	34
5.2.1 WGI für Deutschland von 1996 bis 2012	46
5.2.2 WGI für verschiedene Staaten für 1996 bis 2012	47
5.2.3 Neun-Felder Matrix Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit	52
5.3.1 Neun-Felder Matrix Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit	72
5.4.1 Neun-Felder Matrix Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit	84
6.1 Bewertungsansatz der haldenunabhängigen Nachhaltigkeitsbewertung	93
6.2 Entscheidungsbaum	98
7.1 Fließdiagramm 1	104
7.2 Fließdiagramm 2	107
7.3 Fließdiagramm 3	110
7.4 Modifiziertes Erstbewertungssystem	114
9.1 Profil der Beispielhalde „Am Bleibach“	132
9.2 Ergebnisse des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators für die Beispielhalde „Am Bleibach“	139

Tabellenverzeichnis

Tabelle	Seite
1.1 Standortgruppierung Haldenkonzept Landkreis Goslar	8
1.2 Prioritätenkategorien zur Beschreibung der Montanstandorte	8
1.3 Ergebnisse des Konzeptes Montanstandorte	9
2.1 Indikatoren, Indikatorwerte und Gewichtung in der KfW-Kritikalitätsstudie	13
2.2 Exemplarische Berechnung von Vulnerabilitätsindex und Versorgungsrisikoindex für Seltene Erden	15
3.1 Nachhaltigkeitsleitlinien, Indikatorenbereiche, Indikatoren und Zieldefinitionen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie	22
5.2.1 HHI für Seltene Erden in 2011	37
5.2.2 Bewertungstableau Rohstoff-HHI	38
5.2.3 Ergebnistableau Rohstoff-HHI	39
5.2.4 WGI-Schlüsselindikatoren der Weltbank	41
5.2.5 Anzahl an Schlüssel-, Teil- und Einzelindikatoren als Datengrundlage für die WGI für Deutschland im Jahr 2008	42
5.2.6 Daten- und Bewertungsgrundlagen, WGI-Teilindikator Political Stability / Absence of Violence (PVI, Deutschland 2008)	44
5.2.7 WGI Deutschland, 2008	46
5.2.8 Rohstoff-WGI von Seltenen Erden	48
5.2.9 Bewertungstableau Rohstoff-WGI	49
5.2.10 Ergebnistableau Rohstoff-WGI	50
5.2.11 Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit metallischer Rohstoffe	53
5.3.1 Bereiche, Kategorien und Indikatoren des EPI (2012)	55
5.3.2 EPI für Deutschland, 2012	58
5.3.3 EPI, 2012 für ausgewählte Staaten	59
5.3.4 Rohstoff-EPI von Seltenen Erden	60
5.3.5 Bewertungstableau Rohstoff-EPI	60
5.3.6 Ergebnistableau Rohstoff-EPI	61
5.3.7 Bottom-up-Struktur - Aggregationsebenen zur Ermittlung des Ecological Footprint	64
5.3.8 Äquivalenz- und Leistungsfähigkeitsfaktoren sowie Flächengrößen für Deutschland, 2007	66
5.3.9 Biokapazität für Deutschland, 2007	66
5.3.10 Ecological Footprint of Consumption für Deutschland, 2007	68
5.3.11 Rohstoff-Footprint für Seltene Erden	69
5.3.12 Bewertungstableau Rohstoff-Footprint	69
5.3.13 Ergebnistableau Rohstoff-Footprint	70
5.3.14 Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit von metallischen Rohstoffen	73

Tabelle	Seite	
5.4.1	Bewertungsrahmen des Social Progress Index - SPI	75
5.4.2	Beispielhafte Berechnung des SPI für Deutschland (2014)	76
5.4.3	Rohstoff-SPI für Seltene Erden	77
5.4.4	Bewertungstableau Rohstoff-SPI	77
5.4.5	Ergebnistableau Rohstoff-SPI	78
5.4.6	Erhebungsstruktur des BTI	79
5.4.7	Beispielhafte Berechnung des BTI (Status-Index und Management-Index) für die Volksrepublik China	80
5.4.8	Rohstoff-BTI (3x) für Seltene Erden	82
5.4.9	Bewertungstableau Rohstoff-BTI (3x)	82
5.4.10	Ergebnistableau Rohstoff-BTI (3x)	83
5.4.11	Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit von metallischen Rohstoffen	85
5.5.1	Ergebnistableau Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit	87
7.1	Bewertungsraster zur Einschätzung und Quantifizierung des Haldengefährdungspotenzials	116
7.2	Bewertungsraster zur Einschätzung und Quantifizierung des Haldengefährdungspotenzials mit zehn benutzten Kriterien	120
8.1	Abschätzung der Umweltwirkungen des Haldenrückbaus im Haldenumfeld	124
8.2	Güteklassifikation von 7 Schwermetallen im Schwebstoff nach der jeweils strengsten Zielvorgabe über die Schutzgüter aquatische Lebensgemeinschaften und Bodennutzung - LAWA-Güteklassifikation 1998	125
8.3	Bewertung der Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung“	127
8.4	Bewertung der ökologischen Standortwertigkeit der rückgebauten Halden	130
9.1	Bewertungsraster zur Einschätzung und Quantifizierung des Haldengefährdungspotenzials der Halde „Am Bleibach“	134
9.2	Abschätzung der Umweltwirkungen des Haldenrückbaus im Haldenumfeld der Halde „Am Bleibach“	136
9.3	Bewertung der Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung“ der Halde „Am Belibach“	137
9.4	Bewertung der ökologischen Standortwertigkeit der rückgebauten Halde „Am Bleibach“	138

Anlagenverzeichnis

Anlage

1	Überblick zu Geologie und Lagerstätten des Harzes	155
2	WGI Datenquellen	177
3	Indikatoren, Quellen und Zielwerte für den EPI (2012)	183
4	Datenquelle Social Progress Index	186
5	Kriterien und Indikatoren Bertelsmann Transformation Index	189
6	Länderliste	193
7	Metallsteckbriefe	198
8	Metallspezifische Rohstoffindizes	238

1. Importe metallischer Rohstoffe und Haldensituation im Landkreis Goslar

Angesichts der Abhängigkeit der deutschen Industrie vom Import metallischer Rohstoffe stellt sich im Rahmen des BMBF-geförderten ROBEHA-Verbundprojektes die Frage, inwieweit durch den Rückbau von metallhaltigen Halden (Bergehalden, Aufbereitungshalden, Verhüttungshalden) im Westharz, insbesondere im Landkreis Goslar, der seit 2007 über ein differenziertes Haldenkonzept verfügt, der Import metallischer Rohstoffe punktuell vermindert werden kann. Zentrale Zielsetzung ist, neben dem Wertstoffpotenzial der Halden, vor allem die Nachhaltigkeit der Wertstoffgewinnung durch den Haldenrückbau, die zum einen durch die Verminderung der von den Halden ausgehenden Umweltgefahren geprägt wird, zum anderen aber auch der Tatsache Rechnung tragen muss, dass der deutsche Rohstoffimport in erheblicher Weise Mitverantwortung für die ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen des Rohstoffabbaus in den Förderländern trägt.

Bereits seit Anfang der 1990'er Jahre gibt es in Europa keinen klassischen Erzmetallbergbau mehr. In Deutschland fand mit der Stilllegung des Erzbergwerks Grund am 31. März 1992 der Erzbergbau in Deutschland sein Ende. Da viele metallische Rohstoffe eine unverzichtbare Grundlage für die nachfolgenden Wertschöpfungsstufen der industriellen Produktion bilden, ist eine zunehmende Importabhängigkeit gegeben, die sich rohstoffabhängig zum Teil auf wenige Länder konzentriert (vgl. Abb. 1.1).

Deutschland ist bei den für ein Hochtechnologieland wichtigen metallischen Rohstoffen fast vollständig auf Importe angewiesen; für Metallerze und -konzentrate beträgt der derzeitige Importanteil 100 Prozent, während für Raffinade -Kupfer, -Aluminium und -Blei infolge des Metallrecyclings der Selbstversorgungsgrad zwischen ca. 50 und 70 Prozent beträgt.

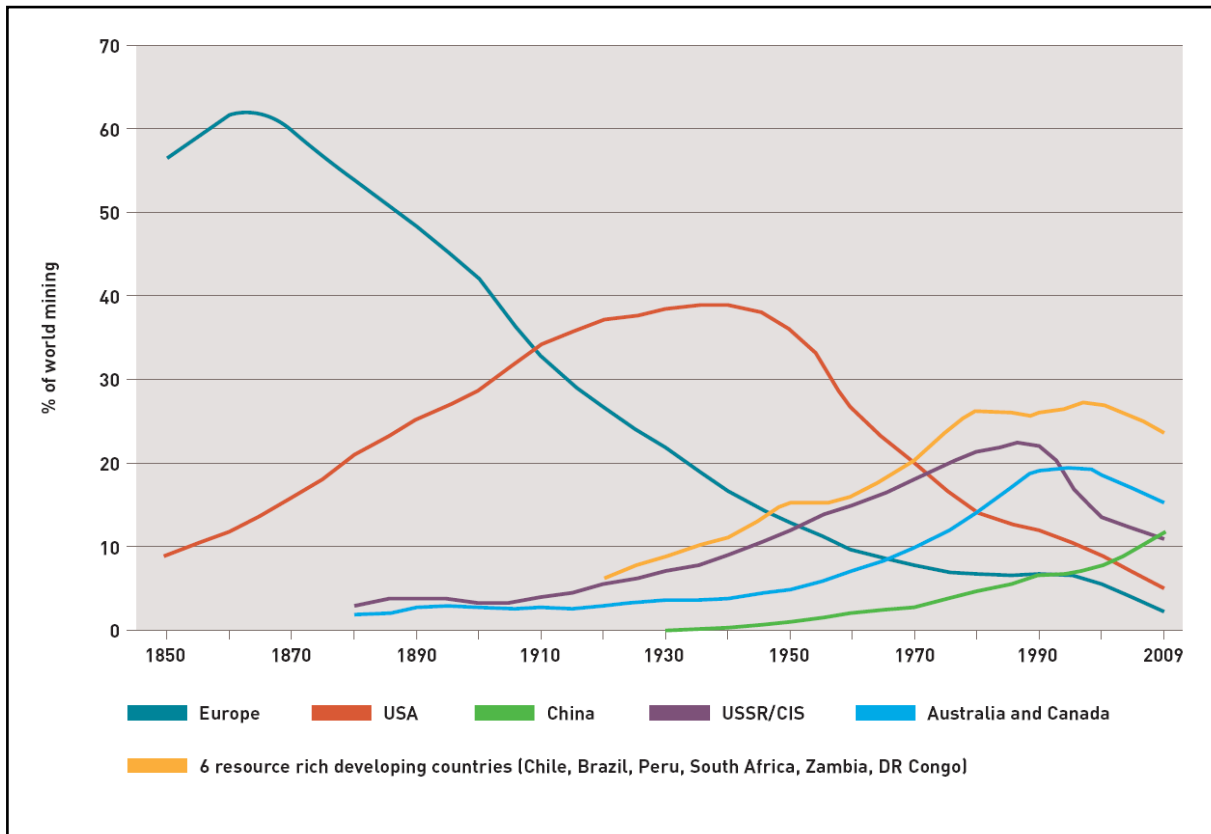


Abb. 1.1: Veränderung des Metallerzbergbaus seit 1850 [ICMM 2012]

Der aktuelle Bericht „Deutschland Rohstoffsituation 2012“ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR, 2013 a] dokumentiert für das Jahr 2012 Metalleinfuhren im Umfang von rund 62,4 Mio. Tonnen, was einem Anteil an den gesamten Rohstoffimporten (ca. 320 Mio. t) von knapp 20 % entspricht.

Mit einem Importwert von 44,4 Mrd. Euro liegt der wertorientierte Anteil der Metalle („Erze, Konzentrate, Zwischenprodukte, nachgelagerte Produkte einschließlich der ersten Verarbeitungsstufe ohne Halbzeug und Waren“ [BGR, 2013 a, S. 17]) bei ca. 30 %. Während die Menge der Metallimporte in den letzten Jahren, mit Ausnahme des krisenbedingten Einbruchs im Jahr 2009, nahezu relativ konstant zwischen 60 bis 70 Mio. Tonnen pro Jahr lag (vgl. Abb. 1.2), weist der Wert der Metalleinfuhren eine deutlich steigende Tendenz auf. Wie Abbildung 2 dokumentiert, ist der Wert der Metallimporte zwischen 2003 und 2011 um ca. 250 % gestiegen, was im Wesentlichen durch die Rohstoffpreisdynamik (vgl. Abb. 1.3) bedingt ist.

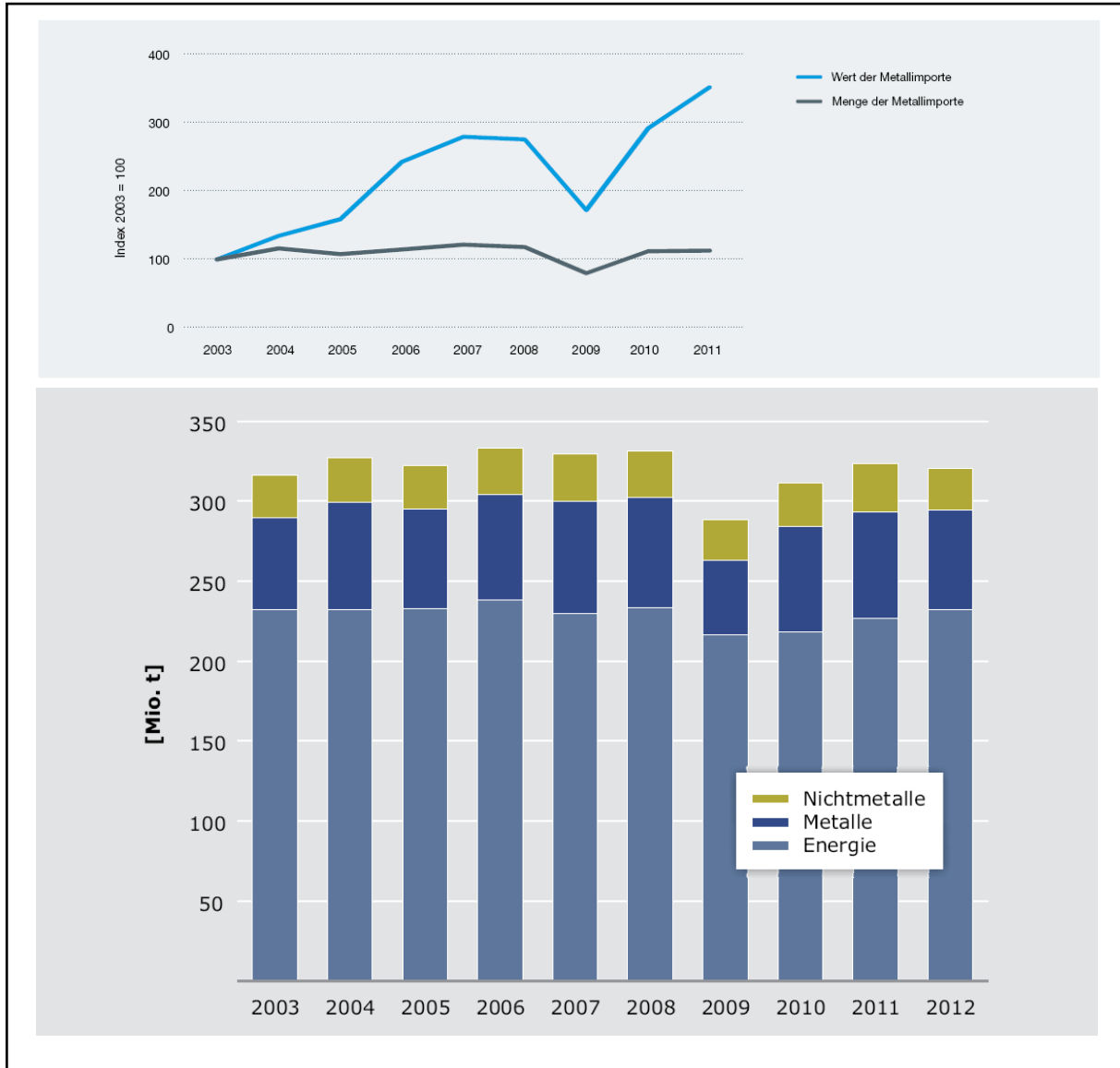


Abb. 1.2: Entwicklung der Metallimporte [BDI, 2013 (oben); BGR, 2013 a (unten)]

Sowohl der BGI-MPI Metallpreisindex als auch der Reuters CRB Metals Subindex belegen einen massiven Anstieg der Metallpreise seit etwa 2005, einen scharfen Preisrückgang durch den krisenbedingten Konjunkturerinbruch 2008 / 2009 sowie ab 2010 den deutlichen Anstieg der Rohstoffpreise parallel zur Erholung der Weltwirtschaft und zur globalen Verschiebung der Nachfrage, ausgelöst durch aufstrebende Industrienationen, vor allem China, sowie einzelne Schwellenländer.

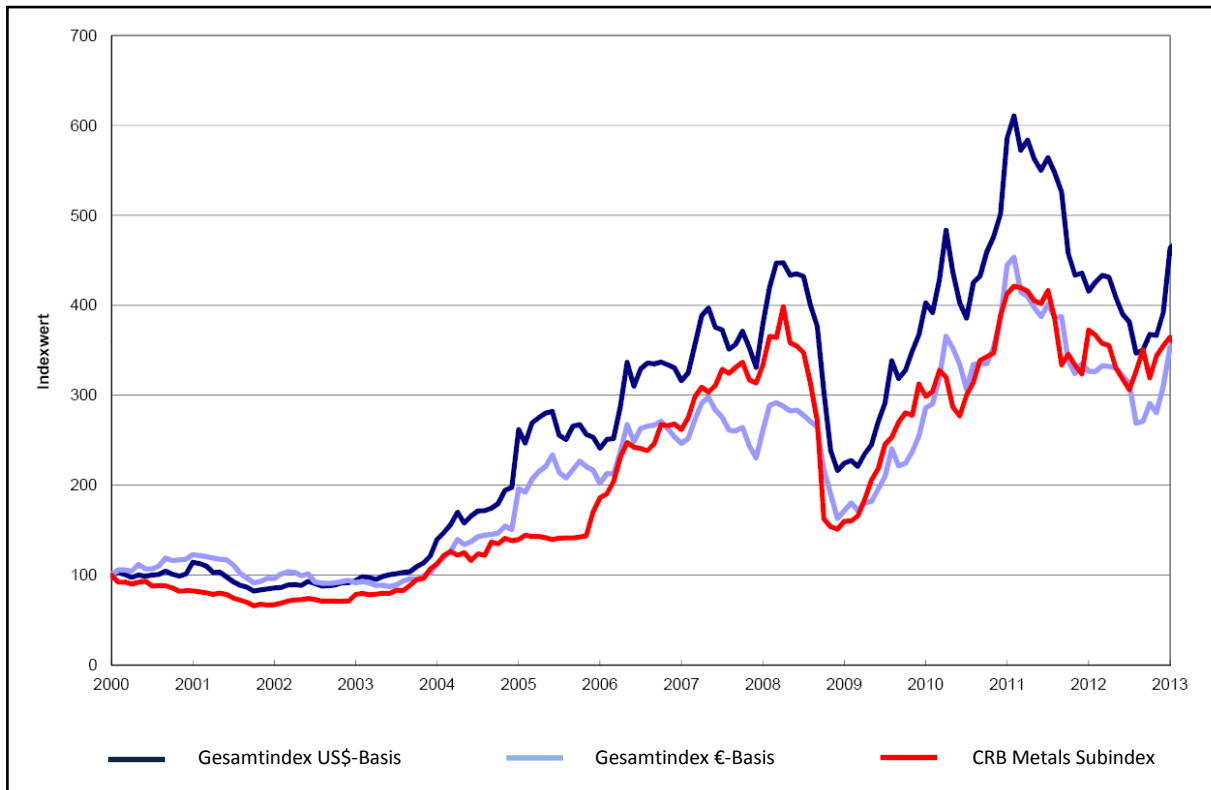


Abb. 1.3: Metallpreisdynamik 2000 - 2013 [BGR, 2013 b]

Für rohstoffnah produzierende Unternehmen, die in der Regel einen hohen Materialkostenanteil am Bruttoproduktionswert aufweisen, stellen die Abhängigkeit von den Metallimporten und die Metallpreise eine bedeutende Herausforderung dar. In Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes betrug der Kostenanteil des Materialverbrauchs ohne Energieverbrauch im Jahr 2011 durchschnittlich rund 45 % (44,6 %) des Bruttoproduktionswertes [DESTATIS, 2013], während die Personalkosten mit ca. 17 % vergleichsweise niedrig waren. In den Branchen Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24) liegen die Materialkosten sogar bei ca. 61 %, in der Automobilindustrie (WZ 29) bei ca. 53 %, so dass viele Unternehmen den starken Anstieg der Rohstoffpreise des abgelaufenen Jahrzehnts und dessen eventuelle Fortsetzung als ernstes Risiko mit erheblichem Einfluss auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit bewerten, zumal langfristig mit einem Preisanstieg gerechnet wird.

Neben der Preisentwicklung wird vor allem die Verfügbarkeit metallischer Rohstoffe von der deutschen Industrie kritisch beurteilt, wobei weniger die geologische Verfügbarkeit ausschlaggebend ist, sondern „vielmehr

- die Konzentration des Abbaus in einzelnen, teilweise politisch instabilen Ländern,
- die Konzentration der Gewinnung auf wenig dominierende Unternehmen,
- das Verhältnis zwischen gesteigener Nachfrage und noch nicht angepasster Gewinnung,
- technische Schwierigkeiten bei der Gewinnung oder konkurrierende Landnutzungen von potenziellen Abbaugebieten.“ [DIHK, 2012, S. 1f.]

Vor diesem Hintergrund sowie erschwerenden Handelsbeschränkungen und weiteren Exportrestriktionen werden seit einigen Jahren die Versorgungs- und Lieferrisiken für metallische Rohstoffe in sogenannten Kritikalitätsstudien thematisiert. Diese basieren überwiegend auf einem Konzept des U.S. National Research Council (NRC) und strukturieren Kritikalität in einer zweidimensionalen Kritikalitätsmatrix aus

- dem Versorgungsrisiko im Sinne von Versorgungsunsicherheit, d.h. Störungswahrscheinlichkeit der Versorgung unter Berücksichtigung von Kriterien zur Konzentration der Produktion auf Länder- resp. Unternehmensebene, zur politischen Stabilität der Förderländer, zur Recycling- und Substitutionsfähigkeit sowie zum Preisrisiko,
- der ökonomischen Bedeutung durch Abschätzung der potenziellen Auswirkungen (Schadensausmaß) der Unterbrechung resp. Einschränkung der Versorgung (Vulnerabilität) unter Berücksichtigung betroffener Branchen und ihrer Anteile an der Bruttowertschöpfung, der strategischen Relevanz der metallischen Rohstoffe sowie der kurzfristigen Substitutionspotenziale.

Der Landkreis Goslar mit einer Katasterfläche von 96.529 ha (ca. 140.000 Einwohner) ist geprägt durch seine mehrere Jahrhunderte, beginnend vor etwa 3.000 Jahren, umfassende Bergbau- und Industriegeschichte, die sich vor allem aus den reichen Erzlagerstätten des Harzes (vgl. Anlage 1) begründet. Die Harzer-Erzlagerstätten waren bekannt für ihre Gehalte an Blei, Zink, Kupfer und Silber sowie zusätzlich Arsen, Cadmium, Quecksilber und weiteren Metallen. Aufgrund der Gewinnung, Aufbereitung und Verhüttung der Erze entwickelte sich eine blühende Montanindustrie im Westharz mit Zentren in den Städten Goslar, Langelsheim, Oker, den Oberharzer Bergstädten sowie in den Flusstälern von Oker und Innerste. Zu den wichtigsten Bergbaugebieten und Lagerstätten des Oberharzes zählten:

- Goslar / Rammelsberg (Pb, Zn, Cu, [Ag, Au], Ba),
- Oberharzer Gangerzlagerstätten (Pb, Zn, [Ag, Cu, Sb]),
- Oberharzer Diabaszug (Fe).

Das Haldenkonzept des Landkreises Goslar (Ergebnisbericht und Konzept zum weiteren Umgang mit den Montanstandorten im Landkreis Goslar (Haldenkonzept), Stand 20. 09. 2007) dokumentiert als Folge des historischen Bergbaus und der Erzverhüttung zum Stand 2007 301 Halden sowie 45 weitere Montanstandorte (ehemalige Hüttenstandorte, Aufbereitungsanlagen, Schächte, Gruben), wobei aufgrund der damaligen Technologien und der Verarbeitung direkt vor Ort der Gewinnung viele Halden in verstreuter Lage und mit relativ geringer Größe entstanden sind (vgl. Abb. 1.4).

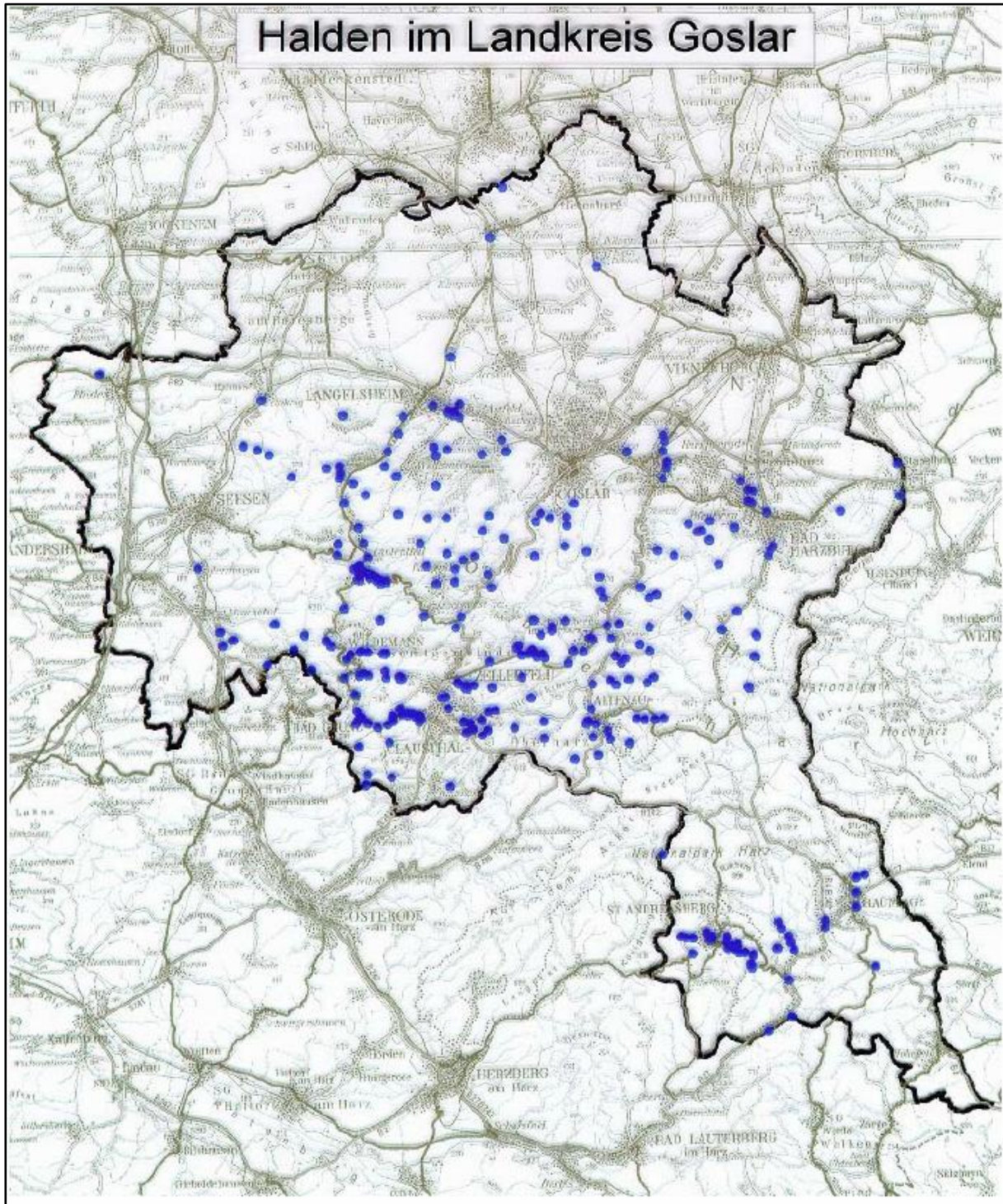


Abb. 1.4: Halden im Landkreis Goslar (Quelle: Haldenkonzept Landkreis Goslar, Anlage 7, S. 4)

Im Vergleich dazu weist das Altlastenkataster (Altlasten im Landkreis Goslar, Stand 08/2004) bei insgesamt 1.185 altlastverdächtigen Flächen und Altlasten nur 326 Halden aus, während das „Konzept Montanstandorte“ von 390 der unteren Bodenschutzbehörde bekannten Montanstandorten ausgeht. Ziel dieses Konzeptes (Bundes-Bodenschutzgesetz - Konzept für eine systematische Bearbeitung von Montanstandorten im Landkreis Goslar (Konzept Montan-

standorte)) ist zum einen eine Clusterung der Flächen in Standortgruppen (vgl. Tab. 1.1) sowie eine Beschreibung und Bewertung der stofflichen und standortbezogenen Gefahrenpotenziale und daraus abgeleiteten Untersuchungs- resp. Bearbeitungsprioritäten, wobei die in Tabelle 1.2 beschriebenen Kategorien verwendet wurden.

Tabelle 1.1: Standortgruppierung Haldenkonzept Landkreis Goslar (Quelle: Haldenkonzept a.a.O., S. 9)

Standortgruppe	Beschreibung / Flusssystem
Sperrlutter / Sieber / Breitenbeek (Sankt Andreasberg)	Weitgehend abgeschlossenes ehemaliges Bergbaurevier mit einer Vielzahl großer Abraumhalden. Vorfluter sind: Sperrlutter, Sieber, Breitenbeek
Oberlauf Innerste bis Talsperre (Clausthal-Zellerfeld / Lautenthal)	Ehemaliges Oberharzer Bergbaurevier mit Hüttenstandorten, die sich entlang der Innerste ansiedelten. Die Innerstetalsperre funktioniert als Schadstoffsene und trennt die Standortgruppen des Oberlaufs vom Unterlauf der Innerste. Vorfluter sind: Zellbach und Innerste
Unterlauf Innerste ab Talsperre (Langelsheim)	Ehemalige Hüttenstandorte im Raum Langelsheim und Astfeld mit den großen ehemaligen Hüttenstandorten wie Herzog-Julius-Hütte und Frau-Sohien-Hütte und einer Vielzahl von Schlackenhalden. Vorfluter sind: Innerste und Grane
Oberlauf Oker bis Talsperre (Altenau / Schulenberg)	Ehemalige Bergbaureviere um Schulenberg und Altenau mit dem Hüttenstandort Altenau und an der Oker angesiedelten Rennhütten. Oker bis Romkerhalle. Die Okertalsperre fungiert als Schadstoffsene. Vorfluter sind: Schalkebach und Oker
Unterlauf Oker (Goslar-Oker)	Ehemaliges Bergbaurevier Rammelsberg und Hüttenstandorte in Goslar und Oker. Oker ab Romkerhalle bis Vienenburg. Vorfluter sind: Oker und Gose

Tabelle 1.2: Prioritätenkategorien zur Beschreibung der Montanstandorte (Quelle: Haldenkonzept Landkreis Goslar, a.a.O., S. 7)

Kategorien	Beschreibung
A	Die Altlasteneigenschaft und damit auch die Notwendigkeit einer Sanierung kann begründet ausgeschlossen werden. Ein weiterer Handlungsbedarf besteht nicht.
B	Maßnahmen (z.B. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) sind erforderlich, können aber mit relativ einfachen Mitteln durchgeführt werden. Eine weitergehende Untersuchung des Standortes ist nicht erforderlich.
C1	Die Altlasteneigenschaft steht fest, aber es kann noch keine Aussage über den Umfang notwendiger Sanierungsmaßnahmen getroffen werden.
C2	Die Altlasteneigenschaft kann weder ausgeschlossen noch bestätigt werden. Ein weiterer Untersuchungsbedarf ist gegeben.

Insgesamt weist das Konzept für die 390 diskutierten Montanstandorte eine Gesamtfläche von rund 655 ha aus. Bei einer geschätzten durchschnittlichen Mächtigkeit von ca. 3,0 m resultiert hieraus ein Volumen von ca. 20 Mio. m³ oder eine Tonnage von etwa 36 Mio. t. Die Differenzierung der Montanstandorte in die Standortgruppe sowie die Prioritätenzuordnung sind der Tabelle 1.3 zu entnehmen.

Tabelle 1.3: Ergebnisse des Konzeptes Montanstandorte (Quelle: nach Haldenkonzept Landkreis Goslar, a.a.O., S. 56)

Standort- gruppe	Anzahl Montan- standorte	Fläche [ha]	Anzahl in den Kategorien				Ohne Ein- ordnung
			A	B	C1	C2	
Bergstadt Andreasberg	44	26,8	24	20	-	-	-
Oberlauf Innerste	153	179,1	105	33	10	5	-
Unterlauf Innerste	51	116,4	10	23	1	2	15
Oberlauf Oker	68	60,4	48	15	5	-	-
Unterlauf Oker	74	272,4	20	21	10	15	8
Summe	390	655,1	207	112	26	22	23

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und Bewertungen kommt das Haldenkonzept zu den Schlussfolgerungen, dass bezüglich der Montanstandorte in den Standortgruppen Bergstadt Andreasberg, Oberlauf Innerste und Oberlauf Oker nur ein geringer Anteil an den Gesamtemissionen festzustellen ist, die im Grunde kaum Sanierungsnotwendigkeiten erforderlich erscheinen lassen; allerdings sollten einzelne Standorte weiter untersucht werden. „Insgesamt gilt der Grundsatz, dass die Montanhalden liegen bleiben“ (Haldenkonzept Landkreis Goslar, a.a.O., S. 56), denn „die hohen Belastungen und Frachten stammen überwiegend aus den Sedimenten der Flussauen selbst und nicht von den Montanstandorten.“ (Haldenkonzept Landkreis Goslar, a.a.O., S. 56)

2. Zentrale Kritikalitätsstudien für metallische Rohstoffe

In den letzten Jahren wurden verschiedene Kritikalitätsstudien publiziert. Bei den Studien auf Basis von Kritikalitätsmatrizes sind insbesondere zu nennen:

- Die EU-Studie „Critical Raw Materials for the EU“ [EU-Kommission, 2010],
- die im Auftrag der KfW-Bankengruppe von IZT und adelphi durchgeführte Studie „Kritische Rohstoffe für Deutschland“ [KfW, 2011]
- die DERA-Studie „DERA Rohstoffliste 2012“, eine im Auftrag der Bundesregierung durchgeführte Untersuchung der Deutschen Rohstoff-Agentur [DERA, 2012]

Die EU-Studie quantifiziert für 41 Rohstoffe in einem Betrachtungszeitraum von 10 Jahren die Kritikalität in Abhängigkeit des Versorgungsrisikos sowie der wirtschaftlichen Bedeutung für rohstoffabhängige Wirtschaftssektoren (sog. 17 Megasektoren) in Europa (vgl. Abb. 2.1). Dabei wird das Versorgungsrisiko von 0 bis 10 skaliert und über folgende Faktoren eingeschätzt:

- „- Konzentration der Förderung auf Länderebene (Herfindahl-Hirschmann-Index),
- Qualität der Regierungsführung in den Förderländern (World Governance Index, WGI, der Weltbank),
- Anteil des Recyclings am heutigen Bedarf,
- Möglichkeiten zur Substitution (Experteneinschätzungen).“ [TAB, 2013, S. 36]

Die Wirtschaftliche Bedeutung wird über die Summe der Bruttowertschöpfungen der vom jeweiligen Rohstoff abhängigen Wirtschaftssektoren bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt der europäischen Wirtschaft abgebildet (Skalierung von 0 bis 10).

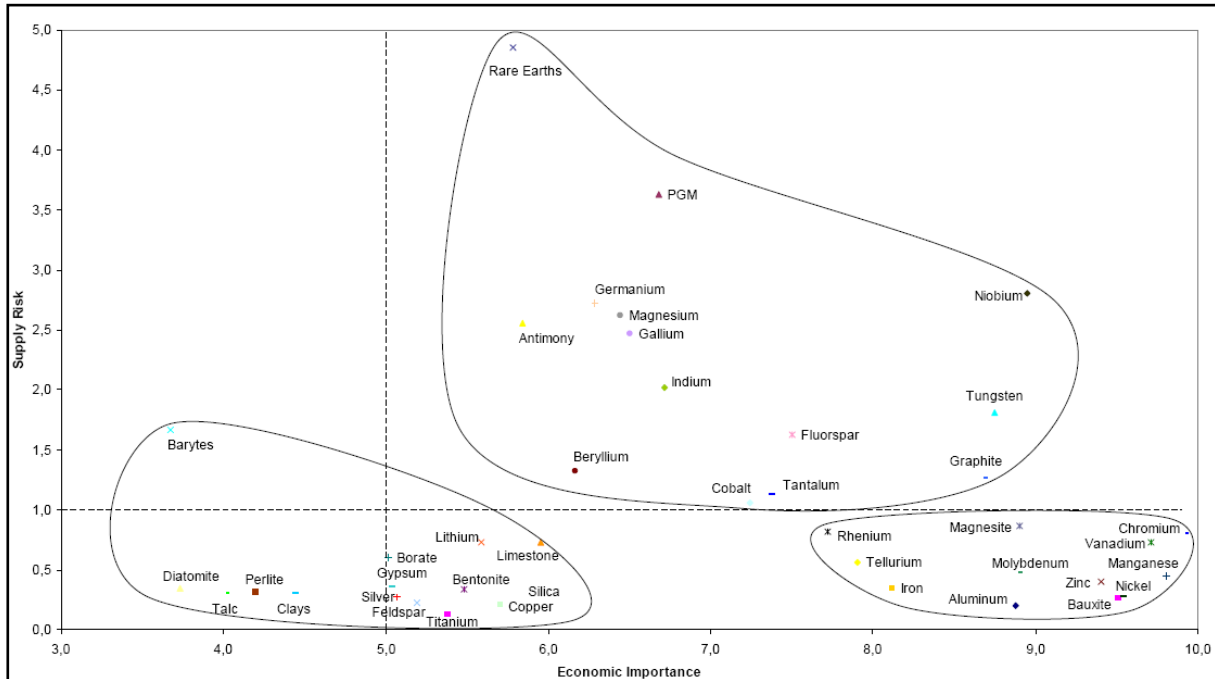


Abb. 2.1: Ergebnismatrix der EU-Kritikalitätsbewertung [EU-Kommission, 2010, S. 34]

In der EU-Methodik, die sowohl für das Versorgungsrisiko als auch für die wirtschaftliche Bedeutung weitgehend transparente Indikatoren verwendet und ein relatives Ranking der betrachteten Rohstoffe zum jeweiligen Bezugszeitpunkt eröffnet, werden Rohstoffe dann als kritisch klassifiziert, wenn das spezifische Versorgungsrisiko und die wirtschaftlichen Auswirkungen größer sind als bei anderen Rohstoffen. Wie Abbildung 2.1 dokumentiert, ergibt sich ein Cluster kritischer Rohstoffe oberhalb eines Schwellenwertes von 1 für das Versorgungsrisiko sowie oberhalb des Schwellenwertes von 5 für die wirtschaftliche Bedeutung. 14 Rohstoffe, davon 12 Metalle werden über die EU-Systematik als kritisch eingestuft, wobei das hohe Versorgungsrisiko im Wesentlichen dadurch bedingt ist, dass ihre Erzeugung weltweit hauptsächlich in wenigen Ländern erfolgt, die zusätzlich durch einen unterdurchschnittlichen oder durchschnittlichen World Governance Index (WGI) gekennzeichnet sind. Auch die für diese Metalle geringe Substituierbarkeit sowie die niedrigen Recyclingquoten begründen das kritische Versorgungsrisiko.

Im Kritikalitäts-Screening der KfW-Studie wurden 52 Rohstoffe, darunter 33 metallische Rohstoffe, bezüglich des Versorgungsrisikos und der durch mögliche Versorgungsengpässe bedingten Vulnerabilität der deutschen Wirtschaft untersucht. Das Versorgungsrisiko wird in drei Beurteilungsbereiche, und zwar „Länderrisiko“ mit einem Gewichtsanteil von 30 %

(vgl. Tab. 2.1), „Marktrisiko“ mit dem Gewichtungsfaktor von 50 % sowie „Strukturrisiko“ (20 %) differenziert. Die jeweils für die Beurteilung benutzten Kriterien sind in Tabelle 1 dokumentiert. Die Beurteilung der Länderrisiken erfolgt über den mit dem World Governance Indicator (WGI) gewichteten Import- resp. Produktionsanteil der drei wichtigsten Importquellenländer Deutschlands bzw. der drei globalen Hauptproduktionsländer. Zusätzlich werden Exportrestriktionen der rohstoffproduzierenden Länder durch Werte von 0 (keine Restriktionen) oder 1 (Exportrestriktionen) berücksichtigt, die im Wesentlichen auf Daten der OECD beruhen. Während die Länderrisiken für die Importe und für die globale Produktion mit kurzfristiger zeitlicher Relevanz bewertet werden, erfolgt die Beurteilung der mittel- bis langfristigen Länderrisiken als Konzentration der globalen Reserven unter Ansatz der drei Länder mit den größten Reserven.

Als Marktrisiken der Rohstoffversorgung (Preis- und Lieferrisiken) werden die Unternehmenskonzentration der globalen Produktion, ermittelt als Summe der Produktionsanteile der drei Unternehmen mit den größten Anteilen, sowie das Verhältnis der globalen Reserven, d.h. der Vorräte, die zu derzeitigen Kosten wirtschaftlich gewinnbar sind, zu der globalen Jahresproduktion bewertet.

Die Strukturrisiken subsumieren physikalisch-technische Restriktionen der Rohstoffgewinnung. Als ein Indikator wird beurteilt, ob der entsprechende Rohstoff als Haupt- oder Nebenprodukt zur Verfügung steht. Der zweite Indikator bewertet Schätzgrößen der Recyclingfähigkeit und gewichtet sie mit den Anteilen an den globalen Verwendungsstrukturen.

Für die Abbildung der Vulnerabilität der deutschen Volkswirtschaft werden Merkmale zur Mengenrelevanz sowie zur strategischen Relevanz unterschieden. Die mengenbezogene Bewertung umfasst die Indikatoren „Anteil Deutschlands am Weltverbrauch“, „Änderung des deutschen Anteils am Weltverbrauch im Zeitraum 2004 - 2008“ sowie „Änderung der Importe Deutschlands 2004 - 2008“, wobei dieser Indikator gegenüber der Änderung des deutschen Anteils am Weltverbrauch, der die Verbrauchsdynamik aufzeigt, abbilden soll, ob die Vulnerabilität tatsächlich aus externen Versorgungsstörungen der Importe resultiert.

Tabelle 2.1: Indikatoren, Indikatorwerte und Gewichtung in der KfW-Kritikalitätsstudie [KfW, 2011]

Vulnerabilität / Indikatoren	Indikatorwerte [-]	Gewichtung [%]	Versorgungsrisiko / Indikatoren	Indikatorwerte [-]	Gewichtung [%]
Mengenrelevanz			Länderrisiko		
Anteil Deutschlands am Weltverbrauch (2008)	1 / 0,7 / 0,3 / 0	25	Länderrisiko für die Importe Deutschlands (2008)	kontinuierlich zwischen 0 und 1	10
Änderung des Anteils Deutschlands am Weltverbrauch (2004 - 2008)	1 / 0,7 / 0,3 / 0	10	Länderrisiko für die globale Produktion (2008)	kontinuierlich zwischen 0 und 1	10
Änderung der Importe Deutschlands (2004 - 2008)	1 / 0,7 / 0,3 / 0	10	Länderkonzentration der globalen Reserven (2008)	kontinuierlich zwischen 0 und 1	10
Strategische Relevanz			Marktrisiko		
Sensitivität der Wertschöpfungskette in Deutschland	1 / 0,7 / 0,3 / 0	25	Unternehmenskonzentration der globalen Produktion (2008)	kontinuierlich zwischen 0 und 1	25
Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030)	1 / 0,7 / 0,3 / 0	20	Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion (2008)	1 / 0,7 / 0,3 / 0	25
Substituierbarkeit	1 / 0,7 / 0,3 / 0	10			
			Strukturrisiko		
			Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion (2008)	1 / 0,7 / 0,3 / 0	10
			Recyclingfähigkeit	1 / 0,7 / 0,3 / 0 *	10
Summe		100	Summe		100
* Gewichtung der Indikatorwerte mit dem Anteil der Anwendung in der globalen Verwendungsstruktur bei Substituierbarkeit und Recyclingfähigkeit					

Die strategische Bedeutung eines Rohstoffes für die Volkswirtschaft umfasst die Indikatoren „Sensitivität der Wertschöpfungskette in Deutschland“, abgebildet über qualitative Einschätzung der Verfasser der Studie, „globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030)“, im Wesentlichen übernommen aus [ISI / IZT, 2009], sowie „Substituierbarkeit“, wobei die Beurteilung dieses Indikators aus der EU-Studie [EU-Kommission, 2010] übernommen wurde und für zusätzliche Rohstoffe auf Schätzungen basiert.

Die Bewertungen für jeden der 52 untersuchten Rohstoffe werden indikatorspezifisch anhand der Bewertungsvorschrift ermittelt und durch die Gewichtung zu je einem Gesamtwert für die Vulnerabilität sowie für das Versorgungsrisiko aggregiert. Tabelle 2.2 enthält exemp-

larisch die Bewertungen sowie die Berechnung des Vulnerabilitätsindex und des Versorgungsrisikoindex am Beispiel der „Seltene Erden“.

Die aus der Aggregation der Indikatoren resultierende Kritikalitätsmatrix, die in sechs idealtypische Kritikalitätszonen unterteilt ist, ist in Abbildung 2.2 dokumentiert. Die höchste Kritikalität infolge eines sehr hohen Versorgungsrisikos und der sehr hohen Vulnerabilität (Zone VI) ergibt sich für Germanium, Rhenium und Antimon. Eine hohe Kritikalität (Zone V) (hohes Versorgungsrisiko, hohe Vulnerabilität) wird für Wolfram, Seltene Erden, Gallium, Palladium, Silber, Zinn, Indium, Niob, Chrom und Bismut ermittelt.

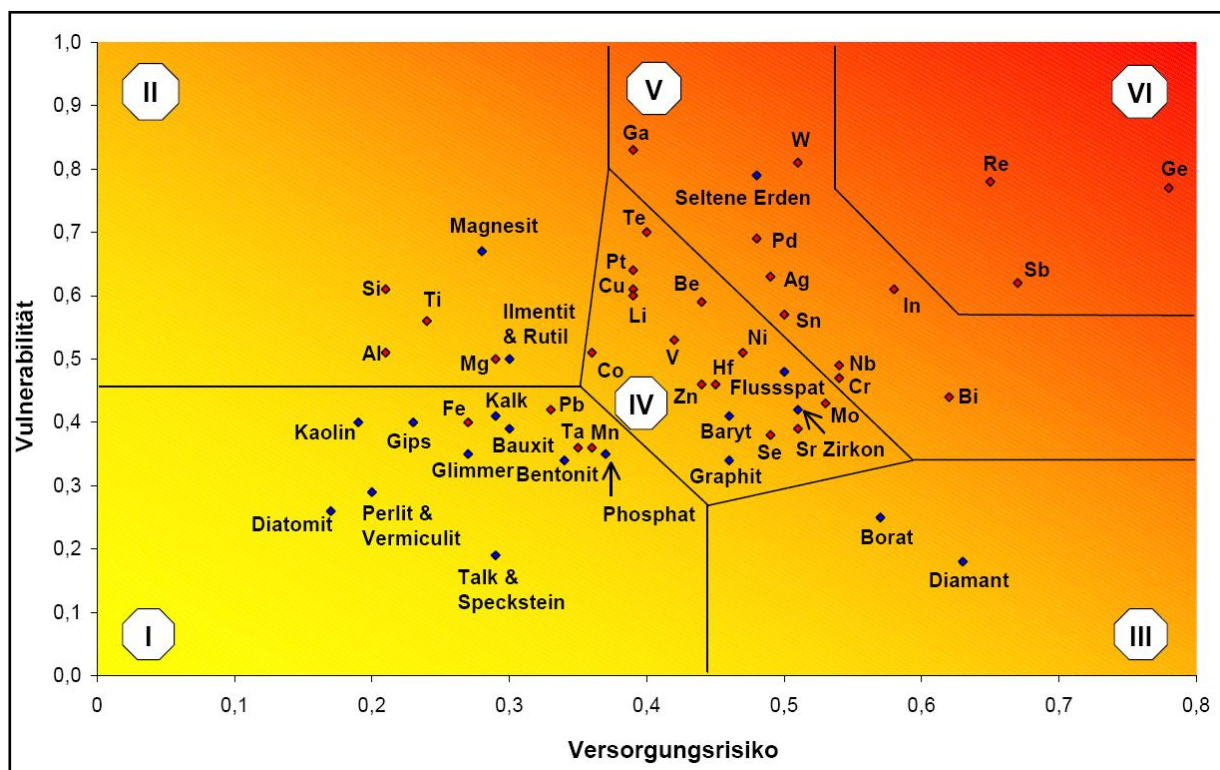


Abb. 2.2: Rohstoffkritikalitätsscreening für Deutschland [KfW, 2011, S. 43]

„Insgesamt dominieren einige seltene Metalle das Kritikalitäts-Screening, wohingegen die meisten Massenmetalle, Steine und Erden sowie Industriemineralien geringere Kritikalitätswerte erreichen. (...) Die hier gewählten Grenzen sind pragmatisch in Bezug auf den Bereich höchster Kritikalität gezogen worden (...). Durch Verschiebung der Zonenränder könnten einige Klassifizierungen auch anders ausfallen.“ [KfW, 2011, S. 44]

Tabelle 2.2: Exemplarische Berechnung von Vulnerabilitätsindex und Versorgungsrisikoindex für Seltene Erden [KfW, 2011, Anhang S. 47, verändert]

Indikator	Wert	Bewertungsvorschrift	Ergebnis	Indikatorgewicht
Anteil Deutschlands am Weltverbrauch (2008)	0,040	$0,05 > x \geq 0,01$	0,3	25 %
Änderung des Anteils Deutschlands am Weltverbrauch (2004 - 2008)	0,509	$x \geq 0,5$	1,0	10 %
Änderung der Importe Deutschlands (2004 - 2008)	0,493	$0,5 > x \geq 0,25$	0,7	10 %
Sensitivität der Wertschöpfungskette in Deutschland (2008)	Volkswirtschaft	Volkswirtschaft	1,0	25 %
Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030)	sehr sensitiv	sehr sensitiv ($\geq 200\%$)	1,0	20 %
Substituierbarkeit (2008)	0,87		0,87	10 %
Vulnerabilitätsindex				
$0,25 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 1,0 + 0,1 \cdot 0,7 + 0,25 \cdot 1,0 + 0,2 \cdot 1,0 + 0,1 \cdot 0,87$ $= 0,075 + 0,1 + 0,07 + 0,25 + 0,2 + 0,087$ $= \mathbf{0,782 \approx 0,79}$				
Länderrisiko für die Importe Deutschlands (2008)	0,38		0,38	10 %
Länderrisiko für die Importe Deutschlands (2008)	0,76		0,76	10 %
Länderrisiko für die globale Produktion (2008)	0,69		0,69	10 %
Länderkonzentration der globalen Reserven (2008)	0,76		0,76	25 %
Unternehmenskonzentration der globalen Produktion (2008)	767 a	$x > 100 a$	0	25 %
Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion (2008)	überwiegend Hauptprodukt	überwiegend Hauptprodukt	0,3	10 %
Recyclingfähigkeit (2008)	0,75		0,75	10 %
Versorgungsrisikoindex				
$0,1 \cdot 0,38 + 0,1 \cdot 0,76 + 0,1 \cdot 0,69 + 0,25 \cdot 0,76 + 0,25 \cdot 0 + 0,1 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,75$ $= 0,038 + 0,076 + 0,069 + 0,19 + 0 + 0,03 + 0,075$ $= \mathbf{0,478 \approx 0,48}$				

Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) ermittelt relativ regelmäßig die potenziellen Preis- und Lieferrisiken der für deutsche Unternehmen wichtigen Rohstoffe. Im aktuellen Bericht „DERA Rohstoffliste 2012“ [DERA, 2012] werden als Indikatoren für das Preis- und Lieferrisiko

- die Länderkonzentration der Rohstoffproduktion, quantifiziert über die stoffspezifischen Herfindahl-Hirschmann-Indizes (HHI), die sich als Summe der prozentualen Marktanteile der Förderländer berechnen lassen, sowie
- das Länderrisiko der Förderung, berechnet aus der Summe der Anteile aller Länder an der Rohstoffproduktion und gewichtet mit den World-Governance-Indicators (WGI) der Weltbank,

berücksichtigt. Rohstoffe werden als besonders kritisch eingestuft, wenn für die sowohl eine hohe Länderkonzentration als auch ein hohes Länderrisiko ermittelt wurde (vgl. Abb. 2.3), wobei eine Länderkonzentration unter einem HHI von 1.500 als niedrig, zwischen 1.500 und 2.500 Punkten als mäßig konzentriert und bei einem Indexwert oberhalb von 2.500 Punkten (Maximalwert 10.000) als hoch konzentriert bewertet wird.

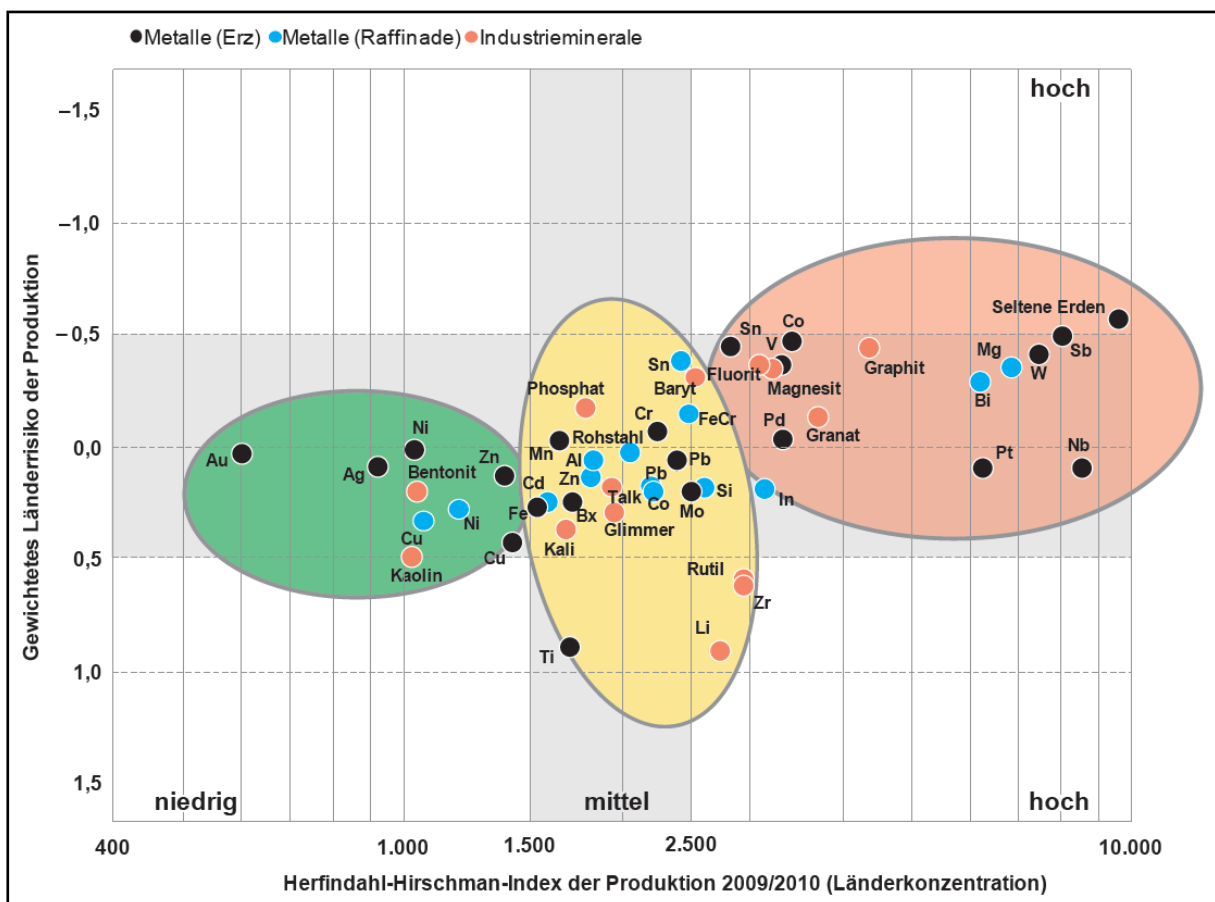


Abb. 2.3: Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Rohstoffproduktion [DERA, 2012, S. 11]

Das WGI-gewichtete Länderrisiko der Bergwerks- und Raffinadeproduktion bewegt sich, bei einem WGI in einem Intervall von +2,5 bis -2,5, in der Regel (vgl. Abb. 6) in einem Spektrum

von +1,5 bis -1,5, wobei Werte oberhalb von +0,5 ein niedriges Länderrisiko anzeigen, Werte zwischen +0,5 und -0,5 ein mäßiges Risiko dokumentieren und Werte unterhalb von -0,5 ein kritisches Länderrisiko aufzeigen.

Gemäß Abbildung 2.3 werden drei Risikogruppen unterschieden:

- Zur Gruppe der metallischen Rohstoffe mit einem besonders hohen Risiko (rote, sog. strategische Ellipse) zählen vor allem die Seltenen Erden, Antimon (Sb), Wolfram (W), Magnesium (Mg), Wismut (Bi), Niob (Nb) und Platin (Pt) aber auch Kobalt (Co), Zinn (Sn), Vanadium (V), Palladium (Pd) und Indium (In).
- Die zweite Gruppe (gelbe Ellipse) umfasst metallische Rohstoffe mittlerer Kritikalität, unter anderem Chrom (Cr), Blei (Pb), Molybdän (Mo), Aluminium / Bauxit (Al), Zink (Zn) sowie Mangan (Mn) und Eisen (Fe).
- In der dritten Gruppe (grüne Ellipse) wurden metallische Rohstoffe niedriger Kritikalität eingeordnet, da die Länderkonzentration der Produktion gemäß HHI niedrige Werte (< 1.500) aufweist und das gewichtete Länderrisiko als niedrig bis mäßig beurteilt wird. Exemplarisch zu nennen sind Nickel (Ni), Kupfer (Cu), Silber (Ag) und Gold (Au).

Fasst man die Bewertungen der drei Kritikalitätsstudien zusammen, so ergibt sich das in Abbildung 2.4 dargestellte Bild der Kritikalitätseinstufungen. Sechs metallische Rohstoffe, nämlich Niob, Palladium, Seltene Erden, Wolfram, Antimon und Indium, werden in allen drei Studien als kritisch ausgewiesen. Für Zinn, Gallium, Bismut, Kobalt, Platin und Magnesium wird in zwei Studien eine hohe Kritikalität ausgewiesen, während Rhodium, Chrom, Beryllium, Rhenium, Vanadium, Tantal und Silber nur jeweils einmal als kritisch dokumentiert werden.

Trotz der zum Teil unterschiedlichen Methodik der Kritikalitätsstudien ist interessant, dass deckungsgleiche resp. ähnliche Ergebnisse aus den drei Studien resultieren, wobei dieser Sachverhalt darauf zurückzuführen sein dürfte, dass die Einflussfaktoren „politische Stabilität“, „Konzentration der Förderung auf Länderebene“ und „Substituierbarkeit“ in den genannten Studien nicht unwesentliche Beurteilungsmerkmale darstellen.

	EU 2010	KfW 2011	DERA 2012				
Niob (Nb)	Red	Red	Red				
Palladium (Pa)	Red	Red	Red				
Seltene Erden	Red	Red	Red				
Wolfram (W)	Red	Red	Red				
Antimon (Sb)	Red	Red	Red				
Germanium (Ge)	Red	Red	White				
Zinn (Sn)	White	Red	Red				
Gallium (Ga)	Red	Red	White				
Bismut (Bi)	White	Red	Red				
Rhodium (Rh)	Red	White	White				
Indium (In)	Red	Red	Red				
Kobalt (Co)	Red	Yellow	Red				
Platin (Pt)	Red	Yellow	Red				
Magnesium (Mg)	Red	Yellow	Red				
Chrom (Cr)	Green	Red	Yellow				
Beryllium (Be)	Red	Yellow	White				
Rhenium (Re)	Green	Red	White				
Vanadium (V)	Green	Yellow	Red				
Molybdän (Mo)	Green	Yellow	Yellow				
Tantal (Ta)	Red	Green	White				
Silber (Ag)	Green	Red	Green				
Aluminium (Al)	Green	Yellow	Yellow				
Lithium (Li)	Green	Yellow	Yellow				
Titan (Ti)	Green	Yellow	Yellow				
Zink (Zn)	Green	Yellow	Yellow				
Selen (Se)	White	Yellow	White				
Eisen (Fe)	Green	Green	Yellow				
Mangan (Mn)	Green	Green	Yellow				
Blei (Pb)	White	Green	Yellow				
Nickel (Ni)	Green	Yellow	Green				
Kupfer (Cu)	Green	Yellow	Green				
Gold (Au)	White	White	Green				
hoch / kritisch	Red	mittel / mittelkritisch	Yellow	niedrig / unkritisch	Green	nicht berücksichtigt	White

Abb. 2.4: Kritikalität von metallischen Rohstoffen in drei verschiedenen Studien [nach Bardt, 2013, verändert]

Gutzmer und Klossek führen die Ähnlichkeit der Resultate in ihrer Abhandlung „Die Versorgung mit wirtschaftskritischen Rohstoffen“ [Kausch et al., 2014, Kapitel 6] auch darauf zurück, dass entweder (vgl. Abb. 2.5)

- die einseitige Abhängigkeit von der Volksrepublik China,
 - die Versorgung aus wenigen und / oder politisch, wirtschaftlich oder gesellschaftlich instabilen Regionen oder
 - vor dem Hintergrund des zukünftig ansteigenden Bedarfs nicht resp. nur unzureichend vorhandene Technologien (Primärverarbeitung und Recycling)
- ausschlaggebend sind.

1	Abhängigkeit der Versorgung von China:	
	Seltene Erden (SEE), Antimon (Sb), Wolfram (W), Graphit (C), Flussspat (CaF ₂), Magnesium (Mg)	
2	Versorgung aus wenigen und / oder instabilen Regionen:	
	Niob (Nb)	Brasilien, Kanada
	Tantal /Ta)	Brasilien, Mozambik, Rwanda, Australien
	Platinmetalle (PGM)	Südafrika, Russland
	Zinn (Sn)	China, Demokratische Republik Kongo, Indonesien, Peru, Bolivien
	Kobalt (Co)	Demokratische Republik Kongo, Sambia, Russland, China
3	Zukünftig rasch ansteigender Bedarf kann mit bestehenden technischen Anlagen nicht gedeckt werden:	
	Germanium (Ge), Gallium (Ga), Indium (In), Bismut (Bi)	

Abb. 2.5: Ursachen der Rohstoffkritikalität [Kausch et al., 2014, Kapitel 6]

Kritikalität gemäß der dargestellten Studien beleuchtet zwar einen wesentlichen Aspekt der aktuellen Ressourcendebatte, deckt wegen der überwiegend ökonomischen Ausrichtung aber nur einen Bereich der Nachhaltigkeitsdimension ab. Die ökologischen Auswirkungen in den Förderländern, z.B. Umweltzerstörung und Schadstoffemissionen bei Förderung und Aufbereitung, sind ebenso wenig berücksichtigt wie die gesellschaftlichen Auswirkungen, beispielsweise die soziale Lage von Arbeitnehmern einschließlich der Arbeitsplatzbedingungen, die Verteilung der Erlöse aus dem Ressourcenabbau sowie eventuelle Konflikte um Zugriffsrechte.

3. Diskussion von Nachhaltigkeitsindikatoren als Grundlage des multikriteriellen Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators

Ziel des ROBEHA-Teilvorhabens (FKZ 033R105H) „Multikriterieller Bewertungsansatz“ ist es, für das Hüttenhaldenressourcenkataster der Erzbergbauhalden des Westharzes einen Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator zu erarbeiten, der entsprechend der Zieltrias der Nachhaltigkeit (vgl. Abb. 3.1) sowohl die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit umfasst, als auch die ökologischen sowie die sozialen Merkmale abbildet und dabei als Eingangsgröße des Indikators auch die Nachhaltigkeitsbedingungen in den Gewinnungs- / Förderländern der von Deutschland importierten metallischen Rohstoffe berücksichtigt.



Abb. 3.1: Zieltrias der Nachhaltigkeit, Dimensionen und Strategien

Das Leitbild der „Nachhaltigen Entwicklung“ wurde weltweit mit dem sog. Brundtland Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ (*Our Common Future*), dem Abschlussbericht der UNO-Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (1983 - 1987) geprägt. Der Bericht versteht unter *Nachhaltiger Entwicklung* eine Entwicklung, „die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eige-

nen Bedürfnisse zu befriedigen“. („Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“) [Our Common Future, Chapter 2, Randziffer 1]

Grundsätzlich zielt Nachhaltigkeit auf vier sog. Nachhaltigkeitsleitlinien, und zwar *Generationengerechtigkeit*, *Sozialer Zusammenhalt*, *Lebensqualität* und *Wahrnehmung internationaler Verantwortung*, die seit 2002 das Leitbild Perspektiven für Deutschland der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung strukturieren. Bezogen auf diese Nachhaltigkeitsleitlinien hat die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie das komplexe Nachhaltigkeitssystem durch insgesamt 21 Indikatorenbereiche mit 35 Indikatoren im Sinne eines Beurteilungssystems konkretisiert (vgl. Tab. 3.1), wobei jedem Indikator eine Zielvorstellung zugeordnet ist, die den anzustrebenden Nachhaltigkeitszustand anzeigt. Die nationalen Indikatoren weisen insbesondere bezüglich der Nachhaltigkeitsleitlinien *Generationengerechtigkeit* und *Internationale Verantwortung* eine starke Übereinstimmung mit dem internationalen Nachhaltigkeitskatalog (CSD Indicators of Sustainable Development, in: United Nations: Indicators of Sustainable Development, Third Edition, October 2007) auf, der 14 Indikatorenhauptbereiche mit 44 Indikatorenunterbereichen umfasst und 96 Indikatoren beinhaltet.

Tabelle 3.1: Nachhaltigkeitsleitlinien, Indikatorenbereiche, Indikatoren und Zieldefinitionen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Nationaler Nachhaltigkeitskatalog) [BReg, 2002, verändert]

Indikatorenbereich	Indikatoren	Ziele	Indikatorenbereich	Indikatoren	Ziele				
Ressourcenschonung	Energieproduktivität	Verdopplung von 1990 bis 2020	Landbewirtschaftung	Stickstoffüberschuss	Verringerung bis auf 80 kg/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche bis 2010; weitere Absenkung bis 2020				
	Rohstoffproduktivität	Verdopplung von 1994 bis 2020			Ökologischer Landbau	Erhöhung des Anteils des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche auf 20 % in den nächsten Jahren			
Klimaschutz	Treibhausgasemissionen	Reduktion um 21 % gegenüber 1990 bis 2008 / 2012	Luftqualität	Schadstoffbelastung der Luft		Verringerung auf 30 % gegenüber 1990 bis 2010			
Erneuerbare Energien	Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch	Anstieg auf 4,2 % bis 2010 und 10 % bis 2020			Gesundheit und Ernährung	Vorzeitige Sterblichkeit (Männer)	Rückgang auf 190 Fälle pro 100.000 bis 2015		
	Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	Anstieg auf 12,5 % bis 2010 und mindestens 30 % bis 2020	Vorzeitige Sterblichkeit (Frauen)	Rückgang auf 115 Fälle pro 100.000 bis 2015					
Flächeninanspruchnahme	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Reduzierung des täglichen Zuwachses auf 30 ha bis 2020		Raucherquote von Jugendlichen			Raucherquote von Erwachsenen	Absenkung auf unter 12 % bis 2015	
			Artenvielfalt					Artenvielfalt und Landschaftsqualität	Anstieg auf den Indexwert 100 bis 2015
Staatsverschuldung	Staatsdefizit	Strukturell ausgeglichener Staatshaushalt; Bundshaushalt spätestens ab 2011 ohne Nettokreditaufnahme		Kriminalität	Wohnungseinbruchsdiebstahl	Rückgang bis 2020			
			Wirtschaftliche Zukunftsvorsorge			Verhältnis der Bruttoanlageinvestitionen zum BIP	Steigerung des Anteils	Beschäftigung	Erwerbstätigenquote insgesamt
Innovation	Private und öffentliche Ausgaben für Forschung und Entwicklung	Steigerung auf 3 % des BIP bis 2010		Erwerbstätigenquote Ältere	Erhöhung auf 73 % bis 2010 und 75 % bis 2020				
			Bildung			18- bis 24-jährige ohne Abschluss	Verringerung des Anteils auf 9 % bis 2010 und 4,5 % bis 2020	Perspektiven für Familien	Ganztagsbetreuung für Kinder (0- bis 2-jährige)
25-jährige mit abgeschlossener Hochschulbildung	Steigerung des Anteils auf 10 % bis 2010 und 20 % bis 2020	Ganztagsbetreuung für Kinder (3- bis 5-jährige)		Anstieg auf 30 % bis 2010 und 35 % bis 2020					
				Studienanfängerquote	Erhöhung auf 40 % bis 2010, anschließend weiterer Ausbau und Stabilisierung auf hohem Niveau			Gleichberechtigung	Verdienstabstand zwischen Frauen und Männern
Wirtschaftlicher Wohlstand	BIP je Einwohner	Wirtschaftliches Wachstum	Integration			Ausländische Schulabgänger mit Schulabschluss	Verringerung des Abstandes auf 15 % bis 2010 und 10 % bis 2020		
				Mobilität	Gütertransportintensität		Absenkung auf 98 % gegenüber 1999 bis 2010 und auf 95 % bis 2020	Entwicklungszusammenarbeit	Anteil öffentlicher Entwicklungsausgaben am Bruttoinlandseinkommen
Personentransportintensität	Absenkung auf 90 % gegenüber 1999 und auf 80 % bis 2020	Märkte öffnen	Deutsche Einfuhren aus Entwicklungsländern			Steigerung auf 0,51 % bis 2010 und 0,7 % bis 2020			
						Anteil des Schienenverkehrs an der Güterbeförderungsleistung			
Anteil der Binnenschifffahrt an der Güterbeförderungsleistung	Steigerung auf 14 % bis 2015								

	Generationengerechtigkeit (9 Bereiche, 13 Indikatoren)		Sozialer Zusammenhalt (4 Bereiche, 6 Indikatoren)
	Lebensqualität (6 Bereiche, 14 Indikatoren)		Internationale Verantwortung (2 Bereiche, 2 Indikatoren)

Rund 80 Prozent der nationalen Indikatoren weisen eine ausreichende Übereinstimmung mit dem internationalen Katalog auf; lediglich 6 Indikatoren aus den Bereichen Lebensqualität und Sozialer Zusammenhalt sind spezifisch für den deutschen Indikatorenkatalog. Allerdings hat sich die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie mit ihrem Bezug auf die vier zentralen Nachhaltigkeitsleitlinien (s.o.) von den international abgestimmten, klassischen Nachhaltigkeitskategorien (Zieltrias: Umwelt, Soziales, Wirtschaft ergänzt um Institutionen) gelöst.

Ohne zusätzlich weitere Indikatorensysteme, z.B. der EU Sustainable Development Strategy (EUSDS) mit ihren 12 Leitindikatoren und über 100 Indikatoren, zu thematisieren, ist festzuhalten, dass sowohl das internationale als auch das nationale System der Nachhaltigkeitsindikatoren sich auf die Quantifizierung, d.h. die Messung, der Zielerreichung der globalen resp. nationalen Entwicklungsziele bezieht.

Zwar können die Nachhaltigkeitsindikatoren auf globaler, nationaler, regionaler sowie lokaler Ebene, u.U. nach entsprechender Modifikation, zur Abbildung der jeweils spezifischen Nachhaltigkeitsperformance eingesetzt werden. Für die vorliegende Aufgabenstellung, die Nachhaltigkeit des Haldenrückbaus vor dem Hintergrund der Gewinnung metallischer Rohstoffe durch einen multikriteriellen Haldenrückbaunachhaltigkeitsindikator quantifizierbar zu machen, sind die dargestellten Indikatoren jedoch nicht oder nur bedingt geeignet. Da Deutschland metallische Rohstoffe weltweit aus einer Vielzahl von Förderländern importiert, muss der zu entwickelnde Nachhaltigkeitsindikator auch die Nachhaltigkeit der primären Rohstoffgewinnung umfassen. Diesbezüglich ist die internationale Dimension der nationalen Strategie vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsleitlinie *Internationale Verantwortung wahrnehmen* deutlich zu unbestimmt, denn die zu den beiden Indikatoren

- Anteil öffentlicher Entwicklungsausgaben am Bruttoinlandseinkommen sowie
- Deutsche Einfuhren aus Entwicklungsländern formulierten Ziele
- Steigerung auf 0,51 % bis 2010 und 0,7 % bis 2015 und
- Weiterer Anstieg

gehen auf die komplexe Nachhaltigkeitsproblematik in den Förderländern, z.B. Armut, Kinderarbeit, kriegerische Konflikte, Korruption, Umweltbelastung, Flächenverbrauch etc., nicht ein, sondern blenden sie als Wirkung auch der deutschen Metallimporte aus.

Beispielhafter Exkurs über die Gewinnungs- / Förderbedingungen metallischer Rohstoffe

Laut eines UN Berichts könne der Abbau von und Handel mit seltenen Erden mit der Finanzierung von Kriegen und menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen in Verbindung gebracht werden. Diese Erden werden hauptsächlich in der Elektronikindustrie verwendet.

John Ruggie ist Sonderbeauftragter der Vereinten Nationen für Wirtschaft und Menschenrechte. Seiner Meinung nach tragen hauptsächlich die Regierungen Verantwortung für die Umsetzung der Menschenrechte in der Wirtschaft. Allerdings müssen Unternehmer unabhängig vom Handeln der Regierungen dafür Sorge tragen, dass Kinderarbeit, Sklaverei und Zwangsarbeit abgeschafft werden und das Recht auf ein sicheres Arbeitsumfeld umsetzen. Die Hersteller verweisen allerdings auf die komplexen Beschaffungsketten von Elektronikgeräten. So erfolgt beispielsweise die Kupfergewinnung aus Erzen, die aus unterschiedlichen Staaten stammen können. Eine Weiterverarbeitung zu Drähten und Bauteilen geschieht wiederum in anderen Staaten.

Der Dodd-Frank Act, ein in den USA speziell für die Demokratische Republik Kongo (DRK) verabschiedetes Gesetz, soll dem unkontrollierten Bergbau vorbeugen und den Umgang mit sogenannten „*conflict minerals*“ regulieren. Unter den Begriff „*conflict mineral*“ fallen hierbei die Erze Columbit-Tantalit (Coltan), Kassiterit, Gold, Wolframit sowie ihre Derivate. Für die Durchsetzung des Gesetzes ist die US Börsenaufsicht SEC (Securities and Exchange Commission) mitverantwortlich. Im 15. Titel (Section 1502) des Dodd-Frank Acts wird für die Produktion von Gütern festgelegt, dass bei der Verwendung von „*conflict minerals*“ eine Dokumentationspflicht besteht. Des Weiteren ist die Verwendung gegenüber der SEC meldepflichtig. Dadurch soll verhindert werden, dass Rohstoffe aus der DRK oder aus den benachbarten Ländern verwendet werden, die den Krieg finanzieren.

Tantal steht neben Kobalt mit der Problematik um den Rohstoffabbau in der DRK im Mittelpunkt. Tantal ist ein chemisches Element, welches bevorzugt für Chips und Kondensatoren in Elektronikgeräten eingesetzt wird. Es wird gemeinsam mit dem Stoff Columbium aus Erzen (Coltan) gewonnen. Coltan ist leicht zugänglich und wird entlang von Flüssen abgebaut. Dabei werden Löcher gegraben und anschließend die ausgegrabene Erde mit einfachsten Mitteln ausgewaschen. Größere Investitionen sind hierfür nicht erforderlich. Nach Abbau des Coltans wird dieses in Säcken mittels Kleinflugzeugen in die Nachbarstaaten befördert und von dort aus weiter zu den Verarbeitern transportiert, die aus dem Coltan-Erz das reine Tantal gewinnen. Der Anteil des im Kongo geförderten Tantals sank in den letzten Jahren auf wenige Prozent. Experten schätzen allerdings, dass der größte Anteil durch Schmuggel in die Nachbarstaaten gelangt. Die geschmuggelte Menge wird dabei auf 500 Tonnen jährlich geschätzt, was ein Drittel des Weltmarktes abdeckt. Die Schmuggelware endet größtenteils in China, wo rund 50 % aller Mobiltelefone weltweit zusammengesetzt werden.

Kobalt ist wie Tantal ein wichtiger Bestandteil für elektronische Geräte. 20 % des weltweit geförderten Kobalts werden für die Herstellung von Batterien oder Akkus verwendet. Der Abbau des Kobalts erfolgt ähnlich wie bei Tantal mit Handarbeit durch Kleinschürfer. Die örtlichen Arbeitsbedingungen erweisen sich dabei als katastrophal. Durch nicht ausreichend gesicherte Böschungen kommt es immer wieder zu Erdbeben. Die Folgen sind vermehrte Unfälle mit Todesfolge. Des Weiteren kommt es in den Minen immer wieder zu schwersten Menschenrechtsverletzungen wie Raub, Folter, willkürliche Verhaftungen bis hin zu Mord. Tausende Fälle sind bekannt, die sich in den letzten Jahren ereignet haben. Teilweise arbeiten Menschen gegen ihren Willen in den Minen. Die meisten von ihnen sind Kinder.

(Fortsetzung siehe nächste Seite)

(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Weitere Missstände werden anhand des Grasberg-Komplexes in der indonesischen Provinz West-Papua deutlich, wo mittels Tagebau Kupfer abgebaut wird. Durch die enorme Flächeninanspruchnahme mussten tausende Menschen umgesiedelt werden. Das Land der lokalen Bevölkerung wurde ohne Rücksicht auf Eigentumsrecht und ohne eine Entschädigung abgenommen. Dies stieß auf Widerstand seitens der Bevölkerung und war verbunden mit Anschlägen auf Mineneinrichtungen. Durch den Tagebau wurde neben dem Privateigentum auch die religiöse Bedeutung der Region für die lokale Bevölkerung zerstört. Welche religiöse Bedeutung ein Gebiet für Volksgruppen haben kann, wird im Osten Indiens deutlich. Dort sollen tausende Menschen für einen Aluminiumtagebau umgesiedelt werden. Bei der betroffenen Bevölkerung handelt es sich um die Ureinwohner Indiens, den Adivasi, die im und vom Wald leben. Durch die Zerstörung ihres Lebensraums wird die Existenzgrundlage dieser Menschen geraubt.

Rund um die Abbaugelände in der DRK und in West-Papua gibt es immer wieder Auseinandersetzungen zwischen Rebellengruppen und Militärs, welche mit Schießereien verbunden sind. Die Folgen sind zahlreiche Verletzte und der Tod unschuldiger Menschen, die zwischen die Fronten geraten. Die Auseinandersetzungen entstehen häufig infolge von Streitereien über die Kontrolle von Regionen. Das Beispiel der Grasberg-Mine zeigt, dass die Konflikte bis heute andauern. Hier wurden zwischen Juli 2009 und Februar 2012 bei 32 Schießereien in und um der Mine 56 Menschen verletzt und 15 getötet. Die Lage verbesserte sich, als der Minenbetreiber Freeport eine deutliche Lohnerhöhung zugestanden hatte. Doch der Abbau von Kupfer ist nicht immer so konfliktreich wie in Indonesien. Ein Gegenbeispiel stellt der weltgrößte Kupferförderer Chile dar, der Missstände beheben und den Wohlstand mithilfe des Abbaus von Kupfer steigern konnte. Der Fall Chile stellt dabei jedoch eine Besonderheit dar. Die meisten Abbaugelände sind durch deutlich schlechte Arbeitsbedingungen geprägt.

Diese gelten nicht nur beim Abbau der Rohstoffe vor Ort als sehr schlecht, sondern in allen Bereichen der Wertschöpfungskette. Als Beispiel für die schlechten Arbeitsbedingungen geriet der taiwanische Hersteller Foxconn in die Kritik, der insbesondere Geräte für Apple herstellt. In chinesischen Produktionsstätten versuchten mindestens 18 Beschäftigte Selbstmord zu begehen, indem sie vom Dach der Hallen sprangen. Berichte häuften sich über niedrige Löhne, großen Druck auf die Beschäftigten, unmenschliche Behandlung durch den Vorgesetzten und äußerst schlechte Unterbringung in Massenunterkünften. Eine Studie der Fair Labor Association (FLA), eine amerikanische Nichtregierungsorganisation, bestätigte diese Missstände. In umfassenden Befragungen von über 35.000 Foxconn-Beschäftigten wurde festgestellt, dass sie weit über die erlaubten 40 Wochenstunden hinaus arbeiteten. Im Schnitt betrug die Arbeitszeit rund 56 Stunden pro Woche, teilweise sogar bis zu 61 Stunden. Der gesetzlich festgelegte freie Tag wurde oft nicht eingehalten. Des Weiteren herrschten in den Produktionsstätten keine ausreichenden Sicherheitsbestimmungen. Gesundheitsgefährdungen durch Aluminiumstaub, keine Schutzkleidung für Beschäftigte sowie blockierte Notausgänge waren gängige Praxis. Die Beschäftigten hatten außerdem oft keine angemessenen Arbeitsverträge. Diese sind jedoch notwendig, um einen Anspruch auf gesetzliche Sozialleistungen oder Versicherungen zu haben. Die Situation besserte sich, als ein Aktionsplan von Foxconn, FLA und Apple verabschiedet wurde. Ein wichtiger Punkt war hierin auch, dass in den zu den Fabriken gehörenden Schlafräumen nur noch 8 bis 12 statt 300 Menschen untergebracht werden dürfen.

Die Arbeitsbedingungen bei Foxconn sind keine Ausnahme, sondern auch bei kleineren Zulieferern weit verbreitete Praxis. Diese stehen allerdings nicht im Fokus der Öffentlichkeit. Dabei wird vermutet, dass die Arbeitsbedingungen dort sogar noch schlechter sind.

(Fortsetzung siehe nächste Seite)

(Fortsetzung von vorheriger Seite)

Erze werden in der Regel im Tagebau abgebaut, welcher eine Zerstörung von großen Flächen nach sich zieht. Um an die Erz führenden Schichten zu gelangen, müssen große Mengen an Gestein und Erde geräumt werden. Dadurch erhöht sich das Material, welches be- bzw. verarbeitet wird. Die Menge wird auch „ökologischer Rucksack“ genannt. Neben den sehr schlechten Arbeitsbedingungen und sozialen Missständen liegt also ein weiteres Problem in den ökologischen Folgen metallischer Rohstoffgewinnung. Mit einem Tagebau geht eine massive Landschaftsveränderung einher. Das Beispiel des Grasberg-Komplexes in Indonesien zeigt, dass durch die enorme Flächeninanspruchnahme der Lebensraum respektive die Lebensgrundlage für Menschen und Tiere zerstört wird.

Nach der Erstverarbeitung der Erze wird der größte Bestandteil als Abfall in die Flüsse geleitet. Schwermetalle gelangen somit in die Gewässer und beeinträchtigen die Lebensbedingungen. Die Folgen sind Fischsterben und Gesundheitsschädigung der Bevölkerung durch den Fischverzehr. Die Überschwemmungsgebiete sind landwirtschaftlich nur eingeschränkt nutzbar. Auch die Flusswässer selbst können aufgrund der hohen Belastung nicht mehr bzw. begrenzt als Trinkwasserquelle genutzt werden. Des Weiteren werden schwefelhaltige Steinhalde in umliegenden Tälern nahe der Mine abgelagert. Durch Auswaschung und Oxidation entsteht Schwefelsäure, welche Schwermetalle aus dem Gestein löst und Grundwasser- sowie Oberflächenwasser kontaminiert.

Die Verarbeitung der geförderten Erze ist häufig mit dem Einsatz giftiger Chemikalien und großer Energiemengen verbunden. Um Aluminiumoxid aus dem Bauxit zu lösen, wird dieses mit Natronlauge vermischt und unter hohem Druck auf 200 °C erhitzt. Als Abfallprodukt entsteht Rotschlamm, der einen hohen pH-Wert von 13 besitzt und giftige Metalle enthält. Die Abfallmenge beträgt pro Tonne fertigen Aluminiumoxids 2 bis 4 Tonnen. Welche Auswirkungen eine unsichere Lagerung von Rotschlämmen haben kann, zeigt das Unglück in Ungarn aus dem Jahr 2010. Dabei starben 8 Menschen und 150 wurden verletzt. Ganze Dörfer wurden mit dem giftigen Schlamm überzogen und waren somit für längere Zeit unbewohnbar. Bei der Trennung von Sauerstoff aus dem Aluminiumoxid werden zudem Unmengen an Energie benötigt, die durch den Bau von Stauseen zur Verfügung gestellt werden. Für den Bau werden große Flächen benötigt, woraus eine Zerstörung von Lebensraum ähnlich wie beim Tagebau resultiert. Um zwei Tonnen reines Aluminium zu gewinnen, werden 14.000 bis 16.000 Kilowattstunden benötigt. Ein durchschnittlicher deutscher Haushalt benötigt zum Vergleich 3.550 Kilowattstunden jährlich.

Damit hat das Indikatorensystem keine oder nur eine eingegrenzte Entsprechung zur 10. Managementregel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie:

„10. Die internationalen Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass die Menschen in allen Ländern ein menschenwürdiges Leben nach ihren eigenen Vorstellungen und im Einklang mit ihrer regionalen Umwelt führen und an den wirtschaftlichen Entwicklungen teilhaben können. Umwelt und Entwicklung bilden eine Einheit. In einem integrierten Ansatz ist die Bekämpfung von Armut und Hunger

- der Achtung der Menschenrechte,
- wirtschaftliche Entwicklung,
- dem Schutz der Umwelt sowie
- verantwortungsvollem Regierungshandeln

zu verknüpfen.“ [Bundesregierung „Perspektiven für Deutschland“ 2002, S. 52, modifiziert nach: Managementregeln und Indikatoren der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie]

Bezüglich der Nachhaltigkeit der primären Rohstoffgewinnung in den jeweiligen Förderländern ist der Katalog der nationalen Nachhaltigkeitsindikatoren entsprechend der 10. Managementregel durch diesbezügliche Indikatoren (Indikatorenbereiche) der CSD-Nachhaltigkeitsstrategie zu ergänzen. Zu beachten sind insbesondere *Poverty, Governance, Education, Corruption, Crime* sowie *Consumption and production patterns, Atmosphere, Biodiversity, Generation of hazardous waste, Land* und *Freshwater* (vgl. Abb. 3.2).

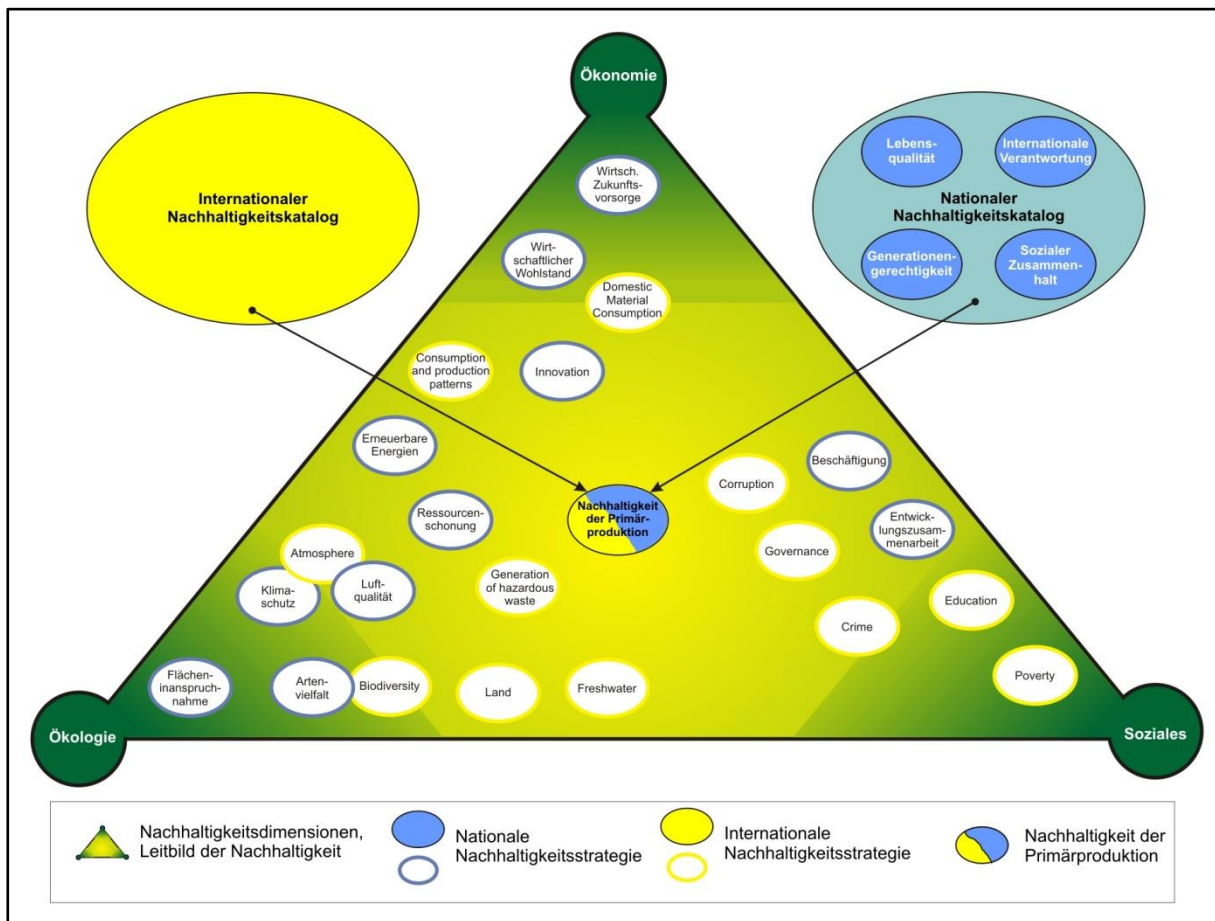


Abb. 3.2: Erweitertes Nachhaltigkeitsindikatorenset

Wie Abbildung 3.2 dokumentiert fügt sich das erweiterte Indikatorenpektrum schlüssig in das Beurteilungsraster der Nachhaltigkeit der Primärproduktion metallischer Rohstoffe ein und könnte metallspezifisch für die Bewertung der Nachhaltigkeit der Metallgewinnung in den jeweiligen Förderländern Verwendung finden. Es stellt sich allerdings die Frage, ob eine

derartig differenzierte Bewertung durchführbar ist, denn das konkrete Nachhaltigkeitsprofil ist von den spezifischen örtlichen, länder- und unternehmensbezogenen Bedingungen abhängig, für die die erforderlichen Informationen in der Regel nicht vorliegen dürften, d.h. eine Nachhaltigkeitsbewertung der Primärproduktion metallischer Rohstoffe ist mit den in Abbildung 3.2 dargestellten Indikatoren nicht möglich.

4. Grundstruktur des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators

Der Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator hat eine mehrdimensionale Struktur (vgl. Abb. 4.1):

- 1.) Er berücksichtigt standort- und haldenunabhängige Nachhaltigkeitsmerkmale der derzeitigen Gewinnung metallischer Rohstoffe in den jeweiligen Förderländern und quantifiziert diese metallspezifisch und gemäß der Mengenanteile der Förderländer als ökonomische, ökologische sowie gesellschaftliche Nachhaltigkeitsprofile, die als importierte Nachhaltigkeitsdefizite (Importiertes Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent [ISND]) bezeichnet werden. (Kap. 5)
- 2.) Die grundsätzliche Rückbaueignung jeder zu betrachtenden Halde wird unter Berücksichtigung der zentralen Rückbaurestriktionen, der grundsätzlichen gefahrenabhängigen Sanierungsbedürftigkeit, dem haldenspezifischen Metallgehalt sowie der Bauwürdigkeit als Status-Quo über eine Entscheidungsbaummethodik hinterfragt. (Kap. 6)
- 3.) Da der Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator die Beurteilung der Synergie aus Haldenrückbau zur Metallgewinnung und der durch den Rückbau eröffneten Verringerung des von den Halden ausgehenden Gefährdungspotenzials umfasst, basiert der Indikator, zusätzlich zum importierten Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent des Haldenmetallinventars [ISND], auf einer Abschätzung des Haldengefahrenpotenzials [GPK]. (Kap. 7)
Aus dem importierten Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent und dem Haldengefahrenpotenzial wird durch Multiplikation $[ISND \cdot GPK]$ die Nachhaltigkeitsgefährdungskennziffer des Haldenausgangszustandes [NHDGKA] gebildet, die durch den Haldenrückbau reduziert werden sollte.
- 4.) Bei gegebener Rückbaueignung wird das aus der Tonnage des Metallinventars $[MM_{SP}]$ des Haldenrückbaus resultierende, „Reduzierte Nachhaltigkeitsdefizit“ [RSND] gemäß der ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Bewertungsroutine quantifiziert, wobei hierfür das grundsätzliche Summarische Nachhaltigkeitsdefizit der Metallgewinnung in Deutschland $[SND_{Deu}]$ angesetzt wird $[RSND = \sum(SND_{Deu} \cdot MM_{SP})]$.
- 5.) Für das Haldenstandortgefährdungspotenzial nach dem Haldenrückbau $[GPK_{NR}]$ wird eine niedrige Restgefährdung angesetzt, die mit einem Bewertungspunkt in die weitere Berechnung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators eingeht.

- 6.) Die Umwelteffekte / Umweltwirkungen der rückgebauten Halden im Haldenumfeld [UWHU] werden in einem weiteren Bewertungsraster abgeschätzt (vgl. Kap. 8) und zur Quantifizierung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindicators verwendet.

Da auch der Rückbauvorgang ökologische Wirkungen, wenn auch nur temporär, hat, wird über ein qualitatives Bewertungsraster die Umweltrelevanz des Haldenrückbauprozesses einschließlich der Aufbereitungs- und Gewinnungstechnik sowie der Entsorgung der anfallenden Reststoffe beurteilt [UAHG] und zur Ermittlung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindicators eingesetzt. (Kap. 8)

Die ökologische Wertigkeit [ÖSW] der rückgebauten Halden mit Kriterien zur Bodenqualität, zur Grundwasserneubildung, zum klimatischen Potenzial und zur Biotopqualität etc. wird als Nachherbewertung der durch Rückbau sanierten Halden abgeschätzt und zur weiteren Modifikation des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindicators herangezogen. (Kap. 8)

- 7.) Insgesamt berechnet sich damit der Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator zu (vgl. Abb. 4.1) zu:

$$\text{HHNI} = \sum(\text{SND}_{\text{Deu}} \cdot \text{MM}_{\text{SP}}) \cdot [\text{GPK}_{\text{NR}} + \text{UWHU} + \text{UAHG} - \text{ÖSW}];$$

er wird auch als Nachhaltigkeitskennziffer des Endzustandes (Zielzustandes) bezeichnet.

Aus dem Vergleich des HHNI mit der Nachhaltigkeitsgefährdungskennziffer des Ausgangszustandes kann der Haldenrückbaunachhaltigkeitseffekt [HRNE] berechnet werden zu:

$$\begin{aligned} \text{HRNE} &= (\text{NHDGKA} - \text{HHNI}) / \text{NHDGKA} \\ &= [(\text{ISND} \cdot \text{GPK}) - \text{HHNI}] / (\text{ISND} \cdot \text{GPK}). \end{aligned}$$

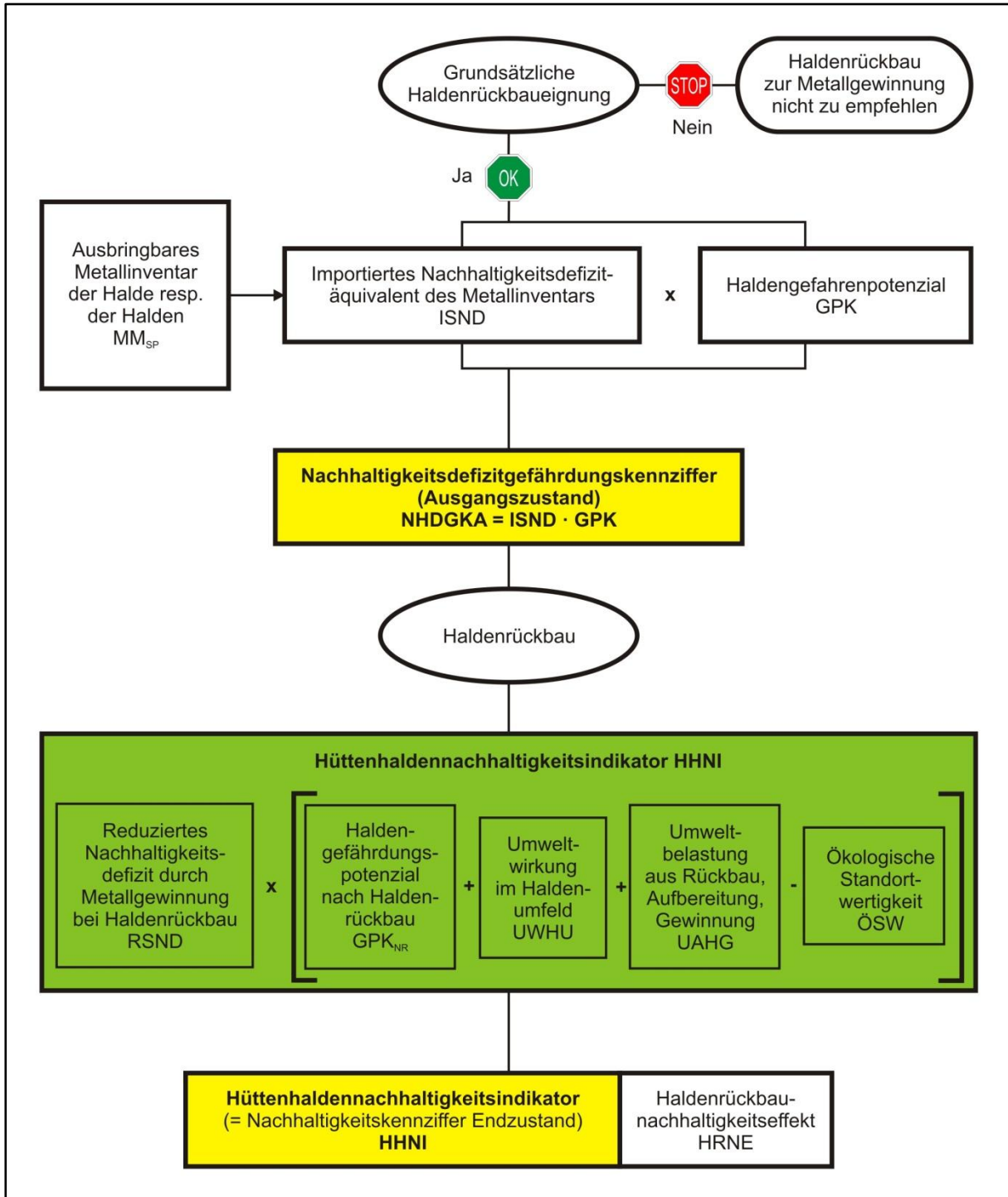


Abb. 4.1: Grundstruktur des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindicators

5. Quantifizierung der Nachhaltigkeitsdefizite der importierten metallischen Rohstoffe

5.1 Prinzip des Quantifizierungsansatzes

Um die Nachhaltigkeit der Primärproduktion metallischer Rohstoffe als eine Art Grundsatzbewertung für den zu entwickelnden Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator zu quantifizieren, wird, bezogen auf die drei Nachhaltigkeitsdimensionen, auf komplexere, höher aggregierte Bewertungssysteme, wie sie beispielsweise auch für die Beurteilung der Rohstoffkritikalität (vgl. Kap. 2) Anwendung finden, zurückgegriffen.

Für die Ökonomische Nachhaltigkeit der Primärproduktion metallischer Rohstoffe wird eine Bewertungsmatrix aus dem Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI) sowie den World-Governance-Indicators (WGI) der Weltbank strukturiert. Für jeden metallischen Rohstoff resultiert die Verortung in der Bewertungsmatrix aus

- dem Rohstoff-HHI, der sich metallspezifisch aus der Summe der quadrierten Förderanteile der Förderländer berechnet, und
- dem Rohstoff-WGI, der sich aus den länderbezogenen World-Governance-Indicators metallspezifisch in der Form ermitteln lässt, dass der jeweilige länderbezogene Förderanteil mit dem WGI des Förderlandes multipliziert wird und die Produkte über alle Förderländer resp. die Gesamtfördermenge summiert werden.

Für die Ökologische Nachhaltigkeit der Primärproduktion wird ein Beurteilungsraster aus dem Environmental Performance Index (EPI) der Förderländer als Maßstab der generellen Umweltperformance sowie dem Ecological Footprint als Messgröße des länderspezifischen Umgangs mit ökologischen Ressourcen gebildet. Analog zur Abbildung der Ökonomischen Nachhaltigkeit werden der metallspezifische

- Rohstoff-EPI als Summe über alle Förderländer aus den Produkten der länderbezogenen Förderanteile und des jeweiligen EPI berechnet und der
- Rohstoff-Footprint aus dem länderbezogenen Defizit resp. der Reserve (Biocapacity - Consumption) nach Multiplikation mit den metallspezifischen Förderanteilen der Länder als Summe über alle Förderländer ermittelt.

Für die Gesellschaftliche Nachhaltigkeit wird ein Bewertungsansatz gewählt, der zum Einen den Social Progress Index (SPI) umfasst, zum Anderen aus dem Bertelsmann Transformation Index (BTI) die Teilindikatoren 6.1 *Socioeconomic barriers*, 13.3 *Conflict Intensity* und 15.3 *Anti-corruption policy* berücksichtigt. In vergleichbarer Weise wie bei der Ökonomischen sowie der Ökologischen Nachhaltigkeit werden für die Gesellschaftliche Nachhaltigkeit für jedes in die Betrachtung einbezogene Metall

- der Rohstoff-SPI berechnet, und zwar als über alle Förderländer ermittelte Summe aus Produktion der länderbezogenen Förderanteile und des jeweils länderspezifischen Social Progress Index (SPI) sowie
- der Rohstoff-BTI-Teilindex aus dem Mittelwert (gut / schlecht richtungsnormiert) der Teilindikatoren 6.1, 13.3 und 15.3 ermittelt, wobei die Produkte aus den länderbezogenen Förderanteilen und den länderspezifischen BTI-Teilindizes über alle Förderländer addiert werden.

Die skizzierte Nachhaltigkeitsgrundsatzbewertung der betrachteten metallischen Rohstoffe spiegelt auf der Grundlage der Ökonomischen Kritikalität als Maßstab der Ökonomischen Nachhaltigkeit, der Ökologischen sowie der Sozialen Nachhaltigkeit die Nachhaltigkeitsrucksäcke im Sinne metallspezifischer Nachhaltigkeitsdefizite wider, die im Wesentlichen durch die Marktkonzentration und die Governance-Situation sowie die Umwelt- und Sozialbedingungen in den Förderländern geprägt werden.

Wie Abbildung 5.1.1 schematisch verdeutlicht, wird für jede der drei Nachhaltigkeitsdimensionen eine Bewertungsmatrix aus den zugehörigen Rohstoffindizes gebildet. In Abhängigkeit der berechneten Rohstoff-Indizes (vgl. dazu Anlage 8) erfolgt für jeden betrachteten metallischen Rohstoff die Verortung in der jeweiligen Bewertungsmatrix.

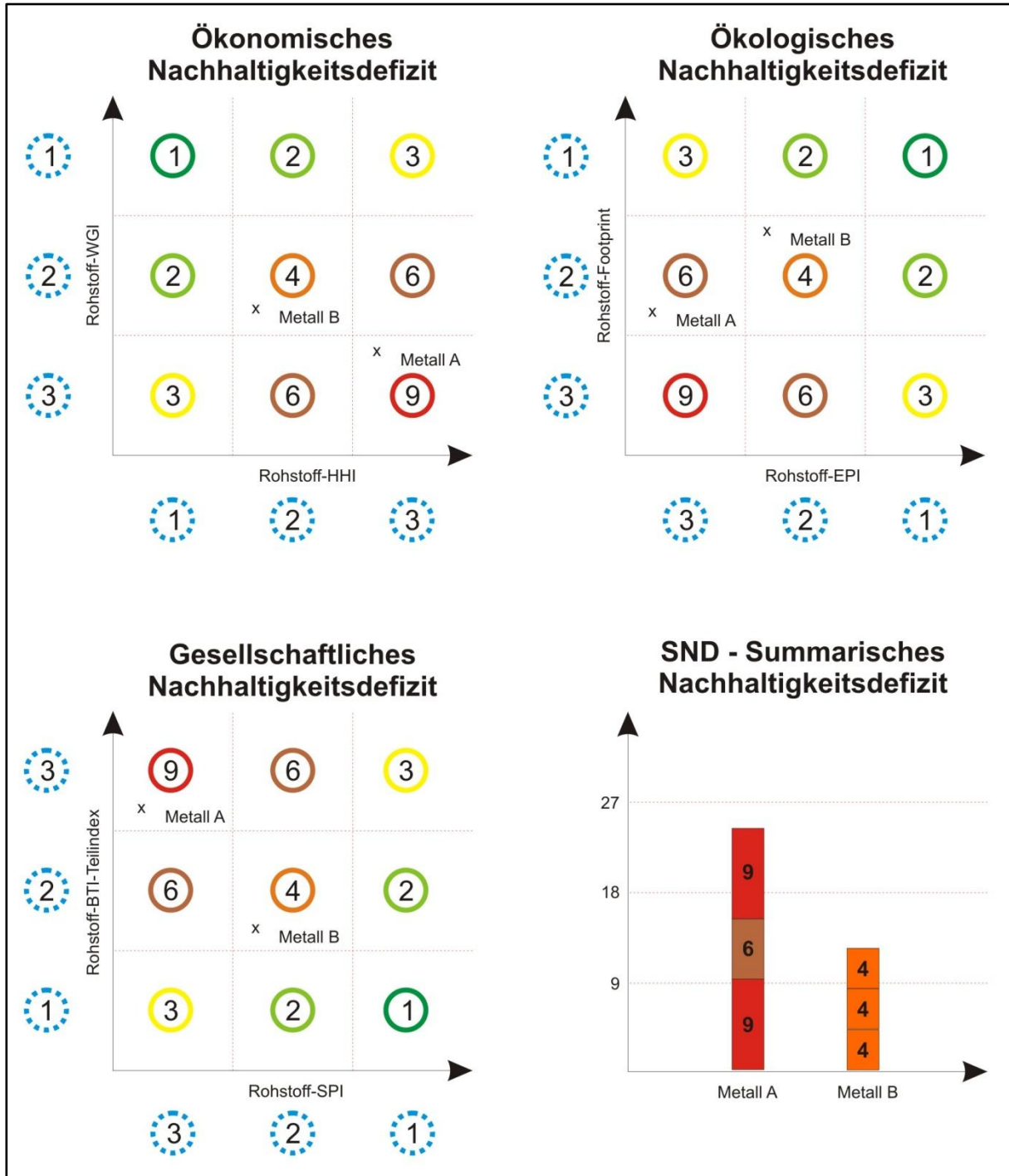


Abb. 5.1.1: Logik der Nachhaltigkeitsgrundsatzbewertung der Primärproduktion metallischer Rohstoffe

Unter Berücksichtigung von spezifischen Grenzwerten zwischen *schlecht*, *mittel* und *gut* resp. *niedrig*, *mittel* und *hoch* im Sinne einer Klassifizierung der berechneten Indizes als einfache dreistufige Ampelbewertung ergibt sich für jede der drei Nachhaltigkeitsdimensionen eine Neun-Felder-Matrix. Da jede Bewertungsmatrix auf zwei Bewertungsindizes basiert, deren Ergebnisse jeweils in drei Bewertungsklassen mit den Bewertungsziffern 1 (niedrig), 2

(mittel) und 3 (hoch) differenziert sind, ergeben sich bei multiplikativer Verknüpfung der Bewertungsziffern neun mögliche Bewertungsstufen. Da die Bewertungsergebnisse für die beiden kombinierten Bewertungsindizes gleich gewichtet werden, verbleiben nach Abzug von drei gleichbedeutenden Ergebniskombinationen (*niedrig / mittel = mittel / niedrig*, *niedrig / hoch = hoch / niedrig* und *mittel / hoch = hoch / mittel*, entsprechend den multiplikativen Bewertungsstufen 2, 3 und 6) insgesamt sechs unterschiedliche Ergebniskombinationen als Resultate der über die Rohstoffindizes jeweils beurteilten Nachhaltigkeitsdimension metallischer Rohstoffe.

Das zusammenfassende Bewertungsergebnis der Nachhaltigkeitsdefizite metallischer Rohstoffe wird durch Addition der Bewertungsergebnisse für die Ökonomische Nachhaltigkeit, die Ökologische Nachhaltigkeit sowie die Soziale Nachhaltigkeit gebildet (vgl. Abb. 5.1). Hieraus resultiert ein Nachhaltigkeitsdefizitprofil zwischen minimal 3 (1+1+1) und maximal 27 (9+9+9).

Für die dreistufige Ampelsystematik des summarischen Defizitprofils ist daher von folgender Differenzierung auszugehen:

- Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit (SND) der drei Nachhaltigkeitsdimensionen ≤ 9 wird als *niedrig* bewertet, entspricht *grün*,
- summarisches Nachhaltigkeitsdefizit $10 \leq \text{SND} \leq 18$ wird als *mittel* bewertet, entspricht *gelb*,
- summarisches Nachhaltigkeitsdefizit $19 \leq \text{SND} \leq 27$ wird als *hoch* bewertet, entspricht *rot*.

5.2 Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit

Rohstoffverarbeitende Unternehmen sind, z.B. vor dem Hintergrund kalkulierbarer Kosten, der Planbarkeit von Lieferterminen, der Auslastung von Produktionseinheiten, zusammengefasst für ihr unternehmerisches Handeln insgesamt, auf eine zuverlässige Versorgung mit Rohstoffen angewiesen. Das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit steht stellvertretend für das Ausmaß der Risiken, die sich durch die Marktkonzentration von Gewinnungsländern einerseits und die politischen Rahmenbedingungen innerhalb der Förderländer andererseits ergeben.

Eine hohe Marktkonzentration von Gewinnungsländern birgt, einem Marktmonopol ähnlich, ein hohes Preis- und Lieferrisiko, u.U. verstärkt durch instabile oder unkalkulierbare politische Rahmenbedingungen. Grundsätzlich haben Regierungen, insbesondere bei staatsgeführten Förderbetrieben, ordnungspolitische Regulierungsmöglichkeiten wie z.B. das Verhängen von Exportbeschränkungen oder -zöllen bis hin zu vollständigen Exportverboten, wie im Jahr 2010 geschehen auf dem Markt für Seltene Erden, der derzeit durch die Volksrepublik China fast vollständig kontrolliert wird. Die Marktkonzentration von Förderländern wird mit Hilfe des Herfindahl-Hirschmann-Index, HHI, beurteilt.

Als Indikator für die politische Zuverlässigkeit von Rohstoffförderländern werden die World Governance Indicators, WGI, der Weltbank herangezogen, unter deren Zuhilfenahme sie die Regierungsführung von Staaten beurteilt, um zielgerichtet Förder- und Aufbauhilfe zu leisten. Umgewandelt in *Rohstoff-WGI* sind sie Synonym für die Regierungsführungsqualität, denen die rohstoffspezifische Gewinnung insgesamt unterliegt.

In Relation zueinander gesetzt sind Rohstoff-WGI und HHI das bewertbare Maß für die Ökonomische Nachhaltigkeit von Rohstoffen, die am Beispiel von Metallen nachfolgend dokumentiert ist.

HHI - Herfindahl-Hirschmann-Index

Der Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI) ist eine in der Finanzwissenschaft weit verbreitete Maßzahl zur Ermittlung der strukturellen Konzentration innerhalb einer Branche. Als absolutes (Markt-) Konzentrationsmaß ist er somit auch ein Indikator für die Marktmacht von Wettbewerbsteilnehmern resp. der Wettbewerbsintensität innerhalb eines Wirtschaftszweigs. Er berechnet sich als Summe der quadrierten Marktanteile aller Wettbewerber resp. Marktteilnehmer (vgl. nachfolgende Gleichung).

Gleichung zur Berechnung des Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI)

$$HHI = \sum_{i=1}^N a_i^2$$

mit a_i [%]

Mathematisch ergibt sich durch Wahl der Dimension *Prozent* für a_i ein Wertebereich des HHI zwischen minimal 0 und maximal 10.000, wobei der Maximalwert ein Marktmonopol anzeigt ($100^2 = 10.000$); teilen sich zwei Wettbewerber den Markt (*Duopol*) ergibt sich ein HHI von 5.000 ($50^2 + 50^2 = 5.000$). Bei einem HHI von weniger als 1.500 wird die Marktkonzentration per Konvention als *niedrig*, bei Werten zwischen 1.500 und 2.500 als *mittelmäßig* und bei Werten ab 2.500 als *stark* bewertet.

Rohstoff-HHI für Seltene Erden

Der Markt für Seltene Erden ist durch das Quasi-Marktmonopol der Volksrepublik China gekennzeichnet. Nachfolgend wird die Konzentration der Förderländer für Seltene Erden mittels HHI überprüft.

Tabelle 5.2.1: HHI für Seltene Erden in 2011 - Förderländer [nach: BMWFJ, 2013]

Marktteilnehmer [Förderland]	Fördermenge [t]	Marktanteil [%]	HHI
China	96.900	96,65	9.340,79
Russland	2.500	2,49	6,22
Malaysia	571	0,57	0,32
Brasilien	290	0,29	0,08
Gesamt	100.261	100,00	9.347,41

Mit einem HHI von rund 9.347 (vgl. Tab. 5.2.1) ist der Markt für Seltene Erden als *stark konzentriert* einzustufen, was insbesondere auf die Fördermengen aus China mit rund 97.000 t und einem Marktanteil von rund 97 %, entsprechend einem HHI-Anteil von 9.341 zurückzuführen ist.

Bewertung des Rohstoff-HHI

Zur systematischen Bewertung des Rohstoff-HHI wird analog zur Einordnung der Rohstoff-WGI eine dreistufige Ampelsystematik mit den Kategorien *niedrig (1)*, *mittel (2)* und *hoch (3)* herangezogen, wobei Rohstoff-HHI-Werte zwischen 0 und 1.500 in Anlehnung an die Einstufungsgrenzen der Marktkonzentration (s.o.) niedrige, entsprechend 1 Bewertungspunkt, Werte zwischen 1.500 und 2.500 mittlere (2 Bewertungspunkte) und die Ergebnisspanne zwischen 2.500 und 10.000 als hoch einzustufende Bewertungsergebnisse mit 3 anzusetzenden Bewertungspunkten anzeigen (s. Tabelle 5.2.2).

Tabelle 5.2.2: Bewertungstableau Rohstoff-HHI

Rohstoff-HHI		
0 - 1.500	1.500 - 2.500	2.500 - 10.000
niedrig / 1	mittel / 2	hoch / 3
Bewertungskategorie / Bewertungspunkte		

Tabelle 5.2.3 dokumentiert die Rohstoff-HHI der hier betrachteten metallischen Rohstoffe sowie deren Einstufung in die vorgenannte Systematik.

Tabelle 5.2.3: Ergebnistableau Rohstoff-HHI

Rohstoff	Rohstoff-HHI	Bewertung	
		Kategorie	Bewertungspunkte
Gold	598	niedrig	1
Nickel	1.027	niedrig	1
Silber	1.033	niedrig	1
Titan	1.214	niedrig	1
Kupfer	1.373	niedrig	1
Mangan	1.439	niedrig	1
Zink	1.562	mittel	2
Cadmium	1.668	mittel	2
Eisen	1.768	mittel	2
Aluminium	1.815	mittel	2
Molybdän	2.356	mittel	2
Chrom	2.360	mittel	2
Blei	2.840	hoch	3
Zinn	3.049	hoch	3
Vanadium	3.252	hoch	3
Gallium	3.326	hoch	3
Palladium	3.339	hoch	3
Lithium	3.340	hoch	3
Germanium	4.128	hoch	3
Tellur	4.488	hoch	3
Kobalt	4.517	hoch	3
Platin	5.877	hoch	3
Bismut	6.811	hoch	3
Rhodium	7.162	hoch	3
Wolfram	7.247	hoch	3
Antimon	7.458	hoch	3
Tantal	9.209	hoch	3
Seltene Erden	9.347	hoch	3

Das Ergebnistableau in Tabelle 5.2.3 belegt, dass Gold, Nickel, Silber, Titan, Kupfer und Mangan als niedrig einzustufende Rohstoff-HHI mit Werten zwischen minimal 598 (Gold) und maximal 1.439 (Mangan) aufweisen. Zink, Cadmium, Eisen, Aluminium, Molybdän und Chrom zählen zu den Metallen mit als mittel einzuordnenden Rohstoff-HHI mit Berechnungsergebnissen zwischen 1.562 (Zink) und 2.360 (Chrom). Hohe Rohstoff-HHI verzeichnen Blei, Zinn, Vanadium, Gallium, Palladium, Lithium, Germanium, Tellur, Kobalt, Platin, Bismut, Rhodium, Wolfram, Antimon, Tantal und Seltene Erden, wobei die Seltenen Erden den

höchsten der hier ermittelten Werte i.H.v. 9.347 besitzt, was auf einen Förderanteil der Volksrepublik China von annähernd 97 % zurückzuführen ist.

WGI - World Governance Indicators

Die Weltbank entwickelt seit den 1990' er Jahren ein Konzept zur Bewertung der Regierungsführung von Staaten. Hintergrund für die Erarbeitung des Bewertungskonzeptes ist die Annahme, dass eine *gute Regierungsführung (Good Governance)* eine wichtige Voraussetzung für die wirtschaftliche Entwicklung eines Staates ist, die wiederum Voraussetzung zur Bekämpfung von Armut und Hunger, eine der Hauptaufgaben der Vereinten Nationen (United Nations, UN) und seiner Einrichtungen, ist. Mit den *World Governance Indicators (WGI)* verfügt die Weltbank resp. die UN über ein Instrument zum direkten Vergleich der Regierungsführungsqualität von Staaten untereinander (*cross-country differences*) sowie zur Beobachtung der Veränderung des Zustands mit der Zeit (*changing in country-performance over time*), um Staaten auf empirischer Grundlage zielgerichtet Aufbauhilfe im wirtschaftlichen, sozialen und humanitären Bereich (UN-Charta, Millennium Entwicklungsziele) anbieten zu können.

Die Weltbank resp. die Weltbank-Gruppe ist wie der Internationale Währungsfond (IWF) und der Internationale Fonds für landwirtschaftliche Entwicklung (IFAD) eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen aus dem Bereich der Finanzorganisationen und wurde 1945 mit dem Zweck gegründet, den Wiederaufbau von Staaten mitzufinanzieren, die durch den Zweiten Weltkrieg verwüstet wurden. Heute gibt die Weltbank mit finanziellen und technischen Mitteln Hilfestellung insbesondere für Schwellen- und Entwicklungsländer, um deren wirtschaftlichen Aufschwung zu initiieren oder unterstützend zu begleiten.

Die WGI umfassen die in Tabelle 5.2.4 dokumentierten sechs Schlüsselindikatoren, die nach der Weltbanksystematik die *gute Regierungsführung* eines Staates repräsentieren.

Die sechs in Tabelle 5.2.4 aufgeführten Indikatoren, deren nominaler Wertebereich jeweils zwischen -2,5 (schlechtester Wert) und +2,5 (bester Wert) liegt, basieren auf insgesamt 33 Datenquellen (Stand: Juni 2009), die die Weltbank periodisch auswertet und zu den angege-

benen Schlüsselindikatoren aggregiert (vgl. dazu Anlage 2). Die überwiegend öffentlich zugängliche Datenbasis wird ständig erweitert und die Bewertungssystematik weiterentwickelt resp. ergänzt.

Tabelle 5.2.4: WGI-Schlüsselindikatoren der Weltbank [nach: World Bank, 2010]

Schlüsselindikator	Cluster	Beschreibung
Voice and Accountability (VA)	The process by which governments are selected, monitored, and replaced.	Capturing perceptions of the extent to which a country's citizen are able to participate in selecting their government, as well as freedom of expressions, freedom of association, and free media.
Political Stability and Absence of Violence / Terrorism (PV)		Capturing perceptions of the likelihood that the government will be destabilized or overthrown by unconstitutional or violent means, including politically-motivated violence and terrorism.
Government Effectiveness (GE)	The capacity of the government to effectively formulate and implement sound policies.	Capturing perceptions of the quality of public services, the quality of the civil service and the degree of its independence from political pressures, the quality of policy formulation and implementation, and the credibility of the government's commitment to such policies.
Regulatory Quality (RQ)		Capturing perceptions of the ability of the government to formulate and implement sound policies and regulations that permit and promote private sector development.
Rule of Law (RL)	The respect of citizens and the state for the institutions that govern economic and social interactions among them.	Capturing perceptions of the extent to which agents have confidence in and abide the rules of society, and in particular the quality of contract enforcement, property rights, the police, and the court, as well as the likelihood of crime and violence.
Control of Corruption (CC)		Capturing perceptions of the extent to which public power is exercised for private gain, including both petty and grand forms of corruption, as well as "capture" of the state by elites and private interests.

Die Weltbank greift neben eigenen Erhebungen insbesondere auf regelmäßig erscheinende Veröffentlichungen von Unternehmen, Rating-Agenturen, Öffentlichen Organisationen und Einrichtungen, NGO's, Hilfsorganisationen sowie Einzelpersonen zurück. In der Regel handelt es sich bei den Veröffentlichungen um bereits verdichtete Informationen und Daten, überwiegend in Form von Indizes, Rankings oder Trends, wie beispielsweise den *Bertelsmann Transformation Index (BTI)*, den *European Bank of Reconstruction and Development Transition Report (EBR)* oder die *iJET Country Security Risk Ratings (IJT)* (vgl. dazu Anlage 2, Nr. 7, 9 u. 20). Insgesamt verarbeitet die Weltbank für die WGI 335 weltweit erhobene Teil- und Einzelindikatoren und ordnet sie inhaltlich den o.g. sechs Schlüsselindikatoren zu, wobei nicht

immer sämtliche Informationen einer Quelle vollständig übernommen sondern selektiv eingearbeitet werden.

Die WGI werden für insgesamt 212 Staaten erhoben bzw. berechnet (Stand 2009), wobei die dazu benutzten Datenquellen generell nicht alle 212 Länder abdecken. Die Länderabdeckungsraten der Einzel- und Teilindikatoren liegen zwischen minimal 15 (hier: *Political and Economic Risk Consultancy Corruption in Asia Survey, PRC*) und maximal 203 (hier: *Global Insight Business Risk and Conditions, WMO*). Demnach weisen alle länderspezifischen WGI eine voneinander abweichende Datengrundlage auf. Um die WGI dennoch direkt untereinander vergleichen zu können, greift die Weltbank auf ein statistisches Modell, das sog. Unobserved Component Model (UCM), zurück.

Die WGI für Deutschland (2008)

Die WGI für Deutschland im Jahr 2008 setzen sich aus den o.a. sechs Schlüsselindikatoren mit 51 Teil- und insgesamt 174 Einzelindikatoren zusammen (vgl. Tab. 5.2.5). Die Berechnung wird exemplarisch dokumentiert, um die WGI-Methodik verständlicher aufzuzeigen.

Tabelle 5.2.5: Anzahl an Schlüssel-, Teil- und Einzelindikatoren als Datengrundlage für die WGI für Deutschland im Jahr 2008 [nach: WGI datasets, 2013]

Schlüsselindikator (Kürzel)	Anzahl Teilindikatoren	Anzahl Einzelindikatoren
Voice and Accountability (VA)	11	36
<i>Political Stability & Absence of Violence / Terrorism (PV)</i>	8	22
Government Effectiveness (GE)	7	18
Regulatory Quality (RQ)	7	37
Rule of Law (RL)	10	46
Control of Corruption (CC)	8	15
	51	174

Nachfolgend werden die Datengrundlagen und Berechnungen für die WGI für Deutschland (2008) am Beispiel des Schlüsselindikators Political Stability / Absence of Violence (PV) bzw. dessen Teilindikator PV01 - HUM aufgezeigt und durchgeführt (vgl. dazu Tab. 5.2.6).

Die Datengrundlage für die Berechnung des WGI-Schlüsselindikators Political Stability / Absence of Violence (PV) für Deutschland im Jahr 2008 besteht aus den acht Teilindikatoren PV01 - HUM bis PV08 - GCS mit insgesamt 22 Einzelindikatoren, wobei jeder Teilindikator aus mindestens einem (z.B. PV04 - IJT, *Security Risk Ratings*) bis maximal fünf (PV02 - EIU, *Orderly Transfers, Armed conflict, Violent demonstrations, Social unrest, International Tensions / Terrorist threat*) Einzelindikatoren besteht.

Die nominalen Werte der Einzelindikatoren werden den Originalquellen (wie angegeben) entnommen und wegen variierender, quellspezifischer Wertebereiche auf eine WGI-spezifische Skalierung zwischen 0 (schlechtester Wert) und 1 (besten Wert) normiert, um im Anschluss den Mittelwert der Einzelindikatoren zum *Normierten Wert* des jeweiligen Teilindikators auszuweisen. Die quellspezifischen Werte sowie die daraus abgeleiteten normierten Einzelwerte sind nicht durchgängig ausgewiesen, da die von der UN ausgewerteten Originalquellen teilweise kostenpflichtig sind (C.D., Commercial Data).

Für den Teilindikator PV01 - HUM, *Cingranelli Richards Human Rights Database & Political Terror Scale*, mit den vier Einzelindikatoren *Frequency of political killings, Frequency of disappearances, Frequency of tortures* und *Political terror scale* ergibt sich die Summe der normierten Einzelwerte zu 3,5 ($0,5 + 1 + 1 + 1$) und der *Normierte Wert* zu rund 0,88 ($3,5 : 4$).

Aus dem *Normierten Wert* des Teilindikators ergibt sich der vorläufige Teilindikatorwert WGI PV01 - HUM durch Einrechnung des quellspezifischen Wichtungsfaktors (hier i.H.v. 0,07), der die Aussagekraft des Teilindikators bezüglich des jeweiligen Schlüsselindikators im Verhältnis zu den übrigen Teilindikatoren widerspiegelt, sowie der teilindikatorspezifischen Tabellenwerte α (hier 0,634) und β (0,205) zu 0,08 (vgl. dazu nachfolgende Berechnung). Die Werte der übrigen Teilindikatoren werden analog berechnet.

Tabelle 5.2.6: Daten- und Bewertungsgrundlagen, WGI-Teilindikator *Political Stability / Absence of Violence (PV)*, Deutschland, 2008 [nach: WGI datasets, 2013]

Kürzel / Nr.	Teil- und Einzelindikatoren / Quelle	Wertebereich Quelle	Wert Quelle	Normierter Wert	Wichtung	α	β	WGI (PV)
PV01 - HUM	Cingranelli Richards Human Rights Database & Political Terror Scale			0,88				
1	Frequency of political killings	0 - 2	1	0,5	0,070	0,643	0,205	0,080
2	Frequency of disappearances		2	1				
3	Frequency of tortures		2	1				
4	Political terror scale	5 - 1	n.a.	1				
PV02 - EIU	Economist Intelligence Unit			0,9				
1	Orderly Transfers	4 - 1	C.D.	n.a.	0,125	0,604	0,197	0,188
2	Armed conflict							
3	Violent demonstrations							
4	Social Unrest							
5	International tensions / terrorist threat							
PV03 - WMO	Global Insight Business Risk and Conditions			0,81				
1	Civil unrest	n.a.	C.D.	n.a.	0,305	0,703	0,204	0,164
2	Terrorism							
PV04 - IJT	iJET Country Security Risk Ratings			0,75				
1	Security Risk Rating	n.a.	C.D.	n.a.	0,124	0,546	0,202	0,125
PV05 - WCY	Institute for Management Development World Competitiveness Yearbook			0,85				
1	The risk of political instability is very high	0 - 10	8,48	0,85	0,040	0,603	0,158	0,062
PV06 - IPD	Institutional Profiles Database			1				
1	Conflicts of ethnic, religious, regional nature	0 - 4	4	1	0,139	0,754	0,199	0,172
2	Violent actions by underground political organizations		4	1				
3	Violent social conflicts		4	1				
4	External public security		4	1				
PV07 - PRS	Political Risk Service International Country Risk Guide			0,81				
1	Government stability	n.a.	C.D.	n.a.	0,083	0,735	0,084	0,074
2	Internal conflict							
3	External conflict							
4	Ethnic tensions							
PV08 - GCS	World Economic Forum Global Competitiveness Survey			0,83				
1	Cost of terrorism	n.a.	C.D.	n.a.	0,060	0,765	0,118	0,033
Zwischenergebnis					0,95			0,90
Ergebnis					1,0 / 0,95 = 1,05			0,95 (UNO: 0,93)

Gleichung zur Berechnung der WGI-Teilindikatoren

$$\text{Teilindikatorwert} = \text{Wichtung} \cdot \frac{\text{Normierter Wert} - \alpha}{\beta}$$

Berechnung des WGI-Teilindikators PV01 - HUM

$$\text{Teilindikatorwert} = 0,07 \cdot \frac{0,88 - 0,634}{0,205} = 0,08$$

Für die Summe der Teilindikatorwerte für den Schlüsselindikator *Political Stability / Absence of Violence* für Deutschland (2008) ergibt sich gemäß Tabelle 5.2.6 der vorläufige Wert (Zwischenergebnis, vgl. Tab. 5.2.6) gemäß nachfolgender Berechnung zu 0,90.

Berechnung Teilindikator *Political Stability / Absence of Violence* (Zwischenergebnis) für Deutschland, 2008

$$0,08 + 0,188 + 0,164 + 0,125 + 0,062 + 0,172 + 0,074 + 0,033 = 0,90$$

Die Wichtungen der acht verwendeten Teilindikatoren, der sog. *Observed Components*, summieren sich, wie die nachfolgende Berechnung dokumentiert, zu 0,95.

Berechnung Teilindikator *Political Stability / Absence of Violence* für Deutschland, 2008

$$0,07 + 0,125 + 0,305 + 0,124 + 0,04 + 0,139 + 0,083 + 0,06 = 0,95$$

Um die für Deutschland (2008) wegen fehlender Datengrundlage nicht verwendeten Teilindikatoren, die sog. *Unobserved Components*, einzubeziehen, wird der vorläufige Schlüsselindikatorwert linear zum Ergebnis i.H.v. 0,95 gemäß $((1 / 0,95) \cdot 0,90)$ extrapoliert. Der hier berechnete Wert (0,95) weicht durch Rundungen resp. gerundete Quellenangaben von dem durch die UNO publizierten Wert i.H.v. 0,93 (vgl. Tab. 5.2.6) geringfügig ab.

Die Berechnung der übrigen fünf Schlüsselindikatorwerte wird analog durchgeführt. Die zu einem Wert aggregierten WGI für Deutschland (2008), ergeben sich als Mittelwert aller sechs Schlüsselindikatoren zu 1,46 (vgl. Tab. 5.2.7) auf einer Skala von -2,5 (nachteiligster

Wert) bis +2,5 (vorteilhaftester Wert). Für den Vergleich der WGI von verschiedenen Staaten untereinander werden die Ergebnisse nicht als *absolute Platzierung* sondern als sog. *Percentile Rank* angegeben.

Tabelle 5.2.7: WGI, Deutschland, 2008 [nach: WGI datasets, 2013]

Schlüsselindikator (Kürzel)	Ergebnis (Skala: -2,5 bis +2,5)	Percentile Rank (Skala: 0 - 100 %)
Voice and Accountability (VA)	1,35	93,75
Political Stability & Absence of Violence / Terrorism (PV)	0,93	78,95
Government Effectiveness (GE)	1,52	89,81
Regulatory Quality (RQ)	1,49	92,23
Rule of Law (RL)	1,72	94,23
Control of Corruption (CC)	1,73	92,72
WGI, Deutschland, 2008	1,46	

Die WGI werden seit 1996 im zweijährlichen, seit 2002 im jährlichen Abstand veröffentlicht. Abbildung 5.2.1 dokumentiert die Entwicklung des WGI für Deutschland von 1996 bis 2012.

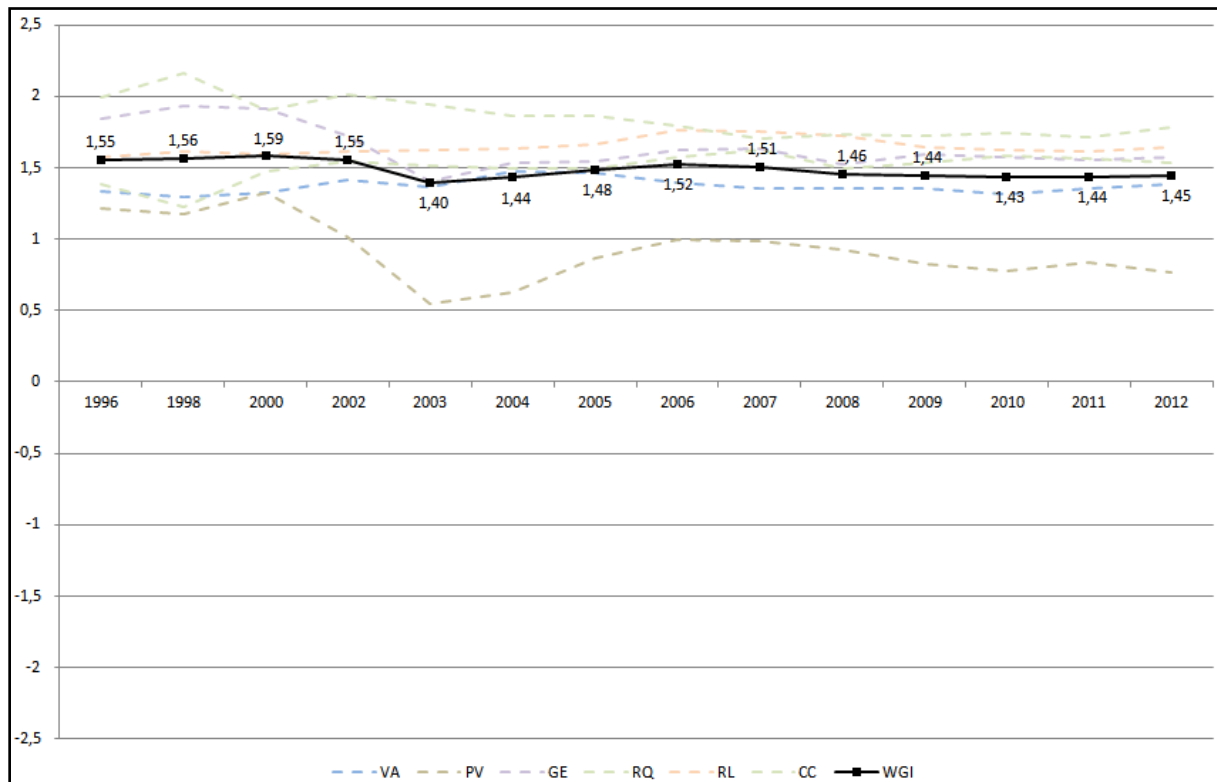


Abb. 5.2.1: WGI für Deutschland von 1996 bis 2012 (Country performance over time) [WGI datasets, 2013]

Abbildung 5.2.1 verdeutlicht, dass die WGI für Deutschland um einen mittleren Wert von etwa 1,5 mit einem Maximum von 1,59 im Jahr 2000 und einem Minimum von 1,40 im Jahr 2003 schwankt. Damit zählt Deutschland zu den Staaten, die nach Auffassung der Weltbank durch eine gute Regierungsführung im internationalen Vergleich gekennzeichnet sind, wie auch die Gegenüberstellung mit anderen Staaten in Abbildung 5.2.2 bestätigt.

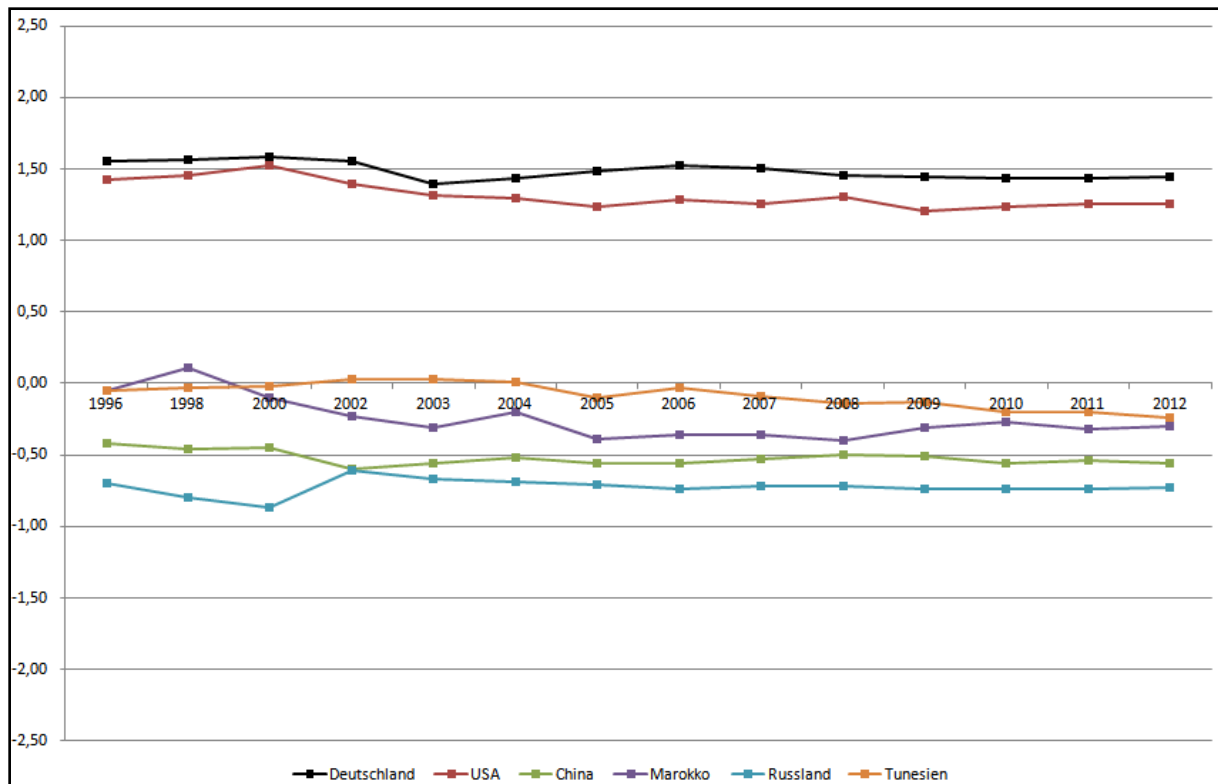


Abb. 5.2.2: WGI für verschiedene Staaten zwischen 1996 und 2012 (Cross country differences) [WGI data-sets, 2013]

Rohstoff-WGI für Seltene Erden

Unter anteiligem Ansatz des WGI für die Produzenten- bzw. Förderländer von mineralischen Rohstoffen lässt sich der ursprünglich länderbezogene WGI in einen rohstoffbezogenen WGI, den *Rohstoff-WGI*, umwandeln. Dazu wird der rohstoffspezifische Gewinnungsmengen-Marktanteil mit dem WGI eines Förderlandes multipliziert und die Produkte über alle Produzentenländer resp. die Gesamtfördermenge aufsummiert.

Formel zur Berechnung der Rohstoff-WGI

$$\text{Rohstoff - WGI} = \sum \text{Marktanteil}_{FL} \cdot \text{WGI}_{FL}$$

mit FL = Förderland

Der Vergleich des sich ergebenden Rohstoff-WGI mit den länderbezogenen WGI lässt Rückschlüsse auf die gesellschaftspolitischen Begleitumstände, ausgedrückt durch die Qualität der Regierungsführung zu, unter denen die Rohstoffe gewonnen werden. Tabelle 5.2.8 dokumentiert beispielhaft den Rohstoff-WGI für Seltene Erden, basierend auf dem WGI der Weltbank für 2011 sowie den Weltbergbaudaten von 2011 für mineralische Rohstoffe, veröffentlicht durch das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (bmwfj) in Wien, Österreich.

Tabelle 5.2.8: Rohstoff-WGI von Seltenen Erden

Förderland	Fördermenge (2011) [t]	Marktanteil (2011) [%]	WGI (2011) [-]	Rohstoff-WGI [-]
China	96.900	96,65	-0,58	-0,559
Russland	2.500	2,49	-0,74	-0,018
Malaysia	571	0,57	0,32	0,002
Brasilien	290	0,29	0,13	0,0004
Gesamt	100.261	100,00	-	-0,575

Tabelle 5.2.8 dokumentiert einen Rohstoff-WGI von Seltenen Erden i.H.v. -0,575, berechnet aus einer Gesamtfördermenge von 100.261 t (2011) und 4 Förderländern mit Fördermengen-Marktanteilen zwischen 0,29 % (Brasilien) und 96,65 % (China) sowie WGI's (2011) zwischen minimal -0,745 (Russland) und maximal 0,32 (Malaysia). Die Rohstoff-WGI für die anderen hier betrachteten metallischen Rohstoffe werden analog berechnet.

Bewertung der Rohstoff-WGI

Zur Bewertung der Rohstoff-WGI wird eine einfache dreistufige Ampelbewertung mit den Kategorien *niedrig (1)*, *mittel (2)* und *hoch (3)* vorgeschlagen, wobei sich der Gesamtwertebereich an der Ergebnisskala der World Government Indicators von -2,5 bis + 2,5 orientiert. Der Punktbereich von -2,50 bis -0,50 kennzeichnet einen hohen, nachteiligen Rohstoff-WGI, der mit 3 Punkten bewertet wird, der Übergangsbereich von negativen zu posi-

ven Werten (-0,50 bis 0,50) zeigt mittlere (2 Bewertungspunkte) und die Spanne zwischen 0,50 und 2,50 niedrige, d.h. vorteilige (1 Punkt), Rohstoff-WGI an (s. dazu Tab. 5.2.9).

Tabelle 5.2.9: Bewertungstableau Rohstoff-WGI

Rohstoff-WGI		
0,50 - 2,50	-0,50 - 0,50	-2,5 - -0,50
niedrig / 1	mittel / 2	hoch / 3
Bewertungskategorie / Bewertungspunkte		

Angewendet auf die Rohstoff-WGI der hier betrachteten metallischen Rohstoffe ergibt sich das in Tabelle 5.2.10 dokumentierte Ergebnistableau, das belegt, dass der überwiegende Teil der hier betrachteten Metalle *mittlere* Rohstoff-WGI aufweist, wobei die Ergebnisspanne nahezu den gesamten mittleren Bewertungsbereich (-0,50 bis 0,50) von -0,479 (Wolfram) bis 0,440 (Kupfer) abdeckt. Tellur, Lithium und Titan weisen als *niedrig* einzustufende Rohstoff-WGI zwischen 0,568 (Titan) und 1,230 (Tellur) auf, Antimon (-0,546), Seltene Erden (-0,575) und Kobalt (-1,014) als *hoch* zu bewertende. Insgesamt 12 der 28 betrachteten Metalle liegen im negativen Rohstoff-WGI-Wertebereich.

Tabelle 5.2.10: Ergebnistableau Rohstoff-WGI

Rohstoff	Rohstoff-WGI	Bewertung	
		Kategorie	Bewertungspunkte
Tellur	1,230	niedrig	1
Lithium	1,117	niedrig	1
Titan	0,568	niedrig	1
Kupfer	0,440	mittel	2
Molybdän	0,284	mittel	2
Eisen	0,166	mittel	2
Tantal	0,166	mittel	2
Cadmium	0,163	mittel	2
Zink	0,132	mittel	2
Rhodium	0,124	mittel	2
Silber	0,107	mittel	2
Platin	0,100	mittel	2
Aluminium	0,093	mittel	2
Nickel	0,085	mittel	2
Mangan	0,075	mittel	2
Gold	0,064	mittel	2
Blei	-0,005	mittel	2
Palladium	-0,046	mittel	2
Chrom	-0,059	mittel	2
Vanadium	-0,316	mittel	2
Gallium	-0,380	mittel	2
Bismut	-0,409	mittel	2
Zinn	-0,446	mittel	2
Germanium	-0,454	mittel	2
Wolfram	-0,479	mittel	2
Antimon	-0,546	hoch	3
Seltene Erden	-0,575	hoch	3
Kobalt	-1,014	hoch	3

Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit

Das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit wird unter Zuhilfenahme der *World Governance Indicators* (WGI) als Rohstoff-WGI in Kombination mit dem zum Rohstoff-HHI modifizierten Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI) ausgedrückt. Rohstoff-WGI und Rohstoff-HHI stehen dabei stellvertretend für die markt- und gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen und

dadurch bedingte Verfügbarkeitsrisiken, denen die Rohstoffförderung und der -handel unterliegen.

Ökonomisch weniger nachhaltig sind vor diesem Hintergrund diejenigen Rohstoffe, die in Ländern / Staaten mit nachteiliger Regierungsführungsqualität, beurteilt nach Kriterien der Vereinten Nationen, gefördert werden. Nachdrücklich verstärkt wird das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit durch monopolähnliche Strukturen im Produzentenmarkt. Stellt ein Förderland mindestens 50 Prozent der am Markt gehandelten Rohstoffmengen zur Verfügung, bzw. liegt der Rohstoff-HHI über einem Wert von 2.500, gilt er gemäß HHI-Definition als stark konzentriert und somit sowohl im preis- als auch im handelspolitischen Sinne als risikoreich.

Die Klassifizierung des Ökonomischen Nachhaltigkeitsdefizites aus Rohstoff-WGI und Rohstoff-HHI erfolgt, wie nachstehend auch für das Ökologische und das Gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdefizit (vgl. Kap 5.3 und 5.4), anhand einer 3x3-Matrix, die sich aus der Korrelation zweier Ampelbewertungen (niedrig (1) / mittel (2) / hoch (3)) ableitet. Wegen der Gleichgewichtung der beiden Bewertungskriterien *Rohstoff-WGI* und *Rohstoff-HHI* ergibt sich aus dem 9-Feld-Schema eine sechsstufige Bewertungsmatrix mit den Bewertungskombinationen niedrig / niedrig, niedrig / mittel (= mittel / niedrig), niedrig / hoch (=hoch / niedrig), mittel / mittel, mittel / hoch (=hoch / mittel) und hoch / hoch. Aus der der Ampelsystematik zugrunde gelegten Bewertungspunkteverteilung i.H.v. 1, 2 und 3 ergibt sich durch Multiplikation ein Bewertungspunktespektrum für das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit von 1, 2, 3, 4, 6 und 9, wobei 1 das niedrigste und 9 das höchste Nachhaltigkeitsdefizit anzeigen (vgl. dazu Abb. 5.2.3).

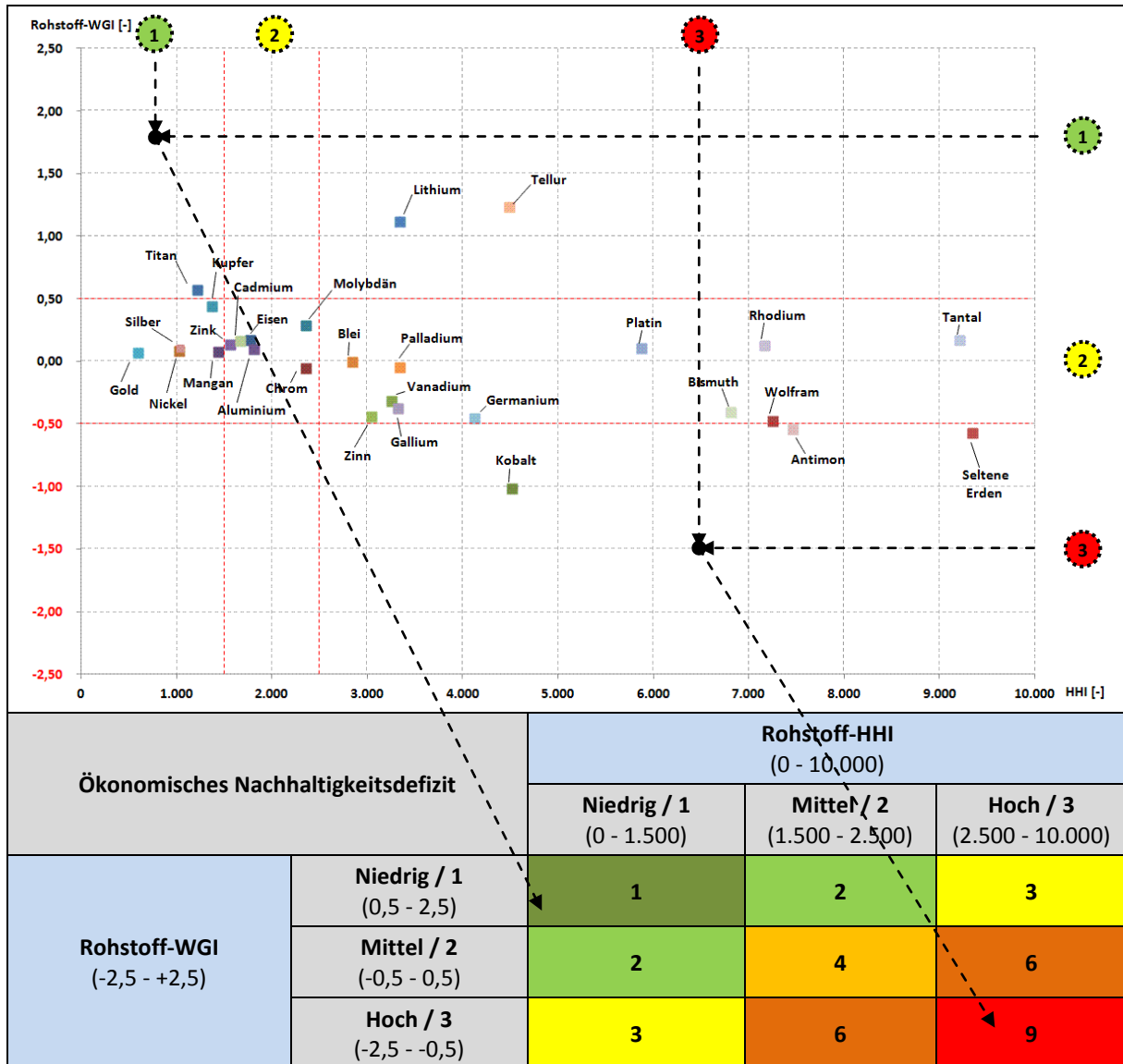


Abb. 5.2.3: 9-Felder-Matrix Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit

Abbildung 5.2.3 zeigt das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit von Metallen als Relation aus Rohstoff-WGI und Rohstoff-HHI. Metalle mit hohem Nachhaltigkeitsdefizit (Bewertungsziffer 9) weisen einen niedrigen, also nachteiligen Rohstoff-WGI von weniger als (-0,5) sowie einen hohen Rohstoff-HHI, d.h. einen stark konzentrierten Rohstoffmarkt im Sinne des Herfindahl-Hirschmann-Index von mehr als 2.500 auf. Aus dem hier berücksichtigten Set von insgesamt 28 Metallen fallen drei in diese Kategorie - Antimon, Kobalt und Seltene Erden. Ebenfalls wenig ökonomisch nachhaltig (Bewertungsziffer 6) sind Bismut, Blei, Gallium, Germanium, Palladium, Platin, Rhodium, Tantal, Vanadium, Wolfram und Zinn einzustufen, wobei alle diese elf Metalle die Kombination aus mittlerem Rohstoff-WGI im Bereich von (-0,5) bis 0,5 und hohem Rohstoff-HHI von mehr als 2.500 aufweisen. Ein mittleres Ökonomische

Nachhaltigkeitsdefizit (Bewertungsziffern 3 und 4) ist bei Lithium, Tellur, Aluminium, Cadmium, Chrom, Eisen, Molybdän und Zink zu verzeichnen. Als Metalle mit geringem Nachhaltigkeitsdefizit (Bewertungsziffern 1 und 2) stellen sich auf Grundlage der hier angewendeten Bewertungssystematik Titan, Gold, Kupfer, Mangan, Nickel und Silber heraus.

Tabelle 5.2.11: Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit metallischer Rohstoffe

Rohstoff	Rohstoff-HHI	Rohstoff-WGI	Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit
Titan	1.214	0,568	1
Gold	598	0,064	2
Kupfer	1.373	0,440	2
Mangan	1.439	0,075	2
Nickel	1.027	0,085	2
Silber	1.033	0,107	2
Lithium	3.340	1,117	3
Tellur	4.488	1,230	3
Aluminium	1.815	0,093	4
Cadmium	1.668	0,163	4
Chrom	2.360	-0,059	4
Eisen	1.768	0,166	4
Molybdän	2.356	0,284	4
Zink	1.562	0,132	4
Bismut	6.811	-0,409	6
Blei	2.840	-0,005	6
Gallium	3.326	-0,380	6
Germanium	4.128	-0,454	6
Palladium	3.339	-0,046	6
Platin	5.877	0,100	6
Rhodium	7.162	0,124	6
Tantal	9.209	0,166	6
Vanadium	3.252	-0,316	6
Wolfram	7.247	-0,479	6
Zinn	3.049	-0,446	6
Antimon	7.458	-0,546	9
Kobalt	4.517	-1,014	9
Seltene Erden	9.347	-0,575	9

5.3 Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit

Die Exploration und Verarbeitung von Rohstoffen ist mit z.T. erheblichen Einwirkungen auf die Umwelt verbunden. Neben sichtbaren Einwirkungen wie beispielsweise die Flächeninanspruchnahme für Tagebaue oder die Schaffung der notwendigen Infrastruktur wie Gebäude, Straßen und Abraumhalden sind auch messbare Umwelteinflüsse wie z.B. Emissionen in Luft, Wasser und Boden direkt mit der Rohstoffgewinnung verbunden. Vor dem Hintergrund der Versorgung mit Rohstoffen im Allgemeinen und metallischen Rohstoffen im Speziellen steht das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit stellvertretend für das Ausmaß der Umweltinanspruchnahme resp. der Umweltbelastung bei der Rohstoffförderung.

Ein hoher Detaillierungsgrad bezüglich der Gesamtheit von Umwelteinwirkungen bei der Ausbeutung spezifischer Rohstoffe ist nur mit Expertenwissen zu jedem einzelnen Gewinnungsstandort zu erreichen, was i.d.R. tief gehende Einblicke in die Geschäftstätigkeit von Unternehmen erfordert und bereits aus diesem Grund mit großen bis unüberwindbaren Schwierigkeiten verbunden ist. Vereinfachend wird daher vorgeschlagen die ökologischen Rahmenbedingungen resp. den Zustand der Umwelt und den Umgang mit ökologischen Ressourcen in den Gewinnungsländern als Grundlage zur relativen Beurteilung ökologischer Auswirkungen der Rohstoffgewinnung heranzuziehen.

Als Indikator für den Umweltzustand einzelner Staaten wird der Environmental Performance Index, EPI, herangezogen, den länderspezifischen Umgang mit ökologischen Ressourcen bildet der Ecological Footprint ab. Beide Maßzahlen werden auf internationaler Ebene unter Nutzung einer Vielzahl von Datensätzen und Einzelinformationen internationaler Organisationen und Einrichtungen generiert und regelmäßig aktualisiert. Umgewandelt in Rohstoff-EPI und Rohstoff-Footprint repräsentieren sie die virtuelle Umweltzustandsqualität der die Rohstoffgewinnung einerseits unterliegt und die sie auf der anderen Seite ihrerseits beeinflusst. In Relation zueinander ergeben Rohstoff-EPI und Rohstoff-Footprint ein bewertbares Maß für das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit von Rohstoffen, die am Beispiel von metallischen Rohstoffen nachfolgend dokumentiert ist.

EPI - Environmental Performance Index

Der nutzwertbasierte *Environmental Performance Index* (EPI) wird seit 2006 von der Yale Universität in Zusammenarbeit mit dem Weltwirtschaftsforum (World Economic Forum, WEF) und der Gemeinsamen Forschungsstelle (Joint Research Centre, JRC), einer Generaldirektion der Europäischen Kommission, mit dem Ziel entwickelt, den Zustand der Umwelt (*Environmental Health*) und die Vitalität von Ökosystemen (*Ecosystem Vitality*) in Staaten zu quantifizieren und mittels einer aggregierten Kennzahl untereinander vergleichbar zu machen. Der EPI wird zweijährlich erhoben, wobei jeweils auf die aktuellsten Datensätze zurückgegriffen und die Anzahl von Indikatoren und deren Wichtung dabei ständig verändert bzw. weiterentwickelt wird.

Der EPI (2012) basiert auf insgesamt 22 Indikatoren, gegliedert in die Kategorien Umweltzustand, Luft, Wasser (bei Luft und Wasser jeweils bezogen auf Gesundheitseffekte sowie ökosystemare Wirkungen), Biodiversität und Habitat, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Klimawandel und Energie (vgl. Tab. 5.3.1).

Tabelle 5.3.1: Bereiche, Kategorien und Indikatoren des EPI (2012) [Emerson et al., 2012]

EPI (2012)	Bereich / Σ Wichtung [%]		Kategorie / Σ Wichtung [%]		Indikatoren / Wichtung [%]			
Environmental Performance Index	Environmental Health	30	Environmental Health	15,00	Child Mortality	15,00		
			Air (Effects on Human Health)	7,50	Particulate Matter	3,75		
					Indoor Air Pollution	3,75		
			Water (Effects on Human Health)	7,50	Access to Sanitation	3,75		
					Access to Drinking Water	3,75		
			Ecosystem Vitality	70	Air (Ecosystem Effects)	8,75	SO ₂ per Capita	4,38
	SO ₂ per \$ GDP	4,38						
	Water Resources (Ecosystem Effects)	8,75			Change in Water Quantity		8,75	
					Critical Habitat Protection	4,38		
					Biome Protection	8,75		
	Biodiversity & Habitat	17,50			Marine Protected Areas		4,38	
					Agriculture	5,83	Agricultural Subsidies	3,89
							Pesticide Regulation	1,94
	Forests	5,83			Forest Growing Stock	1,94		
					Change in Forest Cover	1,94		
					Forest Loss	1,94		
	Fisheries	5,83			Coastal Shelf Fishing Pressure	2,92		
					Fish Stocks Overexploited	2,92		
	Climate Change & Energy	17,50			CO ₂ per Capita	6,13		
			CO ₂ per \$ GDB	6,13				
			CO ₂ per KWh	2,63				
			Renewable Electricity	2,63				

Jeder Indikator basiert auf einer spezifischen Datenquelle resp. Publikation, die periodisch ausgewertet wird, darunter Veröffentlichungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), des Kinderhilfswerks (UNICEF) und des Umweltprogramms (UNEP) der Vereinten Nationen, der Internationalen Energieagentur (IEA) oder der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, OECD. Die Zuordnung der Quellen zu Indikatoren sowie deren Zielwerte (*Distance-to-Target-Ansatz*) sind in Anlage 3 beigefügt.

Tabelle 5.3.1 dokumentiert, dass die Bereiche *Environmental Health* mit 30 % und *Ecosystem Vitality* mit 70 % Wichtung in die Gesamtbewertung des EPI einfließen, wobei sich der Bereich *Environmental Health* aus drei Kategorien mit Anteilen zwischen 7,50 % und 15,00 % sowie fünf Indikatoren mit Anteilen von 3,75 % bis 15,00 % und der Bereich *Ecosystem Vitality* aus sieben Kategorien mit Anteilen zwischen 5,83 % bis zu 17,50 % und 17 Indikatoren mit Wichtungen von minimal 1,94 % bis maximal 15,00 % zusammensetzt. Der am höchsten bewertete Einzelindikator ist die Kindersterblichkeit (*Child Mortality*) im Bereich *Environmental Health*. Die höchsten Kategorie-Bewertungsgewichte entfallen mit je 17,50 % auf Biodiversität und Habitat (*Biodiversity & Habitat*) sowie Klimawandel und Energie (*Climate Change & Energy*). Nachfolgend wird zur besseren Verständlichkeit die Ermittlung bzw. Berechnung des EPI für Deutschland (2012) in Teilen beispielhaft aufgezeigt.

EPI (2012) für Deutschland

Die Kindersterblichkeit (*Child Mortality*) von Kindern im Alter von eins bis vier wird als Indikator für den Umweltzustand (*Environmental Health*, Kategorie) herangezogen. Daneben finden die Feinstaubkonzentration (*Particulate Matter*) und die Innenraumluftqualität (*Indoor Air Pollution*) als Indikatoren für *Luft* sowie der Zugang zu sanitären Einrichtungen resp. der Anschluss an ein Abwassersystem (*Access to Sanitation*) und der Zugang zu sauberem Trinkwasser (*Access to Drinking Water*) als Indikatoren für *Wasser* jeweils unter dem Gesichtspunkt der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (*Effects on Human Health*) Berücksichtigung. Die Kindersterblichkeit wird von den Autoren des EPI als geeignet für den Zustand der Umwelt im Allgemeinen bzw. unter dem Aspekt des direkten Einflusses des Wohnumfeldes / der umgebenden Umwelt auf die menschliche Gesundheit angesehen, weil das Immunsystem von Kindern noch nicht vollständig entwickelt ist, und Kinder somit anfäll-

liger auf direkte Umwelteinflüsse reagieren als Erwachsene. Demnach sind Kinderkrankheiten bzw. Krankheiten im Kindesalter (*Childhood Diseases*) wie Malaria, Cholera, Tuberkulose, Erkrankungen der Atemwege, Durchfall- und parasitäre Erkrankungen, Hautkrankheiten und Krebs direkt mit dem Umweltzustand (*Environmental Conditions*) in Verbindung zu bringen (UNDP, 2005).

Die Bewertung der Indikatoren zur Berechnung des EPI basiert auf dem *Distance-to-Target-Ansatz*. Dazu wird in einem ersten Schritt ein Indikator-Soll- / resp. -Zielwert (Target) vorgegeben, dessen Erfüllung mit der höchsten zu erreichenden Bewertungsziffer verknüpft wird; häufig wird hierbei der "prozentuale Erfüllungsgrad" (Zielerfüllung = 100 %) zu Grunde gelegt. Bezüglich der Kindersterblichkeit wird ein Zielwert von 0,7 ‰ angesetzt. Dieser Wert basiert bezüglich der "natürlichen Kindersterblichkeit" (*natural background rates of child mortality not necessarily the result of environmental factors*) auf Expertenmeinungen und repräsentiert darüber hinaus das 5-Perzentil der für den EPI herangezogenen Daten zwischen 2000 und 2010 (Emerson et al., 2012).

Daneben berücksichtigt die allgemeine Berechnungsroutine für die Bewertungsziffer der jeweiligen Indikatorwerte den sog. *Low Performance Benchmark*, den höchsten (= schlechtesten) beobachteten Indikatorwert innerhalb des betrachteten Zeitraumes. Für die Kindersterblichkeit liegt dieser Wert bei 0,113 (113 ‰).

Die allgemeine Berechnungsroutine für die EPI-Teilwerte lautet:

Gleichung zur Berechnung der EPI-Teilwerte

$$EPI_n = \frac{[(Low\ Performance\ Benchmark - Target) - (Indicator - Target)] \cdot 100}{(Low\ Performance\ Benchmark - Target)}$$

Für den Kindersterblichkeits-Teilwert besteht die zusätzliche Vorgabe die Summanden vor der Verrechnung zu logarithmieren (Natürlicher Logarithmus), so dass sich die Berechnungsroutine und der Wert wie folgt ergeben:

Gleichung zur Berechnung der EPI-Teilwerte

$$EPI_{Child\ Mortality} = \frac{[(\ln(Low\ Performance\ Benchmark) - \ln(Target)) - ((\ln(Indicator) - \ln(Target)))] \cdot 100}{(\ln(Low\ Performance\ Benchmark) - \ln(Target))}$$

$$EPI_{Child\ Mortality} = \frac{[(\ln(0,113) - \ln(0,0007)) - ((\ln(0,0008) - \ln(0,0007)))] \cdot 100}{(\ln(0,113) - \ln(0,0007))}$$

$$EPI_{Child\ Mortality} = \frac{[(\ln(0,113) - \ln(0,0007)) - (\ln(0,0008) - \ln(0,0007))] \cdot 100}{(\ln(0,113) - \ln(0,0007))} = 97,37$$

Der hier berechnete Wert i.H.v. 97,37 weicht geringfügig vom publizierten Wert i.H.v. 97,99 ab, was auf gerundete Indikatorwertangaben zurückgeführt wird. Alle weiteren Indikatorwerte werden unter Berücksichtigung der indikatorwertspezifischen Berechnungsvorschrift analog berechnet. Tabelle 5.3.2 dokumentiert das Datentableau für den EPI für Deutschland für das Jahr 2012. Der Wert für die Kindersterblichkeit berechnet sich in Verbindung mit den Wichtungsangaben aus Tabelle 5.3.2 (hier: 15 %) zu $0,15 \cdot 97,99 = 14,70$.

Tabelle 5.3.2: EPI für Deutschland, 2012 [EPI, 2013]

EPI Deutschland (2012)	Bereich / Wert		Kategorie / Wert		Indikatoren / Wert			
Environmental Performance Index 66,91	Environmental Health	29,70	Environmental Health	14,70	Child Mortality	14,70		
			Air (Effects on Human Health)	7,50	Particulate Matter	3,75		
			Water (Effects on Human Health)	7,50	Indoor Air Pollution	3,75		
	Ecosystem Vitality	37,22	Air (Ecosystem Effects)	5,16	Access to Sanitation	3,75		
			Water Resources (Ecosystem Effects)	2,78	Access to Drinking Water	3,75		
			Biodiversity & Habitat	17,51	SO ₂ per Capita	1,97	SO ₂ per \$ GDP	3,18
					Agriculture	2,73	Change in Water Quantity	2,78
							Critical Habitat Protection	4,38
			Forests	3,24	Biome Protection	8,75		
					Fisheries	0,54	Marine Protected Areas	4,38
							Agricultural Subsidies	1,14
			Climate Change & Energy	5,26	Pesticide Regulation	1,59		
					Forest Growing Stock	0,00		
					Change in Forest Cover	1,94		
					Forest Loss	1,30		
					Coastal Shelf Fishing Pressure	0,13		
					Fish Stocks Overexploited	0,41		
		CO ₂ per Capita	1,69					
		CO ₂ per \$ GDB	2,87					
		CO ₂ per kWh	0,27					
		Renewable Electricity	0,42					

Nach Tabelle 5.3.2 beträgt der EPI für Deutschland (2012) insgesamt 66,91. Damit belegt Deutschland im internationalen Vergleich von 232 Staaten Platz 11. Tabelle 5.3.3 dokumentiert den Environmental Performance Index (2012) für beispielhaft ausgewählte Staaten.

Tabelle 5.3.3: EPI, 2012 für ausgewählte Staaten [EPI, 2013]

Staat	EPI	Platz
Schweiz	76,69	1
Lettland	70,37	2
Norwegen	69,92	3
...
Deutschland	66,91	11
Slowakei	66,62	12
Island	66,28	13
...
Australien	56,61	48
USA	56,59	49
Kuba	56,48	50
...
Bangladesch	42,55	115
China	42,24	116

Rohstoff-EPI für Seltene Erden

Unter anteiligem Ansatz des EPI für die Produzenten- bzw. Förderländer von mineralischen Rohstoffen lässt sich der ursprünglich länderbezogene EPI in einen rohstoffbezogenen EPI, den Rohstoff-EPI, transformieren. Dazu wird - analog zu den Rohstoff-WGI - der rohstoffbezogene Gewinnungsmengen-Marktanteil mit dem EPI eines Förderlandes multipliziert und die Produkte über alle Produzentenländer aufsummiert.

Formel zur Berechnung des Rohstoff-EPI

$$\text{Rohstoff - EPI} = \sum \text{Marktanteil} \cdot \text{EPI}$$

Tabelle 5.3.4 dokumentiert beispielhaft den Rohstoff-EPI für Seltene Erden, basierend auf dem EPI für 2012 sowie den Weltbergbaudaten von 2011 für mineralische Rohstoffe, veröffentlicht durch das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (bmwfj) in Wien, Österreich.

Tabelle 5.3.4: Rohstoff-EPI von Seltenen Erden

Förderland	Fördermenge (2011) [t]	Marktanteil (2011) [%]	EPI (2012) [-]	Rohstoff-EPI [-]
China	96.900	96,65	42,24	40,82
Russland	2.500	2,49	45,43	1,13
Malaysia	571	0,57	62,51	0,36
Brasilien	290	0,29	60,90	0,18
Gesamt	100.261	100,00	-	42,49

Tabelle 5.3.4 zeigt einen Rohstoff-EPI für Seltene Erden i.H.v. 42,49, berechnet aus einer Gesamtfördermenge von 100.261 t (2011) und 4 Förderländern mit Fördermengen zwischen 290 t (Brasilien) und 96.900 t (China).

Bewertung des Rohstoff-EPI

Vergleichbar zu Rohstoff-WGI und -HHI wird der Rohstoff-EPI den Kategorien einer dreistufigen Ampelsystematik zugeordnet. Einen niedrigen, vorteilhaften Rohstoff-EPI mit einer Bewertungszahl von 1 weisen metallische Rohstoffe mit einer Punktzahl zwischen 49,54 und 100 auf. Mittlere Rohstoff-EPI repräsentieren Werte zwischen 43,34 und 49,54 (Bewertungszahl 2), als hoch i.S. eines nachteiligen Wertes werden metallische Rohstoffe mit einem Punkteergebnis von weniger als 43,34 bei einer Skala von 0 bis 100 (Bewertungspunktzahl 3) eingeschätzt (vgl. dazu Tabelle 5.3.5). Die Bewertungskategoriegrenzen zwischen niedrig und mittel bzw. mittel und hoch leiten sich aus dem 70. (Übergang niedrig / mittel) bzw. 30. (Übergang mittel / hoch) Perzentil der Grundgesamtheit aller hier berücksichtigten Rohstoffförderländern mit EPI-Bewertung bestehend aus insgesamt 131 Nationen ab.

Tabelle 5.3.5: Bewertungstableau Rohstoff-EPI

Rohstoff-EPI		
49,54 - 100	43,34 - 49,54	0 - 43,34
niedrig / 1	mittel / 2	hoch / 3
Bewertungskategorie / Bewertungspunkte		

Angewendet auf die hier betrachteten metallischen Rohstoffe ergibt sich das in Tabelle 5.3.6 dokumentierte Ergebnistableau bestehend aus Rohstoff-EPI und der sich daraus ergebenden Einstufung in die vorgenannte Systematik.

Tabelle 5.3.6: Ergebnistableau Rohstoff-EPI

Rohstoff	Rohstoff-EPI	Bewertung	
		Kategorie	Bewertungspunkte
Tantal	60,40	niedrig	1
Tellur	59,52	niedrig	1
Lithium	55,39	niedrig	1
Kupfer	51,35	niedrig	1
Silber	50,26	niedrig	1
Nickel	49,66	niedrig	1
Molybdän	49,62	niedrig	1
Cadmium	49,51	mittel	2
Eisen	49,10	mittel	2
Zink	48,22	mittel	2
Kobalt	48,02	mittel	2
Aluminium	48,02	mittel	2
Titan	47,05	mittel	2
Zinn	47,00	mittel	2
Blei	46,86	mittel	2
Mangan	45,97	mittel	2
Gold	45,68	mittel	2
Germanium	44,96	mittel	2
Bismut	44,40	mittel	2
Palladium	43,38	mittel	2
Wolfram	43,37	mittel	2
Gallium	43,26	hoch	3
Antimon	42,61	hoch	3
Seltene Erden	42,49	hoch	3
Vanadium	40,39	hoch	3
Platin	38,46	hoch	3
Chrom	38,35	hoch	3
Rhodium	36,90	hoch	3

Tabelle 5.3.6 verdeutlicht, dass sieben der 28 betrachteten metallischen Rohstoffe niedrige Rohstoff-EPI-Bewertungen aufweisen; Tantal, Tellur, Lithium, Kupfer, Silber, Nickel und Molybdän fallen in diese Kategorie. Alle anderen betrachteten metallischen Rohstoffe verzeichnen weniger vorteilhafte Rohstoff-EPI-Bewertungen.

Ecological Footprint

Der Ökologische Fußabdruck (*Ecological Footprint*) ist eine flächenbezogene Maßzahl, die den jährlichen Verbrauch (*Consumption*) an ökologischen Ressourcen resp. die dazu benötigte Landfläche der Erde vor dem Hintergrund der zur Verfügung stehenden Fläche inkl. der Meeresfläche und deren Biologischer Kapazität (Biokapazität, *Biocapacity*) quantifiziert. Dazu werden nicht nur die Rohstoffgewinnung, -bereitstellung und -verarbeitung zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse in Form von Lebensmitteln, Produkten und Dienstleistungen sondern auch die Entsorgung, d.h. Recycling oder Beseitigung, berücksichtigt. Das Verhältnis von zur Verfügung stehender Fläche resp. deren Biokapazität i.S. der Produktivität und Erneuerungsfähigkeit der natürlichen Ressourcen (*Ecological Budget*) sowie des Konsums (*Ecological Footprint of Consumption*) zeigt bei einem Verhältnis von Biokapazität / Konsum < 1 ein ökologisches Defizit (*Ecological Overshoot*) und bei einem Verhältnis > 1 eine ökologische Reserve (*Ecological Reserve*) an. Aus Gründen der Anschaulichkeit wird auch der Kehrwert verwendet, so verbraucht die Menschheit derzeit pro Jahr Ökosystem-Ressourcen (*Ecosystem Products and Services*) etwa in der Größenordnung des 1,5-fachen der Leistungsfähigkeit der Ökosysteme der Erde¹, was sich z.B. in Problemen, wie der Überfischung der Meere, der nicht nachhaltigen Bewirtschaftung von Wäldern, den steigenden CO₂-Emissionen oder den weltweit anwachsenden Abfallmengen zeigt.

Seit 2003 wird das Konzept des Ökologischen Fußabdrucks vom *Global Footprint Network*, einem Zusammenschluss von Wissenschaftlern, Universitäten, NGO's, Unternehmen, Kommunen und Staaten weiterentwickelt. Die Grundlage für die Berechnung des ökologischen Fußabdrucks für mehr als 200 Staaten sind u.a. Datenbanken der Welternährungsorganisation FAO, der Internationalen Energiebehörde IEA und des Weltklimarates IPCC. Ausgewertet werden beispielsweise Daten zum weltweiten Landgebrauch, Lebensmittelproduktion, Wald- und Fischbestand, Energieverbrauch und Handel.

Für die Berechnung des Ökologischen Fußabdrucks wird die zur Verfügung stehende Land- und Meeresfläche in sechs Kategorien unterschieden, im Einzelnen

¹ Konsum / Biokapazität = 1,5 \triangleq Biokapazität / Konsum = 0,67 \triangleq Ökologisches Defizit (*Ecological Overshoot*)

- Ackerfläche (*Cropland*),
- Weidefläche (*Grazing land*),
- Fischfanggebiet (*Fishing ground*), (*auch: Wasserflächen*)
- Forstgebiet (*Forest land*),
- Bebautes Gebiet (*Built-up land*) sowie
- CO₂-Neutralisationsfläche (*Uptake land to accommodate the Carbon Footprint*),

wobei jedem Flächentyp mit Ausnahme der CO₂-Neutralisationsfläche und dem bebauten Gebiet ein Flächen-Äquivalenzfaktor zugewiesen wird, um die jeweils unterschiedliche ökologische Leistungsfähigkeit angemessen zu berücksichtigen und sie mit einem einheitlichen Maß, dem sog. *Globalen Hektar (Global Hectare, gha)*, zusammenfassen zu können. Die CO₂-Neutralisationsfläche wird mit der Leistungsfähigkeit der Forstgebiete verrechnet resp. in Abzug gebracht, das bebaute Gebiet verringert in diesem Modell die zur Verfügung stehende Ackerfläche. Darüber hinaus wird die ortsabhängig variierende ökologische Leistungsfähigkeit eines spezifischen Flächentyps mit Leistungsfaktoren (*Yield Factors*) versehen, um lokale Unterschiede zu erfassen. Wird der Konsum ökologischer Ressourcen ebenfalls in Globalen Hektar gemessen resp. kalkuliert, ist der Rückschluss auf ein Ökologisches Defizit bzw. eine Ökologische Reserve wie oben beschrieben möglich. Über den für die Berechnung berücksichtigten Flächenumfang kann der ökologische Fußabdruck sowohl für kleinräumige Gebiete oder einzelne Staaten als auch für die ganze Welt ausgedrückt werden.

Tabelle 5.3.7 verdeutlicht die grundlegende (Bottom-up-) Struktur zur Berechnung des Ecological Footprints sowie der Biokapazität, die insgesamt fünf Aggregationsebenen (*Level 1 bis 5*) umfasst.

Tabelle 5.3.7: Bottom-up-Struktur / Aggregationsebenen zur Ermittlung des Ecological Footprint [Eigene Darstellung nach GFN, 2008]

Aggregationsebenen / Berechnungsgrundlagen	Erläuterung / Anmerkung / Berechnungsroutine
Level 1 "Auswertungsebene"	Summary (Zusammenfassung) "Level 1 combines the calculated Ecological footprint and biocapacity of each major land use type."
Level 2 "Summenebene"	Summarize (Summenbildung) Level 2 summarizes the Footprints of consumption (production, imports, exports) and biocapacity of each major land use types. <i>Formel Footprint of consumption:</i> $EF_C = EF_P + EF_I - EF_E$, mit EF _C = Footprint of consumption associated with product or waste EF _P = Footprint of production associated with product or waste EF _I = Footprint of imports associated with product or waste EF _E = Footprint of exports associated with product or waste <i>Formel Biocapacity:</i> $BC = A \cdot YF \cdot EQF$, mit BC = Biocapacity of a given land type [gha] A = Area of a given land type within a country [nha] YF = Yield factor of a given land type within a country [wha/nha] EQF = Equivalence factor for given land type [gha/wha]
Level 3 "Konvertierungsebene"	Conversion (Konvertierung) Level 3 converts tonnes of product into the number of global hectares necessary to provide that product. <i>Formel Footprint of production / waste:</i> $EF = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF$, mit EF = Ecological Footprint associated with product or waste [gha] P = Amount of product extracted or waste generated [t/year] Y _N = National-average yield for product extraction or waste absorption [t/(nha·year)] YF = Yield factor of a given land type within a country [wha/nha] EQF = Equivalence factor for given land type [gha/wha]
Level 4 "Zwischenberechnungsebene"	Intermediate calculations (Zwischenberechnungen) "Level 4 contains any intermediate calculations necessary between the raw data and the calculation of the footprint, many yield calculations, which often involve using extraction rates to convert from daughter to parent product quantities."
Level 5 "Rohdatenebene"	Raw data (Rohdaten) "Level 5 contains the raw data that all higher levels use in calculation, typically data on production, imports, exports in the units of the product, sometimes with additional information on the area required to produce those goods."
Constants Konstanten und Umrechnungsfaktoren	Equivalence factors (Äquivalenzfaktoren) "Equivalence factors reflect the relative productivity of world average hectares of different land types. Equivalence factors are the same for all countries, and change slightly from year to year." Yield factors (Leistungsfähigkeitsfaktoren) "Yield factors reflect the relative productivity of national and world average hectares of a given land use type. Each country, in each year, has a yield factor for each land type." Constants E.g. carbon stored per hectare, carbon absorbed by the ocean, carbon intensity of fuels, etc. Country / world populations

Ausgehend von einer umfangreichen Datenbank, die Äquivalenz- und Leistungsfähigkeits- resp. Produktivitätsfaktoren für jeden der sechs Land- und Meerestypen in mehr als 200 Staaten sowie Konstanten, z.B. für die CO₂-Speicherkapazität von Landflächen und Meeren, und Bevölkerungszahlen, enthält, wird die Berechnung des Ecological Footprint mittels eines Bottom-up-Ansatzes über die fünf aufgeführten Aggregationsebenen (Level 1 bis 5, vgl. Tab. 5.3.7) durchgeführt. Ebene 5 enthält die Rohdaten, z.B. zu Produktions-, Import- und Exportmengen, auf die die Ebenen 3 (Konvertierungsebene) und 4 (Zwischenberechnungsebene) zurückgreifen, um den ökologischen Fußabdruck und die Biokapazität für die einzelnen Land- und Meerestypen zu ermitteln. Ebene 1 und 2 sind reine Summierungs- und Auswertungsebenen, die die zuvor berechneten Teilergebnisse zusammenzufassen. Zur Verdeutlichung der Systematik wird nachfolgend die Berechnung des Ecological Footprint für Deutschland im Jahr 2007 nachvollzogen, wobei einschränkend anzumerken ist, dass nicht alle Informationen und Berechnungsalgorithmen dieses komplexen Ansatzes öffentlich zugänglich sind, so dass sich die Dokumentation auf bereits aggregierte Werte beschränkt.

Ecological Footprint für Deutschland (2007)

Neben Angaben der zur Verfügung stehenden Fläche in den jeweiligen Flächenkategorien und der Bevölkerungszahl bilden die Äquivalenz- und Leistungsfähigkeitsfaktoren (*Equivalence and Yield factors*) die Grundlage für die Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks bzw. der Biokapazität. Tabelle 5.3.8 dokumentiert sowohl die weltweit anzusetzenden Äquivalenzfaktoren für die Flächentypen mit Ausnahme der CO₂-Neutralisationsfläche sowie die nationalspezifischen Leistungsfähigkeitsfaktoren (mit Ausnahme des bebauten Gebietes sowie der CO₂-Neutralisationsfläche), die auf Grundlage von Erntemengenstatistiken der FAO ermittelt werden, in Relation zum weltweiten Durchschnitt, der per Konvention zu Eins gesetzt wird (Bewertungsmaßstab).

Tabelle 5.3.8: Äquivalenz- und Leistungsfähigkeitsfaktoren sowie Flächengrößen für Deutschland, 2007 [Eigene Darstellung nach: GFN, 2010]

Flächentyp	Äquivalenzfaktor (EQF) [gha/wha]	Leistungsfähigkeitsfaktor (YF) [wha/nha]	Flächengröße (A) ² [10 ⁶ nha]
Ackerfläche	2,51	2,20	13,71
Weidefläche	0,46	2,20	7,30
Wasserfläche	0,37	3,00	5,59
Forstgebiet	1,26	4,10	10,34
Bebautes Gebiet	2,51		6,27
Gesamtflächengröße (Deutschland, 2007)			43,21
<i>mit gha = Global hectare, wha = World average hectare, nha = National average hectare</i>			

Unter Ansatz der Gleichung für die Berechnung der Biokapazität ($BC = A \cdot YF \cdot EQF$, vgl. Tab. 5.3.7) werden die in Tabelle 5.3.9 dokumentierten Werte für die einzelnen Flächentypen berechnet.

Tabelle 5.3.9: Biokapazität für Deutschland, 2007 [Eigene Darstellung nach GFN, 2010]

Flächentyp	Berechnung	Biokapazität (BC) [10 ⁶ gha]
Ackerfläche	$BC_{Ackerfläche} = 13,71 \cdot 2,20 \cdot 2,51$	75,73
Weidefläche	$BC_{Weidefläche} = 7,30 \cdot 2,20 \cdot 0,46$	7,39
Wasserfläche	$BC_{Wasserflächen} = 5,59 \cdot 3,00 \cdot 0,37$	6,20
Forstgebiet	$BC_{Forstgebiet} = 10,34 \cdot 4,10 \cdot 1,26$	53,43
Bebautes Gebiet	$BC_{Bebautes Gebiet} = 6,27 \cdot 2,51$	15,73
Summe Biokapazität (Deutschland, 2007)		158,48

Nach Tabelle 5.3.9 beträgt die Biokapazität des Staatsgebietes von Deutschland, unterteilt in die Flächentypen Ackerfläche, Weidefläche, Wasserfläche, Forstgebiet und bebautes Gebiet 158,48 gha, wobei die Ackerflächen und Forstgebiete mit 75,73 gha bzw. 53,43 gha, zusammen 129,16 gha resp. 81,5 %, erwartungsgemäß den Hauptanteil der Gesamtbiokapazität in Deutschland zur Verfügung stellen.

² Die Flächengrößen wurden durch Rückrechnung über die Biokapazität aus [GFN, 2010] ermittelt, da die angesetzten Flächengrößen nicht veröffentlicht wurden; s. dazu auch nachfolgenden Kasten.

Der Biokapazität gegenüber steht der konsumbedingte Ökologische Fußabdruck. Er wird gemäß der Gleichung zum *Ecological Footprint of Consumption* in Tabelle 5.3.7 ($EF_C = EF_P + EF_I - EF_E$) im inhaltlich-rechnerischen Zusammenhang „Konsum = Produktion + Import - Export“ für die einzelnen Flächenarten ermittelt. Tabelle 5.3.10 dokumentiert die bereits aggregierten Summenwerte; die zu Grunde liegenden Daten zur Produktion sowie zum Im- und Export sind nicht öffentlich zugänglich.

Verwendete Flächengrößen in [GFN, 2010], [GFN, 2008]

Gemäß Quellenangaben in [GFN, 2008] wurden die Flächengrößen in [GFN, 2010] zur Berechnung des Ökologischen Fußabdrucks und der Biokapazität der CORINE Land Cover Datenbank (Primärquelle für EU-Staaten) entnommen; als Sekundärquelle (und Primärquelle für Nicht-EU-Staaten) wird die Datenbank der FAO zur weltweiten Flächennutzung genannt. Nachfolgend sind die Informationen, ergänzt durch Daten des Statistischen Bundesamtes für Deutschland, 2008, tabellarisch dargestellt.

CORINE Land Cover		FAO stat		DESTATIS	
Bezeichnung	Fläche [10 ⁶ ha]	Bezeichnung	Fläche [10 ⁶ ha]	Bezeichnung	Fläche [10 ⁶ ha]
Cropland	13,71	Agricultural area	16,950	Landwirtschaftsfläche	18,765
Grazing Land	7,30				
Fishing Ground	5,59	Water area (Inland water)	0,843	Wasserfläche	0,848
Forest	10,34	Forest area	11,076	Waldfläche	10,735
Built-up Land	6,27	Other land	6,841	Andere Flächen*	5,363
		Zwischensumme	35,710	Zwischensumme	35,711
		Meeresfläche**	5,65	Meeresfläche**	5,65
Gesamtfläche	43,21	Gesamtfläche	41,360	Gesamtfläche	41,361

* „Andere Flächen“ beinhaltet folgende Flächennutzungsarten: Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche, Erholungsfläche, Verkehrsfläche, Flächen anderer Nutzung gemäß den Flächenkategorien des Statistischen Bundesamtes

** Zu Deutschland gehörige Meeresfläche von Nord- und Ostsee, nach BFN

Die vorstehende Tabelle dokumentiert, dass die Gesamtfläche der CORINE Land Cover Datenbank andere Gesamtflächengrößen liefert als die beiden anderen Statistiken. Den unterschiedlichen Flächenbezeichnungen liegen i.d.R. auch andere Flächennutzungszuordnungen zu Grunde. Die Zahlen aus der CORINE Land Cover Datenbank konnten nicht überprüft werden, da der im Literaturverzeichnis von [GFN, 2008] angegebene Hyperlink nicht mehr funktioniert und zusätzliche Recherchen ebenfalls keine Ergebnisse lieferten. Trotz der Abweichungen ergeben sich aber keine fundamental anderen Flächennutzungsarten; Deutschland ist ein von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen geprägtes Land.

Tabelle 5.3.10 dokumentiert, dass der Ökologische Fußabdruck Deutschlands für 2007 einen Wert i.H.v. 418,47 Mio. Globalen Hektar aufweist; das entspricht etwa 5,1 Globale Hektar pro Einwohner. Unter Ansatz der Biokapazität i.H.v. 158,48 Mio. Globalen Hektar (vgl. Tabelle 5.3.9) ergibt sich ein ökologisches Defizit in einer Größenordnung von 260 Mio. Globalen

Hektar ($158,48 \cdot 10^6 \text{ gha} - 418,47 \cdot 10^6 \text{ gha} = -259,99 \cdot 10^6 \text{ gha}$) resp. 3,16 Globale Hektar pro Einwohner. Anders ausgedrückt verbraucht Deutschland etwa 2,64 mal mehr ökologische Ressourcen als die Ökosysteme zur Verfügung stellen können ($418,47 \cdot 10^6 \text{ gha} / 158,48 \cdot 10^6 \text{ gha} = 2,64$); das ökologische Defizit (*Ecological overshoot*) liegt somit bei 0,38 ($158,48 \cdot 10^6 \text{ gha} / 418,47 \cdot 10^6 \text{ gha} = 0,38$) und damit annäherungsweise doppelt so hoch wie der globale Durchschnitt i.H.v. 0,67 (s. obenstehende Fußnote 1).

Tabelle 5.3.10: Ecological Footprint of Consumption für Deutschland, 2007 [Eigene Darstellung nach: GFN, 2010]

	Footprint of Consumption [10 ⁶ gha]	Footprint of Production [10 ⁶ gha]	Footprint of Imports [10 ⁶ gha]	Footprint of Exports [10 ⁶ gha]
Ackerfläche	102,89	n.a.	n.a.	n.a.
Weidefläche	16,91	n.a.	n.a.	n.a.
Wasserfläche	10,80	n.a.	n.a.	n.a.
Forstgebiet	50,08	n.a.	n.a.	n.a.
Bebautes Gebiet	15,73	n.a.	n.a.	n.a.
CO ₂ -Neutralisationsfläche	222,06	n.a.	n.a.	n.a.
Summe Ökologischer Fußabdruck (Deutschland, 2007)	418,47	388,05* (4,72 gha/E)	326,39* (3,97 gha/E)	295,97* (3,60 gha/E)

* Die veröffentlichten Zahlen in [GFN, 2010] sind in *gha per person* ausgewiesen (Klammerwerte). Per Multiplikation mit der ebenfalls angegebenen Bevölkerungszahl i.H.v. 82,34 Mio. E ergeben sich andere als die hier dargestellten Werte, die nach o.g. Formel zur Berechnung des *Ecological Footprints of Consumption* im Ergebnis nicht deckungsgleich mit der Summe der einzeln ausgewiesenen Flächen-Footprints sind, weswegen die zugrunde liegende Bevölkerungszahl hier zu 82,214 Mio. E gesetzt wurde.

Rohstoff-Footprint für Seltene Erden

Unter anteiligem Ansatz des Ecological Footprint (hier: Ökologisches Defizit / Reserve) für die Produzentenländer von Industriemineralen lässt sich der ursprünglich länderbezogene Ecological Footprint in einen rohstoffbezogenen Footprint, den sog. *Rohstoff-Footprint*, umwandeln. Dazu wird der rohstoffspezifische Gewinnungsmengen-Marktanteil mit dem Ecological Footprint des Förderlandes multipliziert und die Produkte über alle Förderländer aufsummiert (vgl. nachfolgenden Kasten).

Gleichung zur Berechnung des Rohstoff-Footprint

$$\text{Rohstoff - Footprint} = \sum \text{Marktanteil}_{FL} \cdot \text{Ecological Footprint}_{FL}$$

mit FL = Förderland

Tabelle 5.3.11 dokumentiert beispielhaft den Rohstoff-Footprint für Seltene Erden, basierend auf dem Ecological Footprint für 2011 sowie den Weltbergbaudaten von 2011 für Metallische Rohstoffe, veröffentlicht durch das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (bmwfj) in Wien, Österreich.

Tabelle 5.3.11: Rohstoff-Footprint für Seltene Erden

Förderland	Fördermenge (2011) [t]	Marktanteil (2011) [%]	Ecological Footprint (Deficit / Reserve) (2011) [-]	Rohstoff-Footprint [-]
China	96.900	96,65	-1,23	-1,19
Russland	2.500	2,49	1,34	0,03
Malaysia	571	0,57	-2,25	-0,01
Brasilien	290	0,29	6,07	0,02
Gesamt	100.261	100,00	-	-1,15

Tabelle 5.3.11 zeigt einen Rohstoff-Footprint für Seltene Erden i.H.v. -1,15, berechnet aus den Förderanteilen der vier Förderländer zwischen 0,29 % (Brasilien) und 96,65 % (China) sowie Ecological Footprints (hier: Deficit / Reserve) zwischen minimal -2,25 (Malaysia) und maximal 6,07 (Brasilien).

Bewertung des Rohstoff-Footprints

Analog zur Bewertung des Rohstoff-EPI werden die Rohstoff-Footprint-Berechnungsergebnisse einer dreistufigen Ampelsystematik mit den Kategorien *niedrig (1)*, *mittel (2)* und *hoch (3)* zugeordnet. Niedrige, d.h. vorteilhafte Rohstoff-Footprints mit einer Bewertungspunktzahl von 1 repräsentieren Werte größer als 1. Mittlere Rohstoff-Footprints (Bewertungspunktzahl 2) werden durch die Ergebnisspanne von (-1) bis 1 angezeigt. Hohe, also nachteilige Rohstoff-Footprints mit der höchstmöglichen Bewertung i.H.v. 3 ergeben sich durch Werte kleiner (-1) (vgl. Tabelle 5.3.12).

Tabelle 5.3.12: Bewertungstableau Rohstoff-Footprint

Rohstoff-Footprint		
> 1	(-1) - 1	< (-1)
niedrig / 1	mittel / 2	hoch / 3
Bewertungskategorie / Bewertungspunkte		

Die Zuordnung der Rohstoff-Footprints der hier betrachteten Metallischen Rohstoffe zu den vorgenannten Bewertungskategorien dokumentiert die nachfolgende Tabelle 5.3.13.

Tabelle 5.3.13: Ergebnistableau Rohstoff-Footprint

Rohstoff	Rohstoff-Footprint	Bewertung	
		Kategorie	Bewertungspunkte
Tantal	6,05	niedrig	1
Mangan	4,21	niedrig	1
Lithium	3,19	niedrig	1
Eisen	2,34	niedrig	1
Titan	2,28	niedrig	1
Kobalt	2,18	niedrig	1
Nickel	2,02	niedrig	1
Zink	1,52	niedrig	1
Silber	1,39	niedrig	1
Gold	1,03	niedrig	1
Zinn	0,99	mittel	2
Kupfer	0,92	mittel	2
Blei	0,57	mittel	2
Palladium	0,49	mittel	2
Aluminium	-0,09	mittel	2
Chrom	-0,49	mittel	2
Platin	-0,51	mittel	2
Wolfram	-0,53	mittel	2
Antimon	-0,57	mittel	2
Vanadium	-0,58	mittel	2
Rhodium	-0,81	mittel	2
Molybdän	-0,95	mittel	2
Seltene Erden	-1,15	hoch	3
Cadmium	-1,16	hoch	3
Gallium	-1,24	hoch	3
Germanium	-1,25	hoch	3
Bismut	-1,27	hoch	3
Tellur	-3,38	hoch	3

Tabelle 5.3.13 belegt, dass Tantal, Mangan, Lithium, Eisen, Titan, Kobalt, Nickel, Zink, Silber und Gold der Bewertungskategorie *niedrig* / 1 zugeordnet werden können. Den vorteilhaftesten Rohstoff-Footprint der hier betrachteten Metalle weist dabei Tantal (6,05) auf, was auf einen fast 96 %-igen Förderanteil von Brasilien zurückzuführen ist, einem Land mit einem vergleichsweise guten Footprint i.H.v. 6,07 (hier: Ecological Deficit / Reserve). Zinn, Kupfer,

Blei, Palladium, Aluminium, Chrom, Platin, Wolfram, Antimon, Vanadium, Rhodium und Molybdän belegen die *mittlere* Bewertungskategorie, Seltene Erden, Cadmium, Gallium, Germanium, Bismut und Tellur verzeichnen hoch einzustufende Rohstoff-Footprints.

Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit

Das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit von Metallen wird durch den Umweltzustand, ausgedrückt durch den Environmental Performance Index (EPI), und den Umgang mit ökologischen Ressourcen, d.h. den Verbrauch von Biokapazität, repräsentiert durch den Ecological Footprint (hier: Ecological Deficit / Reserve), determiniert. Diese dem Ursprung nach länderbezogenen Indikatorwerte werden durch multiplikative Verknüpfung mit den länderspezifischen Gewinnungsmarktanteilen in rohstoffbezogene Werte umgewandelt und stehen auf diese Weise stellvertretend für das Ausmaß der Umwelteinwirkungen bei der Rohstoffgewinnung. Durch diesen verallgemeinernden Ansatz kann die ansonsten bestehende Notwendigkeit einer einzelfallspezifischen Bewertung der Umweltinanspruchnahme bei der i.d.R. global verteilten Gewinnung von Rohstoffen i.S. einer detaillierten Ökobilanz umgangen werden, deren Durchführung insbesondere wegen der hohen Quantität an zu erhebenden Daten einerseits und einer nicht durchgängig zu erwartenden, jedoch erforderlichen weitgehenden Offenlegungs- und Informationspolitik von rohstofffördernden Unternehmen andererseits als nahezu undurchführbar erscheint. Ökologisch kritisch sind demnach diejenigen Rohstoffe, die in Ländern mit vergleichbar niedriger Umweltperformance, beeinflusst durch direkte (z.B. Ausweisung und Größe von Meeresschutzgebieten) und indirekte (z.B. Kindersterblichkeit) Umweltzustandsindikatoren, gewonnen werden, die gleichzeitig einen überproportionalen Verbrauch an ökologischen Ressourcen, wie z.B. der Inanspruchnahme von Flächen aufweisen. Abbildung 5.3.1 demonstriert die in Relation zueinander gesetzten Parameter als Maß des Ökologischen Nachhaltigkeitsdefizits. Die Einstufung des Ökologischen Nachhaltigkeitsdefizits aus Rohstoff-EPI und Rohstoff-Footprint erfolgt anhand einer sechstufigen Bewertungsskala mit Werten zwischen 1 (niedriger Rohstoff-EPI / niedriger Rohstoff-Footprint) und 9 (hoher Rohstoff-EPI / hoher Rohstoff-Footprint). Aus der multiplikativen Verknüpfung beider Bewertungen mit den Bewertungskategorien *niedrig* / *mittel* / *hoch* resultiert eine 3x3-Matrix mit neun möglichen Bewertungsstufen. Da beide Bewertungsergebnisse gleich gewichtet werden, verbleiben nach Abzug dreier gleichbedeutender Ergebnispaare (niedrig / mittel = mittel / niedrig, niedrig / hoch = hoch / niedrig, mittel / hoch = hoch / mittel) insge-

samt sechs bewertbare Ergebniskombinationen, nämlich niedrig / niedrig, niedrig / mittel, niedrig / hoch, mittel / mittel, mittel / hoch und hoch / hoch mit Werten für das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit i.H.v. 1 (1x1), 2 (1x2), 3 (1x3), 4 (2x2), 6 (2x3) und 9 (3x3).

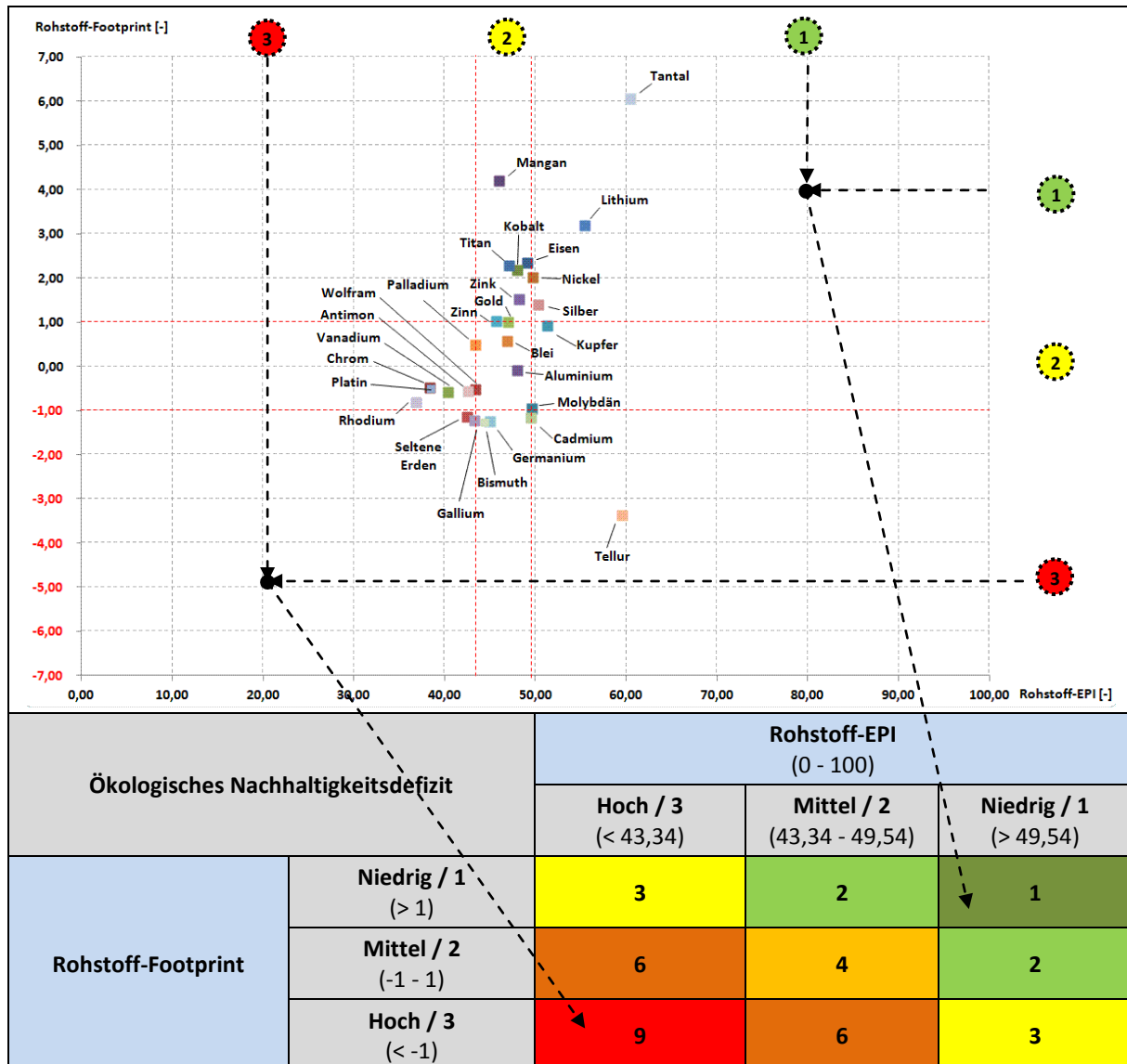


Abb. 5.3.1: 9-Felder-Matrix Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit

Tabelle 5.3.14 stellt das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit von Metallen als Korrelation aus Rohstoff-EPI und Rohstoff-Footprint dar. Metallische Rohstoffe mit dem höchsten Nachhaltigkeitsdefizit (Bewertungsziffer 9) weisen einen niedrigen, d.h. nachteiligen Rohstoff-EPI (< 43,34), sowie einen niedrigen, ungünstigen Rohstoff-Footprint von weniger als (-1) auf, wobei mit Seltenen Erden und Gallium zwei der 28 hier betrachteten Metalle in diese Kategorie fallen. Als wenig nachhaltig (Bewertungsziffer 6), d.h. entweder in Kombination aus hohem Rohstoff-EPI und mittlerem Rohstoff-Footprint oder aus der Verknüpfung von mittlerem

Rohstoff-EPI und hohem Rohstoff-Footprint, sind Chrom, Vanadium, Platin, Cadmium, Germanium, Antimon, Bismut und Rhodium einzustufen. Mittlere Nachhaltigkeitsdefizite (Bewertungsziffern 3 und 4) sind für Tellur, Wolfram, Aluminium, Blei, Zinn und Vanadium zu verzeichnen. Nickel, Lithium, Silber, Tantal, Eisen, Kobalt, Mangan, Molybdän, Titan, Kupfer, Zink und Gold weisen ein geringes Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit (Bewertungsziffern 1 und 2) vor dem Hintergrund der hier verwendeten Bewertungsgrundlagen auf.

Tabelle 5.3.14: Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit von Metallischen Rohstoffen

Rohstoff	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Ökologische Nachhaltigkeit
Nickel	49,66	2,02	1
Lithium	55,39	3,19	1
Silber	50,26	1,39	1
Tantal	60,40	6,05	1
Eisen	49,10	2,34	2
Kobalt	48,02	2,18	2
Mangan	45,97	4,21	2
Molybdän	49,62	-0,95	2
Titan	47,05	2,28	2
Kupfer	51,35	0,92	2
Zink	48,22	1,52	2
Gold	45,68	1,03	2
Tellur	59,52	-3,38	3
Wolfram	43,37	-0,53	4
Aluminium	48,02	-0,09	4
Blei	46,86	0,57	4
Zinn	47,00	0,99	4
Palladium	43,38	0,49	4
Chrom	38,35	-0,49	6
Vanadium	40,39	-0,58	6
Platin	38,46	-0,51	6
Cadmium	49,51	-1,16	6
Germanium	44,96	-1,25	6
Antimon	42,61	-0,57	6
Bismut	44,40	-1,27	6
Rhodium	36,90	-0,81	6
Seltene Erden	42,49	-1,15	9
Gallium	43,26	-1,24	9

5.4 Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit

Für die Bewertung des Gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsdefizits wird ein Ansatz gewählt, der zum Einen den Social Progress Index (SPI) umfasst, zum Anderen aus dem Bertelsmann Transformation Index (BTI) die Teilindikatoren 6.1 *Socioeconomic barriers*, 13.3 *Conflict Intensity* und 15.3 *Anti-corruption policy* berücksichtigt. In vergleichbarer Weise wie bei dem Ökonomischen sowie dem Ökologischen Nachhaltigkeitsdefizit werden für das Gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdefizit für jedes in die Betrachtung einbezogene Metall

- der Rohstoff-SPI berechnet, und zwar als über alle Förderländer ermittelte Summe aus Produktion der länderbezogenen Förderanteile und des jeweils länderspezifischen Social Progress Index (SPI) sowie
- der Rohstoff-BTI-Teilindex aus dem Mittelwert (gut / schlecht richtungsnormiert) der Teilindikatoren 6.1, 13.3 und 15.3 ermittelt, wobei die Produkte aus den länderbezogenen Förderanteilen und den länderspezifischen BTI-Teilindizes über alle Förderländer addiert werden.

Social Progress Index - SPI

Der Social Progress Index (SPI) wird vom Social Progress Imperative mit Sitz in Washington, D.C., einem Netzwerk von Wissenschaftlern, Non-Profit-Organisationen und Sponsoren, seit 2009 entwickelt, um den sozialen Fortschritt von Ländern resp. Gesellschaften quantitativ zu erfassen und so untereinander vergleichen zu können. Im Gegensatz zum bekannteren Human Development Index (HDI) der Vereinten Nationen, der neben sozialen auch volkswirtschaftliche Aspekte abbildet, umfasst der Bewertungsrahmen des SPI ausschließlich gesellschaftlich-soziale Indikatoren, die zu den drei Hauptgruppen (Dimensionen) *Basic Human Needs* („Menschliche Grundbedürfnisse“), *Foundation of Wellbeing* („Grundlagen für menschliches Wohlbefinden“) und *Opportunity* („Lebens- / Entfaltungschancen“) zusammengefasst sind (vgl. Tabelle 5.4.1).

Tabelle 5.4.1: Bewertungsrahmen des Social Progress Index - SPI

Social Progress Index		
Basic Human Needs	Foundations of Wellbeing	Opportunity
Nutrition and Basic Medical Care <ul style="list-style-type: none"> • Undernourishment • Depth of food deficit • Maternal mortality rate • Stillbirth rate • Child mortality rate • Deaths from infectious diseases 	Access to Basic Knowledge <ul style="list-style-type: none"> • Adult literacy rate • Primary school enrollment • Lower secondary school enrollment • Upper secondary school enrollment • Gender parity in secondary enrollment 	Personal Rights <ul style="list-style-type: none"> • Political rights • Freedom of speech • Freedom of assembly / association • Freedom of movement • Private property rights
Water and Sanitation <ul style="list-style-type: none"> • Access to piped water • Rural vs. urban access to improved water source • Access to improved sanitation facilities 	Access to Information and Communications <ul style="list-style-type: none"> • Mobile telephone subscriptions • Internet users • Press freedom Index 	Personal Freedom and Choice <ul style="list-style-type: none"> • Freedom over life choices • Freedom of religion • Modern slavery, human trafficking and child marriage • Satisfied demand for contraception • Corruption
Shelter <ul style="list-style-type: none"> • Availability of affordable housing • Access to electricity • Quality of electricity supply • Indoor air pollution attributable deaths 	Health and Wellness <ul style="list-style-type: none"> • Life expectancy • Non-communicable disease deaths between the ages of 30 and 70 • Obesity rate • Outdoor air pollution attributable deaths • Suicide rate 	Tolerance and Inclusion <ul style="list-style-type: none"> • Woman treated with respect • Tolerance for immigrants • Tolerance for homosexuals • Discrimination and violence against minorities • religious tolerance • Community safety net
Personal Safety <ul style="list-style-type: none"> • Homicide rate • Level of violent crime • Perceived criminality • Political terror • Traffic deaths 	Ecosystem Sustainability <ul style="list-style-type: none"> • Greenhouse gas emissions • Water withdrawals as a percent of resources • Biodiversity and habitat 	Access to Advanced Education <ul style="list-style-type: none"> • Years of tertiary schooling • Women's average years in school • Inequality in the attainment of education • Number of globally ranked universities

Der SPI basiert auf insgesamt 54 Indikatoren, die 12 Untergruppen (Komponenten) zugeordnet sind, wobei jede der vorgenannten Hauptgruppen aus jeweils vier Untergruppen mit minimal drei und maximal sechs Indikatoren besteht (vgl. Tab. 5.4.1). Die Datenbasis für die Indikatoren umfasst Quellen internationaler Organisationen wie z.B. der Food and Agriculture Organisation (FAO) der UN, der World Health Organisation (WHO), dem United Nations Development Programme sowie Transparency International. Darüber hinaus fließen selektierte Einzelindikatoren aus bereits aggregierten Indizes wie z.B. dem Walk Free Foundation's Global Slavery Index oder dem Fund for Peace's Failed State Index in den SPI ein. In Anlage 4 ist eine Liste mit allen verwendeten Indikatoren und deren Quellen beigefügt. In 2014 wurde der erste umfangreiche Bericht mit den Bewertungsergebnissen für insgesamt 132 Länder bzw. Staaten veröffentlicht, wobei auf Datenreihen aus den Jahren 2004 bis 2014 zurückgegriffen wurde.

SPI für Deutschland (2014)

Die länderspezifischen Einzelindikatorwerte sind derzeit nicht publiziert, weshalb eine beispielhafte Berechnung des SPI für Deutschland hier nicht vollumfänglich verdeutlicht werden kann. Öffentlich zugänglich sind die 12 Unter-, sowie die drei Hauptgruppenwerte, die für Deutschland (2014) in Tabelle 5.4.2 dargestellt sind. Alle Unter- und Hauptgruppenwerte werden jeweils gleich gewichtet, so dass sich der SPI für Deutschland zu 84,61 ergibt (vgl. Tab. 5.4.2). Die Einzelwerte innerhalb der Untergruppen werden nicht gleich gewichtet, weshalb die Gewichtungen der Einzelindikatoren zur Berechnung der Untergruppenwerte nachrichtlich in Anlage 4 beigefügt sind.

Tabelle 5.4.2: Beispielhafte Berechnung des SPI für Deutschland (2014)

Hauptgruppe Untergruppe (Komponente)	Berechnung	Wert (max. 100)
Basic Human Needs	$(98,68 + 100,00 + 85,44 + 88,19) : 4$	93,08
Nutrition and Basic Medical Care	Einzelindikatorgewichte zur Berechnung der Untergruppenwerte s. Anlage x	98,68
Water and Sanitation		100,00
Shelter		85,44
Personal Safety		88,19
Foundations of Wellbeing	$(97,38 + 89,45 + 79,70 + 73,30) : 4$	84,96
Access to Basic Knowledge	Einzelindikatorgewichte zur Berechnung der Untergruppenwerte s. Anlage x	97,38
Access to Information and Communications		89,45
Health and Wellness		79,70
Ecosystem Sustainability		73,30
Opportunity	$(80,21 + 86,69 + 68,47 + 67,85) : 4$	75,81
Personal Rights	Einzelindikatorgewichte zur Berechnung der Untergruppenwerte s. Anlage x	80,21
Personal Freedom and Choice		86,69
Tolerance and Inclusion		68,47
Access to Advanced Education		67,85
Social Progress Index (SPI) für Deutschland (2014)	$(93,08 + 84,96 + 75,81) : 3$	84,61

Nach Tabelle 5.4.2 verzeichnet Deutschland in 2014 einen Social Progress Index i.H.v. 84,61, was einem gehobenen Ranking im internationalen Vergleich entspricht (Platz 12 von 132).

Rohstoff-SPI für Seltene Erden

Unter gewinnungsspezifischem Ansatz des länderspezifischen SPI für die Förderländer von Seltenen Erden lässt sich ein rohstoffspezifischer SPI erzeugen. Dieser als Rohstoff-SPI bezeichnete Wert wird wie in nachfolgender Gleichung aufgezeigt berechnet.

Gleichung zur Berechnung des Rohstoff-SPI

$$\text{Rohstoff-SPI} = \sum \text{Marktanteil}_{FL} \cdot \text{SPI}_{FL}$$

mit FL = Förderland

Tabelle 5.4.3 veranschaulicht beispielhaft den Rohstoff-SPI von Seltenen Erden. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage der Marktanteile im Jahr 2011 und den SPI für 2014. Demnach ergibt sich ein Wert für Seltene Erden von 58,82, der maßgeblich durch den SPI der Volksrepublik China (58,67) infolge seiner marktbeherrschenden Stellung geprägt wird.

Tabelle 5.4.3: Rohstoff-SPI für Seltene Erden

Förderland	Fördermenge (2011) [t]	Marktanteil (2011) [%]	Social Progress Index (2014) [-]	Rohstoff-SPI [-]
China	96.900	96,65	58,67	56,70
Russland	2.500	2,49	60,79	1,52
Malaysia	571	0,57	70,00	0,40
Brasilien	290	0,29	69,97	0,20
Gesamt	100.261	100,00	-	58,82

Der Rohstoff-SPI wird mittels Ampelsystematik in drei Kategorien unterteilt. Entsprechend der originären SPI-Skala beschreiben hohe SPI-Werte einen guten Zustand, also einer nominell niedrigen Punktebewertung bezüglich des Nachhaltigkeitsdefizites. Kleinere Werte stehen dementsprechend für eine schlechte Sozialperformance, also einem schlechten Nachhaltigkeitszustand (= hohe Punktebewertung). Wie in Tabelle 5.4.4 verzeichnet, fallen Metalle mit einem Rohstoff-SPI von mehr als 67,87 in die Kategorie „niedrig“ (1 Bewertungspunkt). Werte zwischen 61,19 und 67,84 führen zur Einstufung „mittel“ (2 Bewertungspunkte) und Werte von weniger als 61,19 bedingen die Kategorie „hoch“ (3 Bewertungspunkte).

Tabelle 5.4.4: Bewertungstableau Rohstoff-SPI

Rohstoff-SPI		
> 67,84	61,19 - 67,84	< 61,19
niedrig / 1	mittel / 2	hoch / 3
Bewertungskategorie / Bewertungspunkte		

Angewendet auf alle hier betrachteten Metalle (vgl. Tab. 5.4.5) ergeben sich für Tellur, Lithium, Tantal, Molybdän, Kupfer, Cadmium und Silber vorteilhafte Rohstoff-SPI, verbunden mit einer Bewertungszahl i.H.v. 1 (Kategorie „niedrig“). Vanadium, Chrom, Zinn, Antimon, Wolfram, Seltene Erden und Kobalt mit Rohstoff-SPI zwischen 60,92 und 53,54 fallen in die Bewertungskategorie „hoch“ (3 Bewertungspunkte).

Tabelle 5.4.5: Ergebnistableau Rohstoff-SPI

Rohstoff	Rohstoff-SPI	Bewertung	
		Kategorie	Bewertungspunkte
Tellur	83,63	niedrig	1
Lithium	78,53	niedrig	1
Tantal	70,11	niedrig	1
Molybdän	69,59	niedrig	1
Kupfer	69,39	niedrig	1
Cadmium	68,41	niedrig	1
Silber	68,12	niedrig	1
Eisen	67,75	mittel	2
Titan	67,60	mittel	2
Zink	66,99	mittel	2
Blei	65,57	mittel	2
Aluminium	64,76	mittel	2
Palladium	64,72	mittel	2
Nickel	64,01	mittel	2
Gold	63,69	mittel	2
Mangan	63,68	mittel	2
Platin	63,18	mittel	2
Rhodium	62,76	mittel	2
Germanium	62,56	mittel	2
Gallium	62,49	mittel	2
Bismut	61,28	mittel	2
Vanadium	60,92	hoch	3
Chrom	59,49	hoch	3
Zinn	59,32	hoch	3
Antimon	59,26	hoch	3
Wolfram	59,17	hoch	3
Seltene Erden	58,82	hoch	3
Kobalt	53,54	hoch	3

Bertelsmann Transformation Index - BTI

Der Bertelsmann Transformation Index (BTI) wird von der Bertelsmann Stiftung entwickelt und im 2-Jahres-Turnus vorgelegt. Die Bertelsmann Stiftung arbeitet zur Erhebung der Daten

und Weiterentwicklung des Indexes mit verschiedenen Organisationen zusammen, darunter das Bundesministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ), die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), die Weltbank (World Bank Institute) und Transparency International. Mit Hilfe des BTI kann der Transformationsprozess von Staaten hin zu rechtsstaatlicher Demokratie und sozial geprägter Marktwirtschaft quantifiziert und zu Vergleichszwecken herangezogen werden. Derzeit wird der Entwicklungsstand von 129 Schwellen- und Entwicklungsländern untersucht. Zur Berechnung werden insgesamt 17 Kriterien mit 52 Unterindikatoren erhoben, die den drei Gruppen „Political Transformation“ (5 Kriterien, 18 Indikatoren), „Economic Transformation“ (7 Kriterien, 14 Indikatoren) und „Transformation Management“ (5 Kriterien, 20 Indikatoren) zugeordnet sind, wobei die beiden erstgenannten Gruppen zum sog. „Status-Index“ verdichtet und aus der dritten Gruppe der sog. „Management-Index“ gebildet wird; ein BTI-Gesamtindex wird nicht berechnet. Tabelle 5.4.6 zeigt eine Auflistung der 17 Kriterien und deren Zuordnung zu den drei Gruppen. Eine vollständige Übersicht aller 53 Indikatoren ist in Anlage 5 beigefügt.

Tabelle 5.4.6: Erhebungsstruktur des BTI

Bertelsmann Transformation Index - BTI		
Status-Index		Management-Index
Gruppe (Anzahl Kriterien, Anzahl Unterindikatoren)		
Political Transformation (5 Kriterien, 18 Unterindikatoren)	Economic Transformation (7 Kriterien, 14 Unterindikatoren)	Transformation Management (5 Kriterien, 20 Unterindikatoren)
#) Kriterium (# Unterindikatoren)		
1) Stateness (1.1 - 1.4)	6) Level of socioeconomic development (6.1)	13) Level of difficulty (13.1 - 13.6)
2) Political Participation (2.1 - 2.4)	7) Organization of the market and competition (7.1 - 7.4)	14) Steering capability (14.1 - 14.3)
3) Rule of Law (3.1 - 3.4)	8) Currency and private stability (8.1 - 8.2)	15) Resource efficiency (15.1 - 15.3)
4) Stability of democratic institutions (4.1 - 4.2)	9) Private property (9.1 - 9.2)	16) Consensus-building (16.1 - 16.5)
5) Political and social integration (5.1 - 5.4)	10) Welfare regime (10.1 - 10.2)	17) International cooperation (17.1 - 17.3)
	11) Economic performance (11.1)	
	12) Sustainability (12.1 - 12.2)	

BTI für die Volksrepublik China

Der BTI wird exklusiv für Schwellen- und Entwicklungsländer erhoben; bei den hoch entwickelten Staaten der sog. Ersten Welt (auch: Industrieländer) wird der Transformationsprozess zur (sozialen) Marktwirtschaft per Definition als abgeschlossen betrachtet. Da Deutschland zu diesen hoch entwickelten Ländern zu zählen ist und dementsprechend nicht zu den 129 Erhebungsländern zählt, wird die Berechnung des BTI resp. seiner zwei Indizes im Gegensatz zu den bisher betrachteten Indikatoren (HHI, WGI, EPI, Footprint und SPI) am Beispiel der Volksrepublik China (vgl. Tabelle 5.4.7) betrachtet.

Tabelle 5.4.7: Beispielhafte Berechnung des BTI (Status-Index und Management-Index) für die Volksrepublik China (2014)

Kriterium	Berechnung	Wert
Political Transformation	(8,75 + 1,75 + 2,00 + 1,50 + 2,67) : 5	3,33
Stateness	(9 + 8 + 10 + 8) : 4	8,75
Political participation	(1 + 2 + 2 + 2) : 4	1,75
Rule of law	(1 + 3 + 2 + 2) : 4	2,00
Stability of democratic institutions	(1 + 2) : 2	1,50
Political and social integration	(1 + 2 + k.A. + 5) : 3	2,67
Economic Transformation	(5 + 6,75 + 7,50 + 6,00 + 5,00 + 10,00 + 6,50) : 7	6,68
Level of socioeconomic development	5	5,00
Organisation of the market and competition	(6 + 7 + 8 + 6) : 4	6,75
Currency and private stability	(7 + 8) : 2	7,50
Private property	(6 + 6) : 2	6,00
Welfare regime	(5 + 5) : 2	5,00
Economic performance	10	10,00
Sustainability	(5 + 8) : 2	6,50
Status-Index	(3,33 + 6,68) : 2	5,01
Transformation Management	<i>Wert wird nicht ausgewiesen</i>	-
Level of difficulty	(6 + 9 + 5 + 5 + 5 + 5,6) : 6	5,93
Steering capability	(5 + 5 + 5) : 3	5,00
Resource efficiency	(6 + 6 + 4) : 3	5,33
Consensus Building	(7 + 2 + 6 + 3 + 4) : 5	4,40
International Cooperation	(7 + 7 + 7) : 3	7,00
Level of difficulty	s.o.	5,93
Management Performance	(5,00 + 5,33 + 4,40 + 7,00) : 4	5,43
Management-Index	<i>Berechnung aus "Level of difficulty" und "Management performance"; Berechnungsvorschrift unbekannt.</i>	4,94

Mit einem Status-Index i.H.v. 5,01 und einem Management-Index von 4,94 ist die Volksrepublik China im (unteren) Mittelfeld der 129 untersuchten Staaten verortet. Der höchste resp. vorteilhafteste Wert beträgt für alle Kriterien, Indikatoren und Indizes 10, der nachteiligste 1. Sechs der untersuchten Staaten erreichen Werte größer 9, darunter Taiwan (9,58), Tschechien (9,51) und Estland (9,42).

BTI-Teilindex 3x

Die für den BTI erhobenen Indikatoren stimmen in Teilen mit den für die World Government Indicators erhobenen Daten überein, weshalb für die vorliegende Bewertungsaufgabe ein BTI-Teilindex gebildet wird. Der „BTI-3x Teilindex“ besteht aus den Unterindikatoren BTI 6 (Indikator „To what extent are significant parts of the population fundamentally excluded from society due to poverty and inequality?“), BTI 13.3 (Indikator „How serious are social, ethnic and religious conflicts?“) und BTI 15.3 (Indikator „To what extent can the government successfully contain corruption?“), um sozial-gesellschaftlichen Bewertungsaspekten größeres Gewicht zu verleihen. Die daraus errechneten BTI 3x-Teilindikatoren sind in Anlage 6 (Länderliste) beigefügt, wobei die Bewertungsskala wie beim BTI zwischen 1 und 10 liegt, die Konnotation jedoch getauscht wurde. Beim BTI 3x-Teilindex beträgt der vorteilhafteste Wert 1, entsprechend einer niedrigen Bewertungspunktzahl, ein BTI 3x-Teilindex von 10 (= nachteiligster Wert) wird mit einer hohen Bewertungspunktzahl versehen. Um auch hoch entwickelte Förderländer wie beispielsweise Kanada oder Australien, für die der BTI originär nicht erhoben wird, mit dieser Systematik bewerten zu können, werden die BTI-3x Teilindizes dieser Länder per Konvention zu eins gesetzt.

Rohstoff-BTI (3x)

In Analogie zu den vorgenannten Indikatoren (WGI, HHI, EPI, Footprint und SPI) wird der länderspezifische BTI 3x-Teilindex mithilfe des marktanteilspezifischen Ansatzes gemäß der nachstehenden Berechnungsroutine in einen sog. Rohstoff-BTI (3x) umgewandelt.

Gleichung zur Berechnung des Rohstoff-BTI (3x)

$$\text{Rohstoff - BTI (3x)} = \sum \text{Marktanteil}_{FL} \cdot \text{BTI (3x)}_{FL}$$

mit FL = Förderland

Tabelle 5.4.8 zeigt beispielhaft die Berechnung des Rohstoff-BTI (3x) von Seltenen Erden, der vom hohen Marktanteil der Volksrepublik China bestimmt wird.

Tabelle 5.4.8: Rohstoff-BTI (3x) für Seltene Erden

Förderland	Fördermenge (2011) [t]	Marktanteil (2011) [%]	Bertelsmann Transformation Index (3x) [-]	Rohstoff-BTI (3x) [-]
China	96.900	96,65	6,00	5,80
Russland	2.500	2,49	5,67	0,14
Malaysia	571	0,57	4,67	0,03
Brasilien	290	0,29	4,00	0,01
Gesamt	100.261	100,00	-	5,98

Bewertung des Rohstoff-BTI (3x)

Der Rohstoff-BTI (3x) wird mittels Ampelsystematik (vgl. Tab. 5.4.9) bewertet. Bei einer Skala zwischen 1 und 10 sind Werte kleiner 4,17 mit der niedrigsten (vorteilhaftesten) Bewertungszahl von 1 verknüpft, während Werte von mehr als 5,64 mit einer Punktzahl von 3 belegt werden. In diese Kategorie fallen auch die Seltenen Erden mit einem Rohstoff-BTI (3x) i.H.v. 5,98.

Tabelle 5.4.9: Bewertungstableau Rohstoff-BTI (3x)

Rohstoff-BTI (3x)		
< 4,17	4,17 - 5,64	> 5,64
niedrig / 1	mittel / 2	hoch / 3
Bewertungskategorie / Bewertungspunkte		

Tabelle 5.4.10 veranschaulicht die Berechnungs- und Bewertungsergebnisse der hier betrachteten Metalle. Tellur, Lithium, Titan, Tantal, Kupfer, Molybdän und Nickel fallen demnach in die Bewertungskategorie „niedrig“ (1 Bewertungspunkt). Eine nachteilige Bewertung (3 Bewertungspunkte, Bewertungskategorie „hoch“) ist für die Metalle Bismut, Wolfram, Vanadium, Zinn, Seltene Erden, Antimon und Kobalt zu verzeichnen.

Tabelle 5.4.10: Ergebnistableau Rohstoff-BTI (3x)

Rohstoff	Rohstoff-BTI (3x)	Bewertung	
		Kategorie	Bewertungspunkte
Tellur	1,00	niedrig	1
Lithium	2,52	niedrig	1
Titan	3,74	niedrig	1
Tantal	3,96	niedrig	1
Kupfer	4,05	niedrig	1
Molybdän	4,06	niedrig	1
Nickel	4,14	niedrig	1
Cadmium	4,18	mittel	2
Eisen	4,26	mittel	2
Aluminium	4,32	mittel	2
Zink	4,43	mittel	2
Blei	4,71	mittel	2
Gold	4,72	mittel	2
Silber	4,77	mittel	2
Mangan	4,93	mittel	2
Palladium	5,05	mittel	2
Gallium	5,27	mittel	2
Germanium	5,40	mittel	2
Chrom	5,48	mittel	2
Platin	5,51	mittel	2
Rhodium	5,62	mittel	2
Bismut	5,70	hoch	3
Wolfram	5,72	hoch	3
Vanadium	5,74	hoch	3
Zinn	5,85	hoch	3
Seltene Erden	5,98	hoch	3
Antimon	5,98	hoch	3
Kobalt	7,56	hoch	3

Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit

Das Gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdefizit von Metallen wird in der vorliegenden Bewertungssystematik durch den Social Progress Index (SPI) und den modifizierten Bertelsmann Transformation Index (BTI 3x-Teilindex) ausgedrückt. Mithilfe der marktanteilspezifischen Umrechnung in die rohstoffbezogenen Werte Rohstoff-SPI und Rohstoff-BTI kann der gesellschaftlich-soziale Hintergrund der Metallgewinnung zur Beurteilung herangezogen werden.

Ein hohes gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit weisen dementsprechend diejenigen Metalle auf, die in Ländern mit ausgeprägtem sozialen Ungleichgewicht gewonnen werden. Indikatoren hierfür sind u.a. Chancengleichheit, Korruption oder Konfliktpotenziale. Abbildung 5.4.1 verdeutlicht das Gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdefizit als Relation aus Rohstoff-BTI (3x) und Rohstoff-SPI in einer 9-Felder-Matrix.

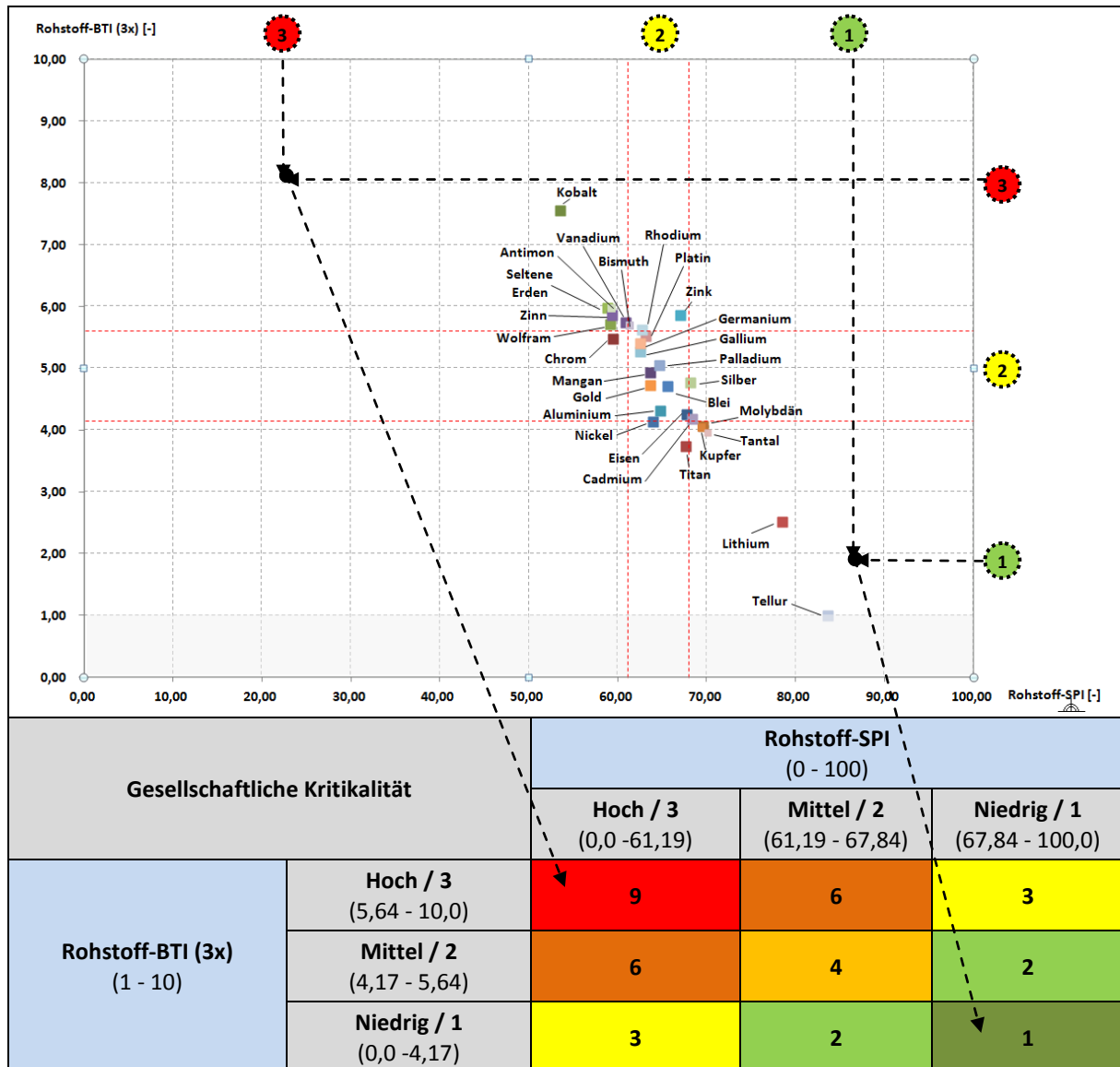


Abb. 5.4.1: 9-Felder-Matrix Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit

Die Einstufung des Gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsdefizites aus Rohstoff-BTI (3x) und Rohstoff-SPI erfolgt analog zum Ökonomischen und Ökologischen Nachhaltigkeitsdefizit mittels sechsstufiger Bewertungsskala mit Werten zwischen 1 (vorteilhafter Rohstoff-BTI 3x und vorteilhafter Rohstoff-SPI = geringes Nachhaltigkeitsdefizit) und 9 (nachteilige Werte für

Rohstoff-BTI 3x und Rohstoff SPI = hohes Nachhaltigkeitsdefizit). Dazu werden die Bewertungsergebnisse der Ampelbewertungen multiplikativ verknüpft. In Tabellenform übertragen lässt sich ein geringes Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit für Molybdän, Kupfer, Lithium, Tellur und Tantal ablesen. Ein insgesamt hohes Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit weisen Kobalt, Wolfram, Vanadium, Seltene Erden, Zinn und Antimon auf (vgl. Tab. 5.4.11).

Tabelle 5.4.11: Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit von Metallischen Rohstoffen

Rohstoff	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI (3x)	Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit
Molybdän	69,59	4,06	1
Kupfer	69,39	4,05	1
Lithium	78,53	2,52	1
Tellur	83,63	1,00	1
Tantal	70,11	3,96	1
Nickel	64,01	4,14	2
Titan	67,60	3,74	2
Silber	68,12	4,77	2
Cadmium	68,41	4,18	2
Eisen	67,75	4,26	4
Mangan	63,68	4,93	4
Aluminium	64,76	4,32	4
Blei	65,57	4,71	4
Zink	66,99	4,43	4
Gold	63,69	4,72	4
Palladium	64,72	5,05	4
Platin	63,18	5,51	4
Gallium	62,49	5,27	4
Germanium	62,56	5,40	4
Rhodium	62,76	5,62	4
Chrom	59,49	5,48	6
Bismut	61,28	5,70	6
Kobalt	53,54	7,56	9
Wolfram	59,17	5,72	9
Vanadium	60,92	5,74	9
Seltene Erden	58,82	5,98	9
Zinn	59,32	5,85	9
Antimon	59,26	5,98	9

5.5 Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit (SND)

Das Summarische Nachhaltigkeitsdefizit (SND) kann als das durch die Metalleinfuhr importierte Nachhaltigkeitsdefizit interpretiert werden. Es ergibt sich als Summe der Bewertungsergebnisse aus dem Ökonomischen, Ökologischen und Gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsdefizit, wobei das Bewertungspunktespektrum zwischen 3 (1 + 1 + 1) und 27 (9 + 9 + 9) liegt. Die Bewertung des Summarischen Nachhaltigkeitsdefizits wird mittels Ampelsystematik vorgenommen; die Bewertungsgrenzen liegen bei 3 bis 9 Bewertungspunkten, entsprechend einem „niedrigen“, 10 bis 18 Punkten bei „mittlerem“ und 19 bis 27 Punkten bei „hohem“ Summarischen Nachhaltigkeitsdefizit.

Tabelle 5.5.1 zeigt auf, dass Kupfer, Lithium, Nickel, Silber und Titan mit jeweils fünf Bewertungspunkten das niedrigste Summarische Nachhaltigkeitsdefizit der hier betrachteten metallischen Rohstoffe aufweisen. Daneben fallen Molybdän, Tellur, Gold, Mangan und Tantal ebenfalls in die Gruppe der Metalle mit „niedrigem“ Summarischen Nachhaltigkeitsdefizit. Eisen, Zink, Aluminium, Cadmium, Blei, Palladium, Chrom, Germanium, Platin, Rhodium und Bismut verzeichnen ein „mittleres“ Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit, wobei Bismut mit 18 Bewertungspunkten am Übergangsbereich zur Gruppe der Metalle mit „hohem“ Defizit verortet ist. Gallium, Wolfram, Zinn, Kobalt, Vanadium, Antimon und die Seltenen Erden bilden die Gruppe der Metalle mit „hohem“ Summarischen Nachhaltigkeitsdefizit. Mit 27 Bewertungspunkten sind die Seltenen Erden die Stoffgruppe mit dem höchsten ermittelten Nachhaltigkeitsdefizit und liegen somit am oberen Ende der Bewertungsskala aus Ökonomischen, Ökologischen und Gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsdefizit (vgl. dazu Tab. 5.5.1).

Tabelle 5.5.1: Ergebnistableau Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit

Rohstoff	Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit	Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit	Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit	Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit
Kupfer	2	2	1	5
Lithium	3	1	1	5
Nickel	2	1	2	5
Silber	2	1	2	5
Titan	1	2	2	5
Molybdän	4	2	1	7
Tellur	3	3	1	7
Gold	2	2	4	8
Mangan	2	2	4	8
Tantal	6	1	1	8
Eisen	4	2	4	10
Zink	4	2	4	10
Aluminium	4	4	4	12
Cadmium	4	6	2	12
Blei	6	4	4	14
Palladium	6	4	4	14
Chrom	4	6	6	16
Germanium	6	6	4	16
Platin	6	6	4	16
Rhodium	6	6	4	16
Bismut	6	6	6	18
Gallium	6	9	4	19
Wolfram	6	4	9	19
Zinn	6	4	9	19
Kobalt	9	2	9	20
Vanadium	6	6	9	21
Antimon	9	6	9	24
Seltene Erden	9	9	9	27

Der Metallgehalt des Haldenrückbaus substituiert die Einfuhr aus den Gewinnungsländern und trägt in Abhängigkeit der ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Bewertungsroutine des Nachhaltigkeitsdefizites unter Umständen zu einer entsprechenden Verminderung bei, da die Gewinnungsbedingungen in Deutschland, insbesondere bezüglich der gesellschaftlichen Nachhaltigkeit, günstiger sind als in einigen Ländern, aus denen die Metallimporte bezogen werden. Dementsprechend resultiert aus dem Haldenrückbau das konkrete, metallspezifische Nachhaltigkeitsdefizitpotenzial; das importierte Nachhaltigkeitsdefizit wird dementsprechend vermindert, wie das nachfolgende fiktive Beispiel belegt. Inwieweit eine relevante Substitution importierter Metalle durch den Haldenrückbau eröffnet werden kann, hängt vom jeweiligen Metallinventar in Art und Höhe der rückgebauten Halden ab.

Für das Beispiel wird von einem seltenen Metall ausgegangen, das derzeit mit einem Marktanteil von 95 % in der Volksrepublik China sowie mit einem Anteil von 5 % in Russland gewonnen wird. Es wird angenommen, dass durch den Haldenrückbau 10 % des Metallimportes durch die Gewinnung in Deutschland substituiert werden kann; der Import aus China und Russland verringern sich entsprechend.

Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit - Ausgangszustand (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	HHI (= Rohstoff-HHI)	WGI	Rohstoff-WGI	Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit
China	95 %	9.025	-0,58	-0,551	
Russland	5 %	25	-0,74	-0,027	
Gesamt	100 %	9.050 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.2.2)	-	-0,588 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.2.9)	9

Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit - Haldenrückbau (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	HHI (= Rohstoff-HHI)	WGI	Rohstoff-WGI	Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit
China	85,5 %	7.310	-0,58	-0,496	
Russland	4,5 %	20,25	-0,74	-0,033	
Deutschland	10 %	100	1,42	0,142	
Gesamt	100 %	7.430,25 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.2.2)	-	-0,387 Bewertung: 2 (vgl. Tab. 5.2.9)	6

Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit - Ausgangszustand (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	EPI	Footprint	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit
China	95 %	42,24	-1,23	40,13	-1,17	
Russland	5 %	45,43	1,34	2,27	0,067	
Gesamt	100 %	-	-	42,40 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.3.5)	-1,10 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.3.12)	9

Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit - Haldenrückbau (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	EPI	Footprint	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit
China	85,5 %	42,24	-1,23	36,11	-1,05	
Russland	4,5 %	45,43	1,34	2,04	0,06	
Deutschland	10 %	66,91	-3,16	6,69	-0,32	
Gesamt	100 %	-	-	44,84 Bewertung: 2 (vgl. Tab. 5.3.5)	-1,31 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.3.12)	6

Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit - Ausgangszustand (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	SPI	BTI (3x)	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI (3x)	Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit
China	95 %	58,67	6,0	55,73	5,7	
Russland	5 %	60,79	5,67	3,04	0,28	
Gesamt	100 %	-	-	58,77 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.4.4)	5,98 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.4.9)	9

Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit - Haldenrückbau (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	SPI	BTI (3x)	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI (3x)	Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit
China	85,5 %	58,67	6,0	50,16	5,13	
Russland	4,5 %	60,79	5,67	2,74	0,255	
Deutschland	10 %	84,61	1,0	8,46	0,1	
Gesamt	100 %	-	-	61,36 Bewertung: 2 (vgl. Tab. 5.4.4)	5,485 Bewertung: 2 (vgl. Tab. 5.4.9)	4

Insgesamt ergibt sich für den Ausgangszustand ein importiertes Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit (SND) i.H.v. $9 + 9 + 9 = 27$ Bewertungspunkten. Durch Substitution von 10 % des

Metallimportes infolge Haldenrückbau reduziert sich das SND auf $6 + 6 + 4 = 16$ Bewertungspunkte, was einer Verminderung von ca. 41 % entspricht.

Unterstellt man, dass das Metall zu 100 % in Deutschland gewonnen wird, ergibt sich die in den Tabellen x - y dargestellte Bewertungssituation.

Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit - 100 % Marktanteil von Deutschland (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	HHI (= Rohstoff-HHI)	WGI	Rohstoff-WGI	Ökonomisches Nachhaltigkeitsdefizit
Deutschland	100 %	10.000	1,42	1,42	
Gesamt	100 %	10.000 Bewertung: 1 (Sonderfall, vgl. Text)	-	1,42 Bewertung: 1 (vgl. Tab. 5.2.9)	1

Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit - 100 % Marktanteil von Deutschland (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	EPI	Footprint	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Ökologisches Nachhaltigkeitsdefizit
Deutschland	100 %	66,91	-3,16	66,91	-3,16	
Gesamt	100 %	-	-	66,91 Bewertung: 1 (vgl. Tab. 5.3.5)	-3,16 Bewertung: 3 (vgl. Tab. 5.3.12)	3

Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit - 100 % Marktanteil von Deutschland (Fiktives Beispiel)

Produzent	Marktanteil	SPI	BTI (3x)	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI (3x)	Gesellschaftliches Nachhaltigkeitsdefizit
Deutschland	100 %	84,61	1,0	84,61	1,0	
Gesamt	100 %	-	-	84,61 Bewertung: 2 (vgl. Tab. 5.4.4)	1,0 Bewertung: 1 (vgl. Tab. 5.4.9)	1

Das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit ist mit einer Bewertungszahl von 1 (Rohstoff-HHI = 1; Rohstoff-WGI = 1) niedrig, obwohl der Rohstoff-HHI mit 10.000 Punkten eigentlich eine kritische Situation anzeigt und gemäß Bewertungsspektrum mit 3 Bewertungspunkten versehen werden müsste und sich das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit zu 3 (Rohstoff-HHI = 3; Rohstoff-WGI = 1) ergäbe. Der Bewertungshintergrund des Rohstoff HHI ist jedoch die Verlässlichkeit der Versorgungssituation der deutschen Industrie mit Rohstoffen, wobei die Deckung des Bedarfs aus heimischen Quellen die denkbar beste Situation darstellt und



demgemäß hier als (fiktiver) Sonderfall mit der niedrigsten Bewertungspunktzahl i.H.v. 1 bewertet wird. Das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit beträgt 3 (Rohstoff-EPI = 1; Rohstoff-Footprint = 3), liegt also im mittleren Bereich, was insbesondere auf den nachteiligen Footprint Deutschlands zurückzuführen ist. Die Gesellschaftliche Nachhaltigkeit ist gering, entsprechend einer Bewertungspunktzahl von 1.

Damit ergibt sich für die 100 %-ige Gewinnung des fiktiven Metalls in Deutschland ein als „niedrig“ einzuordnendes Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit von 5 ($1 + 3 + 1$). Dieses Ergebnis ist auf jedes andere beliebige Metall übertragbar, weil die vorliegende Bewertungssystematik keine metallspezifischen Eigenschaften berücksichtigt, sondern auf die Variation länder- und marktspezifischer Aspekte abgestimmt ist.

6. Status-Quo-Bewertung der Halden bezüglich der generellen Rückbaueignung

Die in Kapitel 5 durchgeführte Ermittlung der metallspezifischen Nachhaltigkeitsdefizite der Primärproduktion dokumentiert, dass für die einzelnen metallischen Rohstoffe mehr- oder mindergroße Nachhaltigkeitsdefizite zu konstatieren sind, wobei die Ursachen dafür sowohl in den nicht oder nur bedingt nachhaltigen Gewinnungsbedingungen in den Förderländern liegen, zum anderen aber bei nicht regenerierbaren Ressourcen auch systembedingt sind, denn der weitere Abbau metallischer Rohstoffe verstößt insofern gegen die *Substitutionsregel* der Nachhaltigkeitssystematik, als dass „nicht regenerierbare Ressourcen nur noch in dem Maße in Anspruch genommen werden dürfen, wie sie in ihrer Funktion durch regenerierbare Ressourcen ersetzt werden können“.

Obwohl es sich bei den metallischen Rohstoffen in den Halden des Erzbergbaus nicht um regenerierbare Ressourcen handelt, sondern um einen Abfall- resp. Sekundärrohstoff, besitzt die Sekundärgewinnung aus Bergbauhalden, in etwa dem Recycling vergleichbar, ein zu definierendes und zu quantifizierendes Potenzial, das Nachhaltigkeitsdefizit der Primärgewinnung zu reduzieren. In welchem Umfang die Reduktion möglich ist, hängt von einer Vielzahl haldenspezifischer Merkmale ab. Zu nennen sind das Wertstoffpotenzial der Halde, das von den Halden ausgehende Gefährdungspotenzial als Sekundäreffektmerkmal und die durch den Haldenzustand sowie die Einbindung in die Natur- und Kulturlandschaft zu berücksichtigenden Restriktionsmerkmale (vgl. Abb. 6.1).

Als sogenannte tertiäre Merkmale werden für den Haldenrückbau die aus dem Rückbau resultierenden Emissionen, der Material- und Energieeinsatz, die als Abfälle zu entsorgenden (Beseitigung resp. Verwertung) Reststoffe sowie sonstige Umwelt- und Umgebungsbelastungen beurteilt. Auch die aus der Aufbereitung sowie der anschließenden Gewinnung der (Sekundär-) Rohstoffe entstehenden positiven resp. negativen Umweltwirkungen werden als Tertiärmerkmale berücksichtigt (vgl. Abb. 6.1).

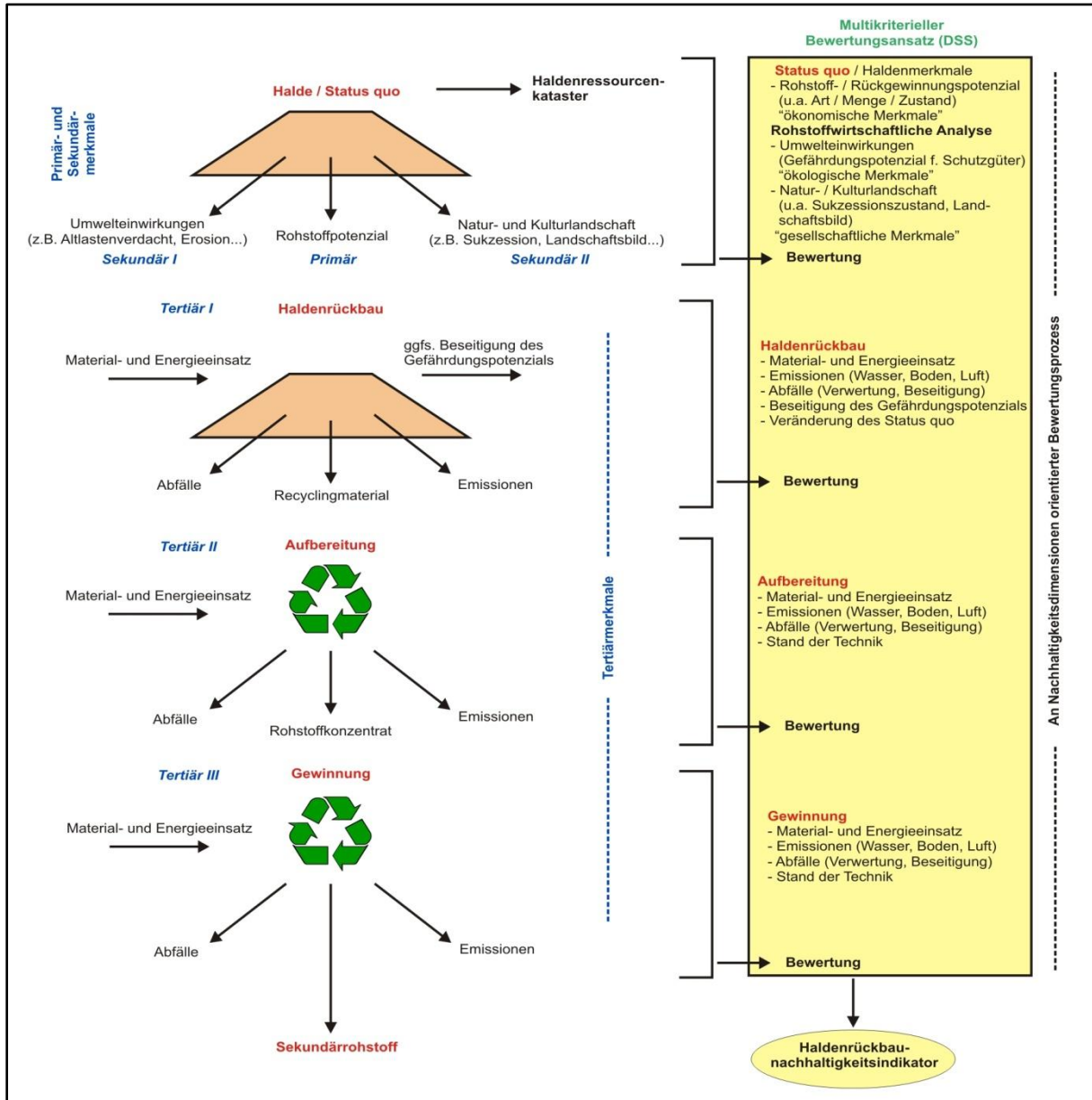


Abb. 6.1: Bewertungsansatz der haldenunabhängigen Nachhaltigkeitsbewertung

Insgesamt sind die Merkmale sowie die zugehörigen Indikatoren in einfacher, verallgemeinerungsfähiger Form möglichst quantitativ zu erfassen und zu bewerten. Erfahrungsgemäß ist wegen fehlender Datenbestände und Informationen sowie vor dem Hintergrund einer Anwendung nicht nur für die Erzbergbauhalden des Westharzes auch auf nachvollziehbare verbalargumentative Beurteilungsansätze zurückzugreifen, obwohl die Genauigkeit der Beurteilung der Rückbaueignung von Halden des Erzbergbaus und die daraus u.U. abgeleiteten Investitionsentscheidungen ganz entscheidend von der Qualität der Informationen über die jeweiligen Halden abhängt.

Vor der wünschenswerten, detaillierten Bewertung einzelner Halden ist auf jeden Fall eine grobe Status-quo-Bewertung (Entscheidungsbaum) von zentraler Bedeutung, denn sie soll Aufschluss darüber geben, ob der Rückbau der Halde und das daraus resultierende Gewinnung metallischer Rohstoffe grundsätzlich möglich sind oder durch standortspezifische Restriktionen ausgeschlossen werden müssen.

In Form eines einfachen Entscheidungsbaumes (vgl. Abb. 6.2) werden zunächst die für eine Verneinung der Rückbaueignung maßgebenden Restriktionskriterien abgefragt. Wenn davon auszugehen ist, dass die Halde nicht über ein nennenswertes Potenzial metallischer Rohstoffe verfügt, sollte der Rückbau unter dem Gesichtspunkt der Wertstoffgewinnung ausgeschlossen werden, zumal der Haldenrückbau sowie der Aufbereitungs- und Gewinnungsprozess nicht unerhebliche Umweltbelastungen auslösen und hohe Kosten verursachen.

Unter der Voraussetzung, dass die Haldenprofile des Haldenkatasters die entsprechenden Informationen enthalten, werden anschließend die den Rückbau in der Regel ausschließenden Restriktionsmerkmale (Sekundärmerkmale II des Haldenzustands, vgl. Abb. 6.1) im Sinne von Ja- / Nein- resp. Unbekannt-Entscheidungen überprüft.

Unter den Standortbedingungen, dass die Halde innerhalb eines Naturschutzgebietes, eines Landschaftsschutzgebietes oder eines Flora- / Fauna- / Habitatgebietes liegt, dürfte der Haldenrückbau mit der Zielsetzung der Wertstoffgewinnung auszuschließen sein oder nur mit erheblichem zusätzlichem Aufwand und entsprechenden Genehmigungen der zuständigen Naturschutzbehörden realisierbar werden.

Auch bei einer Halde, die als Biotop ausgewiesen und eventuell auch Teil eines Biotopverbundes ist, dürfte die Rückbaueignung nicht gegeben sein. Stellt die Halde ein prägendes Landschaftsbildmerkmal dar oder ist sie Teil eines Kulturdenkmals bzw. Baudenkmals oder einer sonstigen gesetzlichen Schutzzonenzuweisung, ist in der Regel ebenfalls davon auszugehen, dass die Rückbaueignung mit dem Ziel der Wertstoffgewinnung nicht oder nur mit erheblichen Auflagen gegeben sein dürfte.



Darüberhinausgehend ist zu prüfen, inwieweit die bergrechtliche, bodenschutzrechtliche oder die abfallrechtliche Einordnung einer Halde und die daraus resultierenden Genehmigungsvoraussetzungen den Rückbau zulassen, wobei bei den alten Erzbergbauhalden des Westharzes davon auszugehen ist, dass sie nicht mehr dem Bergrecht unterliegen, sondern als Altablagerungen bodenschutzrechtlich bzw. abfallrechtlich zu thematisieren sind, da mineralische Rückstände aus früherer Bergbautätigkeit Abfälle sind und dementsprechend dem Kreislaufwirtschaftsgesetz unterliegen.

Abschließend sind als Restriktionsmerkmale zu hinterfragen, ob die Halde lokal sowie bezüglich der Erschließung in der Umgebung für schweres Rückbaugerät zugänglich ist und ob die Eigentumsverhältnisse so geklärt und strukturiert sind, dass mit den Grundeigentümern, die nach Entlassung der Halden aus der Bergaufsicht auch Eigentümer der Halden sind, erfolgversprechende Vereinbarungen über den Haldenrückbau getroffen werden können.

Lassen die Informationen aus den Haldenprofilen des Haldenkatasters eine definitive Beantwortung mit „Ja“ bzw. „Nein“ nicht zu, weil Aussagen zu den Restriktionsmerkmalen nicht bekannt sind, müssen die Restriktionssachverhalte haldenspezifisch geprüft und bestimmt werden. Bei Ausschluss des Rückbaus infolge eines oder mehrerer Restriktionsmerkmale ist zusätzlich die bodenschutzrechtliche Sanierungsbedürftigkeit der Halde zu diskutieren, denn auch bei nicht vorliegender Rückbaueignung kann das von der Halde ausgehende Gefährdungspotenzial in einer Größenordnung vorliegen, das eine Sanierungsnotwendigkeit auslöst und Sicherungsmaßnahmen bzw. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen notwendig macht. In diesem Fall muss zwar auf den Rückbau zwecks Wertstoffgewinnung verzichtet werden, aber die durch die Bodenschutzbehörde festgestellte Sanierungsbedürftigkeit, die u.U. bereits in einem Sanierungsplan oder in einer Sanierungsverfügung dokumentiert ist, macht eine Haldensanierung ohne Wertstoffgewinnung erforderlich; der Synergieeffekt zwischen Sanierung zur Reduktion des Gefährdungspotenzials und Wertstoffgewinnung ist dementsprechend nicht gegeben.

Sollten die Restriktionsmerkmale nicht zur Verneinung der Haldenrückbaueignung beitragen, wird im nächsten Prüfschritt das von der Halde ausgehende Gefährdungspotenzial thematisiert und der Höhe nach konkretisiert, sofern auf entsprechende Untersuchungen und Resultate



tate im Haldenkataster zurückgegriffen werden kann. Andernfalls ist aus der Historie sowie dem Zustand der Halde in Form einer ersten Grobbewertung abzuschätzen, ob die Wahrscheinlichkeit eines Gefährdungspotenzials besteht. Daraus resultiert bei positiver Wahrscheinlichkeit der Hinweis auf die Notwendigkeit konkreter Untersuchungen und bei anschließender Verneinung einer sanierungsbedürftigen Gefahrenlage der wahrscheinliche Ausschluss des eventuellen positiven Zusammenwirkens von Haldensanierung und Metallgewinnung. Trotzdem ist der Frage nachzugehen, ob der Gehalt metallischer Rohstoffe in der Halde untersucht wurde. Wird bejaht, dass der Gehalt metallischer Rohstoffe durch Untersuchungsergebnisse belegt ist resp. aufgrund des Haldenzustands sowie der Haldenhistorie eine erfolgversprechende Untersuchung veranlasst wurde, so ist zu überprüfen, inwieweit der ermittelte Gehalt bei Rückbau dazu geeignet ist, die jeweiligen metallspezifischen Nachhaltigkeitsdefizite zu verringern, was quantitativ zu dokumentieren ist. Ist der Rückbau zudem wirtschaftlich zu realisieren (Bauwürdigkeit), so folgt daraus die Empfehlung, den Haldenrückbau allein zur Gewinnung der metallischen Rohstoffe umzusetzen, denn bei nicht bestehender Sanierungsbedürftigkeit ist wegen des geringen Gefahrenpotenzials der Halde kein zusätzlicher Positiveffekt gegeben, was bei Verneinung der Wirtschaftlichkeit dazu führt, dass allein unter Rohstoffaspekten der Rückbau zwar zu empfehlen ist, aber wirtschaftlich nicht umsetzbar sein dürfte. Bei vorliegender Bauwürdigkeit ist der Rückbau der Halden zur Rohstoffgewinnung empfehlenswert.

Wird allerdings das Inventar metallischer Rohstoffe als zu gering zur Reduktion von Nachhaltigkeitsdefiziten eingeschätzt, so kann auf die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Haldenrückbaus verzichtet werden, denn der Rückbau ist weder unter Rohstoff- noch unter Nachhaltigkeitsaspekten zu empfehlen.

Enthält die Halde wahrscheinlich metallische Rohstoffe und bestehen bezüglich des Haldenrückbaus keine Restriktionen, so ist bei einem Gefährdungspotenzial, dass eine Sanierungsnotwendigkeit auslöst, die durch einen Sanierungsplan resp. eine Sanierungsverfügung der zuständigen Behörde bestätigt ist und den Haldenrückbau als verhältnismäßig ausweist, bei einem Gehalt metallischer Rohstoffe mit dem Potenzial zur Verringerung des Nachhaltigkeitsdefizites, was durch entsprechende Untersuchungen des Metallgehaltes der Halde be-

stätigt ist, der Haldenrückbau zu empfehlen, weil eine ausreichende Synergie zwischen der Metallgewinnung und der Reduktion des Gefährdungspotenzials gegeben ist.

Beide Sachverhalte, zum einen die Gewinnung metallischer Rohstoffe (Haldenwertstoffpotenzial) durch Haldenrückbau, zum anderen die Verringerung des Gefährdungspotenzials infolge Rückbau der Halde sind die substantziellen Kenngrößen des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators.

Neben diesem optimalen Endpunkt der Halden-Status-quo-Beurteilung sind, sowohl vor dem Hintergrund eines nicht verhältnismäßigen Haldenrückbaus als auch bei nicht untersuchtem sowie bei nicht zur Verminderung des Nachhaltigkeitsdefizites ausreichend hohem Metallgehalt, bei vorliegender Sanierungsbedürftigkeit, die durch entsprechende behördliche Festlegungen (Sanierungsplan, Sanierungsverfügung etc.) bestätigt ist, weitere Empfehlungen zur Sanierungsdurchführung im Entscheidungsbaum dokumentiert, die dann allerdings nicht der zusätzlichen Gewinnung metallischer Rohstoffe dienen, sondern auf das klassische Methodenset der Altlastensanierung zurückgreifen.

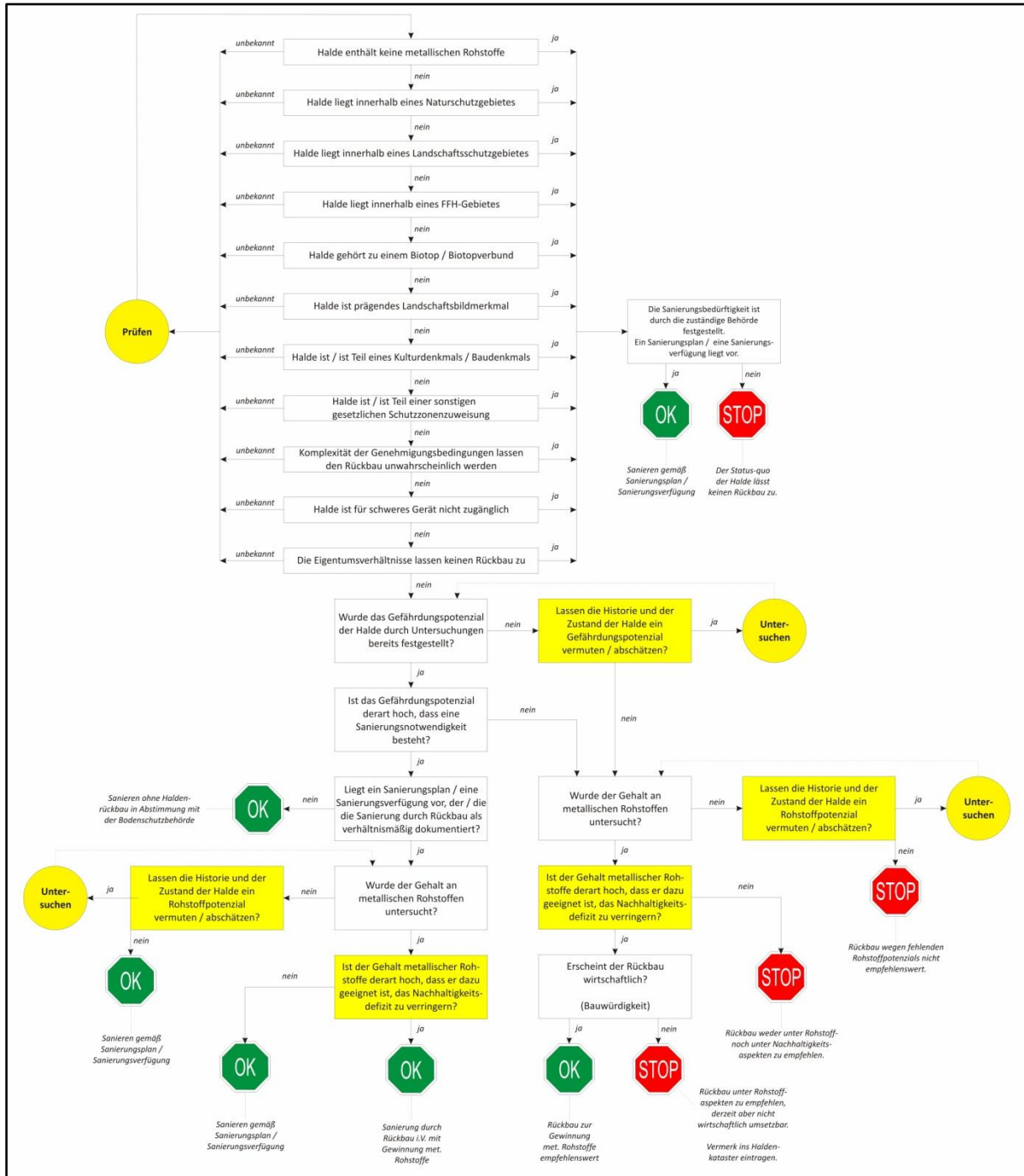


Abb. 6.2: Entscheidungsbaum (vgl. auch Anlage 9)

7. Abschätzung des Gefahrenpotenzials von Bergbauhalden

Neben dem aus dem Haldeninventar metallischer Rohstoffe abzuleitenden Potenzial zur Reduktion der Nachhaltigkeitsdefizite importierter metallischer Rohstoffe ist das durch den Haldenrückbau zu verminderte Gefährdungspotenzial die zweite substantielle Kenngröße des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators. Hierzu ist das Gefährdungspotenzial zu quantifizieren oder zumindest abzuschätzen.

Optimal wäre es, wenn die von den Halden des Erzbergbaus ausgehenden Gefahrensituationen für die jeweils relevanten Schutzgüter gemäß den Vorgaben des Bundesbodenschutzgesetzes sowie der Bodenschutz- und Altlastenverordnung quantitativ aufgrund von Orientierender- und Detailuntersuchung vorliegen würden und die Sanierungsbedürftigkeit als Maximalaussage des Gefährdungspotenzials festgestellt wäre (vgl. Kap. 6, Sanierungsbedürftigkeit wird als Synonym für ein hohes Gefahrenpotenzial in Ansatz gebracht).

Da dieser Sachverhalt nur in den wenigsten Fällen für Bergbauhalden gegeben sein dürfte, was im Übrigen durch das Haldenkonzept des Landkreises Goslar (vgl. Kap. 1) bestätigt wird, ist es für die Systematik des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators erforderlich, dass von den Halden ausgehende Gefährdungspotenzial über allgemeine, einfach zu ermittelnde Merkmale abzuschätzen und einzuordnen.

7.1 Überprüfung der Anwendbarkeit der Beurteilungskriterien gemäß Artikel 20 EU-Mine-Waste-Directive

Die Europäische Union hat am 15. März 2006 die Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die **Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie** und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG erlassen.

Gegenstand dieser Richtlinie ist laut Artikel 1:

„Mit dieser Richtlinie werden Maßnahmen, Verfahren und Leitlinien eingeführt, mit denen die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie verursachte negative Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere auf Wasser, Luft, Boden, Fauna und Flora

und das Landschaftsbild sowie sich daraus ergebende Risiken für die menschliche Gesundheit so weit wie möglich vermieden oder reduziert werden sollen.“

Die Bestandsaufnahme stillgelegter (oder aufgelassener) Abfallentsorgungseinrichtungen ist in Artikel 20 wie folgt geregelt:

„Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass eine Bestandsaufnahme stillgelegter Abfallentsorgungseinrichtungen (einschließlich aufgegebenen Abfallentsorgungseinrichtungen) in ihrem Hoheitsgebiet, die schwerwiegende umweltschädliche Auswirkungen verursachen oder kurz- oder mittelfristig zu einer ernststen Gefahr für die menschliche Gesundheit und die Umwelt werden könnten, durchgeführt und regelmäßig aktualisiert wird. Diese Bestandsaufnahme, die der Öffentlichkeit zugänglich zu machen ist, wird bis zum 1. Mai 2012 erstellt, wobei die in Artikel 21 genannten Verfahren – soweit verfügbar – zu berücksichtigen sind.“

Artikel 21 regelt den Informationsaustausch wie folgt:

„(1) Die Kommission gewährleistet mit Unterstützung des in Artikel 23 genannten Ausschusses, dass zwischen den Mitgliedstaaten ein angemessener Austausch von technischen und wissenschaftlichen Informationen zur Entwicklung von Verfahren hinsichtlich des Folgenden stattfindet:

- a) der Durchführung von Artikel 20;
- b) der Sanierung der in Artikel 20 genannten stillgelegten Abfallentsorgungseinrichtungen, um die Anforderungen nach Artikel 4 zu erfüllen. Diese Verfahren müssen die Entwicklung optimaler Risikobewertungsverfahren und Abhilfemaßnahmen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen geologischen, hydrogeologischen und klimatischen Gegebenheiten in Europa ermöglichen.

(2) Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass die zuständigen Behörden über die Entwicklungen auf dem Gebiet der besten verfügbaren Techniken informiert sind oder danach verfahren.

(3) Die Kommission organisiert zwischen den Mitgliedstaaten und den einschlägigen Organisationen einen Informationsaustausch über die besten verfügbaren Techniken sowie über die entsprechenden Überwachungsmaßnahmen und Entwicklungen. Die Kommission veröffentlicht die Ergebnisse des Informationsaustauschs.“

Die Kommission wird in der Durchführung durch einen Ausschuss (Artikel 23) unterstützt, dessen Befugnisse im Beratungs-, Verwaltungs- und Beteiligungsverfahren nach dem Beschluss des Rates (1999/468/EG) geregelt sind. Wichtig für die Qualität der durchzuführenden Maßnahmen sind die in Artikel 4 festgelegten Allgemeinen Bestimmungen:

„(1) Die Mitgliedstaaten ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass mineralische Abfälle so bewirtschaftet werden, dass die menschliche Gesundheit nicht gefährdet wird und keine potenziell umweltschädlichen Verfahren oder Methoden angewandt werden und dass insbesondere keine Gefährdung von Wasser, Luft, Boden, Fauna und Flora, keine Lärm- oder Geruchsbelästigung und keine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes oder eines Ortes von besonderem Interesse auftritt. Die Mitgliedsstaaten ergreifen ferner die erforderlichen Maßnahmen, um eine unkontrollierte Ablagerung oder Ableitung von mineralischen Abfällen zu verbieten.

(2) Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass der Betreiber alle erforderlichen Maßnahmen ergreift, um etwaige negative Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit infolge der Bewirtschaftung mineralischer Abfälle so weit wie möglich zu vermeiden bzw. zu verringern. Dies umfasst die Überwachung der Abfallentsorgungseinrichtung, auch nach der Stilllegung, sowie die Verhütung schwerer Unfälle aufgrund dieser Einrichtung und die Eindämmung ihrer Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit.

(3) Bei den in Absatz 2 genannten Maßnahmen sind unter anderem die besten verfügbaren Techniken im Hinblick auf die Eigenschaften der Abfallentsorgungseinrichtung, ihres Standorts und der Umweltbedingungen vor Ort heranzuziehen, ohne jedoch den Einsatz einer bestimmten Technik oder Technologie vorzuschreiben.“

Mit den hier aufgeführten Artikeln aus der Richtlinie über die **Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie (in engl. MWD für Mine Waste Directive)** ist der Auftrag für die Mitgliedsstaaten klar umrissen, ein Inventar aller geschlossenen und aufgegebenen Bergwerksstandorte und deren Hinterlassenschaften bis zum 1. Mai 2012 anzufertigen und danach dieses Inventar periodisch zu aktualisieren. Das Inventar sollte die Anforderungen einer risikobasierten Betrachtung erfüllen.

Das Guidance Document der EU für ein Risk-Based Pre-Selection Protocol im Rahmen des Inventory of Closed Waste Facilities

Im Jahr 2011 hat die Inventory of Closed Waste Facilities Ad-hoc Group (AHG), die ein Sub-Committee des Technical Adaptation Committee für die Richtlinie 2006/21/EU ist (Autoren: Gerry Stanley, Gyzoo Jordan and Tamas Hamot with the support of Michel Sponar) ein Guidance Document für ein Risk-Based Pre-Selection Protocol im Rahmen des Inventory of Closed Waste Facilities erarbeitet. Essenz dieser Arbeit ist ein Fließdiagramm für ein Pre-Selection Protocol, das eine Reihe von Fragen zu den Quellen und deren potenzielle Gefährlichkeit der Hinterlassenschaften und Altablagerungen, den Übertragungspfaden und den Rezeptoren stellt. Die aufgelisteten Fragen müssen alle in der nach dem Guidance Document vorgegebenen Reihenfolge für einen vorliegenden Fall von Bergwerksablagerungen abgearbeitet und entweder mit einem klaren Nein oder Ja beantwortet werden können. Für den Fall, dass eine Antwort wegen fehlendem Wissen mit Unbekannt und/oder Ungewiss und nicht eindeutig mit Nein beantwortet werden kann, sind weiterführende und vertiefende Untersuchungen anzustellen, die den Sachverhalt klären.

Das Fließdiagramm 1 (vgl. Abb. 7.1) startet mit der Frage:

1. Bekannte Beeinträchtigung

Ist im Fall einer Bergwerkshinterlassenschaft bekannt, dass ein Vorkommnis eine ernste Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt verursacht hat?

2A. Quelle – Inhalt

Stellen die Hinterlassenschaften des Bergwerkbetriebs eine potenzielle Quelle für Verschmutzungen dar?

2B. Quelle – Stabilität

Ist die Quelle potenziell physisch instabil?

3. Übertragungspfad

Gibt es denkbare Übertragungspfade für mögliche Kontaminationen, die potenzielle Rezeptoren erreichen könnten?

4. Rezeptor

Gibt es bekannte potenzielle Rezeptoren in der Umgebung des Standortes?

Erläuterungen zu den Fragen

Zu 1.

Unter ernststen Beeinträchtigungen sind sowohl ein unvorhergesehener Unfall als auch Verschmutzungen über einen langen Zeitraum zu verstehen. Anlagen können nach einem Schaden saniert werden und Vorkehrungen können getroffen werden, dass derartige Unfälle nicht mehr vorkommen. Die AHG entschied dennoch auch solche Anlagen in das Inventar aufzunehmen, in denen in der Vergangenheit eine ernste Beeinträchtigung bekannt geworden ist.

Zu 2A und 2B.

Hier werden Kriterien zur Bestimmung und Klassifizierung risikoreicher und gefährlicher Abfälle (nach den Richtlinien 91/689/EWG, 67/548/EWG und 1999/45/EG) zu Grunde gelegt. Für die Sicherheit und Stabilität der Anlagen werden Versagen und inkorrekte Bedienung von Anlagen, die zum Zusammenbruch von Halden oder zu Dammbürchen bei Absetzbecken führen könnten und eine ernsthafte Beeinträchtigung der Umwelt darstellen, ins Kalkül gezogen.

Zu 3.

Bei den Übertragungspfaden entschied die AHG die vier prinzipiell zur Evaluierung von Risiken untersuchten Pfade, namentlich Oberflächenwasser, Grundwasser, Luft und direkten Kontakt heranzuziehen.

Zu 4.

Hier sind die möglichen Gefährdungen für die potenziellen Rezeptoren, das sind sowohl Menschen wie auch Ökosysteme, die in der Nachbarschaft der Ablagerungen wohnen bzw. liegen, zu bestimmen.

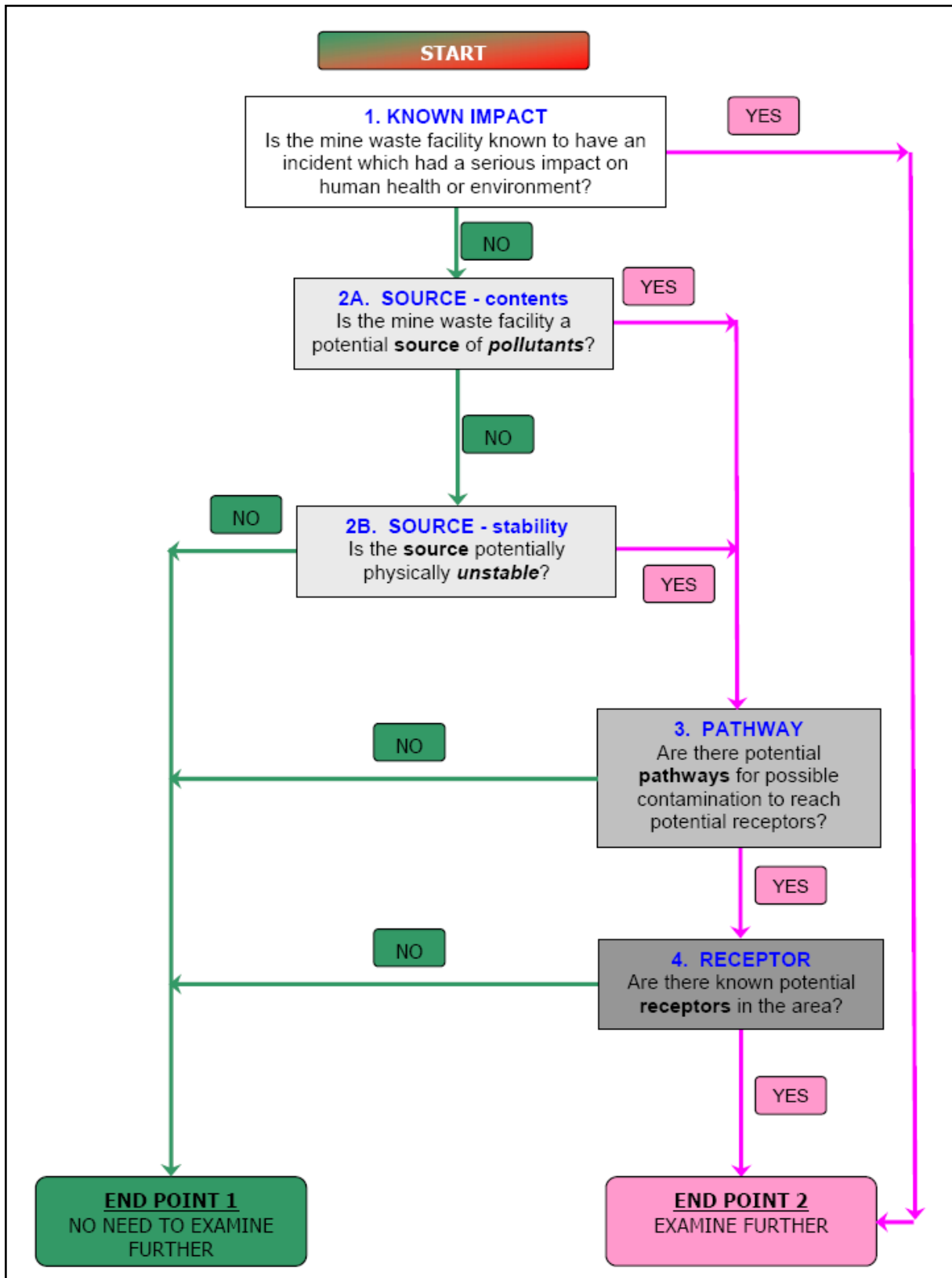


Abb. 7.1: Fließdiagramm 1 (Quelle: EU-Guidance Document, Directive 2006/21/EC)

Sind alle diese vier Eingangsfragen mit einem klaren Nein zu beantworten, besteht keine Notwendigkeit zu weiteren Untersuchungen. Bei Ja oder Unbekannt schließen sich weitere Fragen und detailliertere Untersuchungen an. Das anschließende Fließdiagramm 2 zu den Quellen ist nachfolgend abgebildet (vgl. Abb. 7.2).

Zur Frage 2A. **Inhalte der Quelle** sind das:

- (Q2) 2A1. Arbeitete das Bergwerk mit schwefelhaltigen Mineralien oder produzierte es Abfall, der schwefelhaltige Mineralien enthält?
- (Q3) 2A2. Wurden irgendwelche der folgenden Stoffe aus den gefördert Mineralien hergestellt: Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, U, V, Zn oder Asbest?
- (Q4) 2A3. Benutzte das Bergwerk gefährliche Chemikalien zur Aufbereitung der geförderten Mineralien?

Erläuterungen zu den Fragen

Zu 2A1.

Schwefelhaltige Mineralien werden deshalb abgefragt, weil sie das Potenzial besitzen, saure Minenabwässer hervorzubringen mit begleitender Auswaschung und Transport von Schwermetallen, von denen viele gesundheitsgefährdend und umweltschädlich sein können.

Zu 2A2. und 2A3.

Unter Rückgriff auf die Richtlinie über gefährliche Abfälle sind eine Reihe chemischer Elemente und deren Verbindungen abgefragt, die, wenn sie anzutreffen sind und oberhalb bestimmter Schwellenwerte liegen, es anzeigen, diese Bergwerksstandorte in die Kategorie A (höchste Stufe für gefährliche Abfälle) einzugruppieren. Aufgeführt sind: Silber (Ag), Arsen (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Nickel (Ni), Blei (Pb), Antimon (Sb), Selen (Se), Zinn (Sn), Tellur (Te), Thallium(Tl), Uran (U), Vanadium (V) und Zink (Zn). In diesem Zusammenhang wird nicht abgefragt, ob die abgebauten Erze diese Elemente enthalten, was in gewissen Spuren immer der Fall und der Normalzustand ist. Gefragt wird, ob diese speziellen Substanzen durch den Bergwerksbetrieb hergestellt wurden. Konsequenterweise schließt als nächste Frage an, ob beim Aufbereitungs- und Herstellungsprozess für bestimmte Substanzen gefährliche Substanzen verwendet wurden.

Zur Frage 2B. **Sicherheit und Stabilität der Quelle** sind das:

(Q5) 2B1. Ist die Abfallablagerung ein Absetzbecken (Schlammteich) für Rückstände oder eine Abraumhalde?

Für **Absetzbecken** gibt es folgende weitere Fragen:

(Q6) 2B2. Ist die Fläche des Absetzbeckens für Rückstände $> 10.000 \text{ m}^2$?

(Q7) 2B3. Ist die Höhe des Absetzbeckens für Rückstände $> 4 \text{ m}$ innerhalb eines Abstands von 50 m zur Anlage?

Für **Abraumhalden** gibt es folgende weitere Fragen:

(Q8) 2B4. Ist die Fläche der Abraumhalde $> 10.000 \text{ m}^2$?

(Q9) 2B5. Ist die Höhe der Abraumhalde $> 20 \text{ m}$?

(Q10) 2B6. Ist die Böschung der Anlage $> 1:12$?

Erläuterungen zu den Fragen

Zu 2B1

Zunächst wird hier die Frage gestellt, ob es sich bei der potenziellen Schadstoffquelle, deren Sicherheit und Stabilität beurteilt wird, um einen Schlammteich (Absetzbecken) für Aufbereitungsrückstände oder eine Abraumhalde handelt.

Zu 2B2. und 2B4.

Für beide Fälle wird zunächst die Größe der Ablagerung abgefragt mit einem angenommen Flächenwert von größer oder kleiner 10.000 m^2 (1ha). Je größer die Ablagerung umso ernster ist die Beeinträchtigung für Mensch und Umwelt, sollte es zu einem Unfall kommen. Die Flächengröße ist aber willkürlich mit einem ha angenommen. Andere Richtwerte können vereinbart werden.

Zu 2B3.

Ablagerungsflächen die höher als das umliegende Gelände liegen sind potenziell im Fall eines Unfalls oder technischen Versagens gefährlicher als Ablagerungsflächen, die tiefer als das umliegende Gelände liegen. Der hier vorgegebene Grenzwert beruht auf den Vorgaben in Irland im Zusammenhang mit Schotter und Kiesablagerungen für den Betrieb von Steinbrüchen und Kiesgruben.

Zu 2B5. Und 2B6.

Die Höhe von Abraumhalden kleiner oder größer 20 m Höhe und mit einem Böschungsverhältnis von $1:12$, was einem ungefähren Böschungswinkel von 5° entspricht, sind ebenfalls Vorgaben, die den irischen Grenzwerten für die Ablagerung von Schotter und Kies für den sicheren Betrieb von Steinbrüchen und Kiesgruben folgen.

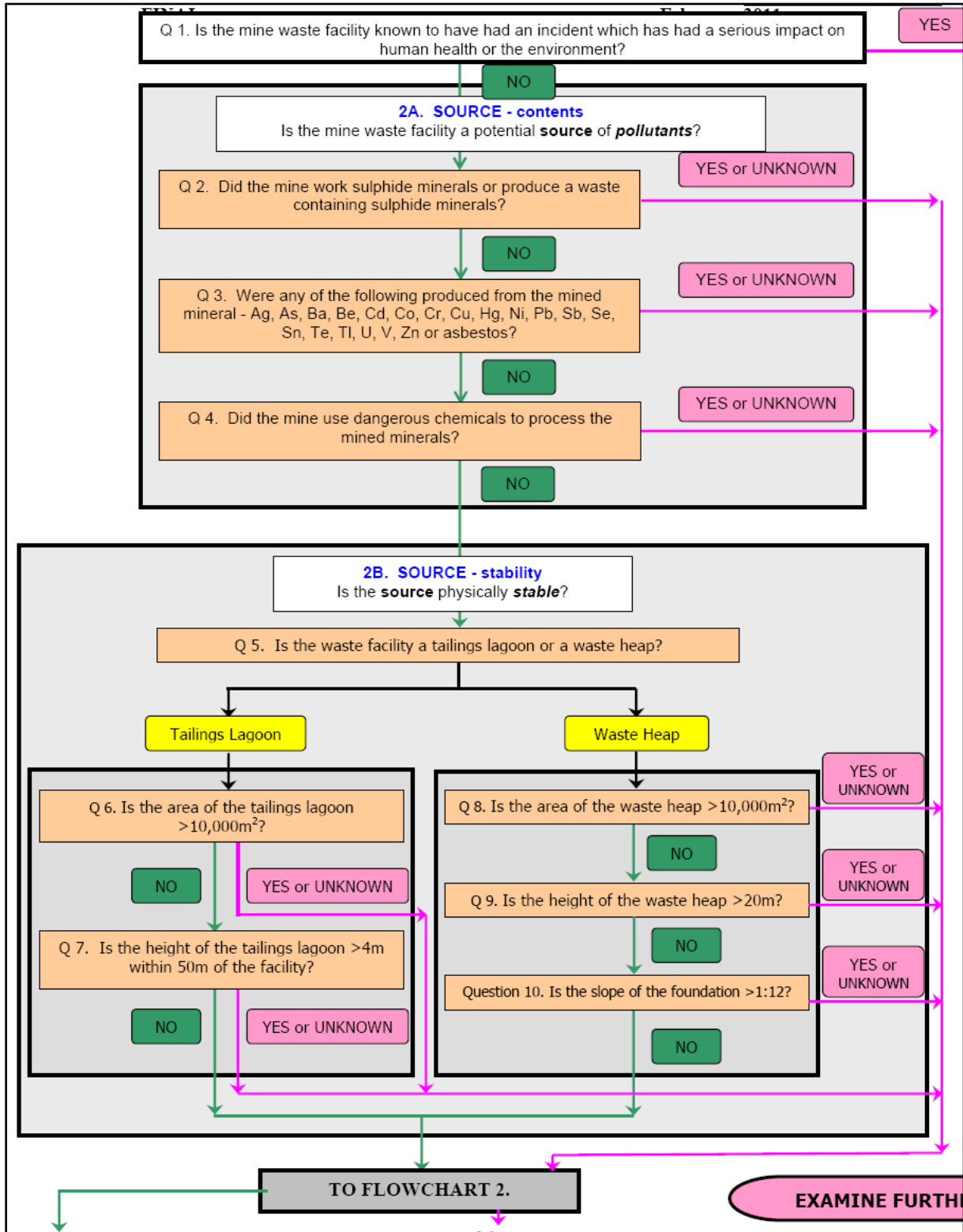


Abb. 7.2: Fließdiagramm 2 (Quelle: EU-Guidance Document, Directive 2006/21/EC)

Das anschließende Fließdiagramm 3 für die Übertragungspfade und die Rezeptoren ist nachfolgend abgebildet (vgl. Abb. 7.3).

Zur Frage 3. **Übertragungspfade** sind das für:

- (Q11) 3.1 Oberflächenwasser: Gibt es einen Wasserlauf innerhalb von 1 km des Abraumstandortes?
- (Q12) 3.2 Grundwasser: Gibt es eine hoch durchlässige Schicht unterhalb des Abraumstandortes?
- (Q13) 3.3 Luft: Ist das Material innerhalb des Abraumstandortes dem Wind ausgesetzt?
- (Q14) 3.4 Direktkontakt: Ist der Abraumstandort unbedeckt?

Erläuterungen zu den Fragen

Zu 3.1

Die hierzu notwendigen Informationen lassen sich in der Regel aus den topographischen Karten, die es in jedem Land der EG in ausreichend guter Qualität gibt, ablesen.

Zu 3.2

Bei dieser Frage geht es um Auswaschungen und Sickerwässer, die aus dem Bergwerksstandort austreten und potenziell das Grundwasser verunreinigen können. Technische Maßnahmen wie Dämme und Mauern können das Problem eingrenzen. Als undurchlässig gelten künstliche Abdeckungen aus Ton oder natürliche Barrieren wie z.B. eine 10 Meter dicke undurchlässige Schicht aus Geschiebemergel.

Zu 3.3 und 3.4

In Bezug auf eine Windverdriftung von Schadstoffen ist zu ermitteln, ob und in welchem Maß die Abraumhalde dem Angriff des Windes ausgesetzt ist. Bezogen auf den direkten Kontakt ist die Hauptfrage, ob die Bergwerksrückstände abgedeckt sind oder offen zu Tage liegen und Menschen und andere Lebewesen in direkten Kontakt mit den schädlichen Substanzen kommen können.

Zur Frage 4. **Rezeptoren** sind das:

- (Q15) 4.1 Gibt es eine menschliche Siedlung mit mehr als 100 Einwohnern innerhalb von 1 km zum Abraumstandort?
- (Q16) 4.2 Liegt der Abraumstandort innerhalb 1 km zu einem Wasserkörper, der in einem weniger als guten Zustand ist?
- (Q17) 4.3 Gibt es einen Natura 2000 Standort innerhalb 1 km zur Abraumanlage?
- (Q18) 4.4 Liegt die Abraumanlage innerhalb 1 km zu ackerbaulich genutztem Land oder zu Viehbeständen?

Erläuterungen zu den Fragen

Zu 4.1

Menschliche Siedlungen sind ein klares Anzeichen für die Anwesenheit von Einwohnern in der Gegend. Je mehr Menschen das sind umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass jemand über einen der vier Übertragungspfade in Kontakt mit den Abraummaterialien kommt. Die Zahl 100 ist willkürlich aber plausibel gewählt. Die Daten lassen sich über die örtlichen Behörden ermitteln oder über Luftbilder und die für jedes Land bekannten statistischen Daten von Bewohner pro Haus ermitteln.

Zu 4.2

Diese Frage setzt voraus, dass der Qualitätszustand von Wasserflächen in der Nachbarschaft von 1 km zum Ablagerungsstandort bekannt ist. Wenn er nicht von guter oder ausgezeichneter Qualität ist, muss die Ursache für diesen Zustand ermittelt und ausgeschlossen werden, dass der schlechte Zustand des Gewässers nichts mit der Ablagerung von Abraum oder anderen Bergwerkshinterlassenschaften zu tun hat.

Zu 4.3

Natura 2000 Standorte sind durch Gesetze und Verordnungen geschützt. Natura 2000 spannt ein Netzwerk von wichtigen ökologisch wertvollen Standorten über die gesamte Europäische Union. Natura 2000 umfasst Special Protection Areas (SPAs) gemäß der EU-Habitat Richtlinie 92/43/EWG und Special Areas of Conservations (SACs) nach der Vogelschutz Richtlinie 79/409/EWG. Die Frage muss klären, ob Natura 2000 Gebiete innerhalb eines Radius von 1 km zum Ablagerungsstandort liegen.

Zu 4.4

Ackerbaulich Tätigkeit ist ein wichtiger Beschäftigungszweig in jedem Land der europäischen Union. Ackerbau bezieht sich hier auf den Anbau von Pflanzen und die Haltung von Nutztieren gleichermaßen. Ackerbauliche Tätigkeiten können durch Verschmutzungen, die durch Abraumablagerungen verursacht werden, stark beeinflusst werden. Von daher ist es wichtig festzustellen, ob Ackerbau in der Nachbarschaft von 1 km zu einem Ablagerungsstandort betrieben wird.

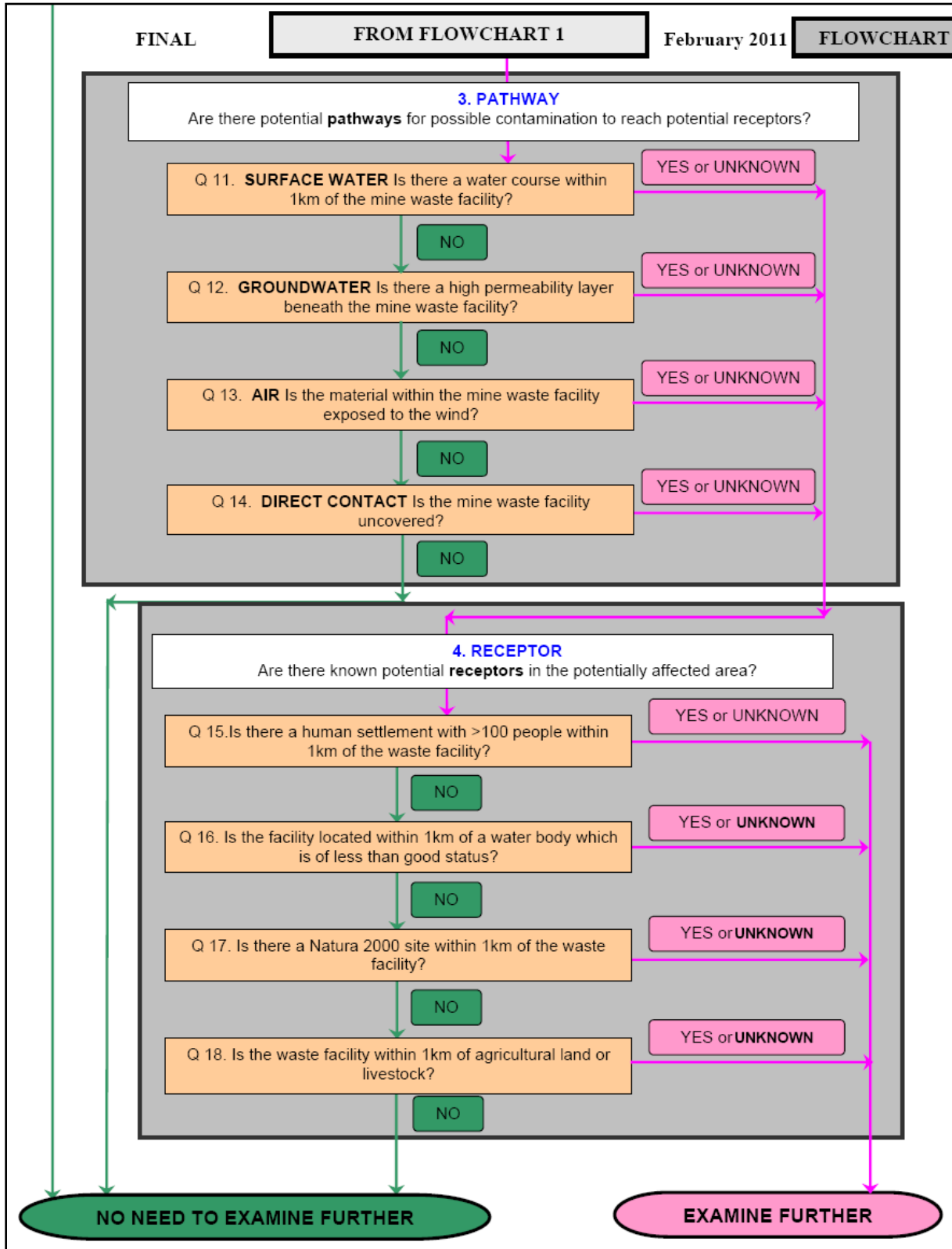


Abb. 7.3: Fließdiagramm 3 (Quelle: EU-Guidance Document, Directive 2006/21/EC)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit dem Guidance Document eine klare Gliederung und Reihenfolge der Verfahrensschritte vorgelegt wird, die es ermöglicht, systematisch strukturiert die Anforderungen, die sich für geschlossene und aufgegebene Bergwerksstandorte und deren Hinterlassenschaften aus der Richtlinie zur Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie (Mining Waste Directive) ergeben, abzuarbeiten und zu erfüllen.

Für die Abschätzung des Gefährdungspotenzials von Bergehalden liefert das Guidance Document erste Hinweise, im Wesentlichen:

- Bekannte Unfälle und Umweltbelastungen
- Verwendung schwefelhaltiger Mineralien
- Art der hergestellten Metalle
- Einsatz gefährlicher Aufbereitungschemikalien
- Fläche, Höhe und Böschungswinkel der Halde
- Nähe zu Oberflächengewässern
- Grundwasserrelevanz
- Windexposition
- Direktkontaktmöglichkeit, Begrünung / Bedeckung der Halde
- Siedlungsnähe
- Nähe zu Natura-2000-Standorten
- Nähe zu Landwirtschaftsflächen

Da die genannten Merkmale des Gefährdungspotenzials eine gewisse Übereinstimmung zu den Bewertungskriterien des Niedersächsischen Erstbewertungsverfahrens aufweisen, das, obwohl nicht explizit dokumentiert, auch Basis des Haldenkonzeptes des Landkreises Goslar gewesen ist, wird nachfolgend in einem knappen Exkurs das Niedersächsische Erstbewertungsverfahren skizziert.

Das Niedersächsische Verfahren zur Erstbewertung bei Beweisniveau 1

Die Erstbewertung der in Niedersachsen erfassten Altablagerungen erfolgt in den zwei Schritten

- formale Erstbewertung (ADV-gestützt) durch die Landesarbeitsgruppe Altlasten sowie darauf aufbauende
- Erstbewertung auf Beweisniveau 1 (alle verfügbaren Unterlagen und Informationen sind ausgewertet; Erfassungsphase ist abgeschlossen; gezielte Nachermittlung wurde durchgeführt) durch Regionale Bewertungskommissionen.

Die Erstbewertung auf Beweisniveau 1 dient dem Ziel, die regionale Prioritätenliste sowie die regionale Warteliste aufzustellen. Die Bewertung erfolgt, vergleichbar dem Bewertungsansatz der formalen Erstbewertung, über ein Punktesystem, das jeder Altablagerung in fünf Schritten eine Punktzahl zwischen 0 und 100 zuordnet. Hauptbezugsgrundlage des Bewertungsverfahrens ist der Grundwasserschutz; die Bewertung der Altablagerung als Emissionsquelle mit Gefahrenpotenzialen für die öffentliche Trinkwasserversorgung wird deshalb mit besonderem Gewicht vorgenommen. Die Bewertung wird in den folgenden fünf Schritten durchgeführt (vgl. auch nachfolgende Abbildung):

1. Bewertung des Schadstoffpotenzials differenziert nach Abfallarten und Volumenklassen (Bewertungsziffer M1). Hierbei erfolgt die Bewertung nicht nach der kritischsten Abfallart, sondern nach der Hauptabfallart und ihrem Volumen; den bekannten oder vermuteten Sonderabfalleinlagerungen kann durch Zuschläge (Sonderabfall I: +5 Punkte; Sonderabfall II: +10 Punkte; Sonderabfall in unüblich hoher Menge: +15 Punkte) Rechnung getragen werden. Daneben besteht bei Altablagerungen, für die unüblich hohe Sonderabfallmengen als wahrscheinlich gelten, die Möglichkeit, von der kritischsten auszugehen und Abminderungen vorzunehmen, wobei allerdings die maßgebliche Punktzahl der Hauptabfallart nicht unterschritten werden darf.
2. Bewertung der Ausbreitungsbedingungen (Bewertungsziffer M2) über drei Durchlässigkeitsstufen und vier Klassen der Sohlage der Altablagerungen bezogen auf den Grundwasserleiter.
3. Differenzierte Bewertung der Lage zu Trinkwassergewinnungsanlagen (Bewertungsziffern A1 - A4), wobei neben der Entfernung zu den Fassungsanlagen auch die hydrogeologische Situation maßgebend ist.

Die Bewertung der Ausbreitungsbedingungen sowie die Bewertung der Lage zu Trinkwasserfassungen werden additiv verknüpft und auf eine maximale Punktzahl von $M2 + \max. \leq 35$ begrenzt.

4. Bewertung der durch die Altablagerung betroffenen Flächennutzungen (Bewertungsteilzahlen B1 - B3), wobei nach Nutzungssensibilität unterschieden wird und wegen eventueller Gasmigration ein maximaler Entfernungsbereich von 100 m Berücksichtigung findet. Die Gesamtpunktzahl aus den Teilbewertungen M2, A und B wird auf maximal 40 Punkte limitiert.
5. Bewertung der Lage zur Vorflut (Bewertungsteilzahl C) über Entfernungsklassen und Gebietstypen.

Die Gesamtbewertungszahl aus den fünf Bewertungsschritten wird durch Addition gebildet. Bei Flächen mit Bewertungszahlen zwischen 40 und 100 ergibt sich ein weiterer Erkundungsbedarf, wobei ab 60 Bewertungspunkten Vorrang (Regionale Prioritätenliste) besteht. In der Gesamtschau bietet das Niedersächsische Verfahren einen guten Ansatz zur vergleichenden Beurteilung von Altablagerungen.

Das Niedersächsische Verfahren zur Erstbewertung bei Beweisniveau 1 - Fortsetzung -

Gefährdungsklasse / Volumenklasse [m ³]	Boden- aushub	Bau- schutt	Hausmüll >30 a	Hausmüll < 30 a	Sonder- abfall I	Sonder- abfall II		Erstbewertung	
								min.	max.
0 - 1.000	0	5	10	15	35	45	M1	M1	...
1.000 - 5.000	1	7	14	19	37	47			
5.000 - 10.000	2	10	18	23	39	49			
10.000 - 20.000	3	13	22	27	41	51			
20.000 - 50.000	4	15	26	31	43	53			
50.000 - 100.000	5	17	29	34	45	55			
100.000 - 500.000	5	19	32	37	47	55			
> 500.000	5	20	35	40	49	55			

Durchlässigkeitsstufe / Sohlage	2 kf < 10 ⁶	1 10 ⁷ > kf > 10 ⁶	0 kf > 10 ⁷	
Sohle mehr als 10 m über GW	0	4	8	M2
Sohle 2 bis 10 m über GW	1	5	10	
Sohle 0 bis 2 m über GW	3	8	13	
Sohle unter GW	9	12	15	

M2 + max. A ≤ 35

Trinkwassergewinnungsanlagen / Lagekriterien		außerhalb Zone III	Zone III B	Zone III A	Zone I und II	
Altablagerung in Barrierege- stein oberhalb Aquifer	B	0	5	10	15	A1
Altablagerung u. Brunnen in getrennten Aquiferen ohne hydraulischen Kontakt	O	0	5	10	15	A2
Altablagerung u. Brunnen in getrennten Aquiferen mit hydraulischem Kontakt	M	5	15	25	25	A3
Altablagerung und Brunnen im selben Aquifer	D	12	20	25	25	A4

M2 + max. A + B ≤ 40

Nutzung / Lage	Wohnbebauung, Kleingär- ten, Spielplätze, Landwirt- schaftliche Nutzung	Freizeitgelände, Gewerbe, Industrie	Verkehrswege und -flächen	
auf der Altablagerung	25	20	10	B1
angrenzend (bis 20 m)	20	10	5	B2
bis 100 m entfernt	10	5	0	B3

	> 1.000 m	bis 1.000 m	bis 500 m	inner- halb	
Überschwemmungsgebiet	0	0	0	5	C1
Vorfluter	0	0	2	5	C2
Natur- und Landschaftsschutzge- biet	0	0	0	5	C3

max. C

...	...
***	***
Bewertungs- zahl	

Eine Modifikation des Niedersächsischen Bewertungsverfahrens ist mit einer Differenzierung in die Expositionspfade „Boden / Mensch“, „Boden / Pflanze / Tiere“ und „Boden / Grundwasser“ in Abbildung 7.4 dargestellt. Eine Unterscheidung nach der Art der abgelagerten Materialien ist nicht enthalten sondern für die Anwendung auf die Erzbergbauhalden des Westharzes wird für die Grundwasserrelevanz nach Volumen, Flächengröße und Intensität der Prüfwertüberschreitung bewertet.

Obwohl dieses modifizierte Bewertungsraster offensichtlich für die Beurteilung der Halden des Westharzes entwickelt wurde, liegt im Haldenkonzept für keine der Halden ein entsprechendes, differenziertes Bewertungsresultat vor. Lediglich die nach Standortgruppen strukturierten Listen der Halden im Haldenkonzept sowie einzelne detaillierte Haldenexposes enthalten Hinweise auf singuläre Untersuchungen und belegen durch entsprechende Markierungen die Notwendigkeit nach Expositionspfaden zu unterscheiden.

<input type="checkbox"/> Verdachtsfläche	<input type="checkbox"/> Altlastverdächtige Fläche	Bearbeitungsstand: 28.07.1999										
WPF I = A x B x (C oder D) Pfad: Boden - Mensch												
Nutzungsform	Ausgangspunktzahl ¹	B1 ganz/telw. unbedeckt	B2 lockerer Bewuchs	B3 direkter Einfluss dichter Bewuchs	B4 Versiegt	C1 hoch ->Stach Prüfwert	C2 mittel ->Prüfwert	C3 gering ->Prüfwert	D1 hoch	D2 mittel	D3 gering	Σ
Spielfläche	10											Spanne
Wohnen/Gärten	8											15-100
Freizeit	5	5	4	3	0	2	1	0	2	1	0,5	12-80
Industrie/Gewerbe	4											7,5-50(80)
Freizeit geringe Frequenz	2											6-40(70)
Keine regelmäßige Exposition	1											3-20(50)
												1,5-10(40)
¹ bei indirektem Einfluss auf benachbarte Flächen wird 30% der Ausgangspunktzahl der sensiblen betroffenen Nutzung addiert. Dies gilt nicht für Spielplätze und Wohn/Gartenflächen. ² Basis der Gefährdungsklassierung ist der Branchenatlas zur historischen Erhebung von Altstandorten der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg bzw. der Abfallartenkatalog nach Altlastenhandbuch Niedersachsen												
WPF II = A x B x (C oder D) Pfad: Boden - Pflanze/Tier												
Nutzungsform	Ausgangspunktzahl	B1 >10ha	B2 1 bis 10 ha	B3 <1ha	C1 hoch ->Stach Prüfwert	C2 mittel ->Prüfwert	C3 gering ->Prüfwert	D1 hoch	D2 mittel	D3 gering	Σ	
gewerblicher Gartenbau	5										Spanne	
Ackerbau	4	10	5	2	2	1	0	2	1	0,5	5-100	
Grünland	3										4-50	
Kleingartenanlagen/Nutzgarten	3										3-50	
¹ Die Bewertung nach D gilt nur, wenn keine Konzentrationen bekannt sind. Datenbasis bildet die Extrapolation von Elutedaten des Bodenschadstoffkatalogs.												
WPF III = S 1 + S 2 + S 3 + S 4 Pfad: Boden - Grundwasser												
S1 = A x (B oder C)		A	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Σ	S4		
Volumenklasse (m ³)	Flächen- ⁴ größe in ha	Ausgangspunktzahl	hoch ->Stach Prüfwert	mittel ->Prüfwert	gering ->Prüfwert	hoch	mittel	gering	Spanne	Lage	Summe	
< 1.000	< 0,1	2	2	1	0	2	1	0,5	1-4	A	5	
1.000 - 10.000	0,1 - 1	5	2	1	0	2	1	0,5	2,5-10	B	5	
10.000 - 100.000	1 - 10	10	2	1	0	2	1	0,5	5-20	A - im Überschwemmungsgeb. B - Vorfluter bis 50m		
100.000 - 1.000.000	10 - 100	20	2	1	0	2	1	0,5	10-40			
> 1.000.000	> 100	30	2	1	0	2	1	0,5	15-60			
⁴ Die Flächenberechnung wird nur angewandt, wenn keine Volumenberechnung möglich ist. Es wird dann von einer Schadstoffverteilung bis 1 m unter GOK ausgegangen.												
S2 ¹				S2a ⁵				S3				
Sohlage		Durchlässigkeitstufe		Grundwasser- geföhrdung (Schätzung) ⁶		GW-Neubildungsrate		mit hydraulischem Kontakt ⁷		ohne hydraulischen Kontakt		
gering K _t < 10 ⁻⁹	mittel 10 ⁻⁴ > K _t > 10 ⁻⁴	hoch K _t > 10 ⁻⁴	Spanne	gering	mittel	gering	mittel	gering	Zone I ⁸	Zone II ⁹	Zone III ¹⁰	
>10m ü. GW	0	4	0-3	0	4	0	4	0-5	20	10	10-20	
2-10m ü. GW	1	5	1-3	1	5	1	5	10	15	10	10-15	
2-5 m ü. GW	2	6	2-11	2	6	2	6	11	10	5	5-10	
0-2m ü. GW	3	8	3-13	3	8	3	8	15	10	5	5-10	
=GW	3	12	3-15	3	12	3	12	15	10	5	5-10	
¹ Die Bewertung nach S2a wird nur dann auf Grundlage der geowissenschaftlichen Karte des Naturraumpotentials Niedersachsen "Grundwasser" durchgeführt, wenn keine Angaben zum K _t -Wert bzw. Grundwasserflurabstand vorhanden sind. ⁵ Schätzung der Grundwasserüberdeckung auf Grundlage der unter ⁴ genannten Übersichtskarte ⁶ Gesamtwert = WPF I+WPF II+WPF III												

Abb. 7.4: Modifiziertes Erstbewertungssystem

7.2 Bewertungsraster zur Abschätzung des Gefahrenpotenzials

Vor dem Hintergrund, dass für den Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator als zweite Kenngröße der Bewertung eine Abschätzung der von den Halden potenziell ausgelösten Gefahren erforderlich ist, wird im Folgenden ein Bewertungsraster (vgl. Tab. 7.1) strukturiert, das über zehn Kriterien sowie zugeordnete verbale Beschreibungen der Gefahrensituation eine systematische Grobbewertung eröffnet und quantitative Bewertungspunkte zwischen „hohem Gefährdungspotenzial“, entsprechend fünf Bewertungspunkten, „mittlerem Gefährdungspotenzial“ mit drei Bewertungspunkten sowie „niedrigem Gefährdungspotenzial“, entsprechend einem Bewertungspunkt vorgibt. Zu den jeweiligen Kriterien des Gefährdungspotenzials werden gemäß der jeweiligen Differenzierung in „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ relativ allgemein formulierte Haldenspezifika angegeben, die im Regelfall ohne konkrete Untersuchung des Haldenzustandes und des Haldenmaterials eingeordnet werden können. Historische Informationen, kartografische Angaben, Anwohnerbefragungen und Begehungen der Halden sollten in der Regel ausreichen, die begründete Zuordnung vorzunehmen.

Als besonders wichtiges Kriterium wird die „Sanierungsbedürftigkeit“ hinterfragt, weil eine behördlich festgestellte Sanierungsnotwendigkeit, die durch den Haldenrückbau umgesetzt werden könnte, auch eine entscheidende Kenngröße (entscheidungsleitende Frage) in der Status-Quo-Bewertung des Entscheidungsbaums (vgl. Kap. 6) darstellt. Ist die Sanierungsbedürftigkeit definitiv nach den Vorgaben des Bodenschutzrechtes festgestellt, kann von einem hohen Gefährdungspotenzial ausgegangen und eine numerische Beurteilung mit fünf Bewertungspunkten vorgenommen werden. In diesem Fall, der eindeutig die von der Halde ausgehende Gefahrensituation beschreibt, kann die Berücksichtigung der weiteren in Tabelle 7.1 dargestellten Beurteilungskriterien entfallen, denn eine höhere Gefährdungspotenzialbewertung ist nicht möglich.

In allen anderen Fällen, auch dann, wenn die Beurteilung der Sanierungsbedürftigkeit lediglich Sicherungsmaßnahmen oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen umfasst, ist es erforderlich, die weiteren neun Beurteilungskriterien zu betrachten, um aus den einzelnen Einordnungen die Gesamtbewertung des Haldengefährdungspotenzials zu ermitteln; allerdings können insgesamt auch weniger als zehn Kriterien benutzt werden.

Tabelle 7.1: Bewertungsraster zur Einschätzung und Quantifizierung des Haldengefährdungspotenzials

Kriterium	Gefährdungspotenzial		
	Hoch (Bewertungspunkte 5)	Mittel (Bewertungspunkte 3)	Niedrig (Bewertungspunkte 1)
Sanierungsbedürftigkeit	Behördlich durch detaillierte Untersuchung festgestellt und durch Sanierungsplan / Sanierungsverfügung belegt	Sicherungsmaßnahmen erforderlich	Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich
Grundwasserrelevanz	Halde unbegrünt, keine Krustenbildung vorhanden, hohe Durchlässigkeit des Haldenmaterials ($k_f > 10^{-4}$), Abstand Haldensohle zum Grundwasserleiter gering (< 1 m), Sickerwasserbildung hoch (Interzeption gering, Infiltration hoch)	Halde zu etwa 50 % begrünt, Krustenbildung feststellbar, mittlere Durchlässigkeit des Haldenmaterials ($10^{-4} > k_f > 10^{-5}$), Abstand Haldensohle zum Grundwasserleiter 1 bis 5 m), Sickerwasserbildung mäßig (Interzeption hoch bis mittel, Infiltration mittel bis hoch)	Halde weitestgehend durch Bäume, Büsche, etc. begrünt, ausgeprägte Krustenbildung, niedrige Durchlässigkeit ($k_f < 10^{-5}$), mehr als 5 m Aquiferabstand, Sickerwasserbildung gering (Interzeption hoch, Infiltration gering)
Oberflächengewässergefährdung	Kegelhalde in direkter Nähe zum Fließgewässer, Oberflächenabfluss hoch, Wassererosionsrinnen sichtbar, starke Hangneigung, Hangflächen wenig begrünt	Halde mit unregelmäßiger Ober- und Flankenflächen, Flankenflächen mit mittlerer Begrünung, moderate Hangneigung, großer Abstand zum nächsten Fließgewässer	Plateauhalde mit weitestgehender Begrünung, sehr geringe Hangneigung, sehr großer Abstand zum nächsten Fließgewässer, keine Wassererosionsrinnen
Standsicherheit	Rutschungen von Haldenmaterial deutlich erkennbar, große Risse im Haldenkörper, Ansiedlung von Pflanzen und Bodenbildung durch Hangabwärtsbewegungen von Haldenmaterial behindert	Rutschungen von Haldenmaterial relativ selten, homogene Oberflächenstruktur ohne große Rissbildungen, Pflanzenbewuchs an den Flanken vorhanden	keine Rutschungen von Haldenmaterial sichtbar, keine Rissbildung, dichter Pflanzenbewuchs
Volumen / Fläche	Volumen: $> 100.000 \text{ m}^3$ Fläche: $> 10 \text{ ha}$	Volumen: $10.000 - 100.000 \text{ m}^3$ Fläche: $1 - 10 \text{ ha}$	Volumen: $< 10.000 \text{ m}^3$ Fläche: $< 1 \text{ ha}$
Vorfluter- und Wasserschutzzonelage	Vorfluterabstand < 50 m, Lage im Überschwemmungsgebiet, Lage in Wasserschutzzone I oder II	Vorfluterabstand $50 - 100$ m, Lage außerhalb Überschwemmungsgebiet, Lage in Wasserschutzzone III	Vorfluterabstand > 100 m, Lage außerhalb von Wasserschutzzonen
Siedlungsnähe	Halde in geringer Entfernung zu Siedlungen, Halde wird für Freizeittätigkeiten genutzt, Exposition von Nutzern durch Inhalation wahrscheinlich	Halde in mittlerer Entfernung zu Siedlungsgebieten, Freizeitnutzung nicht auszuschließen, Exposition von Nutzern möglich	Halde in großer Entfernung zu Siedlungsgebieten, keine Freizeitnutzung erkennbar, Exposition „Boden / Mensch“ unwahrscheinlich
Gefahrenpotenzial des Haldeninventars	Sauerwasserbildung infolge sulfidischer Erze zu erwarten, Sickerwasseraustritt am Haldenfuß erkennbar, humantoxische Schwermetalle mit Gehalten oberhalb der Prüfwerte wahrscheinlich, Haldeninhalte aus Taubgestein und Aufbereitungsrückständen	Sauerwasserbildung, Sickerwassersituation, Schwermetallgehalt unklar, Haldenzusammensetzung unklar	keine Sauerwasserbildung, keine Sickerwasseraustritte, humantoxische Schwermetalle unwahrscheinlich oder nur im Bereich der Vorsorgewerte resp. der regionalen Hintergrundbelastung, Haldeninhalte vorwiegend Taubgestein
Exposition der Haldenumgebung	Metallanreicherungen in den Bachsedimenten des Umfeldes nachgewiesen, Bodenbelastung durch diffuse Verfrachtung von Feinanteilen wahrscheinlich, Massenverlagerungen infolge nicht ausreichender Haldenstandfestigkeit erkennbar	Metallanreicherung in Bachsedimenten, Umgebungsbodenbelastung und Massenverlagerung nicht unwahrscheinlich	keine Metallanreicherung in Bachsedimenten, Umgebungsbodenbelastung durch diffuse Verfrachtung ausgeschlossen, da Windexposition gering, Haldenoberfläche weist kaum freiliegende Feinanteile auf, keine Massenverlagerung erkennbar
Haldenhomogenität	stark inhomogene Haldenstruktur, problematische Fremdmaterialien (Abfälle) / organische Substanzen enthalten	geschichteter Haldenkörper, relativ homogen, geringer Anteil kritischer Fremdmaterialien	Haldenstruktur sehr homogen, nur Materialien aus der Erzförderung / Erzgewinnung, keine sonstigen Abfälle erkennbar

Für das Kriterium „Grundwasserrelevanz“ spielen der Pflanzenbestand (Begrünung), die Krustenbildung an der Haldenoberfläche, die Durchlässigkeit des Haldenkörpers, der Aquiferabstand der Haldensole und die Sickerwasserbildung die zentrale Rolle. In Abhängigkeit der in Tabelle 7.1 gelisteten Ausprägungen ist die Zuordnung zur Gefährdungspotenzialhöhe in Form von Bewertungspunkten möglich.

Die „Oberflächengewässergefährdung“ umfasst Abfragen zur Haldenform, zum Oberflächenabfluss, zur Begrünung der Hangflächen und zur Frage, ob Wassererosionsrinnen sichtbar sind sowie die Nähe zum nächsten Fließgewässer. Sollte aus vorliegenden oder erhebaren Informationen die Einordnung nach der Gefährdungspotenzialhöhe nicht eindeutig abgeleitet werden können, ist es anzuraten, die jeweils höhere Gefährdungsstufe auszuweisen, was nicht nur für das Kriterium „Oberflächengewässergefährdung“ gilt, sondern gleichermaßen für die verbale Bewertung der anderen Kriterien.

Das Kriterium „Standsicherheit“ hinterfragt, ob Rutschungen von Haldenmaterial sichtbar sind, Rissbildungen bereits erkennbar sind und die Pflanzenansiedlung sowie die Bodenbildung durch Hangrutschungen behindert werden. Sollten diesbezüglich Hinweise vorhanden sein, ist von einem hohen Gefährdungspotenzial auszugehen. Treffen die genannten Merkmale nicht oder nur in moderater Form, wie in Tabelle 7.1 skizziert, zu, ist das Gefährdungspotenzial niedrig bzw. von mittlerer Höhe.

Bezüglich des Kriteriums „Volumen / Fläche“ werden quantitative Angaben zum Volumen und zur Fläche angesetzt, die im Wesentlichen den Differenzierungsmerkmalen des Niedersächsischen Erstbewertungsverfahrens und der Mine-Waste-Directive entsprechen. Bei großem Haldenvolumen und / oder großer Fläche wird die Gefährdung als „hoch“ eingeschätzt, während kleine Halden ein niedriges Gefährdungspotenzial aufweisen.

Als weiteres gewässerorientiertes Kriterium („Vorfluter- und Wasserschutzzone“), neben der grundsätzlichen Oberflächengewässergefährdung (s.o.), wird der konkrete Vorfluterabstand beurteilt. Zusätzlich ist die Gefährdungssituation davon abhängig, ob die zu beurteilende Halde in einem Überschwemmungsgebiet liegt. Daneben ist die eventuelle Lage in einer Wasserschutzzone maßgebend für die Einordnung des Gefährdungspotenzials.

Das Kriterium „Siedlungsnähe“ beurteilt die Entfernung der Halde zu den nächsten Siedlungen in der Umgebung und benutzt dazu Erkenntnisse darüber, ob die Halde für Freizeitaktivitäten, z.B. Mountainbiker, genutzt wird, zumal durch derartige Aktivitäten eine Exposition der Nutzer nicht ausgeschlossen werden kann. Liegt die Halde in näherer Umgebung zu einer Siedlung, ist die Wahrscheinlichkeit der (u.U. illegalen) Freizeitnutzung hoch, so dass diesbezüglich auch ein hohes Gefährdungspotenzial angenommen werden muss, während mit zunehmender Entfernung die Nutzungswahrscheinlichkeit und damit das Gefährdungspotenzial geringer werden.

Um das „Gefahrenpotenzial des Haldeninventars“ abzuschätzen, werden Informationen zu eventuellen Sauerwasserbildungen durch sulfidische Erze, erkennbare Sickerwasseraustritte am Haldenfuß sowie Kenntnisse über toxische Schermetalle auf der Basis von entsprechenden Beprobungen des Haldenmaterials abgefragt. Werden die Merkmale bestätigt und liegen die Schwermetallgehalte oberhalb der Prüfwerte, ist von einem hohen Gefährdungspotenzial auszugehen. Bei entsprechend unklaren Erkenntnissen ist das Gefährdungspotenzial als „mittel“ einzustufen, während die Verneinung von Sauerwasserbildung und Sickerwasseraustritten sowie Schwermetallgehalten im Bereich der Vorsorgewerte resp. der regionalen Hintergrundbelastung ein niedriges Gefährdungspotenzial dokumentieren.

Die „Exposition der Haldenumgebung“ enthält Einordnungsmerkmale, die die nicht auszuschließende Anreicherung von Metallbelastungen in den Gewässersedimenten der Umgebung thematisieren und ebenfalls Umgebungsbodenbelastungen zum Inhalt haben, die durch diffuse Verfrachtung von Feinanteilen des Haldenmaterials durch Windexposition verursacht wurden. Falls derartige Umgebungsbelastungen bekannt sind, ist von einem hohen Gefährdungspotenzial auszugehen, wenn keine derartigen Informationen vorliegen, ist die Gefahrensituation als „niedrig“ zu beurteilen.

Das Kriterium „Haldenhomogenität“ beurteilt die Struktur sowie die Zusammensetzung des Haldenkörpers / Haldenmaterials, insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass problematische Fremdmaterialien, beispielsweise Abfälle, die nicht aus dem Erzbergbau stammen, das Gefährdungspotenzial erhöhen und zu einer entsprechend hohen Bewertung beitragen.

Zur quantitativen Abschätzung anhand der Kriterien und Einordnungshinweisen in Tabelle 7.1 wird eine mittlere Gefährdungspotenzialkennziffer (GPK) in der Form berechnet, dass die Summe aus den Produkten der Bewertungen in den drei Bewertungsclustern („hoch“, „mittel“, „niedrig“) wie folgt gebildet wird:

$$GPK = AKH \cdot 5 / ZK + AKM \cdot 3 / ZK + AKN \cdot 1 / ZK$$

mit

- GPK = Gefährdungspotenzialkennziffer
- AKH = Anzahl besetzter Kriterienfelder im Cluster „hoch“,
- AKM = Anzahl besetzter Kriterienfelder im Cluster „mittel“,
- AKN = Anzahl besetzter Kriterienfelder im Cluster „niedrig“,
- ZK = Gesamtzahl der benutzten Kriterien.

Ein Berechnungsbeispiel mit zehn zur Bewertung benutzten Kriterien (ZK = 10), fünf Bewertungen mit hohem Gefährdungspotenzial (AKH = 5), drei Bewertungen mit mittlerer Gefährdung (AKM = 3) und zwei Bewertungen im Cluster „niedrig“ (AKN = 2) ist in Tabelle 7.2 dargestellt. Mit dem Berechnungsansatz

$$GPK = 5 \cdot 5/10 + 3 \cdot 3/10 + 2 \cdot 1/10 = 2,5 + 0,9 + 0,2 = 3,6$$

ergibt sich die gemittelte Gefährdungspotenzialkennziffer zu GPK = 3,6.

Tabelle 7.2: Bewertungsraster zur Einschätzung und Quantifizierung des Haldengefährdungspotenzials mit zehn benutzten Kriterien

Kriterium	Gefährdungspotenzial		
	Hoch (Bewertungspunkte 5)	Mittel (Bewertungspunkte 3)	Niedrig (Bewertungspunkte 1)
Sanierungsbedürftigkeit	Behördlich durch detaillierte Untersuchung festgestellt und durch Sanierungsplan / Sanierungsverfügung belegt	Sicherungsmaßnahmen erforderlich	Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich
Grundwasserrelevanz	Halde unbegrünt, keine Krustenbildung vorhanden, hohe Durchlässigkeit des Haldenmaterials ($k_f > 10^{-4}$), Abstand Haldensohle zum Grundwasserleiter gering (< 1 m), Sickerwasserbildung hoch (Interzeption gering, Infiltration hoch)	Halde zu etwa 50 % begrünt, Krustenbildung feststellbar, mittlere Durchlässigkeit des Haldenmaterials ($10^{-4} > k_f > 10^{-5}$), Abstand Haldensohle zum Grundwasserleiter 1 bis 5 m), Sickerwasserbildung mäßig (Interzeption hoch bis mittel, Infiltration mittel bis hoch)	Halde weitestgehend durch Bäume, Büsche, etc. begrünt, ausgeprägte Krustenbildung, niedrige Durchlässigkeit ($k_f < 10^{-5}$), mehr als 5 m Aquiferabstand, Sickerwasserbildung gering (Interzeption hoch, Infiltration gering)
Oberflächengewässergefährdung	Kegelhalde in direkter Nähe zum Fließgewässer, Oberflächenabfluss hoch, Wassererosionsrinnen sichtbar, starke Hangneigung, Hangflächen wenig begrünt	Halde mit unregelmäßiger Ober- und Flankenflächen, Flankenflächen mit mittlerer Begrünung, moderate Hangneigung, großer Abstand zum nächsten Fließgewässer	Plateauhalde mit weitestgehender Begrünung, sehr geringe Hangneigung, sehr großer Abstand zum nächsten Fließgewässer, keine Wassererosionsrinnen
Standsicherheit	Rutschungen von Haldenmaterial deutlich erkennbar, große Risse im Haldenkörper, Ansiedlung von Pflanzen und Bodenbildung durch Hangabwärtsbewegungen von Haldenmaterial behindert	Rutschungen von Haldenmaterial relativ selten, homogene Oberflächenstruktur ohne große Rissbildungen, Pflanzenbewuchs an den Flanken vorhanden	keine Rutschungen von Haldenmaterial sichtbar, keine Rissbildung, dichter Pflanzenbewuchs
Volumen / Fläche	Volumen: $> 100.000 \text{ m}^3$ Fläche: $> 10 \text{ ha}$	Volumen: 10.000 - 100.000 m^3 Fläche: 1 - 10 ha	Volumen: $< 10.000 \text{ m}^3$ Fläche: $< 1 \text{ ha}$
Vorfluter- und Wasserschutzzonelage	Vorfluterabstand < 50 m, Lage im Überschwemmungsgebiet, Lage in Wasserschutzzone I oder II	Vorfluterabstand 50 - 100 m, Lage außerhalb Überschwemmungsgebiet, Lage in Wasserschutzzone III	Vorfluterabstand > 100 m, Lage außerhalb von Wasserschutzzonen
Siedlungsnähe	Halde in geringer Entfernung zu Siedlungen, Halde wird für Freizeitaktivitäten genutzt, Exposition von Nutzern durch Inhalation wahrscheinlich	Halde in mittlerer Entfernung zu Siedlungsgebieten, Freizeitnutzung nicht auszuschließen, Exposition von Nutzern möglich	Halde in großer Entfernung zu Siedlungsgebieten, keine Freizeitnutzung erkennbar, Exposition „Boden / Mensch“ unwahrscheinlich
Gefahrenpotenzials des Haldeninventars	Sauerwasserbildung infolge sulfidischer Erze zu erwarten, Sickerwasseraustritt am Haldenfuß erkennbar, humantoxische Schwermetalle mit Gehalten oberhalb der Prüfwerte wahrscheinlich, Haldeninhalte aus Taubgestein und Aufbereitungsrückständen	Sauerwasserbildung, Sickerwassersituation, Schwermetallgehalt unklar, Haldenzusammensetzung unklar	keine Sauerwasserbildung, keine Sickerwasseraustritte, humantoxische Schwermetalle unwahrscheinlich oder nur im Bereich der Vorsorgewerte resp. der regionalen Hintergrundbelastung, Haldeninhalte vorwiegend Taubgestein
Exposition der Haldenumgebung	Metallanreicherungen in den Bachsedimenten des Umfeldes nachgewiesen, Bodenbelastung durch diffuse Verfrachtung von Feinanteilen wahrscheinlich, Massenverlagerungen infolge nicht ausreichender Haldenstandfestigkeit erkennbar	Metallanreicherung in Bachsedimenten, Umgebungsbodenbelastung und Massenverlagerung nicht unwahrscheinlich	keine Metallanreicherung in Bachsedimenten, Umgebungsbodenbelastung durch diffuse Verfrachtung ausgeschlossen, da Windexposition gering, Haldenoberfläche weist kaum freiliegende Feinanteile auf, keine Massenverlagerung erkennbar
Haldenhomogenität	stark inhomogene Haldenstruktur, problematische Fremdmaterialien (Abfälle) / organische Substanzen enthalten	geschichteter Haldenkörper, relativ homogen, geringer Anteil kritischer Fremdmaterialien	Haldenstruktur sehr homogen, nur Materialien aus der Erzförderung / Erzgewinnung, keine sonstigen Abfälle erkennbar

Da nicht davon auszugehen ist, dass für jede Halde des Erzbergbaus jeweils alle Kriterien zur Beurteilung des Gefährdungspotenzials herangezogen werden können, ist der Berechnungsansatz so formuliert, dass die Ermittlung der gemittelten Gefährdungspotenzialkennziffer auch mit weniger als zehn Kriterien durchgeführt werden kann. Sollte beispielsweise das Gefährdungspotenzial durch die behördlich festgestellte Sanierungsbedürftigkeit belegt werden, kann auf die Diskussion weiterer Kriterien verzichtet werden. Die gemittelte Gefährdungspotenzialkennziffer (GPK) berechnet sich dann wie folgt:

$$\text{GPK} = 1 \cdot 5/1 + 0 \cdot 3/1 + 0 \cdot 1/1 = 5$$

Ein weiteres fiktives Beispiel mit sechs benutzten Kriterien führt zu folgendem Ergebnis:

$$\text{GPK} = 3 \cdot 5/6 + 2 \cdot 3/6 + 1 \cdot 1/6 = 3,7$$

Mit dem Bewertungsraster und dem Berechnungsansatz zur Ermittlung der gemittelten Gefährdungspotenzialkennziffer ist es möglich, den Halden des Erzbergbaus durch relativ einfache Beurteilungen ein quantitatives Bewertungsmaß des Gefährdungspotenzials zuzuordnen.

8. Abschätzung der Umwelteffekte / Umweltwirkungen der rückgebauten Halden im Haldenumfeld, des Rückbau-, Aufbereitungs- und Gewinnungsprozesses und der ökologischen Wertigkeit des rückgebauten Haldenstandortes

Der konkrete Haldenrückbau zur Gewinnung metallischer Rohstoffe sowie zur Reduktion des von der Halde ausgehenden Gefährdungspotenzials ist von einer Vielzahl von Randbedingungen und Merkmalen der Halde und des Rückbauprozesses abhängig, die Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit des Haldenrückbaus haben. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass jeder Rückbau einer vor Jahrhunderten resp. im Einzelfall von Jahrzehnten geschütteten Halde des Erzbergbaus temporäre, lokale Umweltbelastungen verursacht, z.B. durch Lärm, Erschütterungen und Emissionen des Rückbauvorgangs, die notwendigen Transporte des rückgebauten Materials sowie durch die Aufbereitung und Gewinnung der Zielmetalle als auch durch die Verwertung resp. die Beseitigung der Reststoffe. Daneben ist zu thematisieren, dass der Rückbau von Halden des Erzbergbaus im Westharz die Kulturlandschaft verändert und einen Eingriff in den Boden sowie in Flora und Fauna der Halden darstellt. Mit dem Haldenrückbau werden zwar lokale Schadstoffquellen eliminiert, d.h. das von den Halden nach wie vor durch beispielsweise Wind- und Wassererosion und fluviatilen Transport verursachte Gefährdungspotenzial wird unterbunden; auszuschließen ist im Gegensatz dazu aber wahrscheinlich, dass auch die bestehenden Boden- und Gewässerbelastungen im Haldenumfeld, die im Wesentlichen durch Schadstofftransfer der Vergangenheit bedingt sind, signifikant vermindert werden. Andererseits eröffnet die durch Haldenrückbau sanierte Fläche das gesamte Spektrum der ökologischen (natürlichen) Bodenfunktionen, was im Zweifelsfall gegenüber dem Eingriff kompensatorisch verrechnet werden kann, zumal diese ökologischen Flächendienstleistungen auf Dauer gewährleistet werden und im Grunde genommen denjenigen einer Naturfläche entsprechen können. Ein günstiger Nachhaltigkeitseffekt könnte auch dadurch entstehen, dass die Renaturierung der Haldenfläche analog zu der Rücknahme bestehender Baurechte resp. die Renaturierung ehemals baulich genutzter Flächen bewertet wird, und so, bei Kontingentierung der zukünftigen kommunalen Flächenausweisungsrechte für Siedlungs- und Verkehrsflächen (30-ha-Ziel), ein zusätzliches Flächenausweisungspotenzial eröffnet oder als sog. „Weißes Flächenzertifikat“ gehandelt werden kann.

Für den Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator wird zunächst über drei pauschale Beurteilungsmerkmale (vgl. Tab. 8.1) abgeschätzt, ob der Haldenrückbau in einem überschaubaren

Zeitraum dazu beitragen kann, die vorliegenden Boden- und Sedimentbelastungen sowie die Beeinträchtigung der Grundwasserqualität zu vermindern. Da diesbezüglich bei der Entscheidung über einen möglichen Haldenrückbau keine konkreten Messergebnisse der zukünftigen Belastungssituation vorliegen, werden die potenziellen Umweltumfeldwirkungen verbal eingeschätzt, wobei die bisherigen Ursachen der Umfeldbelastung, z.B. Hangrutschungen, Sickerwasserbildung, Sickerwasseraustritt, Vorfluternähe, Windverfrachtung von Feinanteilen der Haldenoberfläche, etc., die durch den Rückbau der Halden vollständig eliminiert werden, in der Abschätzung zu berücksichtigen sind. Wichtig dürfte eine Abstimmung mit den zuständigen Behörden sein, die beispielsweise Informationen über die Umfeldbelastungsentwicklung der letzten Jahre / Jahrzehnte besitzen.

Die Beurteilungsmatrix in Tabelle 8.1 unterscheidet die Beurteilungsmerkmale „Einfluss des Haldenrückbaus auf die Bodenbelastung im Haldenumfeld“, „Einfluss / Wirkung des Haldenrückbaus auf die Gewässergüte und die Sedimentbelastung der Fließgewässer im Haldenumfeld“ sowie „Wirkung des Haldenrückbaus auf die Grundwasserqualität“. Beurteilt wird die Umfeldsituation „ohne Halde“; die eventuellen Auswirkungen des Rückbauprozesses, z.B. durch Schadstoffmobilisierung sind nicht Gegenstand dieses Beurteilungsansatzes.

Wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, dass durch die Elimination der Belastungsquelle (Halde) die Umfeldbelastung in den kommenden fünf Jahren sinkt, ist die Wirkung des Haldenrückbaus „groß“, was mit 0,1 Bewertungspunkten beurteilt wird, während bei geringer Wirksamkeit, d.h. einer unwahrscheinlichen Verringerung der Haldenumfeldbelastung, die Beurteilung „gering“ entsprechend 0,3 Bewertungspunkten anzusetzen ist.

Tabelle 8.1: Abschätzung der Umweltwirkungen des Haldenrückbaus im Haldenumfeld

Beurteilungsmerkmal	Umweltwirkung im Haldenumfeld		
	Groß (0,1 Bewertungspunkte)	Moderat (0,2 Bewertungspunkte)	Gering (0,3 Bewertungspunkte)
Bodenbelastung im Haldenumfeld	Im relevanten Haldenumfeld (1 km-Radius) kann eine deutliche Abnahme der Bodenbelastung erwartet werden. Bei der haldenspezifischen Indikatorsubstanz liegt die Verminderung deutlich oberhalb von 10 % gegenüber der Ausgangsbelastung.	Durch den Haldenrückbau und den dadurch bedingten Rückgang der Windverfrachtung von Feinanteilen ist eine moderate Reduktion der Schwermetallbelastung im Haldenumfeld (1 km-Radius) innerhalb von 5 Jahren nicht ausgeschlossen; Reduktion der Indikatorsubstanz um mehr als 5 aber weniger als 10 % gegenüber dem Ausgangszustand.	Eine signifikante Reduzierung der Schwermetallbelastung im Haldenumfeld (1 km-Radius) ist in den nächsten 5 Jahren unwahrscheinlich; die haldenspezifische Indikatorsubstanz, z.B. Blei, im Boden verringert sich gegenüber dem Ausgangszustand um weniger als 5 %.
Gewässergüte und Sedimentbelastung der Fließgewässer	Mindestens Halbierung der Sedimentbelastung bei einem haldenspezifischen Indikatorschwermetall ist innerhalb eines Zeitraums von 5 Jahren wahrscheinlich.	Ein geringer Rückgang der Sedimentbelastung, bezogen auf ein haldenspezifisches Schwermetall, ist nicht ausgeschlossen; der Rückgang ist deutlich kleiner als 50 % innerhalb von 5 Jahren zu erwarten.	Halbierung der vorliegenden Sedimentbelastung ist aufgrund der Ursachen der Schwermetallbelastung in der Vergangenheit und ihres geogenen Charakters nicht zu erwarten; der Haldenrückbau wird keine positive Veränderung der Sedimentbelastung bewirken.
Grundwasserqualität	Signifikante Verbesserung der Grundwasserqualität ist innerhalb von 3 Jahren zu erwarten.	Nachweisbare Verbesserung der Grundwasserqualität innerhalb von 10 Jahren ist nicht ausgeschlossen.	Eine nachweisbare Verbesserung der Grundwasserqualität ist nicht zu erwarten.

Mit dem Rückbau der Halden könnte auch eine Verminderung der Sedimentbelastung der Fließgewässer und damit eine Verbesserung der Gewässergüte verbunden sein, wenn ein längerer Zeitraum betrachtet wird. Um diesen möglichen, positiven Umwelteffekt des Haldenrückbaus abzuschätzen, wird hinterfragt, ob eine Halbierung der vorhandenen Sedimentbelastung, bezogen auf eine haldenspezifische Indikatorsubstanz, z.B. Blei, innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von fünf Jahren eher wahrscheinlich oder unwahrscheinlich ist, wobei die Halbierung der Sedimentbelastung, gemessen in der 20 µm-Feinfraktion, gemäß der LAWA-Güteklassifikation die Verbesserung um eine Güteklasse in der 7-stufigen LAWA-Systematik beschreibt (vgl. Tab. 8.2).

Tabelle 8.2: Güteklassifikation von 7 Schwermetallen im Schwebstoff nach der jeweils strengsten Zielvorgabe über die Schutzgüter aquatische Lebensgemeinschaften und Bodennutzung - LAWA-Güteklassifikation 1998 - (Quelle: Schulze, M.: Schwermetalle im Sediment der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs, NLWK-Schriftenreihe Band 1)

		Stoffbezogene chemische Güteklasse						
	Schutzgut	I	I - II	II	II - III	III	III - IV	IV
Belastung		Anthropogen unbelastet	Sehr geringe Belastung	Mäßige Belastung	Deutliche Belastung	Erhöhte Belastung	Hohe Belastung	Sehr hohe Belastung
Faktor ZV*		Geogener Hintergrund	½ x ZV	ZV	2 x ZV	4 x ZV	8 x ZV	> 8 x ZV
Blei	A / S	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Cadmium	A	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6
Chrom	S	≤ 80	≤ 90	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Kupfer	S	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	> 480
Nickel	S	≤ 30	≤ 40	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400
Quecksilber	A	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 1,6	≤ 3,2	≤ 6,4	> 6,4
Zink	S	≤ 100	≤ 150	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1.600	> 1.600

Konzentrationsangaben in mg / kg
 * ZV = Zielvorgabe
 A Aquatische Lebensgemeinschaft
 S Schwebstoffe / Sedimente = Bodennutzung

Infolge des Haldenrückbaus und der damit verbundenen Elimination der Quelle für schwermetallbelastetes Sickerwasser kann u.U. in Abhängigkeit der Durchlässigkeit der ungesättigten Bodenzone innerhalb von ca. 3 - 10 Jahren eine Verbesserung der Grundwasserqualität erwartet werden. Bei einer signifikanten Verbesserung der Grundwasserqualität von 3 Jahren liegt eine erhebliche, positive Umweltwirkung des Haldenrückbaus im Umfeld der Halde vor, die gemäß Tabelle 8.1 mit 0,1 Bewertungspunkten quantifiziert wird. Die beiden weiteren Beurteilungen sind in Tabelle 8.1 dargestellt.

Da die Umfeldumweltwirkung des Haldenrückbaus eine kaum modellierbare zukünftige Situation umfasst, sind die Abschätzungshinweise in Tabelle 8.1 relativ allgemein gehalten, wobei die Verlässlichkeit der Zuordnung ganz wesentlich von der Qualität der Informationen aus dem im ROBEHA-Verbund zu erarbeitenden Haldenressourcenkataster abhängig sein wird. Bei unklarer Einordnung empfiehlt es sich, eher zu der schlechteren Beurteilung „gering“ (0,3 Bewertungspunkte) zu tendieren.

Da der Haldenrückbau, die Aufbereitung der rückgebauten Haldenmaterialien und die Gewinnung der Zielmetalle Umweltbelastungen sowohl am Haldenstandort als auch am Aufbe-

reitungs- und Gewinnungsstandort, der in der Regel nicht mit dem Haldenstandort identisch sein dürfte (die Aufbereitung und Gewinnung mit mobilen Anlagen wird ausgeschlossen), auslösen, ist es erforderlich diese im Rahmen der Ermittlung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators abzubilden, denn diese Umweltbelastungen beeinflussen die Nachhaltigkeit der Metallgewinnung durch den Haldenrückbau. Vor dem Hintergrund, dass die Konstruktion des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators als ein zentrales Berechnungselement das „Reduzierte Nachhaltigkeitsdefizit durch Metallgewinnung bei Haldenrückbau“ unter Berücksichtigung der bewerteten Nachhaltigkeitssituation in Deutschland (Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit $SND_{Deu} = 1 + 3 + 1 = 5$), vgl. Kap. 5.x) enthält und hiermit anteilig die Nachhaltigkeitsauswirkungen der Metallgewinnung aus dem Haldenrückbau bereits abgebildet werden, sind zusätzlich lediglich nur noch wenige rückbau-, aufbereitungs- und gewinnungsspezifische Belastungsmomente zu berücksichtigen. Insbesondere kann bei allen drei Sachverhalten auf die ökobilanziellen Vorketten zur Beurteilung des Material- und Energieeinsatzes verzichtet werden, da sie inhärent bereits über die Bewertung des ökologischen Nachhaltigkeitsdefizites Deutschlands enthalten sind.

Somit verbleibt die Bewertung der lokalen / regionalen Umweltwirkungen aus Abgrabung der Halden, Aufbereitung der gewonnenen Haldenmaterialien und Gewinnung der Zielmetalle im Rahmen einer relativ allgemeinen Ex-Ante-Abschätzung, die ohne konkrete Daten der zukünftigen Situation operiert.

Für das Abgraben der Halden ist davon auszugehen, dass dieselbetriebene Bagger, Dumper, Radlader sowie für den Transport zur Aufbereitungsanlage LKW eingesetzt werden, die den aktuellen Anforderungen an emissionsarme Baumaschinen entsprechen. Der konkrete Baumaschineneinsatz ist jeweils spezifisch gemäß der Randbedingungen der Halde, z.B. Lage, Volumen, Mächtigkeit, Materialeigenschaften, Abgrabungslogistik, etc., zu planen und gemäß Baugeräteliste zu strukturieren.

Da davon auszugehen sein dürfte, dass es sich bei den rückbaueigneten Halden um sog. „sekundäre Lagerstätten“ mit fein- und feinstverwachsenen Erzen sowie komplexer Zusammensetzung handelt, ist ein aufwändiger Aufbereitungsprozess, bestehend aus Klassierung, Sortierung, Zerkleinerung und Konzentraterzeugung durch Flotation (sulfidische Erze) oder

Laugung (oxidische Erze) erforderlich, um aus dem erhaltigen Haldenmaterial zum einen ein weiterverarbeitungsgeeignetes Metallkonzentrat und zum anderen eine verwertungsfähige resp. beseitigungspflichtige Mineralfraktion zu erzeugen. Das in der Aufbereitung erzeugte Metallkonzentrat wird anschließend pyrometallurgisch oder hydrometallurgisch zum vermarktungsfähigen Zielmetall weiterverarbeitet.

Insgesamt ist die Prozesskette „Haldenabgrabung, Aufbereitung, Metallgewinnung“ sehr energie-, wasser-, eventuell chemikalien- und abfallintensiv; ihre konkrete Umweltrelevanz kann nur über eine detaillierte Planung im Anwendungsfall ermittelt werden. Deshalb werden als allgemeine Ex-Ante-Beurteilungsparameter im Rahmen der Konstruktion des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators lediglich

- die potenzielle Veränderung des regionalen CO₂-Emissionsprofils,
- die Beseitigungsnotwendigkeit der Reststoffe resp. ihr Verwertungsumfang und
- die Veränderung der Flächeninanspruchnahme berücksichtigt (vgl. Tab. 8.3).

Tabelle 8.3: Bewertung der Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung“

Bewertungskriterium	Umweltwirkung der Prozesskette UAHG		
	Groß (0,3 Bewertungspunkte)	Mittel (0,2 Bewertungspunkte)	Klein (0,1 Bewertungspunkte)
Veränderung des regionalen CO ₂ -Emissionsprofils	Erhöhung der einwohnerbezogenen zusätzlichen CO ₂ -Emission infolge Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung liegt zwischen 1 % und maximal 2 %	Anstieg der einwohnerbezogenen CO ₂ -Emission während der Durchführung der Abgrabungs-, Aufbereitungs- und Gewinnungsaktivitäten um mehr als 0,5 % und weniger als 1 %	Erhöhung der einwohnerspezifischen CO ₂ -Emission um weniger als 0,5 % während der Laufzeit des Haldenrückbaus aller rückbaueigneten Halden im Landkreis Goslar einschließlich Transporten, Aufbereitung und Gewinnung der Zielmetalle
Reststoffbeseitigungsnotwendigkeit / Reststoffverwertungsmöglichkeit	Beseitigungsnotwendigkeit ≥ 80 % Verwertungsumfang ≤ 20 %	Beseitigungsnotwendigkeit ≈ 50 % Verwertungsumfang ≈ 50 %	Beseitigungsnotwendigkeit ≤ 30 % Verwertungsumfang ≥ 70 %
Veränderung der Flächeninanspruchnahme	Zunahme der SuV-Fläche liegt zwischen 5 % und 10 % bezogen auf die derzeitige SuV-Fläche	Vergrößerung der SuV-Fläche umfasst mehr als 2 % und weniger als 5 % bezogen auf die derzeitige SuV-Fläche	Zunahme der SuV-Fläche ist geringer als 2 % der derzeitigen SuV-Fläche

Bezogen auf die derzeitigen einwohnerspezifischen CO₂-Emissionen im Landkreis Goslar i.H.v. rund 11 Tonnen pro Jahr wird, unter Ansatz einer summarischen CO₂-Emission für Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung i.H.v. ca. 2 - 10 kg CO₂/t sowie eine Abgrabungsmen-

ge von rund $36 \cdot 10^6$ Tonnen, die innerhalb eines Zeitraumes von ca. 10 Jahren verarbeitet werden, von einer durchschnittlichen Zunahme der einwohnerspezifischen CO_2 -Emission in einer Größenordnung zwischen etwa 0,4 % und 2 % ausgegangen. Im ungünstigsten Fall würde sich dementsprechend die CO_2 -Emission durch Umsetzung der gesamten Prozesskette im Landkreis Goslar von 11 t/E·a auf rund 11,22 t/E·a erhöhen. Zur Differenzierung der Bewertung in Tabelle 8.3 wird eine „große“ Veränderung im Sinne einer großen zusätzlichen Umweltbelastung durch CO_2 -Emissionen bei einer Erhöhung zwischen 1 und 2 Prozent angesetzt; eine „mittlere“ Veränderung resultiert aus einer zusätzlichen Belastung zwischen mehr als 0,5 % und weniger als 1 %, während von einer „kleinen“ zusätzlichen CO_2 -Belastung auszugehen ist, wenn die Erhöhung der einwohnerspezifischen CO_2 -Emission bei maximal 0,5 % liegt. Sind der Abgrabungsumfang und damit die Aufbereitungsmenge geringer als die für die Abschätzung angesetzten 36 Millionen Tonnen, so sind die Prozentsätze für die Bewertung der Veränderung des regionalen CO_2 -Emissionsprofils entsprechend umzurechnen. Für die Aufbereitungs- und Gewinnungstechnik wurde bei der Abschätzung der CO_2 -Emission unterstellt, dass die Anlagen den aktuellen Genehmigungsanforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes sowie der BVT-Merkblätter entsprechen.

Neben der abgeschätzten Veränderung des regionalen CO_2 -Emissionsprofils sind auch die Notwendigkeit und der Umfang der Beseitigung resp. der Verwertung der aufgrund der Metallgewinnung anfallenden mineralischen Reststoffe bewertungsrelevant. Da davon auszugehen ist, dass über die im ROBEHA-Verbund durchgeführten Technikumsversuche zur Aufbereitung und zur Zielmetallgewinnung der Umfang der anfallenden Reststoffe (Abfälle gem. Kreislaufwirtschaftsgesetz) und ihre Schwermetallbelastung näherungsweise abgeschätzt werden können, entsteht die Möglichkeit, die zukünftig anfallenden Reststoffmengen bezüglich ihrer Beseitigungsnotwendigkeit bei Schwermetallbelastungen oberhalb der Z2-Zuordnungswerte der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 2004, Merkblatt M20) einzuordnen, beziehungsweise das Verwertungspotenzial bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z2 abzuschätzen. In Abhängigkeit der Beseitigungsnotwendigkeit als prozentualer Anteil der Gesamtreststoffmenge sowie des sich daraus als Ergänzung ergebenden Verwertungsumfangs erfolgt die Zuordnung in drei Belastungskategorien gemäß Tabelle 8.3.

Der dritte Bewertungsgesichtspunkt der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung, Gewinnung“ ist die Veränderung der Flächeninanspruchnahme, die über die potenzielle Erhöhung der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Landkreis Goslar abgeschätzt wird. Maßgeblich ist insbesondere der Flächenbedarf für die Deponierung der beseitigungspflichtigen Reststoffe, während die Flächeninanspruchnahme für die Anlagentechnik vergleichsweise marginal sein dürfte. Ausgehend von einer derzeitigen SuV-Fläche i.H.v. 1.080 ha, entsprechend etwa 78 m² pro Einwohner, wird ein zusätzlicher Flächenbedarf i.H.v. weniger als 2 % der derzeitigen SuV-Fläche als „klein“ eingeschätzt (0,1 Bewertungspunkte), während eine zusätzliche Flächeninanspruchnahme zwischen 5 % und 10 % bezogen auf die heutige SuV-Fläche eine große zusätzliche Umweltbelastung ausdrückt, bewertet als „groß“, entsprechend 0,3 Bewertungspunkten (vgl. Tab. 8.3). Für die mittlere Erhöhung der Flächeninanspruchnahme enthält Tabelle 8.3 das zur Abschätzung empfohlene Bewertungsspektrum zwischen größer 2 % und kleiner 5 %.

Neben den vorstehend skizzierten und beurteilten Umweltbelastungen, die infolge des Haldenrückbaus, der Aufbereitung der abgegrabenen Haldenmaterialien und der Gewinnung der Zielmetalle entstehen können, ist, zusätzlich zu den eventuellen Wirkungen im Haldenumfeld (s.o.), auch die Beurteilung der ökologischen Standortwertigkeit der rückgebauten Halden relevant, insbesondere dann, wenn der Rückbaustandort durch beispielsweise Renaturierung ökologisch aufgewertet wird und damit ein naturnaher Standort wiederhergestellt wird, der den natürlichen Bodenfunktionen weitgehend entspricht. Für diese positiven Effekte des Haldenrückbaus am jeweiligen Haldenstandort enthält das Bewertungstableau in Tabelle 8.4 die Kriterien „Bodenqualität“, „Grundwasserneubildung“, „Klimatisches Potenzial“, „Biotopqualität und Biotopvernetzung“ sowie „Verwendbarkeit der renaturierten Fläche“ als Weißes Flächenzertifikat“. Da die Zuordnung in die Bewertungsfelder „hoch“, „mittel“ und „klein“ aufgrund einer Ex-Ante-Beurteilung der ökologischen Standortwertigkeit der renaturierten Haldenareale zu erfolgen hat, sollte bereits bei der Planung des Haldenrückbaus darauf Wert gelegt werden, die zukünftige Standortwertigkeit durch eine enge naturschutzfachliche Begleitung möglichst optimal im Sinne einer hohen ökologischen Standortwertigkeit zu planen, so dass mit den verbalen Bewertungshinweisen in Tabelle 8.4 die Zuordnung und Beurteilung der ökologischen Standortwertigkeit der renaturierten Haldenareale vorgenommen werden kann.

Tabelle 8.4: Bewertung der ökologischen Standortwertigkeit der rückgebauten Halden

Bewertungskriterium	Ökologische Standortwertigkeit ÖSW		
	Hoch (0,5 Bewertungspunkte)	Mittel (0,3 Bewertungspunkte)	Klein (0,1 Bewertungspunkte)
Bodenqualität	Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf 80 % - 100 % der Fläche bzgl. aller relevanten Schwermetalle	Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf 40 % bis < 80 % der Fläche bzgl. aller relevanten Schwermetalle	Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf < 40 % der Fläche bzgl. aller relevanten Schwermetalle
Grundwasserneubildung	Fläche zu 80 % - 100 % entsiegelt und naturnah renaturiert	Fläche zu 40 - 80 % entsiegelt und naturnah renaturiert	Fläche zu < 40 % entsiegelt und naturnah renaturiert
Klimatisches Potenzial	Lage zur Hauptwindrichtung eröffnet Kaltluftentstehung, Luftfeuchterhöhung, Schadstofffilterung und Luftschneisenfunktion	Renaturierte Fläche ermöglicht Kaltluftentstehung und Luftschneisenfunktion	Nur Kaltluftentstehung durch renaturierte Fläche
Biotopqualität und Biotopvernetzung	80 % - 100 % der Fläche naturnah mit Lückenschlussfunktion in einem regionalen Biotopverbundsystem	40 % - 80 % der Fläche naturnah mit lediglich lokaler Vernetzungsfunktion	Kleiner 40 % der Fläche naturnah, ohne lokale Vernetzungsfunktion (Inselbiotop)
Verwendbarkeit als sog. Weißes Flächenzertifikat	Kompensation von Flächeninanspruchnahme an anderen Orten durch renaturierte Fläche grundsätzlich möglich	Flächeninanspruchnahmekompensation bedingt möglich	Flächeninanspruchnahmekompensation nicht möglich

9. Anwendung und Erläuterung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators an einem fiktiven Haldenbeispiel

Bei der fiktiven Beispielhalde handelt es sich um eine langgestreckte, mittelgroße Erzbergbauhalde nord-nordöstlich des „Bleibaches“ mit einer Fläche von ca. 7.000 m² und einem Volumen von rund 20.000 m³ bei einer mittleren Mächtigkeit i.H.v. ca. 3,0 m. Das aufgehaldete Material besteht aus metallhaltigem Bergematerial (ca. 12.000 t), Pochsand (15.000 t) sowie Taubgestein (9.000 t). Das gesamte Haldenmaterial umfasst dementsprechend rund 36.000 t (ca. 1,8 t / m³). Die süd-südwestliche Flanke der Halde grenzt unmittelbar an den Bleibach, die unteren Flankenflächen sind wenig begrünt, Rutschungen von Haldenmaterial und Erosionsrinnen konnten bei der Ortsbesichtigung festgestellt werden. Nördlich der Halde grenzt in unmittelbarer Nähe eine Wohnsiedlung an. Metallanreicherungen in den Sedimenten des Bleibaches sind nachgewiesen. Trotz der Längsausdehnung ist die Haldenkubatur an der Haldenspitze kegelförmig ausgebildet; im oberen Bereich ist die Halde begrünt. Die Haldensole liegt oberhalb des Grundwasserleiters, der Aquiferabstand beträgt ca. 3,0 m, die Sickerwasserbildung ist aufgrund des Pflanzenbestandes in den oberen Haldenbereichen mäßig; die Problematik der eventuellen Sauerwasserbildung ist unklar. Aufgrund der festgestellten Hangrutschungen und der Erosionsrinnen sowie der nicht auszuschließenden Freizeitnutzung dürften Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen angeraten sein. Die Halde enthält ausschließlich Materialien aus der Erzförderung und -aufbereitung; Fremdmaterialien, z.B. Abfälle konnten bei den Beprobungen nicht identifiziert werden. Durch die geophysikalischen Untersuchungen konnten die Pochsand-, Bergematerial- und Taubgestein-Areale lokalisiert und mengenmäßig abgeschätzt werden.

Wie Abbildung 9.1 aufzeigt, liegt der mittlere Metallgehalt des Haldenmaterials bei ca. 5 %, entsprechend etwa 1.800 t. Durch die Beprobung sowie die Analyse der einzelnen Fraktionen konnten 675 t Eisen, 450 t Kupfer, 500 t Blei und 175 t Zink im Haldenmaterial belegt werden. Die durchgeführten Technikumsversuche zur Aufbereitung und Gewinnung dokumentieren, dass rund 80 % des jeweiligen Metallinventars ausgebracht werden können.

Fiktive Beispielhalde „Am Bleibach“ (GPS: 51.810548; 10.409733)

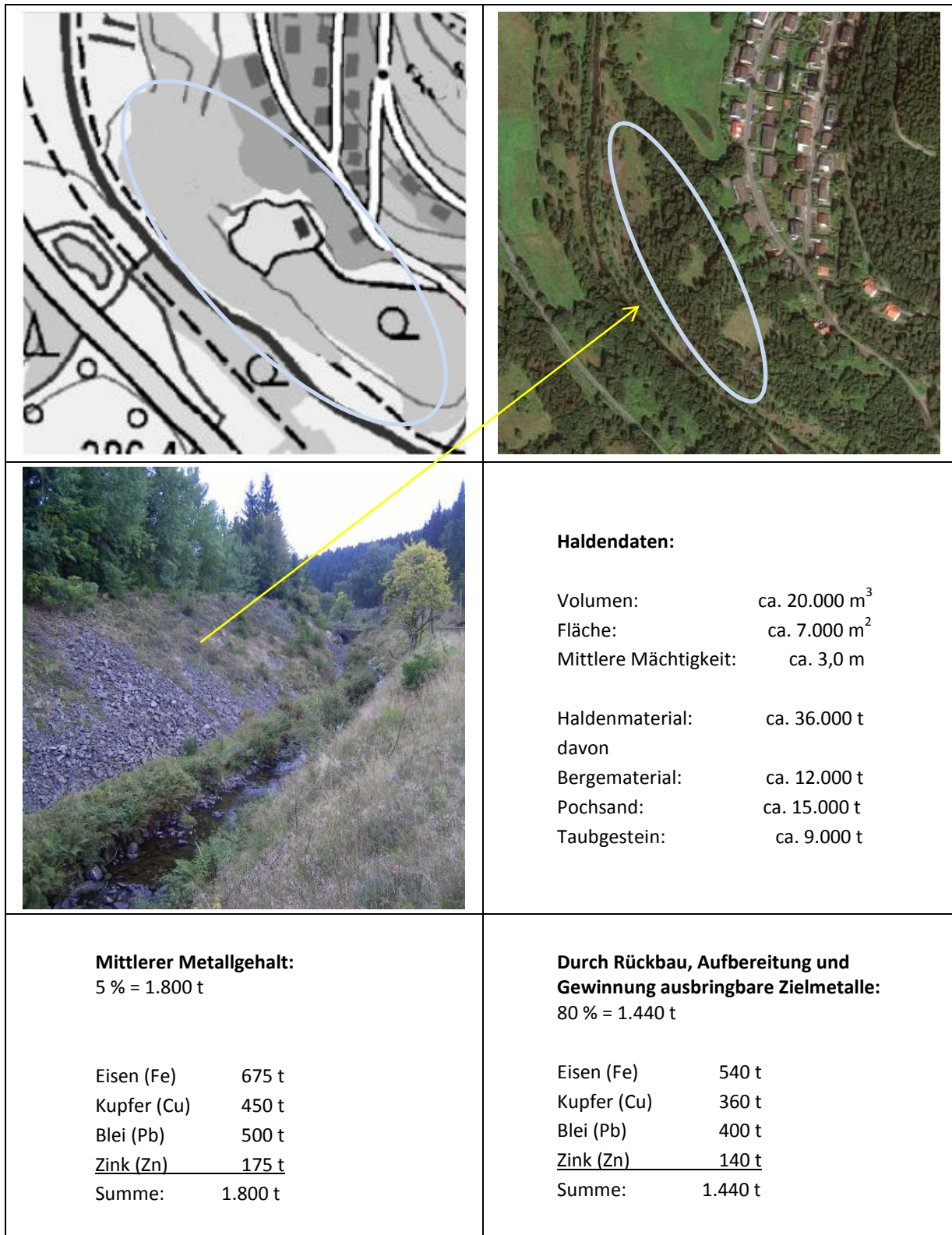


Abb. 9.1: Profil der Beispielhalde „Am Bleibach“

Die grundsätzliche Rückbaueignung der Halde „Am Bleibach“ gemäß der Entscheidungsbaumsystematik ist gegeben, insbesondere sind die Restriktionsmerkmale nicht vorhanden, so dass, auch vor dem Hintergrund der notwendigen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie der sonstigen von der Halde ausgehenden Gefahrenmomente, der Haldenrückbau sowohl zur Gefahrenabwehr als auch zur Nutzbarmachung des Metallinventars angezeigt ist.

Aus der Tonnage der ausbringbaren Zielmetalle berechnet sich das „Importierte Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent“ [ISND] durch Multiplikation der jeweiligen Metallmenge [MM_{SP}] mit dem metallspezifischen „Summarischen Nachhaltigkeitsdefizit“ [SND] gemäß Tabelle 5.5.1 in Kapitel 5.5 und Addition der metallbezogenen Einzelresultate. Für das gewinnbare Zielmetallinventar der Halde „Am Bleibach“ ergibt sich das Importierte Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent wie folgt:

- Eisen: $MM_{Fe} \cdot SND_{Fe} = 0,8 \cdot 675 \cdot 10 = 5.400$
- Kupfer: $MM_{Cu} \cdot SND_{Cu} = 0,8 \cdot 450 \cdot 5 = 1.800$
- Blei: $MM_{Pb} \cdot SND_{Pb} = 0,8 \cdot 500 \cdot 14 = 5.600$
- Zink: $MM_{Zn} \cdot SND_{Zn} = 0,8 \cdot 175 \cdot 10 = 1.400$

und in Summe dementsprechend zu:

$$ISND = \sum MM_{SP} \cdot SND_{SP} = 14.200$$

Das „Haldengefahrenpotenzial“ [GPK] wird anhand der verfügbaren Haldeninformationen gemäß Tabelle 9.1 unter Verwendung von 10 Kriterien zu GPK = 3,6 abgeschätzt. Da sich die Frage der Nachhaltigkeit des Haldenrückbaus zum einen aus dem Importierten Nachhaltigkeitsdefizit, zum anderen aus dem Gefahrenpotenzial der Halde ableitet, ergibt sich die „Nachhaltigkeitsdefizitgefährdungskennziffer“ [NHDGKA] des Ausgangszustandes als Produkt aus dem „Importierten Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent“ [ISND] und dem „Haldengefahrenpotenzial“ [GPK], d.h.

$$NHDGKA = ISND \cdot GPK.$$

Tabelle 9.1: Bewertungsraster zur Einschätzung und Quantifizierung des Haldengefährdungspotenzials der Halde „Am Bleibach“

Kriterium	Gefährdungspotenzial		
	Hoch (Bewertungspunkte 5)	Mittel (Bewertungspunkte 3)	Niedrig (Bewertungspunkte 1)
Sanierungsbedürftigkeit	Behördlich durch detaillierte Untersuchung festgestellt und durch Sanierungsplan / Sanierungsverfügung belegt	Sicherungsmaßnahmen erforderlich	Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich
Grundwasserrelevanz	Halde unbegrünt, keine Krustenbildung vorhanden, hohe Durchlässigkeit des Haldenmaterials ($k_f > 10^{-4}$), Abstand Haldensohle zum Grundwasserleiter gering (< 1 m), Sickerwasserbildung hoch (Interzeption gering, Infiltration hoch)	Halde zu etwa 50 % begrünt, Krustenbildung feststellbar, mittlere Durchlässigkeit des Haldenmaterials ($10^{-4} > k_f > 10^{-5}$), Abstand Haldensohle zum Grundwasserleiter 1 bis 5 m), Sickerwasserbildung mäßig (Interzeption hoch bis mittel, Infiltration mittel bis hoch)	Halde weitestgehend durch Bäume, Büsche, etc. begrünt, ausgeprägte Krustenbildung, niedrige Durchlässigkeit ($k_f < 10^{-5}$), mehr als 5 m Aquiferabstand, Sickerwasserbildung gering (Interzeption hoch, Infiltration gering)
Oberflächengewässergefährdung	Kegelhalde in direkter Nähe zum Fließgewässer, Oberflächenabfluss hoch, Wassererosionsrinnen sichtbar, starke Hangneigung, Hangflächen wenig begrünt	Halde mit unregelmäßiger Ober- und Flankenflächen, Flankenflächen mit mittlerer Begrünung, moderate Hangneigung, großer Abstand zum nächsten Fließgewässer	Plateauhalde mit weitestgehender Begrünung, sehr geringe Hangneigung, sehr großer Abstand zum nächsten Fließgewässer, keine Wassererosionsrinnen
Standsicherheit	Rutschungen von Haldenmaterial deutlich erkennbar, große Risse im Haldenkörper, Ansiedlung von Pflanzen und Bodenbildung durch Hangabwärtsbewegungen von Haldenmaterial behindert	Rutschungen von Haldenmaterial relativ selten, homogene Oberflächenstruktur ohne große Rissbildungen, Pflanzenbewuchs an den Flanken vorhanden	Keine Rutschungen von Haldenmaterial sichtbar, keine Rissbildung, dichter Pflanzenbewuchs
Volumen / Fläche	Volumen: $> 100.000 \text{ m}^3$ Fläche: $> 10 \text{ ha}$	Volumen: 10.000 - 100.000 m^3 Fläche: 1 - 10 ha	Volumen: $< 10.000 \text{ m}^3$ Fläche: $< 1 \text{ ha}$
Vorfluter- und Wasserschutzzonelage	Vorfluterabstand < 50 m, Lage im Überschwemmungsgebiet, Lage in Wasserschutzzone I oder II	Vorfluterabstand 50 - 100 m, Lage außerhalb Überschwemmungsgebiet, Lage in Wasserschutzzone III	Vorfluterabstand > 100 m, Lage außerhalb von Wasserschutzzonen
Siedlungsnähe	Halde in geringer Entfernung zu Siedlungen, Halde wird für Freizeitaktivitäten genutzt, Exposition von Nutzern durch Inhalation wahrscheinlich	Halde in mittlerer Entfernung zu Siedlungsgebieten, Freizeitnutzung nicht auszuschließen, Exposition von Nutzern möglich	Halde in großer Entfernung zu Siedlungsgebieten, keine Freizeitnutzung erkennbar, Exposition „Boden / Mensch“ unwahrscheinlich
Gefahrenpotenzials des Haldeninventars	Sauerwasserbildung infolge sulfidischer Erze zu erwarten, Sickerwasseraustritt am Haldenfuß erkennbar, humantoxische Schwermetalle mit Gehalten oberhalb der Prüfwerte wahrscheinlich, Haldeninhalt aus Taubgestein und Aufbereitungsrückständen	Sauerwasserbildung, Sickerwassersituation, Schwermetallgehalt unklar, Haldenzusammensetzung unklar	Keine Sauerwasserbildung, keine Sickerwasseraustritte, humantoxische Schwermetalle unwahrscheinlich oder nur im Bereich der Vorsorgewerte resp. der regionalen Hintergrundbelastung, Haldeninhalt vorwiegend Taubgestein
Exposition der Haldenumgebung	Metallanreicherungen in den Bachsedimenten des Umfeldes nachgewiesen, Bodenbelastung durch diffuse Verfrachtung von Feinanteilen wahrscheinlich, Massenverlagerungen infolge nicht ausreichender Haldenstandfestigkeit erkennbar	Metallanreicherung in Bachsedimenten, Umgebungsbodenbelastung und Massenverlagerung nicht unwahrscheinlich	Keine Metallanreicherung in Bachsedimenten, Umgebungsbodenbelastung durch diffuse Verfrachtung ausgeschlossen, da Windexposition gering, Haldenoberfläche weist kaum freiliegende Feinanteile auf, keine Massenverlagerung erkennbar
Haldenhomogenität	Stark inhomogene Haldenstruktur, problematische Fremdmaterialien (Abfälle) / organische Substanzen enthalten	Geschichteter Haldenkörper, relativ homogen, geringer Anteil kritischer Fremdmaterialien	Haldenstruktur sehr homogen, nur Materialien aus der Erzförderung / Erzgewinnung, keine sonstigen Abfälle erkennbar
Gefährdungspotenzialkennziffer (GPK) der Halde „Am Bleibach“ $GPK = 5 \cdot 5 / 10 + 3 \cdot 3 / 10 + 2 \cdot 1 / 10 = 2,5 + 0,9 + 0,2 = 3,6$			

Mit ISND = 14.200 und GPK = 3,6 für die Halde „Am Bleibach“ berechnet sich die Nachhaltigkeitsdefizitgefährdungskennziffer zu

$$\text{NHDGKA}_{(\text{Halde „Am Bleibach“})} = 14.200 \cdot 3,6 = 51.120,$$

das bedeutet, dass bei einer importierten Metallmenge in Höhe des Metallinventars der Halde „Am Bleibach“ sowie dem spezifischen Gefahrenpotenzial des Ausgangszustandes der Halde eine Nachhaltigkeitsgefährdung i.H.v. 51.120 Bewertungspunkten besteht, die durch den Rückbau der Halde und damit durch eine Verringerung des importierten Nachhaltigkeitsdefizites sowie durch eine Reduktion des Gefahrenpotenzials vermindert werden kann.

Um den „Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator“ [HHNI] für die Halde „Am Bleibach“ gemäß dem Berechnungsansatz (vgl. Kap. 4)

$$\text{HHNI} = \text{SND}_{\text{Deu}} \cdot \text{MM}_{\text{SP}} \cdot [\text{GPK}_{\text{NR}} + \text{UWHU} + \text{UAHG} - \text{ÖSW}]$$

zu ermitteln ist es erforderlich das durch Metallgewinnung infolge Haldenrückbau sich ergebende „Reduzierte Nachhaltigkeitsdefizit“ $[\text{SND}_{\text{Deu}} \cdot \text{MM}_{\text{SP}}]$ zu bestimmen. Unter der Voraussetzung, dass bei der Metallgewinnung in Deutschland das grundsätzliche Summarische Nachhaltigkeitsdefizit zu $\text{SND}_{\text{Deu}} = 5$ anzusetzen ist (vgl. Kap. 5.5), ergibt sich das „Reduzierte Nachhaltigkeitsdefizit“ [RSND] zu

$$\text{RSND} = \sum \text{MM}_{\text{SP}} \cdot \text{SND}_{\text{Deu}}$$

und dementsprechend für das Metallinventar der Halde „Am Bleibach“ zu

- Eisen: $\text{MM}_{\text{Fe}} \cdot \text{SND}_{\text{Fe}} = 0,8 \cdot 675 \cdot 5 = 2.700$
- Kupfer: $\text{MM}_{\text{Cu}} \cdot \text{SND}_{\text{Cu}} = 0,8 \cdot 450 \cdot 5 = 1.800$
- Blei: $\text{MM}_{\text{Pb}} \cdot \text{SND}_{\text{Pb}} = 0,8 \cdot 500 \cdot 5 = 2.000$
- Zink: $\text{MM}_{\text{Zn}} \cdot \text{SND}_{\text{Zn}} = 0,8 \cdot 175 \cdot 5 = 700$

und somit in Summe zu $\text{RSND} = 7.200$.

Zur weiteren Konkretisierung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators ist das „Reduzierte Nachhaltigkeitsdefizit“ dadurch zu modifizieren, dass die Summe aus der Gefährdungspotenzialkennziffer $[GPK_{NR}]$ der rückgebauten Halde, die definitionsgemäß zu $GPK_{NR} = 1$ angesetzt wird (niedrige bis nicht vorhandene Restgefährdung; vgl. Kap. 4), der Umweltwirkung des Haldenrückbaus im Haldenumfeld $[UWHU]$ und der Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung, Gewinnung“ $[UAHG]$ sowie die als Differenz zu berücksichtigende Ökologische Standortwertigkeit $[ÖSW]$ der rückgebauten Halde gemäß dem oben formulierten Ansatz multiplikativ mit dem Reduzierten Nachhaltigkeitsdefizit verrechnet werden.

Hierzu ist die Bewertung der Umfeldumweltwirkung der Halde „Am Bleibach“ in Tabelle 9.2 dargestellt. Unter Ansatz einer zu erwartenden, moderaten Reduktion der Schwermetallbelastung der Böden im Haldenumfeld, einer unwahrscheinlichen Halbierung der Sedimentbelastung, aber einer signifikanten Verbesserung der Grundwasserqualität kann die Kennziffer der Umweltwirkung im Haldenumfeld zu $UWHU = 0,2$ abgeschätzt werden.

Tabelle 9.2: Abschätzung der Umweltwirkungen des Haldenrückbaus im Haldenumfeld der Halde „Am Bleibach“

Beurteilungsmerkmal	Umweltwirkung im Haldenumfeld		
	Groß (0,1 Bewertungspunkte)	Moderat (0,2 Bewertungspunkte)	Gering (0,3 Bewertungspunkte)
Bodenbelastung im Haldenumfeld	Im relevanten Haldenumfeld (1 km-Radius) kann eine deutliche Abnahme der Bodenbelastung erwartet werden. Bei der haldenspezifischen Indikatorsubstanz liegt die Verminderung deutlich oberhalb von 10 % gegenüber der Ausgangsbelastung.	Durch den Haldenrückbau und den dadurch bedingten Rückgang der Windverfrachtung von Feinanteilen ist eine moderate Reduktion der Schwermetallbelastung im Haldenumfeld (1 km-Radius) innerhalb von 5 Jahren nicht ausgeschlossen; Reduktion der Indikatorsubstanz um mehr als 5 aber weniger als 10 % gegenüber dem Ausgangszustand.	Eine signifikante Reduzierung der Schwermetallbelastung im Haldenumfeld (1 km-Radius) ist in den nächsten 5 Jahren unwahrscheinlich; die haldenspezifische Indikatorsubstanz, z.B. Blei, im Boden verringert sich gegenüber dem Ausgangszustand um weniger als 5 %.
Gewässergüte und Sedimentbelastung der Fließgewässer	Mindestens Halbierung der Sedimentbelastung bei einem haldenspezifischen Indikatorschwermetall ist innerhalb eines Zeitraums von 5 Jahren wahrscheinlich.	Ein geringer Rückgang der Sedimentbelastung, bezogen auf ein haldenspezifisches Schwermetall, ist nicht ausgeschlossen; der Rückgang ist deutlich kleiner als 50 % innerhalb von 5 Jahren zu erwarten.	Halbierung der vorliegenden Sedimentbelastung ist aufgrund der Ursachen der Schwermetallbelastung in der Vergangenheit und ihres geogenen Charakters nicht zu erwarten; der Haldenrückbau wird keine positive Veränderung der Sedimentbelastung bewirken.
Grundwasserqualität	Signifikante Verbesserung der Grundwasserqualität ist innerhalb von 3 Jahren zu erwarten.	Nachweisbare Verbesserung der Grundwasserqualität innerhalb von 10 Jahren ist nicht ausgeschlossen.	Eine nachweisbare Verbesserung der Grundwasserqualität ist nicht zu erwarten.
Kennziffer der Umweltwirkung des Haldenrückbaus im Haldenumfeld (UWHU) der Halde „Am Bleibach“ $UWHU = 1/3 \cdot (0,1 + 0,2 + 0,3) = 0,2$			

Für die Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung, Gewinnung“ ist von den drei Bewertungskriterien in Tabelle 9.3 nur die Reststoffbeseitigungsnotwendigkeit / -verwertungsmöglichkeit beurteilungsfähig, denn sowohl die Veränderung des regionalen CO₂-Emissionsprofils als auch die Veränderung der Flächeninanspruchnahme sind erst bei Rückbau mehrerer Halden für eine Bewertung geeignet. Für die Halde „Am Bleibach“ wird wegen des Metallgehaltes im nicht weitergehend aufbereitetem Taubgestein eine Beseitigungsnotwendigkeit von mehr als 80 % der Reststoffe ausgegangen; die Bewertung ergibt sich dementsprechend zu UAHG = 0,3.

Tabelle 9.3: Bewertung der Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung“ der Halde „Am Bleibach“

Bewertungskriterium	Umweltwirkung der Prozesskette UAHG		
	Groß (0,3 Bewertungspunkte)	Mittel (0,2 Bewertungspunkte)	Klein (0,1 Bewertungspunkte)
Veränderung des regionalen CO₂-Emissionsprofils	Erhöhung der einwohnerbezogenen zusätzlichen CO ₂ -Emission infolge Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung liegt zwischen 1 % und maximal 2 %	Anstieg der einwohnerbezogenen CO ₂ -Emission während der Durchführung der Abgrabungs-, Aufbereitungs- und Gewinnungsaktivitäten um mehr als 0,5 % und weniger als 1 %	Erhöhung der einwohnerspezifischen CO ₂ -Emission um weniger als 0,5 % während der Laufzeit des Haldenrückbaus aller rückbaueigneten Halden im Landkreis Goslar einschließlich Transporten, Aufbereitung und Gewinnung der Zielmetalle
Reststoffbeseitigungsnotwendigkeit / Reststoffverwertungsmöglichkeit	Beseitigungsnotwendigkeit ≥ 80 % Verwertungsumfang ≤ 20 %	Beseitigungsnotwendigkeit ≈ 50 % Verwertungsumfang ≈ 50 %	Beseitigungsnotwendigkeit ≤ 30 % Verwertungsumfang ≥ 70 %
Veränderung der Flächeninanspruchnahme	Zunahme der SuV-Fläche liegt zwischen 5 % und 10 % bezogen auf die derzeitige SuV-Fläche	Vergrößerung der SuV-Fläche umfasst mehr als 2 % und weniger als 5 % bezogen auf die derzeitige SuV-Fläche	Zunahme der SuV-Fläche ist geringer als 2 % der derzeitigen SuV-Fläche
Kennziffer der Umweltrelevanz der Prozesskette „Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung (UAHG) der Halde „Am Bleibach“ UAHG = 0,3			

Die Ökologische Standortwertigkeit der rückgebauten Halde „Am Bleibach“ zeichnet sich dadurch aus, dass die Bodenbelastung auf 40 - 80 % der Fläche kleiner als die Schwermetallvorsorgewerte ist, 80 - 100 % der Fläche naturnah renaturiert wurden und durch die Lückenschlussfunktion in einem regionalen Biotopverbundsystem eine hohe Biotopqualität und Biotopvernetzung besitzt, aber eine Flächeninanspruchnahmekompensation als Weißes Flächenzertifikat nicht möglich ist. Aufgrund dieser drei Bewertungen ergibt sich der Wert der Ökologischen Standortwertigkeit (vgl. Tab. 9.4) zu ÖSW = 0,3.

Tabelle 9.4: Bewertung der ökologischen Standortwertigkeit der rückgebauten Halde „Am Bleibach“

Bewertungskriterium	Ökologische Standortwertigkeit ÖSW		
	Hoch (0,5 Bewertungspunkte)	Mittel (0,3 Bewertungspunkte)	Klein (0,1 Bewertungspunkte)
Bodenqualität	Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf 80 % - 100 % der Fläche bzgl. aller relevanten Schwermetalle	Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf 40 % bis < 80 % der Fläche bzgl. aller relevanten Schwermetalle	Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf < 40 % der Fläche bzgl. aller relevanten Schwermetalle
Grundwasserneubildung	Fläche zu 80 % - 100 % entsiegelt und naturnah renaturiert	Fläche zu 40 - 80 % entsiegelt und naturnah renaturiert	Fläche zu < 40 % entsiegelt und naturnah renaturiert
Klimatisches Potenzial	Lage zur Hauptwindrichtung eröffnet Kaltluftentstehung, Luftfeuchteerhöhung, Schadstofffilterung und Luftschnaisenfunktion	Renaturierte Fläche ermöglicht Kaltluftentstehung und Luftschnaisenfunktion	Nur Kaltluftentstehung durch renaturierte Fläche
Biotopqualität und Biotopvernetzung	80 % - 100 % der Fläche naturnah mit Lückenschlussfunktion in einem regionalen Biotopverbundsystem	40 % - 80 % der Fläche naturnah mit lediglich lokaler Vernetzungsfunktion	Kleiner 40 % der Fläche naturnah, ohne lokale Vernetzungsfunktion (Inselbiotop)
Verwendbarkeit als sog. Weißes Flächenzertifikat	Kompensation von Flächeninanspruchnahme an anderen Orten durch renaturierte Fläche grundsätzlich möglich	Flächeninanspruchnahmekompensation bedingt möglich	Flächeninanspruchnahmekompensation nicht möglich
Kennziffer der ökologischen Standortwertigkeit (ÖSW) der rückgebauten Halde „Am Bleibach“ ÖSW = 1/3 · (0,5 + 0,3 + 0,1) = 0,3			

Mit diesen Ansätzen berechnet sich der Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator [HHNI] zu

$$\text{HHNI} = 7.200 \cdot [1 + 0,2 + 0,3 - 0,3] = 8.640,$$

d.h. die Nachhaltigkeitskennziffer des Zielzustandes beträgt nur noch 8.640 Bewertungspunkte, im Gegensatz zu 51.120 Bewertungspunkten des Ausgangszustandes.

Der aus der Reduktion des Nachhaltigkeitsdefizites infolge Zielmetallgewinnung beim Haldenrückbau sowie der Verminderung des Gefährdungspotenzials am Haldenstandort und der Umweltwirkungen im Haldenumfeld, der Umweltbelastungen infolge Abgrabung, Aufbereitung und Gewinnung sowie der Veränderung der ökologischen Standortwertigkeit resultierende „Haldenrückbaunachhaltigkeitseffekt“ [HRNE] beträgt dementsprechend

$$\begin{aligned} \text{HRNE} &= (\text{NHDGKA} - \text{HHNI}) / \text{NHDGKA} \cdot 100 [\%] \\ &= (51.120 - 8.640) / 51.120 \cdot 100 \\ &= 83,1 \% \end{aligned}$$

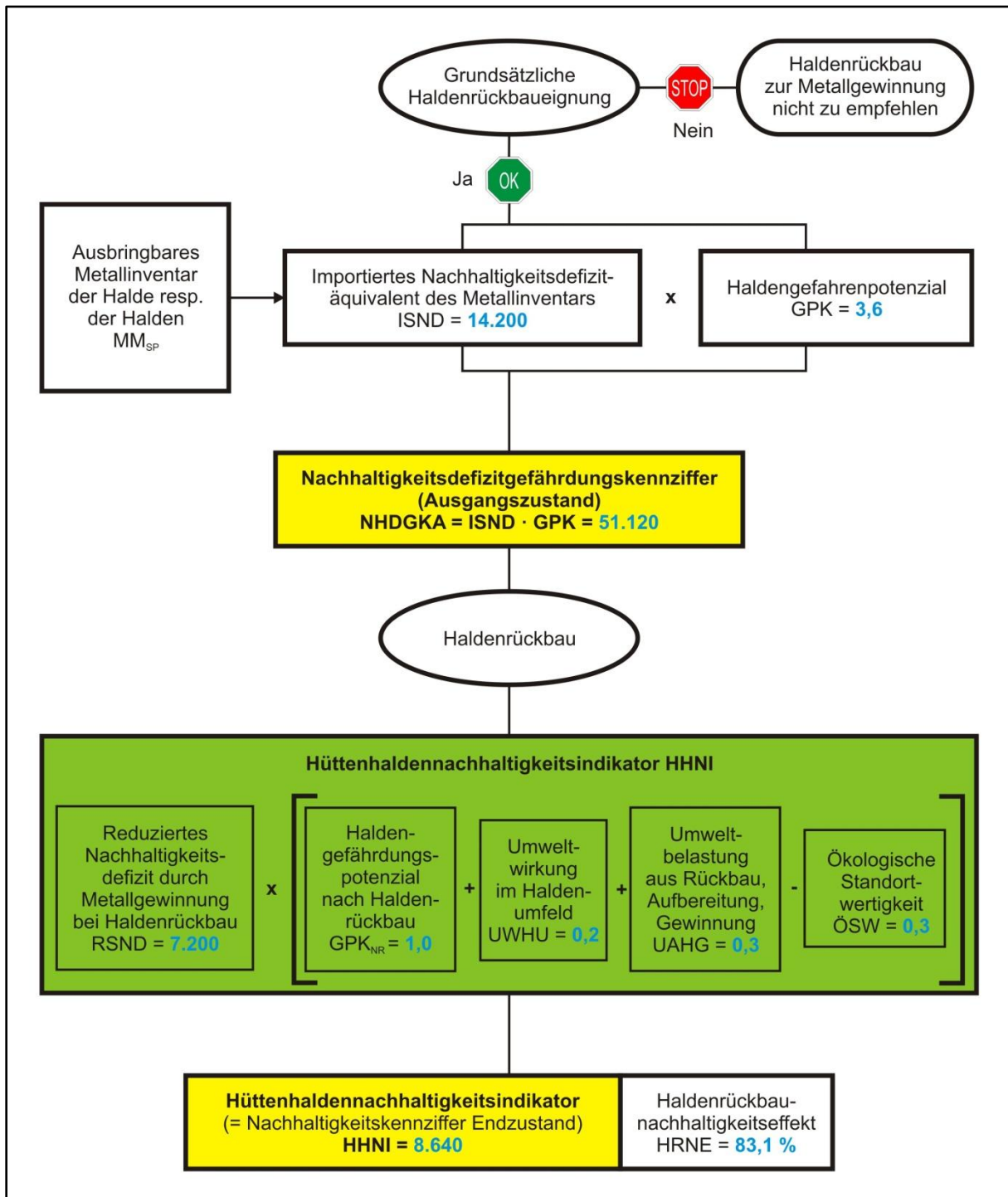


Abb. 9.2: Ergebnisse des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindicators für die Beispielhalde „Am Bleibach“

Die aufgezeigte Verbesserung der Nachhaltigkeitsbewertung wird zum einen geprägt durch die Gewinnung der Zielmetalle, was gegenüber dem Import, d.h. dem Importierten Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent [ISND] i.H.v. 14.200 Bewertungspunkten zu einem Reduzierten Nachhaltigkeitsdefizit [RSND] von 7.200 Bewertungspunkten beiträgt, also eine Verbesserung um 49,2 % darstellt. Zum anderen ergibt sich die Verminderung und damit die Verbes-

serung der Nachhaltigkeitsgefährdungskennziffer [NHDGKA] des Ausgangszustandes durch den rückbaubedingten Abbau des Haldengefahrenpotenzials [GPK] i.H.v. 3,6 auf im Endzustand 1,2 [GPKNR + UWHU + UAHG - ÖSW], d.h. einer Reduktion um 66,7 %.

Der Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator HHNI, der die Nachhaltigkeitskennziffer aufgrund der durch den Haldenrückbau gewinnbaren Metalle, also dem Umfang der Substitution der importierten metallischen Rohstoffe, und der Verminderung des Haldengefahrenpotenzials der Zielsituation umfasst, ist somit eine geeignete Kenngröße zur Abbildung der Nachhaltigkeit des Haldenrückbaus.

10. Zusammenfassung und Fazit

Die deutsche Industrie ist zu nahezu 100 % auf den Import metallischer Rohstoffe angewiesen. Deshalb ist der deutsche Rohstoffimport in erheblicher Weise mit verantwortlich für die ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen, also der Nachhaltigkeit, des Rohstoffabbaus in den Förderländern.

Der im Rahmen des ROBEHA-Vorhabens „AP 4.1 - Multikriterieller Bewertungsansatz“ (BMBF-FKZ 033R105H) zu entwickelnde Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator trägt diesem Sachverhalt in der Form Rechnung, dass die Nachhaltigkeitsdefizite der Primärproduktion metallischer Rohstoffe, die metallspezifisch als ökonomische, ökologische und gesellschaftliche, importierte Nachhaltigkeitsdefizite quantifiziert wurden, die erste substantielle Einganggröße zur Konstruktion des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators sind.

Als zweite Kenngröße wird das Haldengefahrenpotenzial berücksichtigt, das bei konkreten Halden des Erzbergbaus durch Untersuchungen konkretisiert werden kann, die Ansatzweise der Gefährdungsabschätzung gemäß Bodenschutzrecht bei Altablagerungen entsprechen, oder über eine systematische verbalquantitative Grobbewertung anhand eines strukturierten Bewertungsrasters abgeschätzt wird.

Für das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit der Primärproduktion metallischer Rohstoffe wird eine Bewertungsmatrix aus dem Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI) sowie den World-Government-Indicators (WGI) der Weltbank strukturiert. Für jeden metallischen Rohstoff resultiert die Verortung in der Bewertungsmatrix aus

- dem Rohstoff-HHI, der sich metallspezifisch aus der Summe der quadrierten Förderanteile der Förderländer berechnet, und
- dem Rohstoff-WGI, der sich aus den länderbezogenen World-Government-Indicators metallspezifisch in der Form ermitteln lässt, dass der jeweilige länderbezogene Förderanteil mit dem WGI des Förderlandes multipliziert wird und die Produkte über alle Förderländer resp. die Gesamtfördermenge summiert werden.

Das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit der Primärproduktion resultiert aus einer Beurteilung des Environmental Performance Index (EPI) der Förderländer als Maßstab der generellen

Umweltperformance sowie des Ecological Footprint als Messgröße des länderspezifischen Umgangs mit ökologischen Ressourcen. Analog zur Abbildung des Ökonomischen Nachhaltigkeitsdefizits werden der metallspezifische

- Rohstoff-EPI als Summe über alle Förderländer aus den Produkten der länderbezogenen Förderanteile und des jeweiligen EPI berechnet und der
- Rohstoff-Footprint aus dem länderbezogenen Defizit resp. der Reserve (Biocapacity - Consumption) nach Multiplikation mit den metallspezifischen Förderanteilen der Länder als Summe über alle Förderländer ermittelt.

Für das Gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdefizit wird ein Bewertungsansatz gewählt, der zum Einen den Social Progress Index (SPI) umfasst, zum Anderen aus dem Bertelsmann Transformation Index (BTI) die Teilindikatoren 6.1 *Socioeconomic barriers*, 13.3 *Conflict Intensity* und 15.3 *Anti-corruption policy* berücksichtigt. In vergleichbarer Weise wie bei der ökonomischen sowie der ökologischen Bewertung werden für das Gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdefizit für jedes in die Betrachtung einbezogene Metall

- der Rohstoff-SPI berechnet, und zwar als über alle Förderländer ermittelte Summe aus Produktion der länderbezogenen Förderanteile und des jeweils länderspezifischen Social Progress Index (SPI) sowie
- der Rohstoff-BTI-Teilindex aus dem Mittelwert (gut / schlecht richtungsnormiert) der Teilindikatoren 6.1, 13.3 und 15.3 ermittelt, wobei die Produkte aus den länderbezogenen Förderanteilen und den länderspezifischen BTI-Teilindizes über alle Förderländer addiert werden.

Für jede der drei Nachhaltigkeitsdefizitdimensionen wird eine Bewertungsmatrix aus den zugehörigen Rohstoffindizes gebildet. In Abhängigkeit der berechneten Indizes erfolgt für jeden betrachteten metallischen Rohstoff die Verortung in der jeweiligen Bewertungsmatrix.

Unter Berücksichtigung von spezifischen Grenzwerten zwischen *schlecht*, *mittel* und *gut* resp. *niedrig*, *mittel* und *hoch* im Sinne einer Klassifizierung der berechneten Indizes als einfache dreistufige Ampelbewertung ergibt sich für jede der drei Nachhaltigkeitsdefizitdimensionen eine Neun-Felder-Matrix. Da jede Bewertungsmatrix auf zwei Bewertungsindizes basiert, deren Ergebnisse jeweils in drei Bewertungsklassen mit den Bewertungsziffern 1 (nied-

rig), 2 (mittel) und 3 (hoch) differenziert sind, ergeben sich bei multiplikativer Verknüpfung der Bewertungsziffern neun mögliche Bewertungsstufen. Da die Bewertungsergebnisse für die beiden kombinierten Bewertungsindizes gleich gewichtet werden, verbleiben nach Abzug von drei gleichbedeutenden Ergebniskombinationen (*niedrig / mittel = mittel / niedrig*, *niedrig / hoch = hoch / niedrig* und *mittel / hoch = hoch / mittel*, entsprechend den multiplikativen Bewertungsstufen 2, 3 und 6) insgesamt sechs unterschiedliche Ergebniskombinationen als Resultate der über die Rohstoffindizes jeweils beurteilten Nachhaltigkeitsdefizitdimension metallischer Rohstoffe.

Das zusammenfassende Bewertungsergebnis der Nachhaltigkeitsdefizite metallischer Rohstoffe wird durch Addition der Bewertungsergebnisse für das Ökonomische Nachhaltigkeitsdefizit, das Ökologische Nachhaltigkeitsdefizit sowie das Soziale Nachhaltigkeitsdefizit gebildet. Hieraus resultiert ein Nachhaltigkeitsdefizitprofil zwischen minimal 3 (1+1+1) und maximal 27 (9+9+9).

Für die dreistufige Ampelsystematik des summarischen Defizitprofils ist von folgender Differenzierung auszugehen:

- Summarisches Nachhaltigkeitsdefizit (SND) der drei Nachhaltigkeitsdefizitdimensionen ≤ 9 wird als *niedrig* bewertet, entspricht *grün*; niedriges Importiertes Nachhaltigkeitsdefizit,
- summarisches Nachhaltigkeitsdefizit $10 \leq \text{SND} \leq 18$ wird als *mittel* bewertet, entspricht *gelb*; mittelgroßes Importiertes Nachhaltigkeitsdefizit,
- summarisches Nachhaltigkeitsdefizit $19 \leq \text{SND} \leq 27$ wird als *hoch* bewertet, entspricht *rot*; hohes Importiertes Nachhaltigkeitsdefizit.

Unter Ansatz des Metallinventars einer für den Rückbau geeigneten Halde wird mit den metallspezifischen Bewertungsziffern des Importierten Nachhaltigkeitsdefizits das haldenbezogene, Importierte Nachhaltigkeitsdefizitäquivalent berechnet und mit dem Haldengefahrenpotenzial multiplikativ verknüpft. Als Resultat ergibt sich die den Ausgangszustand beschreibende Nachhaltigkeitsgefährdungskennziffer, die im Zuge des Haldenrückbaus durch die Gewinnung der Zielmetalle und die Reduktion des Haldengefahrenpotenzials vermindert werden soll.



Die entsprechende Kenngröße dieser Veränderung infolge des Haldenrückbaus ist der Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator, der auch als Nachhaltigkeitskennziffer des Zielzustandes interpretiert werden kann. Er berechnet sich als Produkt aus dem reduzierten Nachhaltigkeitsdefizit durch die Metallgewinnung beim Haldenrückbau und der Summe aus dem gesetzten Haldenstandortgefährdungspotenzial nach dem Haldenrückbau und der Umweltwirkung im Haldenumfeld sowie der Umweltbelastung durch den Prozess von Abgrabung, Aufbereitung, Gewinnung, vermindert um die Ökologische Standortwertigkeit der rückgebauten Halde.

An einem fiktiven Beispiel konnte exemplarisch aufgezeigt werden, dass bei alleiniger Beurteilung einer Halde die Ermittlung des Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikators eine erhebliche Verminderung des Nachhaltigkeitsdefizits belegen lässt, allein schon deshalb, weil das für die Metallgewinnung in Deutschland anzusetzende Nachhaltigkeitsdefizit deutlich kleiner ist als die metallspezifischen Nachhaltigkeitsdefizite der Metallgewinnung in den jeweiligen Förderländern.

Ob durch den Rückbau aller Halden des Westharzes allerdings das Nachhaltigkeitsdefizit der deutschen Metallimporte spürbar verringert werden kann, ist fraglich. Denn bei Ansatz von jährlich 70 Mio. t importierter Metalle sowie einem mittleren Summarischen Nachhaltigkeitsdefizit i.H.v. 10 Bewertungspunkten ergeben sich insgesamt pro Jahr 700 Mio. Importierte Nachhaltigkeitsdefizitäquivalente. Demgegenüber stehen unter idealtypischen Annahmen zum Metallinventar der Halden des Westharzes (Annahme: 5 - 6 % Metallgehalt) bei einer Haldenmaterialtonnage von rund 36 Mio. Tonnen ca. 2 Mio. Tonnen Metalle, die durch den Haldenrückbau gewonnen werden könnten. Setzt man für diese 2 Mio. Tonnen Metalle das mittlere Summarische Nachhaltigkeitsdefizit (10 Bewertungspunkte) an, so resultieren hieraus 20 Mio. Nachhaltigkeitsdefizitäquivalente. Unter Ansatz des für die Metallgewinnung in Deutschland ermittelten Nachhaltigkeitsdefizits i.H.v. 5 Bewertungspunkten ergeben sich für den Rückbau aller Halden und die daraus gewinnbaren Metalle 10 Mio. Nachhaltigkeitsdefizitäquivalente. Das heißt, dass durch die Metallgewinnung im Zuge des Haldenrückbaus eine Reduktion um 10 Mio. Nachhaltigkeitsdefizitäquivalente erzielt werden könnte.

Bezogen auf 700 Mio. Importierte Defizitäquivalente des jährlichen deutsche Metallimports ergibt sich durch den Haldenrückbau allerdings lediglich eine Verbesserung um $10 / 700 \cdot 100 = 1,43 \%$, was die nationale Nachhaltigkeitseffizienz der Metallgewinnung durch Rückbau von Halden des Erzbergbaus im Westharz als relativ unbedeutend erscheinen lässt, zumal es sich um einen Einmaleffekt handelt. Auch die durch den Haldenrückbau zusätzlich zu erzielende Verminderung des Haldengefahrenpotenzials kann diese skeptische Einschätzung kaum relativieren.

Zwar dürfte für einzelne Halden durch den Hüttenhaldennachhaltigkeitsindikator eine positive Wirkung des Haldenrückbaus nachweisbar sein, aufgrund des geringen Metallgehaltes der Halden im Westharz im Vergleich zu den jährlichen deutschen Metallimporten ist der gesamte Nachhaltigkeitseffekt, die nationale Effizienz, jedoch marginal.

11. Literatur- und Informationsgrundlagenverzeichnis

- Bardt, 2013 Dr. Hubertus Bardt; Deutsches Institut für Wirtschaft, Köln; Rohstoffrisiken aus der Sicht der deutschen Industrie; Vortrag vom 4. November 2013, Hannover
- BDI, 2013 Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.; Herausforderungen 2013 - 2020 aus Sicht der Industrie - Für einen gesellschaftlichen Konsens; Berlin 2013
- BGR, 2013 a Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Deutschland - Rohstoffsituation 2012; Hannover; ISBN 978-3-943566-08-06
- BGR, 2013 b Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Metallpreisindex, 2013
- BGR, 2013 Huy, D. et al.; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR; Deutschland - Rohstoffsituation 2012; ISBN 978-3-943566-08-06
- BMWFJ, 2013 C. Reichel, M. Schatz, G. Zsak; Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend Österreich; World Mining Data; Volume 28, Rohstoffproduktion
- BMWi, 2010 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, BMWi; Rohstoffstrategie der Bundesregierung - Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen
- Borchers, E. (1865) General Gang Charte des nordwestlichen Harzgebirges. Clausthal/Stuttgart
- BReg, 2002 Perspektiven für Deutschland - Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung; Bundesregierung
- BT, 1994 Die Industriegesellschaft gestalten - Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen; Deutscher Bundestag; Abschlussbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“; ISBN 3-87081-364-4
- BT, 1998 Konzept Nachhaltigkeit - Vom Leitbild zur Umsetzung; Deutscher Bundestag; Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung“; ISBN 3-930341-42-5

DERA, 2012	DERA-Rohstoffliste 2012 - Angebotskonzentrationen bei Metallen und Industriemineralen, Potenzielle Preis- und Lieferrisiken; DERA Rohstoffinformationen [10], Deutsche Rohstoffagentur, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; ISBN 978-3-943566-01-7
DERA, 2012	Deutsche Rohstoffagentur / Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; DERA Rohstoffliste 2012 - Angebotskonzentration bei Metallen und Industriemineralen, potenzielle Preis- und Lieferrisiken; ISBN 978-3-943566-01-7; Hannover, 2012
DESTATIS, 2013	Statistisches Bundesamt; Fachserie 4, Reihe 4.3, 2013
DIHK, 2012	Deutscher Industrie- und Handelskammertag; Faktenpapier nicht-energetische Rohstoffe; Hintergrundinformationen zum IHK-Jahresthema 2012; Berlin / Brüssel 2011
Emerson et al., 2012	Emerson, J.W., A. Hsu, M.A. Levy, A. de Sherbinin, V. Mara, D.C. Esty, and M. Jaiteh. 2012. 2012 Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy
EPI, 2013	2012 EPI and Pilot Trend Results - EPI Score; Internet-Datenbank der Yale University zum Environmental Performance Index, http://epi.yale.edu , abgerufen im November 2013
EU, 2010 a	Mitteilung der Europäischen Kommission an das Europäische Parlament und den Rat; Die Rohstoffinitiative - Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern; Brüssel, 2010, KOM(2008) 699 endgültig/2
EU, 2010 b	Annex V to the Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials; Europäische Kommission, Enterprise and Industry; 2010
EU-Kommission, 2010	European Commission, Enterprise and Industry; Critical raw materials for the EU; report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials; Juni 2010
GFN, 2008	M. Wackernagel et al.; Global Footprint Network, Research and Standards Department; Guidebook to the National Footprint Accounts 2008; Working Paper Vers. 1.01; Oakland, 2008
GFN, 2010	M. Wackernagel et al.; Global Footprint Network; The Ecological Footprint Atlas 2010; Oakland, 2010



- Haack, U. & Lauterjung, J. (1993) Rb/Sr dating of hydrothermal overprint in Bad Grund by mixing lines. – In: Möller & Lüders (Hrsg.) (1993): Formation of hydrothermal vein deposits – A case study of the Pb-Zn, barite and fluorite deposits of the Harz Mountains. – Monograph series on Mineral Deposits, 30: 103-113; Berlin-Stuttgart
- Hauff, 1987 Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung; Hauff, V.; ISBN 3923166168; Deutsche Übersetzung des “Report of the World Commission on environment and development: Our common future”; Brundtland Kommission der UNO
- Hesemann, J. (1930) Die Erzbezirke des Ramberges und von Tilkenrode im Harz. – Arch. Lagerstättenforsch., 46, 92 S., Berlin
- ICMM, 2012 International Council on Mining & Metals; Trends in the mining and metals industry; Mining’s contribution to sustainable development, October 2012; London
- IKW, 2006 Nachhaltigkeitsbericht für das Berichtsjahr 2006 für die Wasch- und Reinigungsmittelbranche; Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e.V.; http://www.ikw.org/pdf/broschueren/IKW_Nachhaltigkeitsbericht_2006.pdf; abgerufen im November 2010
- ISI / IZT, 2009 Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT); Rohstoffe für Zukunftstechnologien - Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage; ISBN 978-3-8396-0014-6
- Jacobsen, W. & Schneider, H. (1950) Die Erzgänge des nordwestlichen Oberharzes. – Eine Erläuterung zur Gangkarte 1:25.000. – Geol. Jb., 65: 707-768; Hannover/Celle
- Juris, 2008 JURIS – Juristisches Informationssystem; Online-Zugang der Hochschulbibliothek der RWTH Aachen; www.juris.de; abgerufen im März 2011
- Kausch et al, 2014 Kausch, P., Bertau, M. Gutzmer, J., Matschullat, J.; Strategische Rohstoffe - Risikoversorge; ISBN 978-3-642-39703-5

- KfW, 2011 Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), Berlin; adelphi, Berlin; KfW-Bankengruppe; Kritische Rohstoffe für Deutschland - Identifikation aus der Sicht deutscher Unternehmen wirtschaftlich bedeutsamer mineralischer Rohstoffe, deren Versorgungslage sich mittel- bis langfristig als kritisch erweisen könnte; Berlin, 2011
- Liessmann, W. (2010) Historischer Bergbau im Harz - Berlin
- Lossen, K. A. (1889) „Der Harz gilt ... gilt seit Anbeginn der Geologie als ein Kleinod unter den Gebirgen der Erde ...“. In Nieders. Akad. Geowiss. (Hrsg.) (1993): Das Karl August Lossen Denkmal bei Wernigerode. – 2; Hannover
- Lüders, V. & Möller, P. (1995) Geochemie hydrothermaler Gangmineralisationen des Harzes. – Zbl. Geol. Paläont. Teil I,9/10: 1329-1349; Stuttgart
- Lüders, V., Stedingk, K. & Franzke, H.J. (1993) Review of geological setting and mineral paragenesis – In: Möller & Lüders (Hrsg.) (1993): Formation of hydrothermal vein deposits – A case study of the Pb-Zn, barite and fluorite deposits of the Harz Mountains. – Monograph series on Mineral Deposits, 30: 5-11; Berlin-Stuttgart
- Meadows et al., 1972 D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens III; The Limits of Growth; Universe Books, 1972; ISBN 0-87663-165-0
- Mohr, K. (1993) Geologie und Minerallagerstätten des Harzes. – 496 S.; Stuttgart
- Sperling, H. & Stoppel, D. (1981) Monographie der deutschen Blei-Zink-Erzlagerstätten. 3. Die Blei-Zink-Erzgänge des Oberharzes. Lfg. 4: Gangkarte des Oberharzes mit Erläuterungen. – Geol. Jb., D 46: 5-90; Hannover
- Sperling, H., Lange, J., von Scotti, H.H. (1973) Die Erzgänge des Erzbergwerk Grund (Silbernaaler Gangzug, Bergwerksglucker Gang und Laubhütter Gang). – In: Monographie der deutschen Erzlagerstätten 3, Die Blei-Zink-Erzgänge des Oberharzes. Lfg. 2. – Geol. Jb. D 2: 205 S., 72 Abb., 13 Tab., 32 Taf.; Hannover
- Stedingk, K. & Ehling, B.-C. (1995) Gangmineralisationen im NE-Rhenoherynikum – ein strukturgeologisch-paragenetischer Überblick. – Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 9/10: 1307.1327; Stuttgart
- Stedingk, K. (2012) Geologie und Erzlagerstätten im Oberharz aus: EDGG Heft 247 – Erzbergbau und Oberharzer Wasserwirtschaft

- TAB, 2013 Deutscher Bundestag, Drucksache 17/13673; Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss); Technikfolgenabschätzung (TA), Die Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Roh- und Werkstoffen für Hochtechnologien - Präzisierung und Weiterentwicklung der deutschen Rohstoffstrategie
- UN, 2014 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section; World Population Prospects: The 2012 Revision, Excel Tables Population Data; Total Population - Both Sexes; esa.un.org, abgerufen im Mai 2014
- UNDP, 2005 United Nations Development Programme (UNDP), Environmental Sustainability in 100 Millennium Development Goal Country Reports, New York, 2005
- WGI datasets, 2013 51 Datentabellen für WGI, Deutschland, 2008, <http://info.worldbank.org>, abgerufen im Oktober 2013
- World Bank, 2009 D. Kaufmann, A. Kraay, M. Mastruzzi; Governance Matters VIII, Aggregate and Individual Governance Indicators 1996 - 2008, The World Bank Development Research Group, Macroeconomics and Growth Team, 2009; Policy Research Working Paper 4978
- World Bank, 2010 D. Kaufmann, A. Kraay, M. Mastruzzi; The Worldwide Governance Indicators - Methodology and Analytical Issues; The World Bank Development Research Group, Macroeconomics and Growth Team, 2010; Policy Research Working Paper 5430
- Bardt, H.: Rohstoffpreise - Entwicklung und Bedeutung für die deutsche Wirtschaft, IDW Trends 2/2011
- Bardt, H.; IDW: Perspektiven der Rohstoffversorgung Deutschlands, 21. 11. 2013, Essen
- Barth, H.; Kempermann, H.; Lichtblau, K.; Institut der deutschen Wirtschaft: Rohstoffe für die Industrie, Juni 2013
- Baumbach, H.: Zur Situation der Schwermetallrasen und ihrer Standorte im östlichen und südöstlichen Harzvorland, Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 2008 Heft 2
- BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) (2007): Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe für Metall- und Nichtmetallrohstoffe, Hannover
- BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) (2013): Deutschland – Rohstoffsituation 2012, Hannover

BGR, BGR-Metallpreisindex, 2014

BGR, Fraunhofer ISI, RWI: Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen, Forschungsprojekt 09/05 des BMWI, Endbericht

BGR: Deutschland - Rohstoffsituation 2012, November 2013

BGR: Deutschland - Rohstoffsituation 2013, November 2014

BGR: Zertifizierte Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe, Projektstudie, April 2007

Bock, K.: Untersuchungen zum Abbau von Bergwerks- und Aufbereitungshalden, Dissertation RWTH Aachen, 1986

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, „Aluminium/Bauxit - Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe,“ [Online]. Available: www.deutsche-rohstoffagentur.de. [Zugriff im April 2014]

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, „Kupfer - Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe,“ [Online]. Available: www.deutsche-rohstoffagentur.de. [Zugriff im April 2014]

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hi-tech Standort Deutschland, Forschungs- und Entwicklungsprogramm des BMBF für neue Rohstofftechnologien

Bundesregierung: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes): Beschluss des Bundeskabinetts vom 29. 02. 2012

Bundesregierung: Nationale Nachhaltigkeitsstrategie - Fortschrittsbericht 2012

Bundestagsdrucksache 17/13673: Die Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Roh- und Werkstoffen für Hochtechnologien - Präzisierung und Weiterentwicklung der deutschen Rohstoffstrategie, 2013

DERA / BGR: Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien, Heft XXXIX: Bundesrepublik Deutschland, Rohstoffsituation 2009, November 2010

DERA, Elsner, H.: Kritische Versorgungslage mit schweren Seltenen Erden - Entwicklung grüner Technologien gefährdet?, Commodity Top News Nr. 36

DERA: Deutschland, Rohstoffsituation 2010, Dezember 2011

DERA: Deutschland, Rohstoffsituation 2011, Dezember 2012

Destatis: Umweltnutzung und Wirtschaft, Bericht zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2011

Destatis: Umweltnutzung und Wirtschaft, Bericht zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2012

Destatis: Umweltnutzung und Wirtschaft, Bericht zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2013

Destatis: Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatoren zu Umwelt und Ökonomie, 2013

EPA, Ireland: Historic mine sites - Inventory and risk classification, Volume I, July 2009

EU, Richtlinie 2006/21 EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie und zur Änderung der Richtlinie 2004/35 EG

Europäische Kommission: Reference Document on best available techniques for management of tailings and waste-rock in mining activities, Januar 2009

European Commission, DG Environment: Classification of mining waste facilities, Final report, December 2007

European Commission, Enterprise and Industry: Annex V to the report of the ad-hoc working group on defining critical raw materials, July 2010

F. Hütz-Adams, „Von der Mine bis zum Konsumenten - Die Wertschöpfungskette von Mobiltelefonen,“ [Online]. Available: www.suedwind-institut.de. [Zugriff im April 2014]

Fraunhofer ISI: Kritische Rohstoffe in der EU - Bewertungsgrundlagen, BGR Rohstoffkonferenz 2013, November 2013

Gutzmer, J.; Klossek, A.: Die Versorgung mit wirtschaftskritischen Rohstoffen, in: Kausch et al. - Strategische Rohstoffe, Kapitel 6

Hennighausen, R.; Schmotz, W.: Altlasten im Landkreis Goslar

Institut der deutschen Wirtschaft, Köln; Hüther, M.: Deutschland - Wettbewerbsnachteile im Kampf um Rohstoffe?, Pressekonferenz 10. Juni 2013

Institut f. Energie- u. Umweltforschung: Giegrich, Jürgen, Liebich, Axel, Lauwigi, Christoph, Reinhardt, Joachim (UBA-Texte 01/2012): Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion, Umweltbundesamt, Berlin

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (Lorenz Erdmann u. Siegfried Behrendt) und adelphi (Moirá Feil) (2011): Kritische Rohstoffe für Deutschland, Berlin

IZT, adelphi: Kritische Rohstoffe für Deutschland - Anhang zum Abschlussbericht, Berlin September 2011

Kausch, P.; Bertau, M.; Gutzmer, J.; Matschullat, J. (Hrsg.): Strategische Rohstoffe - Risikovorsorge, ISBN 978-3-642-39703-5

Landkreis Goslar, Amt für Wasser- und Bodenschutz: Bodenschutz und Bodenplanungsgebiet Harz im Landkreis Goslar, August 2004

Landkreis Goslar: Altlasten im Landkreis Goslar, August 2004

Landkreis Goslar: Ergebnisbericht und Konzept zum weiteren Umgang mit den Montanstandorten im Landkreis Goslar (Haldenkonzept), Stand 20. 09. 2007

Latal, Ch.; Wolf, Ch.; Fenninger, A.: Bergbauhalden - Gefährdung der Umwelt?, Mitteilungen naturwissenschaftliche Wer. Steiermark, Band 130, Seite 5-18, Graz 2000

Melcher, F.; Wilken, H.: Chemie in unserer Zeit, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2013

Melcher, Frank u. Wilken, Hildegard (2013): Wie kritisch ist die Versorgungslage? Die Verfügbarkeit von Hochtechnologie-Rohstoffen, Chemie in unserer Zeit, 2013, 47, S. 32-49

NLWK Schriftenreihe Band I: Schwermetalle im Sediment der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs

Ökoinstitut e.V.: Conflict minerals - An Evaluation of the Dodd-Frank Act and other resource-related measures, August 2013

Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012

Securities and Exchange Commission (SEC), [Online]. Available: www.sec.gov/rules/final/2012/34-67716.pdf. [Zugriff am April 2014]

Stanley, Gordan, Hamor, Sponar: Guidance Document for a risk based pre-selection protocol for the inventory of closed waste facilities as required by Article 20 of Directive 206/21 EC, Feb. 2011

Südwind: Im Boden der Tatsachen, Metallische Rohstoffe und ihre Nebenwirkungen, 2011

Südwind: Spekulationen im Schatten - Nachhaltigkeit und Investitionen in Rohstoffe, 2011

Südwind: Wem nutzt der Rohstoffreichtum? Für mehr Balance in der Rohstoffpolitik, 2011

U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2007): Mineral Commodity Summaries 2007, Washington

U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2008): Mineral Commodity Summaries 2008, Washington

U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2010): Mineral Commodity Summaries 2010, Washington

U.S. Geological Survey (Hrsg.): (2014) Mineral Commodity Summaries 2014, Washington

Umweltbundesamt: Analyse des Yale Environmental Performance Index (EPI), UBA-Texte 4/08

Umweltbundesamt: BVT-Merkblatt zum Management von Bergbauabfällen und Taubgestein, Juli 2004

Umweltbundesamt: Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion, UBA-Texte 01/2012

Umweltbundesamt: Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion, UBA-Texte 01/2012

Umweltbundesamt: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung - IVU, Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken für Management von Bergbauabfällen, Juli 2004

Umweltbundesamt: Scientific Assessment and Evaluation of the indicator "Ecological Footprint", UBA-Texte 47/07

Umweltbundesamt: Weiterentwicklung der umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren und des Umweltkernindikatorensystems zur Bilanzierung der Fortschritte in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, UBA-Texte 33/2013

van Norden, H.: Entwicklung einer Systematik zur Quantifizierung der Kritikalität von Industriemineralen unter besonderer Berücksichtigung von Phosphat, Dissertation RWTH Aachen, Februar 2015

VBW - Die bayerische Wirtschaft, Studie: Rohstoffversorgung langfristig sichern, Dezember 2012

VBW - Die bayerische Wirtschaft: Rohstoffsituation Bayern - Keine Zukunft ohne Rohstoffe, 7/2011

VBW Vereinigung der Bayrischen Wirtschaft (2012): Rohstoffversorgung langfristig sichern, München

Yale Center for Environmental Law and Policy, Yale University: EPI 2012 - Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index

Zeller, T.: Stoffpotenzial und Emissionsverhalten ausgewählter bergbaulicher Altablagerungen in Niedersachsen, Dissertation, TU Clausthal, 1998

ZVEI: Rohstoffe - Daten, Fakten, Positionen, Juni 2013

Anlage 1

Überblick zu Geologie und Lagerstätten des Harzes

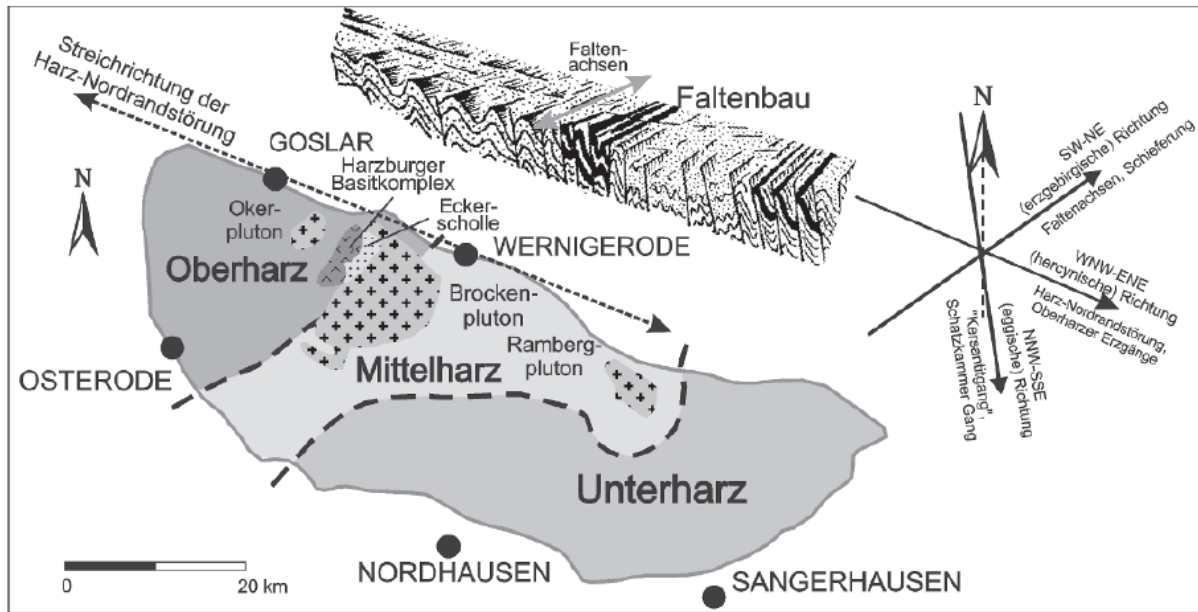
Überblick zu Geologie und Lagerstätten des Harzes³

Der Harz bleibt für Geowissenschaftler ein Gebirge voller Geheimnisse trotz einer mehr als 200-jährigen Geschichte der Erforschung und vielen Metern einschlägiger Fachliteratur. Kaum eine andere Landschaft in Deutschland hat auf so engem Raum so viele unterschiedliche geologische Erscheinungsformen und ein solch breites Spektrum verschiedener Gesteins- bzw. Erzarten wie der Harz und sein umliegendes Vorland. Der Nordharz zwischen Goslar und Bad Harzburg wurde bereits Mitte des 19. Jahrhunderts mit dem Prädikat „klassische Quadratmeile der Geologie“ ausgezeichnet. Der Harz bietet den Fachleuten wie den interessierten Laien mit vielen Aufschlüssen überreiches Anschauungsmaterial und er war in vergangener Zeit ein bevorzugtes Revier vieler Mineraliensammler. Von den vielen historischen Bergwerken des Harzes sind derzeit 13 als Besucherbergwerke einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich. Für die Erzlagerstättenkunde stellen sie wertvolle Geotope dar, die als „von Bergmannhand freigelegte Naturdenkmäler“ es in einzigartiger Weise noch heute ermöglichen, gute Aufschlüsse anstehender Mineralisationen oder Vererzungen zu studieren.

Die geologischen Einheiten

Der Harz ist wie das Rheinische Schiefergebirge ein Teil des bereits im Erdaltertum vor rund 300 Mio. Jahren gefalteten Variszischen Gebirges, das in weiten Teilen Mitteleuropas unter jüngeren Ablagerungen verborgen liegt. Der Harz markiert den nördlichsten heute aufgeschlossenen Teil dieses Gebirges.

³ Dieser Überblick zur Geologie und Lagerstättenkunde des Harzes ist zusammengestellt nach dem gleichlautenden Kapitel des Werks von W. Liessmann „Historischer Bergbau im Harz“, Springer 2010, und dem Artikel von K. Stedingk, 2012: Geologie und Erzlagerstätten im Oberharz aus: EDGG Heft 247 – Erzbergbau und Oberharzer Wasserwirtschaft.



Die aus paläozoischen Gesteinen bestehende Harzscholle ist etwa 60 km lang und 20 km breit. In der Landschaft hebt sie sich markant von den jüngeren, nicht gefalteten mesozoischen Deckschichten ab, die sie umgeben. Ihr nördlicher Rand ist sehr schroff, während sich die südlichen Berge weniger steil über das Flachland erheben. An der entlang des nördlichen Harzrandes verlaufenden Störung ereigneten sich mehrfach bis ins Tertiär reichende starke tektonische Hebungen, die die Harzer Gebirgsscholle als Kippscholle insgesamt rund 3.000 m anhoben. Der Südrand fungierte dabei wie ein großes Scharnier und zeigt keine großen Versatzbeträge.

Geologisch und morphologisch gliedert sich der Harz in drei Bereiche, den Oberharz, den Mittelharz und den Unterharz. Räumlich und tektonisch (siehe Abb. auf der vorigen Seite nach Mohr 1984) hat der Harz eine Südwest-Nordost verlaufende „erzgebirgische“ streichende innere Struktur des Faltenbaus und eine Nordwest-Südost verlaufende „herzynisch“ gestreckte Kontur.



Legende

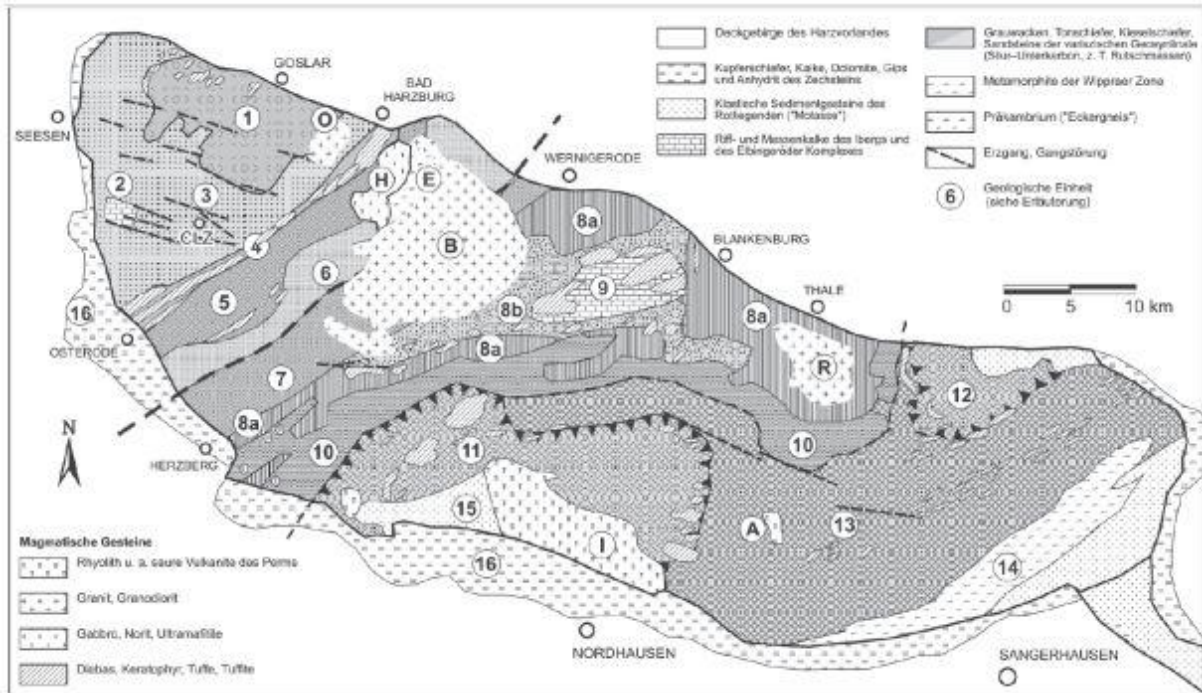
Tafeldeckgebirge

- Kreide**
(Kalk-/ Mergelstein, Sandstein, Eisenerz)
- Jura**
(Tonstein, Kalkstein, Sandstein, Eisenerz)
- Trias**
(Sand-, Ton-, Schluff-, Kalk-, Mergelstein, Gips)
- Zechstein**
(Dolomit, Gips / Anhydrit, Kupferschiefer, Salz)

Grundgebirge und Übergangsstockwerk

- Karbon-Devon**
(Grauwacke, Tonschiefer, Quarzit, Kalkstein, Diabas)
- Rotliegend-Ordovizium**
(Tonschiefer, Grauwacke, Kalkstein, Metamorphite, Vulkanite, "Molasse"-Ablagerungen)
- Karbon / Rotliegend**
(Granit / Diorit, Gabbro / Harzburgit)
- Proterozoikum-Karbon**
(Glimmerschiefer, Granitgneis, Amphibolit)

Die Abbildung aus Stedingk 2012 zeigt die Großgliederung des Harzes in seinem regionalgeologischen Umfeld. W. Liessmann stellt 2010 die geologische Übersicht in einer nach Mohr 1993 veränderten Karte wie folgt dar:



(1) Oberharzer Devonsattel bei Goslar: im Südosten vor allem unterdevonische Kalebergsandstein; im Nordwesten mitteldevonische Tonschiefer (z.B. die Wissenbacher Schiefer mit den massiven Sulfiderzkörpern des Rammelsbergs) sowie oberdevonische Kalkknollenschiefer und Kalksteinbänke. Die Devonablagerungen erreichen 2000 m Mächtigkeit im Bereich des sog. Goslar-Wolfshagener Troges.

(2) Iberg-Winterberg-Komplex bei Bad Grund: 1,5 x 1 km größer, allseitig von Störungen begrenzter Kalksteinkörper aus ober- und mitteldevonischen Korallen- und Algenkalken. Mächtigkeit des ehemaligen Kalkriiffs mehr als 500 m.

(3) Clausthaler Kulmfaltenzone: Markante, 600 m ü. NN gelegene Verebnungsfläche um Clausthal-Zellerfeld. Gefaltete unterkarbonische Kiesel- und Tonschiefer. Wechsellagerung von bankigen Grauwacken und grauen Tonschiefern werden als Trübstrom-Ablagerungen (Turbidite) gedeutet.

(4) Oberharzer Diabaszug: „vergrünte“ basaltische Vulkanite, Tuffe und Tuffite (Pillowlaven, „Schalsteinzüge“), überlagert von Tonschiefern und geringmächtigen Kalksteinen. Der intensive untermeerische Vulkanismus ließ bedeutende lagerförmige Toteisensteinvorkommen entstehen.

(5) Sösemulde: kulmische Kiesel-schiefer (Lydite), Tonschiefer und Grauwacken.

(6) Ackerberg-Bruchberg-Zug: tektonisch stark verschuppte oberdevonische und kulmische Ablagerungen. Der Kammquarzit bildet als reiner unterkarbonischer Quarzsandstein markante Felsen und Blockmeere (Hammersteinklippen, Hanskühnenburgfelsen u.a.). Der 800-900 m hohe Kamm stellt geographisch die Grenze zum Mittelharz dar.

Die Schichten des Oberharzes werden von einem Schwarm größtenteils parallel zum Nordharzrand streichender Gangstörungen durchzogen. Diese Oberharzer Erzgänge enthalten reiche Blei-Zink-Silber-Erze.

(7) Siebermulde und Lonauer Sattel: kulmische Grauwacken, Tonschiefer, Kiesel und Wetz-schiefer.

(8) Blankenburger Zone von Herzberg im Süden über Sankt Andreasberg und Braunlage bis an den Harznordrand zwischen Werningerode und Thale: Chaotische Rutschmassen (Olisthostrome) des Silur und Unterkarbon. In dieser Zone liegt östlich des Brockenmassivs der

(9) Elbingeröder Komplex: mitteldevonische Schalsteinfohle mit Diabasen und Keratophyren im Liegenden und Massenkalken im Hangenden.

(10) Tanner Zone: kulmische Grauwacken.

Der Mittelharz ist intensiv gefaltet und seine Schichten sind durch Störungen zerblockt, die sehr unterschiedliche Gangvererzungen aufweisen: reiche Silbererzgänge in der Nähe von Sankt Andreasberg, Eisen- und Kupfererzgänge sowie Schwespatmineralisationen zwischen Sieber und Lauterburg (die bedeutendsten in Deutschland).

Das mächtige Granitmassiv (B) des Brocken (1142 m ü. NN) ist der höchste Berg des Harzes und zugleich die höchste Erhebung Norddeutschlands. Der im unteren Okertal gut aufgeschlossene Okergranit (O) muss geologisch als Trabant des Brockengranits bezeichnet werden. Nordwestlich des Brockens schließt sich der petrographisch sehr vielfältige Harzburger Basit (Gabbro) Komplex (H) an. Der Gabbro enthält Schlieren von nickelhaltigen Pyrothinerzen, die aber nicht abbauwürdig sind. Zwischen beiden Intrusionen liegt die sogenannte Eckergneisscholle (E), die älteste aufgeschlossene Harzeinheit von präkambrischem Alter, die mehrfach metamorph überprägt worden ist.

(11 + 12) Südharz-Grauwacke und Selke Grauwacke, Ostharzdecke und Harzgeröder Zone, Unterharzer Faltenzone: langgestreckte Rumpffläche aus intensiv gefalteten silurischen, devonischen und unterkarbonischen Gesteinen, stratigraphisch nur schwer zuzuordnen, weil die Meeresablagerungen durch großflächige Rutschungen stark durchmischt wurden.

Im Norden der Unterharzer Rumpffläche liegt die Kuppel des Ramberggranits (R). Ein Ableger der Rambergintrusion ist der südlich gelegene Auerbergporphyr (A). Als Unterharzer Gangdistrikt werden zahlreiche Erzgänge bezeichnet, reich an polymetallischen Erzen und Flussspat, die aureolenartig um den Ramberg-Pluton aufsetzen.

Im Südharz bei Ilfeld und Bad Sachsa sind während des oberen Rotliegenden geförderte saure Vulkanite (Rhyolithe und Ilfelder Porphyrit(l)) anzutreffen.

(14) Wippraer Zone: während der Harzfaltung tiefer versenkte Gesteine, die heute leicht regionalmetamorph überprägt sind.

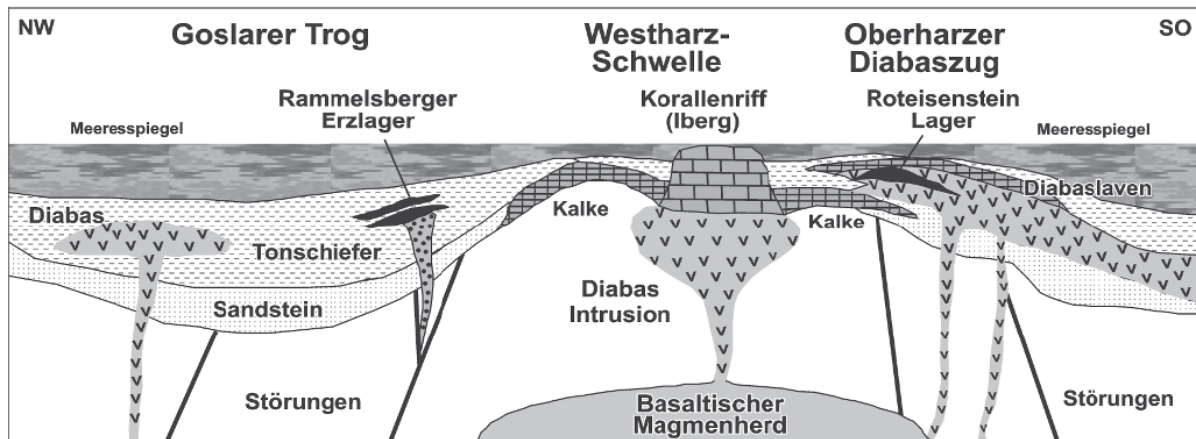
(15 a + b) Becken von Ilfeld und Meisdorf: nach der Harzfaltung während des Rotliegenden abgelagerte Sand- und Tonsteine, lokal kohleführende Schichten.

(16) Zechsteingürtel: Meeresablagerungen des oberen Perm, Kalke, Dolomite, Gips und Anhydrid, lagerstättenkundlich berühmt wegen des an seiner Basis ausgebildeten Kupferkieses.

Erdgeschichtliche Entwicklung

Für den Harz lässt sich nach Mohr 1984 und 1993 folgendes Bild der erdgeschichtlichen Entwicklung nachzeichnen. Über etwa 100 Mio. Jahre, vom Silur bis zum Unterkarbon sedimentierten in ein ausgedehntes Meeresbecken (Geosynklinale) grobes und feines Verwitterungsmaterial. Absenkungen des Meeresbodens führten zu Mächtigkeiten der Schichten von bis zu 2000 m. Im Silur und Devon

wurden vor allem Tone und Sande, lokal auch Kalke abgelagert. Dehnungen der Erdkruste öffneten tiefe Bruchspalten, in denen glutflüssige Basaltschmelzen bis zum Meeresboden aufstiegen und dort als ruhig fließende Laven (Pillowlava) oder als explosive Tuffe (Bombenschalstein) gefördert wurden. Die heute im Harz weit verbreiteten grünen Diabase entwickelten sich im Kontakt mit Meerwasser.



Da Mitteleuropa damals in Äquatornähe lag, siedelten sich während des Oberdevons auf Untiefen vulkanischen Ursprungs im tropisch warmen Meer Korallenriffe an, deren mächtige Kalksteinablagerungen heute bei Bad Grund (Iberg-Winterberg-Massiv) und bei Elbingerode-Rübeland aufgeschlossen sind und abgebaut werden (siehe Abb. aus W. Liessmann 2010). Aus unreinen gemischten Schuttmassen lagerten sich während des Unterkarbons, Grauwacken, Grauwackenschiefer und Konglomerate ab.

Die von Südosten nach Nordwesten vordringende variszische Faltungsfront schob die Sedimente des Trogs zu großen Falten mit Sätteln und Mulden zusammen mit den typischen Südwest-Nordost orientierten Faltenachsen (erzgebirgisches Streichen).

Nach den Faltungen kam es zum Aufstieg von Gesteinsschmelzen, die in die gefalteten Schichten intrudierten und langsam zu Tiefengesteinen (Gabbros, Norite, Granite) erstarrten. Angrenzende Nebengesteine erfuhren während der langsamen Abkühlungsphase eine durchgreifende kontaktmetamorphe Überprägung. Tonschiefer, Grauwacken und Kieselschiefer wurden zu harten, splittrigen Hornfelsen.

Im Perm (Rotliegendes) war der Harz vorübergehend ein Festland mit wüstenhaftem Klima und das Gebirge wurde abgetragen. Es entwickelten sich Becken, in denen Arkosen, Rote Sande, Silt- und

Tonsteine abgelagert wurden. Üppiger Pflanzenwuchs in sumpfigen Niederungen ließ sehr aschereiche Kohleflöze entstehen, die bei Ilfeld und Meisdorf bergbaulich ausgebeutet wurden.

Starker, explosiver Vulkanismus im oberen Rotliegenden förderte große Mengen kieselsäurereicher Laven und Schmelztuffe (pyroklastische Ströme, „Ignimbrite“), die den Gebirgsrumpf zwischen Herzberg im Westen und Neustadt im Osten überlagerten. Reste dieser aus Latiten und Rhyolithen bestehenden Decke sind im Raum Ilfeld und Bad Sachsa erhalten. Im Westen sind mit dem Großen und Kleinen Knollen bei Bad Harzburg nur noch die Förderschloten bzw. -spalten erhalten.

Das Zechsteinmeer überlagerte dem Gebirgsrumpf mächtige Kalk-, Gips- und Salzschiefer. In Trias, Jura und Kreide war der Harz teilweise Festland und teilweise vom Meer überdeckt.

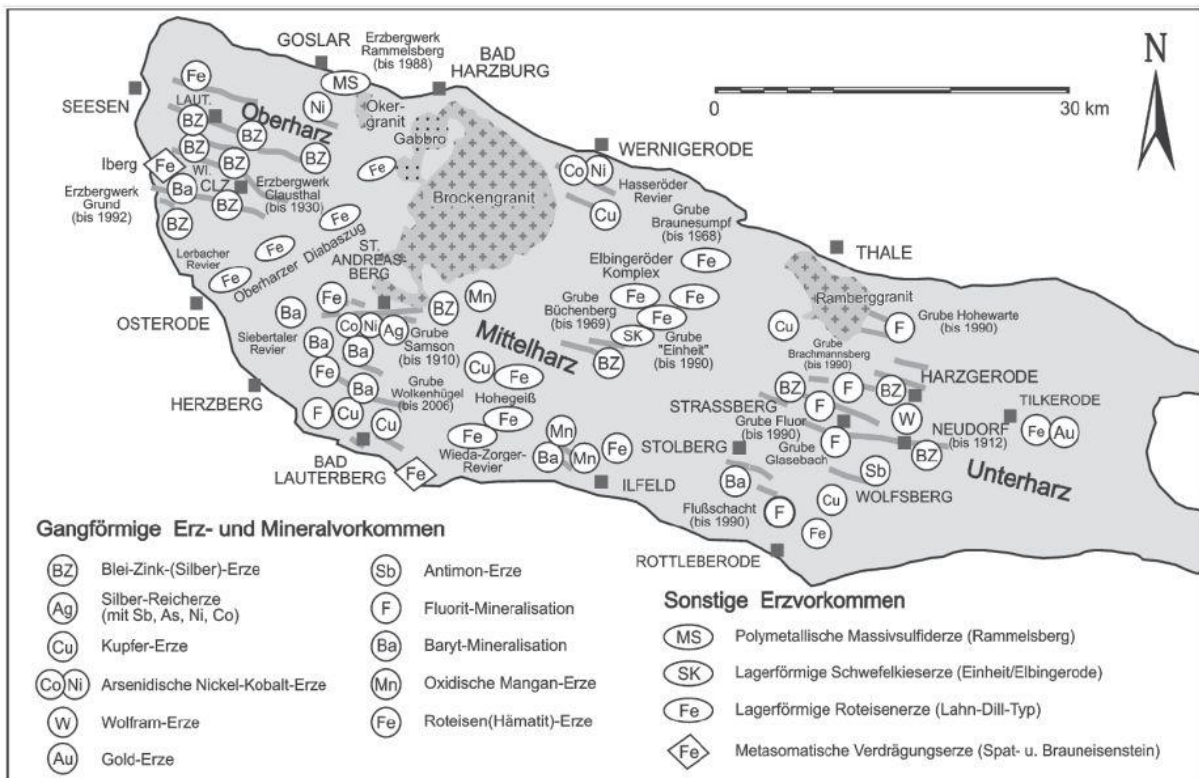
Erneute tektonische Aktivitäten im Jura hoben den heutigen Block der Harzscholle ruckweise. Entlang der Nordrandstörung wurden die Deckschichten nach Norden überkippt, wurden abgetragen und gaben allmählich den paläozoischen Gebirgskern wieder frei. Während des tropisch warmen Tertiärs verstärkte sich der Abtrag durch Vergrusung des Granits. Im Pleistozän waren die Höhen des Ober- und Mittelharzes zeitweise vergletschert. Schmelzwasser formte die tief eingeschnittenen heutigen Täler des Harzes. Verstärkte Verkarstung bildete in den Kalk-, Dolomit- und Gipsgesteinen ausge dehnte Höhlen (Iberg, Rübeland, Südharzer Zechsteingürtel).

Die Erzlagerstätten

Der Harz hat eine mehr als 1500-jährige bergmännische Tradition. Der Reichtum an Silber, Kupfer, Blei, Zink und Eisen begründen seinen Ruf als eines der ältesten Industriegebiete der Welt mit einem weit über die Landesgrenzen hinaus berühmten Montanwesen. Der Rammelsberg bei Goslar war bereits im Mittelalter eine wichtige Schatzkammer der deutschen Kaiser. Er stellt bezüglich Tonnage mit mehr als 27 Mio. Tonnen Blei-Zink-Kupfer-Erzen wie auch wegen der hohen Metallgehalte von 20-30 % Zink, Blei und Kupfer sowie 120 g/t Silber und rund 1 g/t Gold eine Lagerstätte von Weltmaßstab dar. Die Erzlager des Rammelsberg sind etwa zeitgleich mit dem Nebengestein, mitteldevonische Tonschiefer, auf dem Meeresboden entstanden und werden als schichtgebundene Massivsulfidlagerstätten, „Kieserzlager“, bezeichnet. Aus durch vulkanische Tätigkeit entstandenen heißen Quellen, Hydrothermen, wurden riesige Mengen von Buntmetallen ausgefällt und als feinkörniger Sulfidschlamm abgelagert. Heutige untermeerische Erzbildungen ereignen sich in Teilen des Ostpazifiks an den spektakulären rauchenden schwarzen Schloten (black smoker), die mit Unterseebooten erforscht werden. So ähnlich muss vor 350 Mio. Jahren das Rammelsberger Erz entstanden sein. Vergleichbare Prozesse in Verbindung mit untermeerischem Basalt-Vulkanismus haben die hämatiti-

schen Eisenerzlager des Oberharzer Diabaszug und die mit Keratophyr assoziierte fast buntmetallfreie Schwefelkieslagerstätte bei Elbingerode entstehen lassen.

Eine Übersicht über die Mineral- und Erzlagerstätten des Harzes gibt die auf der folgenden Seite abgebildete Karte nach W. Liessmann 2010.



Die Harzer Erzgänge

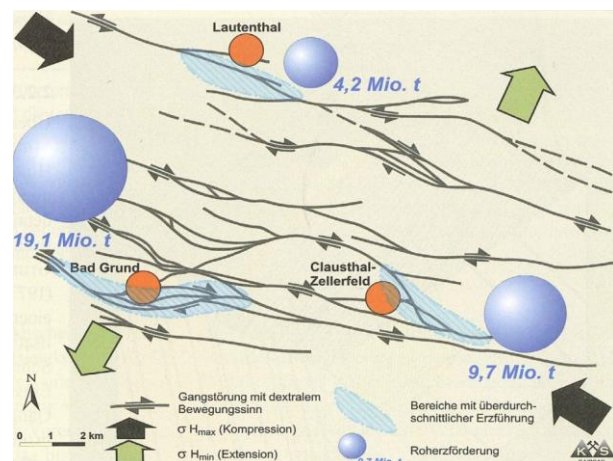
Gebunden an die Störungen sind im gesamten Harz Erzgänge vorzufinden, die die größten Konzentrationen an Blei, Zink und Silber aufweisen. Diese fast immer parallel zum nördlichen Harzrand in WNW-OSO-Richtung verlaufenden Gänge, Gangbündel oder Gangzüge stehen steil und führen zum Teil sehr reiche Buntmetallerzmittel. Folgende Bergbau-Distrikte werden gegeneinander abgegrenzt, im Oberharz: die Reviere Clausthal-Zellerfeld, Grund-Silbernaal, Lauthental u.a., im Mittelharz: die Reviere Sankt Andreasberg und Bad Lauerberg und im Unterharz: die Reviere Straßberg-Neudorf, Harzgerode und Wolfsberg.

Als Gangarten werden die mit den Erzen verwachsenen Minerale Quarz, Calcit, Ankerit, Siderit und auch Baryt (Schwerspat) bezeichnet.

Die Gangerzlagerstätten des Oberharzes

In allen drei geologischen Großeinheiten des Harzes treten Gangerzlagerstätten auf, deren wirtschaftlich ergiebigste polymetallische Erzanreicherungen im Oberharz zu finden sind. Überdurchschnittliche Erzmittel befanden sich im Lauthentaler Gangzug (Lauthentaler und Bromberger Erzmittel), im Silbernaaler Gangzug bei Bad Grund und in der Clausthaler Lagerstätte (Burgstätter und Rosendörfer Revier). Als Erzmittel bezeichneten die Harzer Bergleute Vererzungen, die sich bis zu mehreren hundert Meter im Streichen und weit zur Teufe erstreckten. Diese Erzkörper weisen meist eine komplizierte innere Struktur auf und können bis mehrere Mio. Tonnen Roherz enthalten.

Die Karte zeigt das Netz gebogener oder gewellter (listrischer) Störungslinien mit Scharungen und Aufblätterungszonen. An den Enden der Aufblätterungszonen, wo sich Gänge verbinden, der Clausthaler und Grunder Reviere befand sich die reichste Erzführung. Laut Lagerstättenbilanz entfallen auf die Reviere Lauthental, Clausthal und Grund etwa 87 % der Roherzförderung und fast 90 % der Metallmenge (verändert nach Stedingk & Ehling 1995).

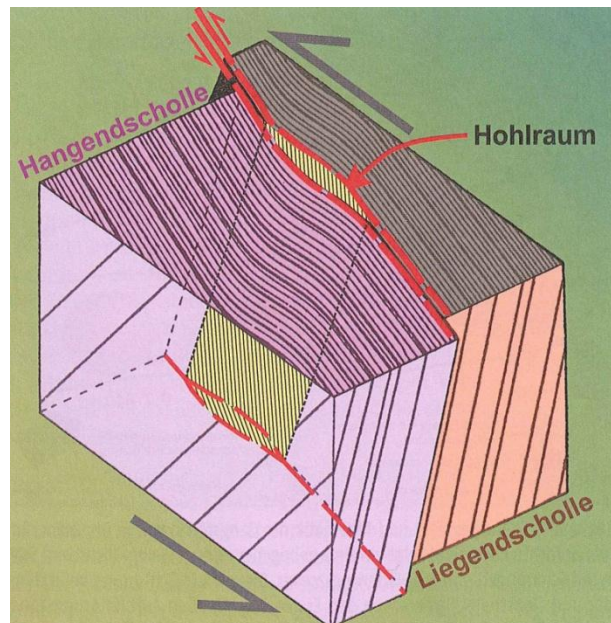


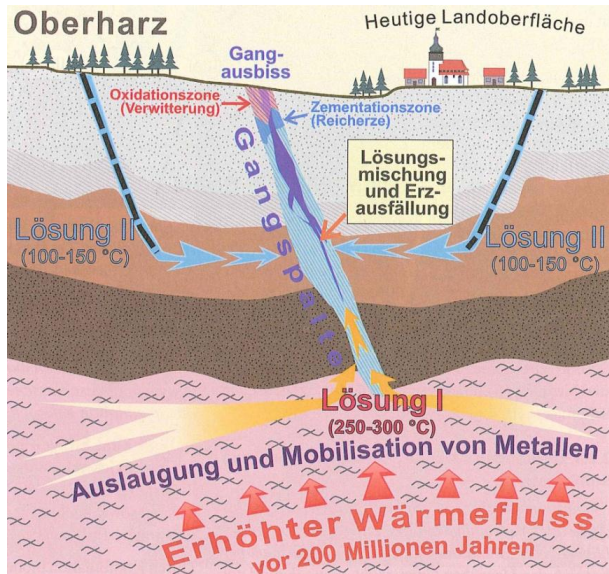
Die bergmännischen Aktivitäten kamen in den Revieren von Clausthal 1930, von Lauthental 1957 und von Bad Grund 1992 zum Erliegen. Der Betrieb wurde nicht wegen der Erschöpfung der Lagerstätten, sondern aus rein wirtschaftlichen Erwägungen eingestellt. Restpotenziale sind in allen drei Revieren noch vorhanden und diese müssen vor dem Hintergrund einer zukünftigen Versorgung unserer Gesellschaft mit Rohstoffen einer neuen Bewertung unterzogen werden.

Nach der einengenden Bewegung des Erdaltertums (schwarze Pfeile in obiger Abb.), die zur Gebirgsfaltung führte, ereigneten sich im Anschluss vor allem Dehnungsbewegungen (grüne Pfeile in obiger Abb.) in der Erdkruste, die Ursache für die intensive Zerblickung des Faltengebirges und die kompli-

zierten Lagerungsverhältnisse sind. Diese Bruchtektonik, die in mehreren Phasen ablief und wahrscheinlich bis heute anhält, ermöglichte die Entstehung der Oberharzer Erzgänge. Die NW-SO (herzynisch) verlaufenden Bruchstörungen fallen generell nach Süden ein, d.h. die Schichten sind in der sogenannten Hangendscholle abgesunken, folglich stehen nach Süden zunehmend jüngere Gesteine an. Die mehrphasigen bruchtektonischen Ereignisse führten im Ergebnis zu einem System der Störungen, dessen typisch bogenförmiger Verlauf in einer Vernetzung aller wichtigen Gangzüge resultierte (Lüders et al. 1993). Im Gegensatz zum Erzgebirge mit einem streng symmetrischen Störungnetz weist der Harz einen gebogenen oder gewellten (listrischen) Gangverlauf mit Scharungen und Aufblätterungszonen auf (siehe Abb. aus Stedingk 2012 verändert nach Kjerulf 1880).

Bis in die 1980er Jahre vertraten viele Wissenschaftler die Ansicht, dass es einen engen genetischen Zusammenhang zwischen den intrudierten Harzer Granitkörpern und den Gangvererzungen gibt. Nach dieser Theorie wären die Magmenintrusionen von Brocken und Ramberg als Wärme- und Stofflieferanten für die thermisch-zonal gegliederten Vererzungen in ihrem Umfeld verantwortlich (Hesemann 1930; Dahlgrün 1929). Anreicherungen von Nickel-Kobalt-Arseniden häufen sich „herdnah“ um den Brocken, dann folgen Kupfer-, Blei- und Zinksulfide und „herdfern“ finden sich große Konzentrationen von Fluorit und Baryt. Diese Folge der Abscheidung erklärte man mit den von innen nach außen abnehmenden Temperaturen der dem Granit entstammenden Restlösungen.

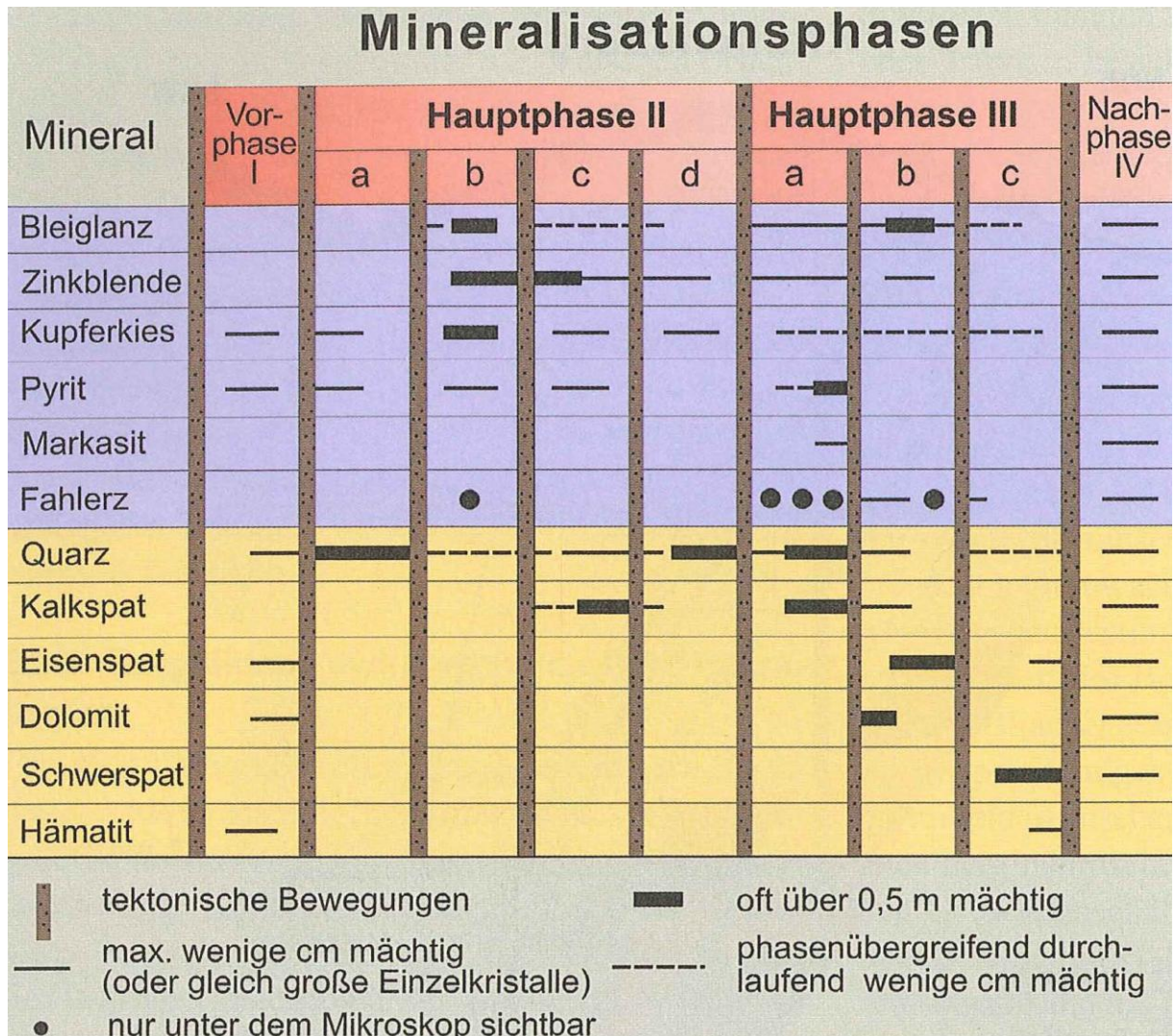




Neue, isotopengeochemische Untersuchungen (Lüders und Möller 1995) haben diese Theorie inzwischen widerlegt und Beweise für eine jüngere „saxonische Metallogene“ geliefert. Das Gangnetz im Gebirgskörper des Harzes bildete sich im Jura und steht wohl plattentektonisch in Zusammenhang mit dem Zerbrechen des Urkontinents Pangäa und der Bildung des Atlantiks. Die Gänge lieferten den Raum für den Aufstieg bzw. die Zirkulation heißer mineralreicher Wässer (Hydrothermen),

aus denen Erz- und Gangartminerale ausgeschieden wurden (Abb. aus Stedingk 2012).

Das in der Abbildung dargestellte Modell gibt die heutige Auffassung der Entstehung der Harzer Lagerstätten wieder. Danach führte ein erhöhter Wärmefluss aus dem Erdinneren zu einer 250-300° C heißen Lösung I, die durch Auslaugung eine Mobilisation von Metallen in tieferliegenden Gesteinen zur Folge hatte. Durch komplexe Mischungsmechanismen mit einer 100-150° C heißen Lösung II in darüber liegenden Schichten des gefalteten Grundgebirges kam es dann zur mehrphasigen Ausfällung der Mineralien und Ausbildung der Lagerstätten.



Vorphase I: Beginn im Rotliegend (Ende d. Erdaltertums vor ca. 300 Mio. Jahren); erste Anlage und Aufreißen von Gangspalten, Rötung (Hämatit), Verquarzung der Gangzone und der Nebengesteine.

Hauptphase II: Bildungsphase von oberer Trias bis Trias/Jura vor 226-220 Mio. Jahren; Erweiterung des Gangraumes und Abscheidung großer Erzmächtigkeiten (Bleiglanz und Zinkblende).

Hauptphase III: bisher keine klare zeitliche Einordnung, vermutlich bis Jungtertiär und jüngste geologische Vergangenheit (Stedingk 2001); Wiederaufreißen der Gangspalten, Ablagerung mächtiger, schwächer vererzter Mineraltrümer, reichlich Quarz, Kalkspat (hiervon enorme Massen der Grunder und Lautenthaler Lagerstätte), Eisenspat und lokal reichlich Schwerspat. Kokarden- und Breccienzerze sind Ergebnis dieser Phase.

Nachphase IV: Lokale Umlagerung und Kristallisation.

Wirtschaftlich bedeutsam sind die Hauptphasen II und III.

Stedingk 2012 fasst die heute unter Fachleuten weitgehende Übereinstimmung über die Entstehung der Harzer Erzlagerstätten darin zusammen, dass

- ein erstes Aufreißen der Gangspalten im Anschluss an die Faltung (vor rund 300 Mio. Jahren) erfolgte,
- sich das heutige Gangnetz ab der späten Trias im Zusammenhang mit dem Zerbrechen des Urkontinents Pangäa und der Bildung der heutigen Ozeane und Kontinente ausformte,
- die Hauptvererzung ca. 200 Mio. Jahre vor unserer Zeit stattfand,
- mit der Heraushebung des Harzes durch die saxonische Bruchtektonik sich die Gangspalten für die jüngeren Mineralisationsphasen weiter öffneten,
- die Metallquelle in tief liegenden altpaläozoischen oder kristallinen Gesteinsserien zu suchen ist und
- komplexe Lösungs- und Ausfällungsmechanismen zur Erzbildung führten (Haack & Lauterjung 1993, Lüders et al. 1993).

Die Grunder Lagerstätte

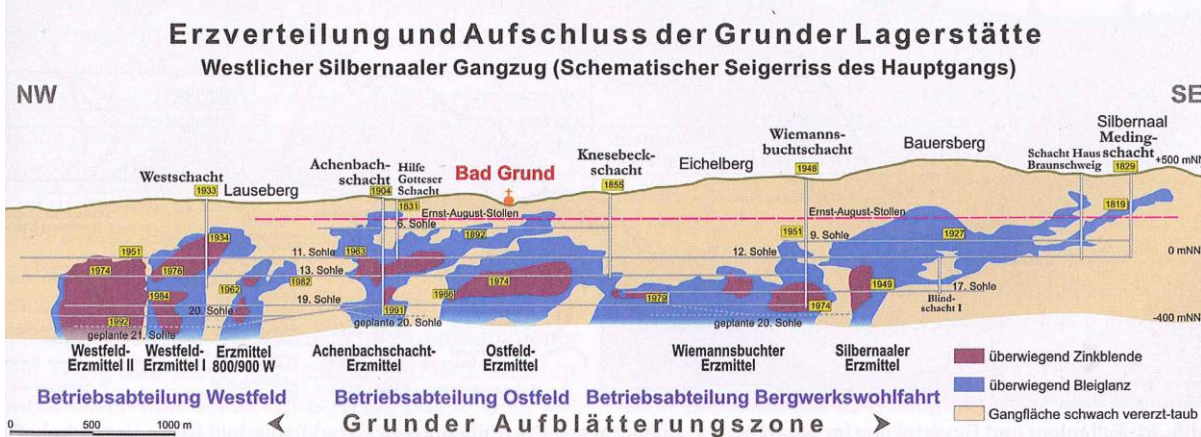
Bereits im Mittelalter fand im Ostteil der Lagerstätte des Silbernaaler Erzmittels oberflächennah eine Gewinnung des silberreichen Erzes statt. Nach vorübergehendem Erliegen fand 1819 mit dem Neuaufschluss eine erfolgreiche Ausweitung des Bergbaus statt, aus der sich die spätere Betriebsabteilung Bergwerkswohlfahrt entwickelte. Durch weitere Aufschlüsse wurden das Wiemannsbucher Erzmittel (Haupt- und Eichelberger Gang) und die Erzfälle im Bergwerksglücker und Hangendgang entdeckt. 1839 erschloss man durch den Achenbachschacht silberreiche Bleierze und nach dem 2. Weltkrieg entstand das moderne Erzbergwerk Grund.

Die Grunder Lagerstätte erstreckt sich im Osten vom Innerstetal bis im Westen zum Gitterfelder Graben. Namensgebend war die Grube „Silberner Nagel“ im Innerstetal, die bereits 1570 Erwähnung fand.

Vom Liegenden (Nord) zum Hangenden besteht die als Grunder Aufblätterungszone bezeichnete Gangscharung aus folgenden Erzgängen:

- Rosenhöfer Gang,
- Bergwerksglücker Gang (als liegender Diagonalgang),
- Charlotter Gang (nördlicher Diagonalgang zum Rosenhöfer und Zellerfelder Gangzuzug),

- Liegendster Gang,
- Hauptgang (östliches Revier: Silbernaaler- und Neuer Bergsterner Hangender Gang, Westfeld: Hilfe Gotteser Gang),
- Diagonalgang,
- Eichelberger Gang (historisch Isaakstanner Gang),
- Hangendgang (auch Eichelberger Hangender Gang),
- Laubhütter Gang.



Die Abbildung aus Stedingk 2012 stellt in Grund- und Seigerriss (Hauptgang) den oberflächennahen Verlauf der Erzgänge des Grunder Reviers dar und ist das Ergebnis einer Kompilation der Auffassungen von Borchers (1865), Jacobsen & Schneider (1950), Sperling (1971) und unveröffentlichten Betriebsunterlagen. Der Seigerriss des Hauptganges zeigt in sieben Erzmitteln eine abbauwürdige Erzführung. Im Gegensatz zum Lauthetal- und Clausthaler Revier erreicht die Erzführung an keiner Stel-

le die Oberfläche. Die Zunahme zinkreicher Erze nach Westen und die Vorherrschaft Blei-betonter Partien im Osten der Lagerstätte fallen auf.

Im Folgenden werden die Erzmittel des westlichen Silbernaaler Gangzugs in knapper Übersicht beschrieben.

Silbernaaler Erzmittel

Das Silbernaaler Erzmittel ist der östlichste zusammenhängende Erzkörper. Er erstreckt sich vom Innerstetal bis an den Wiemannsbuchtschacht auf etwa 1,8 km. Die Teufenerstreckung liegt bei mindestens 500 m. Erschließung durch die Schächte Meding und Wiemannsbucht (Blindschacht II) sowie Blindschacht I.

Inhalt der Lagerstätte:

Silberreicher Bleiglanz (Phasen III b-c)

Vorkommen von gediegenem Silber, Silberglanz, Rotgültigerz, silberreicher Tetraedrit

Schwerspat in großen Mächtigkeiten (max. über 4 m)

Zinkblende

Erzmittel des Bergwerksglücker Gangs

Der Gang scharft 0,5 km östlich des Taternplatzes von Silbernaaler Gang nach Nordwesten in das Liegende und bildet zusammen mit dem Rosenhöfer Gangzug die südlichen Randverwerfungen des Iberg/Winterberg-Kalkmassivs.

Erschließung durch Nordquerschlag des Wiemannsbuchtschachtes auf der 11. Sohle. Teufenerstreckung von ca. 200 m. Gewinnung abbauwürdiger Erzmittel zwischen 1953 und 1976.

Inhalt der Lagerstätte:

Bleiglanz (Phase II b)

Silberreicher Bleiglanz (Phasen III b-c)

Erzmittel im Hangendgang

Der Gang erstreckte sich 300 m westlich bis 100 m östlich des Wiemannsbuchtschachtes zwischen der 12. und 17. Sohle. Der Gang schart westlich mit dem Eichelberger Gang und setzt sich in diesen fort. Vollständiger Abbau zwischen 1963 und 1976.

Inhalt der Lagerstätte:

Silberreicher Bleiglanz (0,3-0,5 % Ag, Phasen III b-c) in einer Mächtigkeit von bis zu 0,5 m

Wiemannsbuchter Erzmittel

Benannt nach dem Wiemannsbuchtschacht markiert das Erzmittel das Ostende der Grunder Aufblätterungszone mit der Scharung des Silbernaaler Ganges in verschiedene Einzelgänge. Die Hauptvererzung im Hauptgang und im Eichelberger Gang setzt erst unterhalb der ½ 15. Sohle (=13. Sohle Hilfe Gottes) an und erstreckt sich von ca. 150 m östlich bis 1000 m westlich des Wiemannsbuchtschachtes.

Inhalt der Lagerstätte:

Bleiglanz (Phasen III a-c)

Zinkblende (Phase II b)

Ostfeld Erzmittel

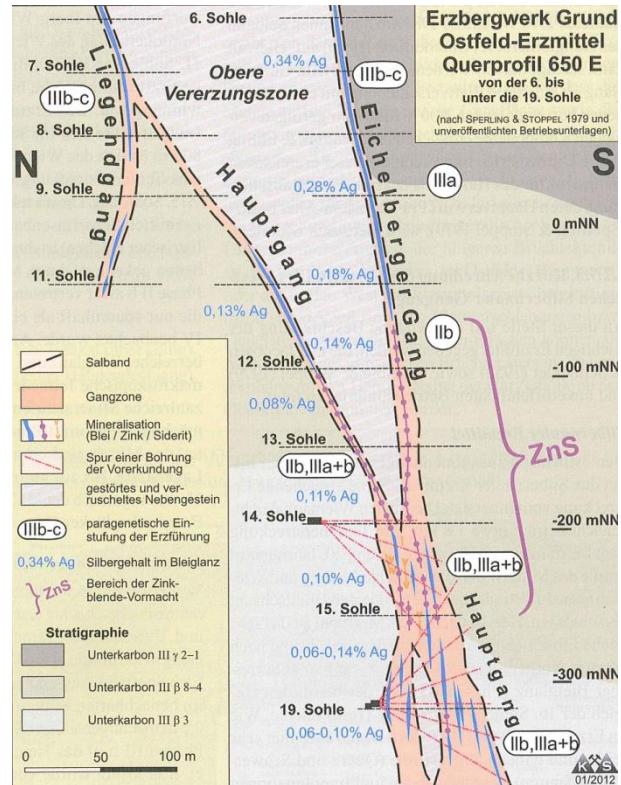
Erzführung verteilt sich auf Haupt- und Eichelberger Gang und untergeordnet auf Diagonal und Liegendgang (Abb. rechts aus Stedingk 2012). Erstreckung von ca. 1100 m in streichender Länge und mehr als 500 m zur Teufe.

Inhalt der Lagerstätte:

Zinkreiche Mineralisation mit durchschnittlichem Silbergehalt (Phase II b und III a)

Bleierzführung mit minimalem Silbergehalt (Phase II b)

Eichelberger Gang: Bleiglanz mit durchschnittl. Silber- und Antimongehalt (Phasen III b-c)



Erzmittel durchweg bis zur 15. Sohle vollständig abgebaut (Ausnahme Baufeld 1509 E+J)

Erzfall im Laubhütter Gang

Bergmännische Tätigkeit seit dem 16. Jh. und besonders im 18. Jh.. Erkundungen ab 1930 vom Erzbergwerk Grund aus. Nachweis hoher Erzführung in Gangspalte von 700 m Länge und mehr als 300 m Höhe.

Inhalt der Lagerstätte:

Mineralisationen (Phase I und durchgehend Phasen III a-c)

Gemenge von Siderit und seltener Baryt mit Bleiglanz (Phasen III b-c)

Mikroskopische Verwachsungen von Bleiglanz mit Pyrargyrit, Tetraedrit und anderen Sulfosalzen, Folge: überdurchschnittl. Silbergehalte des Bleiglanzes

Erkundungen der 1980er Jahre haben keine bauwürdigen Vorräte nachgewiesen.

Achenbachschacht Erzmittel

Liegt am westlichen Ende der Grunder Aufblätterungszone. Scharung von Hauptgang (historisch: Neuer Bergsterner Liegender und Hangender Gang) mit dem Liegenden, dem Liegendsten und dem Charlotter Gang, um sich nach Westen als Hilfe Gotteser Gang fortzusetzen.

Inhalt der Lagerstätte:

Bleiglanz mit max. 0,6 % Ag-Gehalt (Phasen III b-c)

Zinkblende (Phase II b)

Im Haupt- und Liegendgang stehen zwischen 14. und 19. Sohle (seigere Bauhöhe 120 m) noch große Mengen dieses Erzes an.

Erzmittel 800/900 W

Der Hilfe Gotteser Gang ist zwischen 400 und 700 m westlich des Achenbachschachts taub. Durch die systematische Erkundung ab 1930 gelang der Aufschluss dieses Erzmittels 1957. Zwei getrennte Erzfälle zwischen der 11. und 14. Sohle vereinigen sich zu einem knapp 200 m langen Erzmittel, das bis unter die 20. Sohle reicht.

Inhalt der Lagerstätte:

Feinkörniger Bleiglanz mit max. 0,6 % Ag-Gehalt (Phasen III b-c)

Zinkblende und Kalkspat (Phase II b und Phase III a)

Bisher nicht bekanntes Bändererz (Phase II c) durch Aufschlüsse der 19. Firste im Jahr 1991. Vollständiger Abbau bis zur 14. Sohle; nicht unerhebliche Resterzvorräte, qualitativ und abbautechnisch aber problematisch.

Westfeld Erzmittel I

Abteufen des Westschachtes im Jahr 1934 etwa 1100 m nordwestlich des Achenbachschachtes. Aufschluss des Erzmittels von durchschnittlich 500 m Länge im Niveau der 8. Sohle mit einer Teufenerstreckung von mindestens 600 m.

Inhalt der Lagerstätte:

Zinkblende (Phase II b)

Feinkörniger Bleiglanz (Phasen III b-c) mit Gangarten Siderit und Schwespat

Bleiglanzanreicherungen mit schwacher Führung von Zinkblende (Phasen III a-b)

Westfeld Erzmittel II

Qualitativ beste und reichste Erzkonzentration mit unbekannter Begrenzung zur Teufe; Aufschluss im Jahr 1951. Im Gegensatz zu allen bekannten Erzmittel des Oberharzes Vormacht von Zinkblende bereits an der Oberkante des Erzkörpers.

Inhalt der Lagerstätte:

Zinkblende (Phase II b) in fast ausschließlicher Vormacht

Das Potenzial der Oberharzer Ganglagerstätten

Die kumulierte Metallproduktion aller Reviere bis 1992 liegt bei etwa 2 Mio. t Blei, 1,5 Mio. t Zink und 5000 t Silber. Hinzu kommen bedeutende Mengen Kupfer, Antimon, Cadmium und wichtige Seltenmetalle wie z.B. Indium und Germanicum.

Stedingk 2012 stellt nach Sperling & Stoppel 1981 und der Betriebszahlenstelle des Erzbergwerks Grund 1992 folgende Zahlen zur Produktion des Oberharzer Gangerzbaus bis 1992 zusammen:

Revier	Förderung Roherz (Mio.t)	Metallgehalt im Fördererz ¹⁾		Metallinhalt		
		Blei (%)	Zink (%)	Blei (1.000 t)	Zink (1.000 t)	Silber (t)
Grund ²⁾	19,1	5,8	3,9	1.110	740	2.240
Clausthal ³⁾	9,5	4,0	4,3	380	413	>1.000
Lauthental	4,2	2,3	6,7	97	280	ca.150
Übrige ⁴⁾	5,0	6,5	0,6	323	30	n.b.
Summe/Durchschnitt	37,8	5,1	3,9	1.910	1.463	>5.000

¹⁾ Rückgerechnet (ohne Berücksichtigung von Aufbereitungsverlusten)

²⁾ Westlicher Silbernaaler Gangzug, Bergwerksglucker und Laubhütter Gang

³⁾ Burgstätter und Rosenhöfer Gangzug

⁴⁾ Zellerfelder, Wildemänner, Bockswieser, Hahnenkleer, Festenburg-Schulenberger, Altenauer u.a. Reviere

Die Reviere Grund, Clausthal und Lauthental erzeugten fast 90 % der Roherzförderung (86,8 %) und der Metallmenge (89,5%). Etwa die Hälfte davon entfällt auf das ehemalige Erzbergwerk Grund.

Viele Menschen der Oberharzer Bergstädte zweifeln an der Erschöpfung der Erzvorkommen und hegen die Hoffnung auf eine mögliche Wiederaufnahme des Bergbaus. Nach Aktenlage und nach Kenntnis einiger Spezialisten besteht kein Zweifel daran, dass die Oberharzer Gänge noch erhebliche Erzmengen enthalten. Diese lassen sich für das Grunder Revier quantitativ und qualitativ zuverlässig abschätzen. Für die Reviere Lauthental und Clausthal sind ohne neue und aufwändige Archivrecherchen und eine moderne Lagerstättenmodellierung nur grobe Schätzungen möglich. „In keinem Fall sind im Oberharz noch Erzlagerstätten vorhanden, die in absehbarer Zeit wirtschaftlich gewonnen werden könnten.“ So lautet das Urteil von Stedingk 2012.

Anlage 2

WGI-Datenquellen

[World Bank, 2009; verändert]

Nr.	Datenquelle	Kürzel / Repräsentativität	Länderabdeckung 2008	Beschreibung	Anzahl abgeleiteter resp. verwendeter Einzelindikatoren					
					VA	PV	GE	RQ	RL	CC
1	African Development Bank Country Policy and Institutional Assessments	ADB	53	Indicators on 16 dimensions of policy and institutional performance. Responses are coded on a 6-point-scale. CPIA (World Bank's Country Policy and Institutional Assessments) indicators are used to allocate concessional loans by the African Development Bank.	-	-	5	3	1	1
2	OECD Development Centre African Economic Outlook	AEO	48	Indicators are based on the frequency of newspaper reports on incidents related to "civil tensions" indicator. Newspaper reports are taken from the weekly newspaper 'Marchés Tropicaux et Méditerranéens' between 1996 and 2007 and from AFP in 2008. Total scores are reported for each country and year, and the distribution is highly skewed by a few countries with very high frequency of reported events.	-	1	-	-	-	-
3	Afrobarometer	AFR	19	This household survey is designed to collect data on attitudes towards democracy and government in a sample of African countries	3	-	1	-	5	4
4	Asian Development Bank Country Policy and Institutional Assessments	ASD	28	Indicators on 16 dimensions of policy and institutional performance. Responses are coded on a 6-point-scale. CPIA (World Bank's Country Policy and Institutional Assessments) indicators are used to allocate concessional loans by the Asian Development Bank.	-	-	3	2	1	1
5	Business Environment and Enterprise Performance Survey	BPS	30	This survey, part of the Investment Climate Survey project of the World Bank, collects a wide range of data on firm's financial performance and their perceptions on regulatory and investment climate.	-	-	3	3	5	4
6	Business Environmental Risk Intelligence	BRI	101 (PRI, DRI) 115 (GLM)	PRI (Political Risk Index) measures eight causes and two symptoms of political risk on a 7-point-scale. ORI (Operational Risk Index) measures 15 obstacles to business development on a 5-point-scale. QLM (Quantitative Risk Measure in foreign lending on a 100-point-scale.	-	9	1	-	2	2
7	Bertelsmann Transformation Index	BTI	125	We use data on the subcomponents of the Status Index (SI - rating countries along dimensions on democracy and market economy status) and the Management Index (MI - rating countries according to progress in achieving democracy and market economy status).	3	-	3	1	1	1

- Repräsentative Datenquelle
- Nicht-Repräsentative Datenquelle

Nr.	Datenquelle	Kürzel / Repräsentativität	Länderabdeckung 2008	Beschreibung	Anzahl abgeleiteter resp. verwendeter Einzelindikatoren					
					VA	PV	GE	RQ	RL	CC
8	Global Insight Global Risk Service	DRI	144	The Global Risk Service, formerly known as the Country Risk Review, was introduced by Data Resources, Inc. (DRI) in 1996. In 2001 DRI became part of Global Insight, which in 2003 also acquired the World Market Research Centre that produces the World Markets Online ratings (WMO, see No. 31). These two sets of ratings continue to be produced independently and so we continue to treat them as distinct sources as we did prior to 2003. The Global Risk Review provides assessments of the likelihood of various "risk events". We use their assessments of risk events occurring in the next five years. Although normally these indicators measure the likelihood of future changes in dimensions of governance we find that in practice they are highly correlated with other assessments of the level of governance and we interpret them this way.	-	6	3	5	4	1
9	European Bank of Reconstruction and Development Transition Report	EBR	29	The Transition Report includes scores on a 5-point-scale for eight Transition Indicators measuring progress towards market economy status. Scores are based on a checklist of underlying criteria and reflect on the views of EBRD (European Bank of Reconstruction and Development) staff.	-	-	-	3	-	-
10	Global E-Governance Index	EGV	196	This source reports an assessment of the quality of e-governance based on reviews of official government websites. Features assessed include online publications, online database, audio clips, video clips, non-native languages or foreign language translation, commercial advertising, premium fees, user payments, disability access, private policy, security features, presence of online services, number of different services, digital signatures, credit card payments, email address, comment form, automatic email updates, website personalization, personal digital assistant (PDA) access, and an English version of the website. Assessments are scored on a 100-point-scale with 72 points for availability of publications and databases and 28 points for the number of online services available.	-	-	1	-	-	-
11	Economist Intelligence Unit	EIU	150 170 (Democracy Index)	Commercial business information provider	5	5	2	5	8	1
12	Freedom House	FRH, CCR	197 (FRH) 195 (FRP) FNT (29) CCR (62)	FRW (Freedom in the World) and FRP (Freedom of the press) provide indicators of political rights (7-point-scale), civil liberties (7-point-scale), and press freedoms (100-point-scale) based on checklists of underlying indicators. The indicators are complemented with country narratives justifying the scores. FNT (Nations in Transit) and CCR (Countries at the Crossroads) are series of more detailed narrative country reports including common sets of quantitative indicators on democratic and economic issues, typically scored on a 7-point-scale. These too are based on a checklist of underlying indicators. We average data from FRW, FRP and FNT and treat it as a single source as it is produced separately.	6/2	-	-	-	2	2

Nr.	Datenquelle	Kürzel / Repräsentativität	Länderab- deckung 2008	Beschreibung	Anzahl abgeleiteter resp. ver- wendeter Einzelindikatoren					
					VA	PV	GE	RQ	RL	CC
13	Transparency International Global Corruption Barometer	GCB	79	This survey commissioned by TI (Transparency International) collects data on household's experiences with petty corruption and their perceptions of the overall incidence of corruption.	-	-	-	-	-	6
14	World Economic Forum Global Competitiveness Survey	GCS	134	This survey gathers the view of domestic and foreign-owned firms on a range of issues related to the business environment. Most questions are scored on a 7-point-scale.	4	1	2	7	8	8
15	Global Integrity Index	GII	79	The Global Integrity Index uses some 300 indicators to assess the existence and effectiveness of anti-corruption mechanisms that promote public integrity. They typically pair an indication of the "in law" existence of a particular institution with an "in practice" assessment of its functioning. We use a simple average of the "in practice" components of each of the indicated GII indicators, in keeping with our practice of relying purely on perceptions-based data in the WGI.	6	-	-	-	4	1
16	Gallup World Poll	GWP	143	The Gallup World Poll is a new survey polling representative samples of households in a large sample of countries. The core survey instrument asks a wide range of questions, including some related to governance.	1	-	3	-	3	1
17	Heritage Foundation Index of Economic Freedom	HER	179	Heritage constructs an Index of Economic Freedom consisting of 10 components. There were major revisions to the methodology in 2006 and 2007. We use data from the three of these components that are based on subjective assessments of Heritage staff and are comparable over time: Investment Freedom, Financial Freedom, and Property Rights. These indicators are scored on a 100-point-scale.	-	-	-	2	1	-
18	Cingranelli Richards Human Rights Database & Political Terror Scale	HUM	192 (CIRI) 180 (PTS)	The Cingranelli-Richards dataset (CIRI) is a numerical coding on a 2- or 3-point-scale of data on 13 human rights, as reported in Amnesty International Human Rights Reports and the U.S. Department of State Country Reports on Human Rights Practices. It is produced by Professor David Cingranelli at the University of Binghamton, USA and Professor David Richards at the University of Memphis, USA and is available at www.humanrightsdata.com . The Political Terror Scale (PTS) is a numerical coding on a 5-point-scale of state-sponsored domestic political terror through imprisonments, torture, disappearances and violations of the rule of law. It is produced by Professor Marc Gibney at the University of North Carolina and is available electronically at: www.politicalterrorsscale.org . Note that the two sources are averaged and treated as a single source in Political Stability and Absence of Violence since they are based on the same underlying publications.	4	4	-	-	1	-

Nr.	Datenquelle	Kürzel / Repräsentativität	Länderabdeckung 2008	Beschreibung	Anzahl abgeleiteter resp. verwendeter Einzelindikatoren					
					VA	PV	GE	RQ	RL	CC
19	IFAD Rural Sector Performance Assessments	IFD	90	This source assesses 12 dimensions of the rural policy environment on a 6-point-scale. The assessments are used in IFAD's (International Fund for Agricultural Development) performance-based allocation system for distributing resources across countries.	2	-	1	3	2	1
20	iJET Country Security Risk Ratings	IJT	185	iJET provides assessments of security risks faced by travelers, coded on a 5-point-scale.	-	1	-	-	-	-
21	Institutional Profiles Database	IPD	85	The Institutional Profiles database presents a set of indicators on the institutional characteristics of 85 developed and developing countries. The subject scope covers abroad spectrum of these institutional characteristics: functioning of political institutions, public security, public governance, markets' operating freedom, stakeholder co-ordination and strategic vision of the authorities and agents, security of transactions, market regulations and corporate governance, social dialogue, openness of society and markets, social cohesion.	9	4	4	4	15	1
22	Latinobarometro	LBO	18	Latinobarometro administers a common questionnaire to households in Latin America with questions on areas such as economy and International Trade, Integration and Regional Trading Blocks, Democracy, Politics and Institutions, Social Policies, Civic Culture, Social Capital and Social Fraud, the Environment, and current Issues.	2	-	1	-	3	1
23	Cerberus Corporate Intelligence Gray Area Dynamics	GAD	164	Provides assessments of risks to foreign investors posed by 10 risk factors assessed on a 10-point-scale	4	4	-	2	1	2
24	International Research and Exchanges Board Media Sustainability Index	MSI	76	Index rates countries on a variety of subcomponents relating to freedom of speech, plurality of media available to citizens, professional journalism standards, business sustainability of media, and the efficacy of institutions that support independent media.	1	-	-	-	-	-
25	International Budget Project Open Budget Index	OBI	85	The Open Budget Index is based on a questionnaire with 122 multiple choice questions on various dimensions of the availability, timeliness and quality of central government budget documents.	1	-	-	-	-	-
26	World Bank Country Policy and Institutional Assessments	PIA	142	Indicators on 16 dimensions of policy and institutional performance. Responses are coded on a 6-point-scale. CPIA (World Bank's Country Policy and Institutional Assessments) indicators are used to allocate concessional lending across countries.	-	-	4	2	1	1
27	Political and Economic Risk Consultancy Corruption in Asia Survey	PRC	15	This survey asks respondents to rate severity of corruption, attitudes towards corruption, and effectiveness of efforts to reduce corruption, on a 10-point-scale.	-	-	-	-	-	1

Nr.	Datenquelle	Kürzel / Repräsentativität	Länderab- deckung 2008	Beschreibung	Anzahl abgeleiteter resp. ver- wendeter Einzelindikatoren					
					VA	PV	GE	RQ	RL	CC
28	Political Risk Services International Country Risk Guide	PRS	140	The International Country Risk Guide includes a Political Risk Index, which in turn consists of 12 components measuring various dimensions of the political and business environment facing firms operating in a country.	2	4	1	1	1	1
29	Reporters without Borders Press Freedom Index	RSF	170	The Press Freedom Index is based on a 50-question checklist on the incidence and severity of restrictions on reporters and the media.	1	-	-	-	-	-
30	U.S. Department of State Trafficking in People Report	TPR	153	This report scores countries on a 4-point-scale based on the extent of government efforts to combat "severe trafficking in persons" defined as (a) sex trafficking in which a commercial sex act is induced by force, fraud, or coercion, or in which the person induced to perform such act has not attained 18 years of age; or (b) the recruitment, harboring, transportation, provision, or obtaining of a person for labor or services, through the use of force, fraud, or coercion for the purpose of subjection to involuntary servitude, peonage, debt bondage, or slavery.	-	-	-	-	1	-
31	Vanderbilt University Americas Barometer	VAB	23	The Americas Barometer is an effort by LAPOP to measure democratic values and behaviors in the Americas using common questionnaires to households in Latin America with questions on areas such as Democracy, Politics, and Institutions, Social Policies, Civic Culture, and other Current Issues.	2	-	-	-	4	1
32	Institute for Manage- ment Development World Competitiveness Yearbook	WCY	55	The World Competitiveness Yearbook ranks countries on a large number of factual and subjective indicators relating to the business environment. We use indicators drawn from their Executive Opinion Survey capturing the views of approximately 4000 respondents.	1	1	6	16	5	1
33	Global Insight Business Risk and Conditions	WMO	203	WMO produces assessments of the quality and stability of various dimensions of the business environment. It was acquired by Global Insight in 2003, which also owns and produces the DRI Global Risk Service (see No. 8). These two sets of ratings continue to be produced independently and so we continue to treat them as we did prior to 2003.	2	2	2	2	2	1
Einzelindikatoren					61	42	46	61	81	44
Summe Einzelindikatoren					335					
Summe repräsentativer Einzelindikatoren					38	40	19	28	47	18
Summe nicht repräsentativer Einzelindikatoren					23	2	27	33	34	26

Anlage 3

Indikatoren, Quellen und Zielwerte für den EPI (2012)

[Emerson et al., 2012, verkürzte Darstellung]

Indikator	Variable	Datengrundlage	Zielwert
Child Mortality	Probability of dying by age (qx) - Medium variant (Probability of dying between age 1 and 5)	United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: World Population Prospects DEMOBASE, 2010 revision	0,7 ‰
Particulate Matter	Population-weighted exposure to PM2,5 in micro-grams per cubic meter	Van Donkelaar, A. R.V. Martin, M. Brauer, R. Kahn, R. Levy, C. Verduzco, and P.J. Villeneuve, 2010- Global estimates of exposure to Fine Particulate Matter Concentrations from satellite based Aerosol optical depth, Environ. Health Perspect., 118 (6): 8	10 µg/m ³
Indoor Air Pollution	Percentage of Population using solid fuel as primary cooking fuel Proportion of population using solid fuels	World Health Organization's indicator and Measurement Registry, version 1.6.0 Millenium Development Goals, Indicator 29 (non-MDG)	0 %
Access to Sanitation	Access to sanitation	WHO / UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) for Water supply and Sanitation	100 %
Access to Drinking Water	Access to drinking water	WHO / UNICEF Monitoring Programme (JMP) for Water supply and sanitation	100 %
SO ₂ per Capita	Sulfur Dioxide Emissions Population Population	Smith, S.I., J. van Aardenne, Z. Klimont, R.J. Andres, A. Volke and S. Delgado Arias (2011). Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850-2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 1101-1116 World Development Indicators, The World Bank CIA Factbook	0 kg _{SO2} /person
SO ₂ per \$ GDP	Sulfur Dioxide Emimssions GDP PPP (constant 2005 international \$) GDP PPP (constant international \$)	Smith, S.I., J. van Aardenne, Z. Klimont, R.J. Andres, A. Volke and S. Delgado Arias (2011). Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850-2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 1101-1116 World Development Indicators, The World Bank CIESIN calculation based on Per Capita GDP (WDI and CIA Factbook) and Population (WDI and CIA Factbook)	0 g _{SO2} /US\$ GDP PPP (2005 constant US\$)
Change in Water Quality	Water use	Döll, P., K. Fiedler, and J. Zhang. Global scale analysis of river flow alterations due to water withdrawals and reservoirs, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 2413-2432, 2009	0 %
Critical Habitat Protection	AZE sites World Database of Protected Areas (WDPA)	Alliance for Zero Extinction UNEP-World Conservation Monitoring Centre	100 %

Fortsetzung Anlage x

Indikator	Variable	Datengrundlage	Zielwert
Biome Protection	World Database of Protected Areas WWF Ecoregions of the World	UNEP World Conservation Monitoring Centre World Wildlife Fund USA	17 %
Marine Protected Areas	Percentage of EEZ area protected World EEZ Shapefile, v.6.0	IUCN and UNEP-WCMC (2011) The World Database on Protected Areas (WDPA): January 2011. Cambridge, UK: UNEP.WCMC VLIZ Maritime Boundaries Geodatabase	10 %
Agricultural Subsidies	Nominal Rate of Assistance (NRA) Producer Support Estimates (PSE) and Producer Nominal Assistance Coefficient (NAC)	Anderson, K. (ed.), Distortions to Agricultural Incentives: A Global Perspective, 1955 - 2007, London: Palgrave Macmillan and Washington DC: World Bank, October 2009 OECD (2011), Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2011: OECD Countries and Emerging Economies, OECD Publishing	0
Pesticide Regulation	POP's regulation	UNEP Chemicals, "Master List of Actions on the Reduction of the Releases of Persistent Organic Pollutants, Fifth Edition", June 2003	22 point scale
Forest Growing Stock	Growing Stock in Forest Forest Area	FAO, Global Forest Resource Assessment 2010	0,99047619 (ratio of period 1 to period 2)
Change in Forest Cover	Trends in Extent of Forest 1990 - 2010	FAO, Global Forest Resources Assessment 2010	0,998781808 (percent change from period 1 to period 2)
Forest Loss	Forest Cover Loss	University of Maryland	0,015 %
Coastal Shelf Fishing Pressure	Catch from trawling and dredging gears (mostly bottom trawls) EEZ area	Sea around us project, University of British Columbia Fisheries Centre Sea around us project, University of British Columbia Fisheries Centre based on FAO data	0,000016 t/km ²
Fish Stocks Overexploited	Fraction of EEZ with overexploited and collapsed stocks	Sea around us project; University of British Columbia Fisheries Centre	0
CO ₂ per Capita	Carbon Dioxide Emissions Population	International Energy Agency (IEA)	1.262 kg _{CO2} /person
CO ₂ per \$ GDB	Carbon Dioxide Emissions GDP PPP (year 2000 currency)	International Energy Agency (IEA)	0,07842 kg _{CO2} /US\$ GDP
CO ₂ per kWh	Carbon Dioxide Emissions from Electricity and Heat Total electricity Output	International Energy Agency (IEA)	0 g _{CO2} /kWh
Renewable Electricity	Renewable electricity production as a percentage of total electricity production	International Energy Agency (IEA)	100 %

Anlage 4

Datenquelle Social Progress Index

[Appendix 1, Social Progress Report]

Datenquellen SPI (Appendix 1, Social Progress Report)

Basic Human Needs	Nutrition and Basic Medical Care	Undernourishment	Food and Agriculture Organization of the U.N.
		Depth of food deficit	Food and Agriculture Organization of the U.N.
		Maternal mortality rate	World Health Organization
		Stillbirth rate	World Health Organization
		Child mortality rate	UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation
		Deaths from infectious diseases	World Health Organization
	Water and Sanitation	Access to piped water	World Health Organization/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation
		Rura vs urban access to improved water source	World Health Organization/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation
		Access to improved sanitation facilities	World Health Organization/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation
	Shelter	Availability of affordable of housing	Gallup World Poll
		Access to electricity	UN Sustainable Energy for All Project
		Quality of electricity supply	World Economic Forum Global Competitiveness Report
		Indoor air pollution attributable deaths	Institute for Health Metrics and Evaluation
	Personal Safety	Homicide rate	Institute for Economics and Peace
		Level of violent crime	Institute for Economics and Peace
Perceived criminality		Institute for Economics and Peace	
Political terror		Institute for Economics and Peace	
Traffic deaths		World Health Organization	
Foundations of Wellbeing	Access to Basic Knowledge	Adult literacy rate	UN Educational, Scientific, and Cultural Organization
		Primary school enrollment	UN Educational, Scientific, and Cultural Organization
		Lower secondary school enrollment	UN Educational, Scientific, and Cultural Organization
		Upper secondary school enrollment	UN Educational, Scientific, and Cultural Organization
		Gender parity in secondary enrollment	UN Educational, Scientific, and Cultural Organization
	Access to Information and Communications	Mobile telephone subscriptions	International Telecommunications Union
		Internet users	International Telecommunications Union
		Press Freedom Index	Reporters Without Borders
	Health and Wellness	Life expectancy	World Development Indicators
		Non-communicable disease deaths between the ages of 30 and 70	World Health Organization
		Obesity rate	World Health Organization
		Outdoor air pollution attributable deaths	World Health Organization
	Ecosystem Sustainability	Suicide rate	Institute for Health Metrics and Evaluation
		Greenhouse gas emissions	World Resources Institute
		Water withdrawals as a percent of resources	World Resources Institute
Biodiversity and habitat		Environmental Performance Index using data from the World Database on Protected Areas maintained by the United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre	
Opportunity	Personal Rights	Political rights	Freedom House
		Freedom of speech	Cingranelli-Richards (CIRI) Human Rights Dataset
		Freedom of assembly/association	Cingranelli-Richards (CIRI) Human Rights Dataset
		Freedom of movement	Cingranelli-Richards (CIRI) Human Rights Dataset
		Private property rights	Heritage Foundation
	Personal Freedom and Choice	Freedom over life choices	Gallup World Poll
		Freedom of religion	Pew Research Center
		Modern slavery, human trafficking and child marriage	Walk Free Foundation's Global Slavery Index
		Satisfied demand for contraception	The Lancet
	Tolerance and Inclusion	Corruption	Transparency International
		Women treated with respect	Gallup World Poll
		Tolerance for immigrants	Gallup World Poll
		Tolerance for homosexuals	Gallup World Poll
		Discrimination and violence against minorities	Fund for Peace's Failed State Index
		Religious tolerance	Pew Research Center
Access to Advanced Education	Community safety net	Gallup World Poll	
	Years of tertiary schooling	Barro-Lee Educational Attainment Dataset	
	Women's average years in school	Institute for Health Metrics and Evaluation	
	Inequality in the attainment of education	United Nations Development Programme	
	Number of globally ranked universities	Times Higher Education, QS World University Rankings, and Academic Ranking of World Universities	

Einzelindikatorgewichte SPI (Appendix 1, Social Progress Report)

	COMPONENT	INDICATOR NAME	WEIGHT	SCALED WEIGHT (0-1)
Basic Human Needs	Nutrition and Basic Medical Care	Undernourishment	0.18	0.16
		Depth of food deficit	0.18	0.16
		Maternal mortality rate	0.19	0.17
		Stillbirth rate	0.18	0.16
		Child mortality rate	0.19	0.17
		Deaths from infectious diseases	0.19	0.17
	Water and Sanitation	Access to piped water	0.37	0.34
		Rura vs urban access to improved water source	0.34	0.32
		Access to improved sanitation facilities	0.37	0.34
		Availability of affordable of housing	0.15	0.12
	Shelter	Access to electricity	0.37	0.30
		Quality of electricity supply	0.37	0.30
		Indoor air pollution attributable deaths	0.35	0.28
	Personal Safety	Homicide rate	0.25	0.20
		Level of violent crime	0.26	0.21
		Perceived criminality	0.26	0.21
Political terror		0.24	0.19	
Traffic deaths		0.23	0.19	
Foundations of Wellbeing	Access to Basic Knowledge	Adult literacy rate	0.24	0.21
		Primary school enrollment	0.20	0.18
		Lower secondary school enrollment	0.24	0.21
		Upper secondary school enrollment	0.23	0.20
		Gender parity in secondary enrollment	0.22	0.19
	Access to Information and Communications	Mobile telephone subscriptions	0.39	0.32
		Internet users	0.44	0.36
		Press Freedom Index	0.38	0.32
	Health and Wellness	Life expectancy	0.53	0.25
		Non-communicable disease deaths between the ages of 30 and 70	0.53	0.25
		Obesity rate	0.47	0.17
		Outdoor air pollution attributable deaths	0.56	0.20
	Ecosystem Sustainability	Suicide rate	0.35	0.13
		Greenhouse gas emissions	0.39	0.26
		Water withdrawals as a percent of resources	0.41	0.28
		Biodiversity and habitat	0.69	0.46
Opportunity	Personal Rights	Political rights	0.28	0.23
		Freedom of speech	0.22	0.18
		Freedom of assembly/association	0.25	0.20
		Freedom of movement	0.25	0.20
		Private property rights	0.24	0.19
	Personal Freedom and Choice	Freedom over life choices	0.29	0.20
		Freedom of religion	0.20	0.14
		Modern slavery, human trafficking and child marriage	0.30	0.21
		Satisfied demand for contraception	0.30	0.21
	Tolerance and Inclusion	Corruption	0.33	0.23
		Women treated with respect	0.09	0.06
		Tolerance for immigrants	0.26	0.18
		Tolerance for homosexuals	0.30	0.22
		Discrimination and violence against minorities	0.30	0.21
		Religious tolerance	0.20	0.14
	Access to Advanced Education	Community safety net	0.25	0.18
		Years of tertiary schooling	0.30	0.26
		Women's average years in school	0.32	0.27
		Inequality in the attainment of education	0.30	0.26
		Number of globally ranked universities	0.25	0.21

Anlage 5

Kriterien und Indikatoren Bertelsmann Transformation Index

[BTI-Report, Abschnitt Methodology]

BTI - Kriterien und Indikatoren (BTI-Report, Abschnitt Methodology)

1 Stateness

There is clarity about the nation's existence as a state with adequately established and differentiated power structures.

- 1.1 To what extent does the state's monopoly on the use of force cover the entire territory?
- 1.2 To what extent do all relevant groups in society agree about citizenship and accept the nation-state as legitimate?
- 1.3 To what extent are legal order and political institutions defined without interference by religious dogmas?
- 1.4 To what extent do basic administrative structures exist?

2 Political participation

The populace decides who rules, and it has other political freedoms.

- 2.1 To what extent are political representatives determined by general, free and fair elections?
- 2.2 To what extent do democratically elected rulers have the effective power to govern? To what extent are there veto powers and political enclaves?
- 2.3 To what extent can individuals form and join independent political parties or civic groups? To what extent can these groups associate and assemble freely?
- 2.4 To what extent can citizens, organizations and the mass media express opinions freely?

3 Rule of law

State powers check and balance one another and ensure civil rights.

- 3.1 To what extent is there a working separation of powers (checks and balances)?
- 3.2 To what extent does an independent judiciary exist?
- 3.3 To what extent are public officeholders who abuse their positions prosecuted or penalized?
- 3.4 To what extent are civil rights guaranteed and protected, and to what extent can citizens seek redress for violations of these rights?

4 Stability of democratic institutions

Democratic institutions are capable of performing, and they are adequately accepted.

- 4.1 Are democratic institutions capable of performing?
- 4.2 To what extent are democratic institutions accepted as legitimate by the relevant actors?

5 Political and social integration

Stable patterns of representation exist for mediating between society and the state; there is also a consolidated civic culture.

- 5.1 To what extent is there a stable, moderate, socially rooted party system able to articulate and aggregate societal interests?
- 5.2 To what extent is there a network of cooperative associations or interest groups to mediate between society and the political system?
- 5.3 How strong is the citizens' approval of democratic norms and procedures?
- 5.4 To what extent have social self-organization and the construction of social capital advanced?

Fortsetzung BTI - Kriterien und Indikatoren (BTI-Report, Abschnitt Methodology)

- 6 Level of socioeconomic development**
In principle, the country's level of development permits adequate freedom of choice for all citizens.

 - 6.1 To what extent are significant parts of the population fundamentally excluded from society due to poverty and inequality?
- 7 Organization of the market and competition**
There are clear rules for stable, market-based competition.

 - 7.1 To what level have the fundamentals of market-based competition developed?
 - 7.2 To what extent do safeguards exist to prevent the development of economic monopolies and cartels, and to what extent are they enforced?
 - 7.3 To what extent has foreign trade been liberalized?
 - 7.4 To what extent have a solid banking system and a capital market been established?
- 8 Currency and price stability**
There are institutional or political precautions to control inflation sustainably, together with an appropriate monetary policy and fiscal policy.

 - 8.1 To what extent do government and central bank pursue a consistent inflation policy and an appropriate foreign exchange policy?
 - 8.2 To what extent do the government's fiscal and debt policies support macroeconomic stability?
- 9 Private property**
There are adequate conditions to support a functional private sector.

 - 9.1 To what extent do government authorities ensure well-defined rights of private property and regulate the acquisition, benefits, use and sale of property?
 - 9.2 To what extent are private companies permitted and protected? Are privatization processes conducted in a manner consistent with market principles?
- 10 Welfare regime**
There are viable arrangements to compensate for social risks.

 - 10.1 To what extent do social safety nets provide compensation for social risks?
 - 10.2 To what extent does equality of opportunity exist?
- 11 Economic performance**
The economy's performance points to solid development.

 - 11.1 How does the economy, as measured in quantitative indicators, perform?
- 12 Sustainability**
Economic growth is balanced, environmentally sustainable and future-oriented.

 - 12.1 To what extent are environmental concerns taken into account in both macro- and microeconomic terms?
 - 12.2 To what extent are there solid institutions for basic, secondary and tertiary education, as well as for research and development?

Fortsetzung BTI - Kriterien und Indikatoren (BTI-Report, Abschnitt Methodology)

13 Level of difficulty

- 13.1 To what extent do structural difficulties constrain the political leadership's governance capacity?
- 13.2 To what extent are there traditions of civil society?
- 13.3 How serious are social, ethnic and religious conflicts?
- 13.4 GNI p.c. PPP rescaled (2011)
- 13.5 UN Education Index, rescaled (2011)
- 13.6 Stateness + Rule of Law (average of 2 BTI criteria scores)

14 Steering capability

The government manages reforms effectively and can achieve its policy priorities.

- 14.1 To what extent does the government set and maintain strategic priorities?
- 14.2 How effective is the government in implementing its own policies?
- 14.3 How innovative and flexible is the government?

15 Resource efficiency

The government makes optimum use of available resources.

- 15.1 To what extent does the government make efficient use of available human, financial and organizational resources?
- 15.2 To what extent can the government coordinate conflicting objectives into a coherent policy?
- 15.3 To what extent can the government successfully contain corruption?

16 Consensus-building

The political leadership establishes a broad consensus on reform with other actors in society, without sacrificing its reform goals.

- 16.1 To what extent do the major political actors agree on democracy and a market economy as strategic, long-term goals?
- 16.2 To what extent can reformers exclude or co-opt anti-democratic actors?
- 16.3 To what extent is the political leadership able to moderate cleavage-based conflict?
- 16.4 To what extent does the political leadership enable the participation of civil society in the political process?
- 16.5 To what extent can the political leadership bring about reconciliation between the victims and perpetrators of past injustices?

17 International cooperation

The political leadership is willing and able to cooperate with external supporters and organizations.

- 17.1 To what extent does the political leadership use the support of international partners to implement a long-term strategy of development?
- 17.2 To what extent does the government act as a credible and reliable partner in its relations with the international community?
- 17.3 To what extent is the political leadership willing and able to cooperate with neighboring countries?

Anlage 6

Länderliste

Länderliste						
Nr.	Land	WGI	EPI	Footprint	SPI	BTI _{Teil}
1	Afghanistan	-1,73		-0,08		9,67
2	Ägypten	-0,74	55,18	-1,04	59,97	7,33
3	Albanien	-0,20	65,85	-1,04	69,13	5,33
4	Algerien	-0,93	48,56	-1,00	59,13	6,33
5	Angola	-1,06	47,57	2,00	39,93	7,33
6	Argentinien	-0,22	56,48	4,90	70,59	4,67
7	Armenien	-0,29	47,48	-1,04	65,03	5,33
8	Aserbaidshan	-0,85	43,11	-1,11	62,44	6,00
9	Äthiopien	-0,96	52,71	-0,44		8,33
10	Australien	1,63	56,61	7,87	86,10	1,00
11	Bahamas	0,91				
12	Bahrain	-0,04				6,33
13	Bangladesch	-0,87	42,55	-0,24	52,04	7,33
14	Belgien	1,37	63,02	-6,66	82,63	
15	Benin	-0,29	50,38	-0,45	49,11	5,67
16	Bhutan	0,12				5,00
17	Bolivien	-0,54	54,57	16,27	62,90	6,67
18	Bosnien Herzogowina	-0,43	36,76	-1,15	64,99	5,67
19	Botswana	0,69	53,74	1,15	65,60	3,67
20	Brasilien	0,13	60,90	6,07	69,97	4,00
21	Bulgarien	0,18	56,28	-1,94	70,24	4,33
22	Burkina Faso	-0,40		-0,02	47,33	7,00
23	Burundi	-1,18		-0,40	37,33	8,33
24	Chile	1,21	55,34	0,59	76,30	3,00
25	China	-0,58	42,24	-1,23	58,67	6,00
26	Costa Rica	0,58	69,03	-0,79	77,75	2,67
27	Dänemark	1,86	63,61	-3,41	86,55	
28	Dem. Rep. Kongo	-1,64	47,49	2,01	48,31	9,33
29	Deutschland	1,42	66,91	-3,16	84,61	
30	Dominikanische Republik	-0,36	52,44	-0,97	63,03	6,00
31	Ecuador	-0,76	60,55	0,44	68,15	5,67
32	El Salvador	-0,07	52,08	-1,36	64,70	5,33
33	Elfenbeinküste	-1,16	53,55	0,66		8,33
34	Eritrea	-1,40	38,39	0,71		8,67
35	Estland	1,06	56,09	1,08	81,28	2,67
36	Fidschi	-0,58				
37	Finnland	1,85	64,44	6,30	86,91	1,00
38	Frankreich	1,22	69,00	-2,01	81,11	
39	Französisch Guyana	1,00				
40	Gabun	-0,55	57,91	27,88	48,31	6,85
41	Georgien	0,01	56,84	-0,61	63,94	6,00
42	Ghana	0,15	47,50	-0,56	55,96	5,00
43	Griechenland	0,36	60,04	-3,77	73,43	
44	Grönland	1,41				
45	Großbritannien	1,34	68,82	-3,55	84,56	

Länderliste - Fortsetzung -						
Nr.	Land	WGI	EPI	Footprint	SPI	BTI _{Teil}
46	Guatemala	-0,58	51,88	-0,65	61,37	7,33
47	Guinea	-1,19		1,18	37,41	7,67
48	Guyana	-0,38			60,06	
49	Haiti	-1,16	41,15	-0,37		8,33
50	Honduras	-0,56	52,54	-0,07	61,28	6,67
51	Indien	-0,30	36,23	-0,40	50,24	6,00
52	Indonesien	-0,47	52,29	0,14	58,98	6,00
53	Irak	-1,34	25,32	-1,05	44,84	8,33
54	Iran	-1,16	42,73	-1,87	56,65	7,33
55	Irland	1,45	58,69	-2,81	84,05	
56	Island	1,48	66,28		88,07	
57	Israel	0,59	54,64	-4,50	71,40	
58	Italien	0,52	68,90	-3,85	76,93	
59	Jamaika	0,01	54,36	-1,55	70,39	5,33
60	Japan	1,17	63,36	-4,13	84,21	1,00
61	Jemen	-1,33	35,49	-0,32	40,23	8,67
62	Jordanien	-0,12	42,16	-1,81	61,92	6,00
63	Kambodscha	-0,78	55,29	-0,09	51,89	7,00
64	Kamerun	-0,89	42,97	0,81	45,51	7,33
65	Kanada	1,62	58,41	7,91	86,95	1,00
66	Kapverdische Inseln	0,55				
67	Kasachstan	-0,59	32,94	-0,53	59,47	5,33
68	Katar	0,55	46,59	-8,00		2,67
69	Kenia	-0,69	49,28	-0,52	50,20	7,33
70	Kirgisien	-0,84	46,33	0,09	57,08	7,00
71	Kiribati	0,03				
72	Kolumbien	-0,23	62,33	2,11	67,24	6,33
73	Kosovo	-0,52				6,00
74	Kroatien	0,38	64,16	-1,25	73,31	2,67
75	Kuba	-0,53	56,48	-1,11	61,07	4,67
76	Kuwait	0,07	35,54	-5,92	70,66	5,00
77	Laos	-0,94		0,30	52,41	6,33
78	Lesotho	-0,19		-0,26	48,94	7,00
79	Lettland	0,61	70,37	1,43	73,91	4,33
80	Libanon	-0,64	47,35	-2,50	60,05	7,33
81	Liberia	-0,77		1,21	44,02	6,33
82	Libyen	-1,34	37,68	-2,61		7,33
83	Litauen	0,69	65,50	-0,31	73,76	2,67
84	Luxemburg	1,75	69,20			
85	Madagaskar	-0,72		1,28	44,28	7,67
86	Malawi	-0,34		-0,03	48,97	6,00
87	Malaysia	0,32	62,51	-2,25	70,00	4,67
88	Mali	-0,46		0,60	46,85	8,67
89	Malta	1,14	48,51			
90	Marokko	-0,33	45,76	-0,61	58,01	6,33

Länderliste - Fortsetzung -						
Nr.	Land	WGI	EPI	Footprint	SPI	BTI _{Teil}
91	Mauretanien	-0,85		2,89	43,11	7,33
92	Mazedonien	-0,09	46,96	-4,23	68,33	5,00
93	Mexiko	-0,13	49,11	-1,53	66,41	6,33
94	Moldawien	-0,30	45,21	-0,73	60,12	
95	Mongolei	-0,22	45,37	9,61	58,97	5,67
96	Montenegro	0,10			66,80	3,67
97	Mosambik	-0,30	47,82	1,12	45,23	7,00
98	Myanmar	-1,65	52,72	0,25		8,33
99	Namibia	0,30	50,68	5,41	61,19	5,67
100	Nauru	0,17				
101	Nepal	-0,89	57,97	-3,01	51,58	7,67
102	Neukaledonien					
103	Neuseeland	1,83	66,05	5,88	88,24	
104	Nicaragua	-0,62	59,23	1,26	62,33	6,33
105	Niederlande	1,71	65,65	-5,16	87,37	
106	Niger	-0,58		-0,26	40,10	7,00
107	Nigeria	-1,15	40,14	-0,32	42,65	8,00
108	Nordkorea	-1,59		-0,74		7,00
109	Norwegen	1,70	69,92	-0,08	87,12	1,00
110	Oman	0,19	44,00	-2,85		4,33
111	Österreich	1,49	68,92	-1,99	85,11	
112	Pakistan	-1,14	39,56	-0,34	42,40	8,67
113	Panama	0,08	57,94	0,28	72,58	5,67
114	Papua-Neuguinea	-0,66				7,33
115	Paraguay	-0,60	52,40	8,05	62,65	6,00
116	Peru	-0,18	50,29	2,32	66,29	5,33
117	Philippinen	-0,49	57,40	-0,68	65,86	6,00
118	Polen	0,84	63,47	-2,26	77,44	2,67
119	Portugal	0,93	57,64	-3,22	80,49	
120	Puerto Rico	0,63				
121	Republik Kongo	-1,01	47,18	12,31	47,99	7,67
122	Ruanda	-0,23		-0,40	49,46	6,67
123	Rumänien	0,15	48,34	-0,76	67,72	4,00
124	Russland	-0,74	45,43	1,34	60,79	5,67
125	Salomonen	-0,43				
126	Sambia	-0,30	55,56	1,35	49,88	6,33
127	Saudi Arabien	-0,47	49,97	-4,29	64,38	5,67
128	Schweden	1,80	68,82	3,87	87,08	
129	Schweiz	1,71	76,69	-3,78	88,19	
130	Senegal	-0,39	46,73	0,11	53,52	6,67
131	Serbien	-0,12	46,14	-1,23	70,61	4,33
132	Sierra Leone	-0,66		0,15		7,00
133	Simbabwe	-1,48	52,76	-0,50	48,31	7,67
134	Singapur	1,47	56,36	-5,32		2,00
135	Slowakei	0,79	66,62	-1,38	78,93	3,00

Länderliste - Fortsetzung -						
Nr.	Land	WGI	EPI	Footprint	SPI	BTI_{Teil}
136	Slowenien	0,92	62,25	-2,69	81,65	2,33
137	Somalia	-2,29		-0,02		10,00
138	Spanien	0,93	60,31	-3,81	80,77	
139	Sri Lanka	-0,29	55,72	-0,76	59,71	6,00
140	Südafrika	0,26	34,55	-1,18	62,96	5,67
141	Sudan	-1,60	46,00	0,69	38,45	9,33
142	Südkorea	0,76	57,20	-4,54	77,18	2,67
143	Surinam	-0,12				
144	Syrien	-1,10	42,75	-0,82		9,67
145	Tadschikistan	-1,10	38,78	-0,44	56,05	7,33
146	Taiwan	1,00	62,23			1,67
147	Tansania	-0,36	54,26	-0,16	46,06	6,67
148	Thailand	-0,29	59,98	-1,22	65,14	6,00
149	Togo	-0,89	48,66	-0,37	42,80	7,00
150	Trinidad und Tobago	0,15	47,04	-1,52	69,88	
151	Tschechische Republik	0,95	64,79	-3,06	80,41	2,00
152	Tunesien	-0,18	46,66	-0,92	62,96	6,33
153	Türkei	-0,02	44,80	-1,38	64,62	5,33
154	Turkmenistan	-1,41	31,75	-0,72		6,33
155	Uganda	-0,56		-0,68	47,75	7,00
156	Ukraine	-0,58	46,31	-1,08	64,91	5,33
157	Ungarn	0,75	57,12	-0,76	73,87	3,67
158	Uruguay	0,84	57,06	4,78	77,51	2,00
159	USA	1,23	56,59	-4,13	82,77	1,00
160	Usbekistan	-1,29	32,24	-0,82	57,34	7,33
161	Venezuela	-1,28	55,62	-0,08	63,78	6,33
162	Ver. Arabische Emirate	0,48	50,91	-9,83	72,92	3,00
163	Vietnam	-0,54	50,64	-0,54		5,33
164	Weißrussland	-1,01	53,88	-0,51	65,20	4,67
165	Zentralafr. Republik	-1,25		7,12	34,17	8,67
166	Zypern	0,65	57,15			

Anlage 7

Metallsteckbriefe

Metall-Steckbriefe

Die folgenden Metall-Steckbriefe sind aus verschiedenen Quellen zusammengestellt worden. Die Grundstruktur der tabellarischen Zusammenstellung ist einer Arbeit des DenkwerkZukunft – Stiftung Kulturelle Erneuerung, Bonn 2010 mit Titel „Die künftige Verfügbarkeit knapper, strategisch wichtiger Metalle – Risiken und Herausforderungen“ von F. Lutz entnommen. In der Kurzfassung resümiert der Autor:

„Die Konzentration einiger für Zukunftstechnologien bedeutsamer Metalle auf politisch oder geologisch instabile Länder stellt ein erhebliches Risiko dar. Da die Herstellung von Elektrofahrzeugen, Brennstoffzellen, Windkraft- und Photovoltaikanlagen von Metallen wie Lithium, Indium, Neodym oder Tantal abhängt, können Versorgungsengpässe nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit, sondern auch die in Europa angestrebte Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen und damit der Kampf gegen die Erderwärmung gefährden. Der drohenden Versorgungsknappheit kann jedoch nur durch eine verstärkte Wiederverwertung entgegengewirkt werden.“

Nach den nachfolgend genannten neun Kriterien der Verfügbarkeit behandelt der Autor in Rohstoffsteckbriefen die Metalle

Indium, Lithium, die Seltenen Erden (Scandium, Yttrium, Neodym), Tantal Coltan, die Platinmetalle (Platin, Palladium, Ruthenium), Zinn, Germanium, Niob Kobalt und Kupfer.

Diese Steckbriefe sind in der Folge alphabetisch eingereiht und um die Metalle

Aluminium (Bauxit), Antimon, Blei, Chrom, Eisen(erd), Gallium Gold, Kadmium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Nickel, Platinmetalle (Rhodium), Silber, Tellur, Titan, Vanadium, Wismut, Wolfram, Zink und Zirkon aus anderen Quellen soweit in diesen Angaben zu finden waren, ergänzt worden. Die genutzten Quellen sind am Ende im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Neun Kriterien der Verfügbarkeit

Reserven

Derzeitig bekannte Rohstoffvorkommen, die unter heutigen Bedingungen technisch und wirtschaftlich abbaubar sind.

Ressourcen

Derzeitig bekannte Rohstoffvorkommen, deren Nutzung bei Verbesserung der Bergbautechnologie und steigenden Preisen in Zukunft möglich sein wird.

Produktion

Hier wird zwischen Primär und Sekundärproduktion unterschieden – die Primärproduktion gibt der Erde erstmals entnommene Rohstoffvorkommen an, die Sekundärproduktion umfasst bereits verwendete, nun in den Produktionsprozess zurückgeführte Rohstoffe.

Statistische Reichweite

Anzahl der Jahre, in denen die Reserven oder Ressourcen bei gleich bleibender Rohstoff-Produktion ausreichen.

Regionale Konzentration

Unternehmerische Konzentration

Ähnlich wie auch bei der regionalen Konzentration ist auch ein oligopolistischer Markt, in dem viele Nachfrager einigen wenigen Anbietern gegenüberstehen, äußerst bedenklich.

Substituierbarkeit

Recyclingquote

Anteil der Sekundärrohstoffe an der Gesamtproduktion

Steigender Bedarf durch Zukunftstechnologien

Seltene Erden

Bei den Seltenen Erden werden Seltene Erden Oxide (REO) von den Seltenen Erden Metallen (REM), worunter auch Einzelmetalle und Mischmetalle eingeordnet werden, unterschieden.

Des Weiteren werden unter diesem Sammelbegriff verschiedene Elemente subsummiert, die sich einteilen lassen in:

- **Schwere Seltene Erden (heavy rare earth elements, HREE)**

Y Yttrium

Gd Gadolinium

Tb Terbium

Dy Dysprosium

Ho Holmium

Er Erbium

Tm Thulium

Yb Ytterbium

Lu Lutetium

- **Leichte Seltene Erden (light rare earth elements, LREE)**

Sc Scandium

La Lanthan

Ce Cer

Pr Praeseodym

Nd Neodym

Pm Promethium

Sm Samarium

Eu Europium

SELTENE ERDENMETALLE

Produktion in t (2009) 2011	(124.000) 130.000		
Reserven in t (2009) 2011	(99 Mio.) 110 Mio.	Ressourcen in t (2007)	> 150 Mio.
Statistische Reichweite	(800 Jahre) 850 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	> 1200 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009)	VR China: 97 % Indien: 2 % Brasilien: 0,5 % (Top 3: 99,5 %)		
Regionale Konzentration der Reserven 2010	VR China: 50 % GUS: 17 % USA: 12 % (Top 3: 79 %)		
Verwendung	Katalysatoren für Automobile und Erdölraffinerien (REO im Kera- mikkörper, Leuchtstoffröhren, Lasertechnik, Handys MP3-Spieler, Windkraftturbinen, Festplatten, Metallurgische Additive und Legie- rungen (Mischmetall in rostfreien Stählen, Batterie- und Gusslegie- rungen), Glaspolierung und Keramik (REO als Schleifmittel)		
Substituierbarkeit durch	Ohne Leistungseinbußen ist eine Substitution von Seltene Erdenme- tallen derzeit für viele Anwendungen nicht absehbar.		
Recyclingquote	Sehr gering (meist Abfallprodukte von Dauermagneten)		

Produktionsland	Seltene Erden (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
China	73	119	130	55.000
Indien	2,7	2,7	2,7	3.100
Brasilien	0,2	k.A.	0,55	48
Malaysia	0,45	0,75	0,35	30
Australien	-	-	-	1.600
GUS	2	k.A.	k.A.	19.000
USA	5	-	-	13.000
Andere Länder	-	0,4	k.A.	22.000
Welt gesamt	85,5	123	130	110.000

ALUMINIUM

Produktion in t (2010)	41,4 Mio.		
Reserven in t ()		Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite		Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2010)	China: 41 % Russland: 9 % Kanada: 8 % Top 3: 58 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Luft- und Raumfahrt, Fahrzeugbau, Bauindustrie, Elektroindustrie, Verpackungen, Lebensmittelindustrie		
Substituierbarkeit durch	Aluminium kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Kupfer, Magnesium, Titan, Verbundwerkstoffe, Glas, Papier und Stahl ersetzt werden.		
Recyclingquote	> 50 % (Deutschland); ca. 30 % (weltweit)		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	10.412 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	18,98 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	140.700 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	109.740 MJ/t		

Produktionsland	Aluminiumproduktion (in 1000 t)		
	2000	2005	2010
China	2.550	7.800	16.800
Russland	3.240	3.650	3.850
Kanada	2.370	2.890	2.920
Australien	1.770	1.900	1.950
USA	3.668	2.481	1.720
Brasilien	1.280	1.500	1.550
Indien	k.A.	898	1.400
Vereinigte Arab. Emirate	k.A.	750	1.400
Bahrein	k.A.	751	870
Norwegen	1.030	1.370	800
Südafrika	671	851	800
Island	k.A.	k.A.	780
Mozambique	k.A.	555	550
Venezuela	570	610	440
Deutschland	k.A.	668	370
Frankreich	441	k.A.	k.A.
Andere Länder	6.440	5.190	5.200
Welt gesamt	24.000	31.900	41.400

BAUXIT (ALUMINIUM)

Produktion in t (2011)	220 Mio.		
Reserven in t (2011)	29 Mrd.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca.130 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	Australien: 31 % China: 21 % Brasilien: 14 % Top 3: 66 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()	Guinea: 26 % Australien: 19 % Brasilien: 12 % Top 3: 57 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Luft- und Raumfahrt, Fahrzeugbau, Bauindustrie, Elektroindustrie, Verpackungen, Lebensmittelindustrie		
Substituierbarkeit durch	Aluminium kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Kupfer, Magnesium, Titan, Verbundwerkstoffe, Glas, Papier und Stahl ersetzt werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	1.341 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	1,65 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	109 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	109 MJ/t		

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
Australien	53.800	60.000	70.000	5.400.000
China	9.000	18.000	40.000	750.000
Brasilien	14.000	19.800	32.100	3.400.000
Indien	7.370	12.000	18.000	900.000
Guinea	15.000	15.000	17.400	7.400.000
Jamaica	11.100	14.100	9.200	2.000.000
Kasachstan	k.A.	4.800	5.300	360.000
Russland	4.200	6.400	4.700	200.000
Surinam	3.610	4.580	3.100	580.000
Venezuela	4.200	5.900	2.500	320.000
Griechenland	k.A.	2.450	2.000	600.000
Guyana	2.400	1.500	1.800	850.000
Vietnam	k.A.	k.A.	30	2.100.000
USA	k.A.	k.A.	k.A.	20.000
Andere Länder	10.800	4.620	4.400	3.300.000
Welt gesamt	135.000	169.000	211.000	28.000.000

ANTIMON

Produktion in t (2013)	163.000.		
Reserven in t (2013)	1,8 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	11 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2013)	Bolivien: 3 % China: 79 % Russland: 4 % Top 3: 86 %		
Regionale Konzentration der Reserven (2013)	China: 53 % Russland: 19 % Bolivien: 17 % Top 3: 89 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Metallprodukte, Munition, Keramik-, Glas-, Gummiprodukte, Flammenschutzmittel.		
Substituierbarkeit durch	Chromverbindungen, Zinn, Titan, Zink und Zirkonium ersetzen Antimon Verbindungen in Farbe, Pigmenten und Lacken. Zubereitungen von Kadmium, Kalzium, Kupfer, Selen, Strontium, Schwefel und Zinn können als Substitute für die Härtung von Blei genutzt werden. Bestimmte organischen Verbindungen und Aluminiumhydroxid werden als Substitute in Flammenschutzmitteln eingesetzt.		
Recyclingquote			

BLEI

Produktion in t (2011)	4,5 Mio.		
Reserven in t (2011)	85 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	20 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 49 % Australien: 12 % USA: 8 % Top 3: 69 %		
Regionale Konzentration der Reserven (2010)	Australien: 34 % China: 16 % Russland: 11,5 % Top 3: 61,5 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Hauptsächliche Verwendung liegt in der Produktion von Akkumulatoren oder Legierungen, in der Elektrotechnik und der Radiologie.		
Substituierbarkeit durch	Blei kann in bestimmten Verwendungen durch andere Stoffe wie Plastik, Aluminium, Eisen oder Zinn ersetzt werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	9.835 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	16,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	20.540 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	20.540 MJ/t		

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
China	570	1.000	1.750	13.000
Australien	699	776	620	27.000
USA	468	426	400	7.000
Peru	271	319	280	6.000
Mexico	156	130	185	5.600
Indien	k.A.	58	95	2.600
Bolivien	k.A.	k.A.	90	1.600
Russland	k.A.	k.A.	90	9.200
Schweden	108	61	65	1.100
Kanada	143	73	65	650
Südafrika	75	42	50	300
Irland	k.A.	64	45	600
Polen	k.A.	48	35	1.500
Kasachstan	40	44	k.A.	k.A.
Marokko	80	31	k.A.	k.A.
Andere Länder	490	198	330	4.000
Welt gesamt	3.100	3.270	4.100	80.000

CHROM

Produktion in t (2011)	24 Mio.		
Reserven in t (2011)	> 480 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 20 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	Südafrika: 46 % Kasachstan: 16 % Indien: 15 % Top 3: 77 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Verwendung bei der Produktion von Edelstählen, in der Feuerfestindustrie der Chemischen Industrie und der Farbindustrie.		
Substituierbarkeit durch	Chrom kann nicht durch andere Stoffe substituiert werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	21.956 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	13,50 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	484.371 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	484.371 MJ/t		

EISEN

Produktion in t (2011)	1,1 Mrd. (Rohstahl 1,5 Mrd.)		
Reserven in t ()		Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	einige Jahrzehnte	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 61 % Japan: 8 % Russland: 5 % Top 3: 74 %		
Regionale Konzentration der Eisenerz-Reserven (2010)	Ukraine: 17 % Brasilien: 16 % Russland: 14 % Australien: 13 % China: 13 % Top 5: 73 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Verwendung vorwiegend im Fahrzeugbau, der Bauindustrie sowie im Maschinen- und Anlagenbau.		
Substituierbarkeit durch	Substitutionsmöglichkeiten bestehen teilweise durch Aluminium, Plastik und Verbundwerkstoffe.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	4.126 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	4,66 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	21.141 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	21.141 MJ/t		

EISENERZ

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
China	224.000	420.000	900.000	23.000.000
Australien	168.000	262.000	420.000	24.000.000
Brasilien	195.000	280.000	370.000	29.000.000
Indien	75.000	140.000	260.000	7.000.000
Russland	87.000	97.000	100.000	25.000.000
Ukraine	56.000	69.000	72.000	30.000.000
Südafrika	34.000	40.000	55.000	1.000.000
USA	63.000	54.000	49.000	6.900.000
Kanada	35.000	30.000	35.000	6.300.000
Iran	k.A.	19.000	33.000	2.500.000
Schweden	21.000	23.000	25.000	3.500.000
Kasachstan	16.000	16.000	22.000	8.300.000
Venezuela	k.A.	20.000	16.000	4.000.000
Mexico	k.A.	12.000	12.000	700.000
Mauretanien	12.000	11.000	11.000	1.000.000
Andere Länder	77.000	42.000	50.000	11.000.000
Welt gesamt	1.060.000	1.540.000	2.400.000	180.000.000
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)				
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)		1.006 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)		2,80 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)		63 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)		63 MJ/t		

GALLIUM

Produktion in t 2012 (2013)	383 (280) 470 (geschätzt) Primärproduktion 300 (geschätzt) Raffinierte Kapazität 200 (geschätzt) Sekundärkapazität		
Reserven in t (2013)	450 (nur USA)	Ressourcen in t (2013)	> 1 Mio.
Regionale Konzentration der Produktion (2013)	Primärproduktion: China, Deutschland, Kasachstan, Ukraine Raffinierte Produktion: China Japan, UK, USA Recycling: Kanada, Deutschland, Japan, UK, USA		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Regionale Konzentration der Unternehmen ()			
Verwendung (2013)	Gallium-Arsenid (GaAs) und Gallium-Nitrit (GaN) für elektronische Komponenten, integrierte Schaltungen, optoelektronische Geräte, Laserdioden, light-emitting-diodes (LED's) Photodetektoren, Solarzellen. Medizinische und telekommunikative Ausrüstung, militärische Anwendungen, High-Performance-Computer.		
Substituierbarkeit durch	Flüssigkristalle mit organischen Komponenten für LED's. Indium-Phosphat Komponenten für Infrarot-Laser-Dioden und spezifische Wellenlängen Anwendungen. Silizium in Solarzellen Anwendungen. Kein adäquater Ersatz für GaAs basierte integrierte Schaltungen bei militärischen Anwendungen. Silizium-Germanium bei einigen Anwendungen in Transistoren.		
Recyclingquote	Kein Recycling bei altem Abfall. Recycling von Produktionsabfällen GaAs basierter Apparate.		

GERMANIUM

Produktion in t (2009)	140		
Reserven in t (2009)	450 (nur USA)	Ressourcen in t (2009)	k.A.
Regionale Konzentration der Produktion (2009)	China: 71 % Russland: 4 % USA: 3 % (Top 3: 78 %)		
Importquellen für USA (2005-2008)	Belgien : 46 % China: 24 % Deutschland: 13 % Russland: 13 %		
Verwendung (2007)	Glasfaser 35 %, Infrarot-Systeme 30 %, Polymer Katalysator 15 %, Elektronik + PV 15 %		
Substituierbarkeit durch	Titan und Aluminium für Verwendung als Katalysator, Siliziumspeicherchips als Ersatz für Siliziumgermaniumchips.		
Recyclingquote	ca. 50 % (USA, 2000), weltweit ca. 30 %		

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Glasfaserkabel	28	220	7,9	1,6

GOLD

Produktion in t (2011)	2.687		
Reserven in t (2011)	51.000	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 20 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 13 % USA: 9 % Australien: 9 % Russland: 9 % Top 3: 31 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()	Australien: 14 % Südafrika: 12 % Russland: 10 % Top 3: 36 %		
Unternehmerische Konzentration (2011)	Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von etwas über 30 %.		
Verwendung	Gold wird vorwiegend zur Herstellung von Schmuckwaren, als Zahlungsmittel sowie in der Zahntechnik und Elektroindustrie verwendet.		
Substituierbarkeit durch	Gold kann in bestimmten Verwendungen durch Palladium, Platin oder Silber ersetzt werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	740.317.694 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	561.802,04 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	261.210.200 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	261.210.200 MJ/t		

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
China	180	225	345	1.900
Australien	300	262	255	7.300
USA	353	256	230	3.000
Südafrika	431	295	190	6.000
Russland	126	169	190	5.000
Peru	133	208	170	2.000
Indonesien	125	140	120	3.000
Ghana	k.A.	k.A.	100	1.400
Kanada	1.504	119	90	990
Usbekistan	k.A.	k.A.	90	1.700
Brasilien	k.A.	k.A.	65	2.400
Mexiko	k.A.	k.A.	69	1.400
Chile	k.A.	k.A.	40	3.400
Andere Länder	735	793	500	10.000
Welt gesamt	2.550	2.470	2.500	51.000

	Goldproduktion (in 1000 t)		
	2006	2008	2010
Minenproduktion	2.481	2.415	2.543
Verkäufe von Regierun- gen/Zentralbanken	367	236	87
Altgoldrecycling	1.107	1.209	1.653
Gesamtangebot	3.582	3.860	4.108

INDIUM

Produktion in t (2009)	600		
Reserven in t (2007)	11.000	Ressourcen in t (2007)	16.000
Statistische Reichweite	18 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	> 25 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009)	VR China: 50 % Südkorea: 14 % Japan: 13 % (Top 3: 77 %)		
Regionale Konzentration der Reserven 2007	VR China: 73 % Peru: 3 % USA: 2,5 % (Top 3: 78,5 %)		
Unternehmerische Konzentration	k.A.		
Verwendung	Dünnschichtbeschichtungen (ITO), Legierungen und Lote, Halbleiter und elektronische Komponenten		
Substituierbarkeit durch	Antimony tin oxides (ATO) für ITO-Beschichtungen in LCD's, Carbon nanotube sowie Poly(3,4-ethylene dioxythiophene) (PEDOT) für ITO-Beschichtung in flexiblen Anzeigen		
Recyclingquote	k.A.		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	25.753.922 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	5,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	1.981.627 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	1.981.627 MJ/t		

KADMIUM

Produktion in t (2011)	1,1 Mrd. (Rohstahl 1,5 Mrd.)		
Reserven in t (2011)		Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	einige Jahrzehnte	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 61 % Japan: 8 % Russland: 5 % Top 3: 74 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Kadmium wird beispielsweise in der Produktion von Lampen, Solarzellen und Halbleitern eingesetzt. Wegen der hohen Toxizität von Kadmium und seinen Verbindungen ist deren Bedeutung allerdings abnehmend.		
Substituierbarkeit durch	Kadmium kann substituiert werden durch Lithium, Nickel, Zink und Aluminium.		
Recyclingquote			

KOBALT

Produktion in t (2009) 2011	(62.000) 98.000		
Reserven in t (2009) 2011	(6.6 Mio.) 7,5 Mio.	Ressourcen in t (2009)	15 Mio.
Statistische Reichweite	(> 100 Jahre) 77 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	240 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2008)	DR Kongo: 40 % USA / Kanada / Russland: jeweils 10 % (Top 4: 70 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2008) 2010	DR Kongo: 52 % Australien: 23 % Cuba: 8 % Neukaledonien: Sambia: Russland: (Top 3: 83 %)	47 % 19 % 7 % 5 % 4 % 3 % 73 %	
Unternehmerische Konzentration (2005)	Inco (Kanada): 8 % Glencore (Schweiz): 4 % Noranda (Kanada): 1,8 % (Top 3: 13,8 %)		
2011	Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von knapp 50 % auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen alleine auf 36 %.		
Verwendung	Batterien (Lithium-Ionen und Nickel-Metallhydrid Akkumulatoren), Radiologie, Superlegierungen (Gasturbinenschaufeln, medizinische Implantate für Hüfte und Knie), Dauermagnetwerkstoffe, Katalysatoren (Fischer-Tropsch-Synthese für GTL- und BTL-Kraftstoffe), Hochtemperaturlegierungen, Hartmetalle für Schneidwerkzeuge (Bindemittel für Wolfram-, Titan- und Tantalcarbide).		
Substituierbarkeit durch	Laut BGR (2007) ist eine Substitution nicht ohne erhebliche Leistungseinbußen möglich.		
Recyclingquote	20-25 % (Deutschland), weltweit ca. 24 %		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	56.884 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	5,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	103.009 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	103.009 MJ/t		

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Lithium-Ionen-Hochleistungsstromspeicher	12.000	20.400	1,7	0,33
XtL (Gas/Coal/Biomass-to-Liquid)	gering	4.060	4,2	0,07
Orthopädische Implantate	820	2.400	3	0,04
	12.820	26.860	2,1	0,43

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
Kongo (Kinshasa)	7.000	22.000	45.000	3.400.000
Sambia	4.600	9.300	11.000	270.000
China	k.A.	1.300	6.200	80.000
Russland	3.600	5.000	6.100	250.000
Australien	5.600	6.000	4.600	1.400.000
Kuba	2.400	3.600	3.500	500.000
Kanada	5.300	5.500	2.500	150.000
Neukaledonien	1.100	1.200	1.700	370.000
Marokko	k.A.	1.600	1.500	20.000
Brasilien	k.A.	1.200	1.500	89.000
USA	k.A.	k.A.	k.A.	33.000
Andere Länder	3.700	1.200	4.700	740.000
Welt gesamt	33.300	57.900	88.00	7.300.000

KUPFER

Produktion in t (2009) 2011	(15.8 Mio.) 16,1 Mio.		
Reserven in t (2009) 2011	(540 Mio.) 690 Mio.	Ressourcen in t (2009)	> 3.000 Mio. (zus.: 700 Mio. maritim)
Statistische Reichweite	(34 Jahre) ca. 40 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	190 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2008) 2011	Chile: 34 % Peru: 8 % USA: 8 % China: Australien: (Top 3: 50 %) Top 5: 49 %	34 % 9 % 6 % 8 % 6 %	
Regionale Konzentration der Reserven (2010)	Chile: 24 % Peru: 14 % Australien: 13 % Mexico: 6 % USA: 6 % (Top 3: 51 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) 2011	Codelco (Chile): 12,5 % BHP Billiton (Australien): 8,6 % Phelps Dodge (USA): 6,8 % (Top 3: 27,9 %) Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von etwa 55 % auf sich, die fünf größten Unternehmen kommen auf 40 %.		
Verwendung	Überaus vielfältige Nutzung in den Bereichen Gebäude, Transport, elektrische und elektronische Produkte sowie Maschinen, Ausrüstung und Münzwesen. „Kupfer ist die Basis für alle elektrischen und elektronischen Zukunftstechnologien per se. Ohne Kupfer sind sowohl kleinste elektrische und elektronische (EE) Geräte als auch Fahrzeuge aller Art sowie auch großtechnische Anlagen wie Windenergieanlagen und Produktionsanlagen nicht realisierbar.“ (Fraunhofer /IZT 2009)		
Substituierbarkeit durch	Aluminium für Stromkabel, elektrische Bauteile, Autoheizungen, Kühlröhren, Titan und Stahl für Wärmetauscher, Glasfaser für Telekommunikation, Plastik für Wasser- und Abflussleitungen.		
Recyclingquote	15 % (weltweit), 55 % (Deutschland)		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	128.085 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	250,00 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	50.438 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	50.438 MJ/t		

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Bleifreie Weichlote	950	1.700	1,8	0,0001
Industrielle Elektromotoren	1,4 Mio.	3,47 Mio.	2,5	0,22
Elektrische Traktionsmotoren für Fahrzeuge	9.000	213.000	23,7	0,01
RFID-Tags (Radio Frequency Identification)	50	9.100	182	0,0006
Hochtemperatursupraleitung	0	2.270		0,001
	1,41 Mio.	3.7 Mio.	2,6	0,23

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
Chile	4.600	5.320	5.520	150.000
Peru	554	1.010	1.285	90.000
China	590	755	1.150	30.000
USA	1.440	1.140	1.120	35.000
Australien	829	927	900	80.000
Indonesien	1.012	1.070	840	30.000
Sambia	240	436	770	20.000
Russland	570	700	750	30.000
Kanada	634	567	480	8.000
Polen	456	523	430	26.000
Kasachstan	430	402	400	18.000
Mexiko	365	429	230	38.000
Andere Länder	1.480	1.720	2.300	80.000
Welt gesamt	13.200	15.000	16.200	630.000

LITHIUM

Produktion in t (2009) 2011	(18.000) 34.000		
Reserven in t (2009) 2011	(9,9 Mio.) 13 Mio.	Ressourcen in t (2009)	25,5 Mio.
Statistische Reichweite	(550 Jahre) 500 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	> 1400 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) 2011	Chile: 41 % Australien: 24 % VR China: 13 % Argentinien: 9 % Portugal: 2 % (Top 3: 78 %) Top 5: 97 %	37 % 33 % 15 % 9 % 2 %	
Regionale Konzentration der Reserven (2010)	Bolivien: 40 % Chile: 22 % Argentinien: 15 % China: 8 % Australien: 4 % (Top 3: 77 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) 2011	GEA Group AG (Deutschland) 23,9 % Sons of Gwalia (Australien) 23,9 % FMC Corp. (USA) 10 % (Top 3: 57,8 %) Die fünf größten Unternehmen teilen sich rund 80 % der weltweiten Produktion.		
Verwendung	Akkumulatoren und Batterien, Flussmittel in den Aluminium-Hütten, Keramik, Glaswaren, Reaktionsindustrie, Medizin, Organische Chemie		
Substituierbarkeit durch	Lithium kann in einigen Anwendungen durch Kalzium, Magnesium, Quecksilber oder Zink ersetzt werden		
Recyclingquote	unwesentlich		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	13.265 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	5,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	307.267 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	307.267 MJ/t		

Produktionsland	Lithiumproduktion und -reserven (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
Chile	5,3	8,27	8,8	3.000
Australien	2,4	3,77	8,5	580
China	2,4	2,82	4,5	1.100
Argentinien	0,2	1,98	2,9	2.000
Russland	2	2,2	k.A.	k.A.
USA	-	1	-	410
Kanada	0,71	0,7	-	360
Zimbabwe	0,74	0,26	0,47	23
Portugal	0,14	0,32	-	10
Brasilien	0,03	0,24	0,18	64
Bolivien	0	0	0	5.400
Welt gesamt	14	20,6	25,3	13.400

MAGNESIUM

Produktion in t (2009)	> 600.000		
Reserven in t (2011)	2,4 Mrd.	Ressourcen in t ()	unbegrenzt (weil aus Meerwasser gewinnbar)
Statistische Reichweite	> 1000 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: > 90 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Magnesium dient zur Herstellung von Legierungen und als Reduktionsmittel in der Metallurgie und wird vorwiegend in der chemischen Industrie sowie im Flugzeug- und Fahrzeugbau eingesetzt.		
Substituierbarkeit durch	Magnesium kann in einigen Verwendungen durch Aluminium, Kalziumkarbid oder Zink ersetzt werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	5.051 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	5,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	145.852 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	130.732 MJ/t		

MANGAN

Produktion in t (2011)	14 Mio.		
Reserven in t (2011)	630 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 45 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	Südafrika: 26 % China: 18 % Australien: 13 % Top 3: 57%		
Regionale Konzentration der Reserven ()	Ukraine: 22 % Mexiko: 22 % Südafrika: 19 % Brasilien: 18 % Top 4: 81 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Mangan wird vorwiegend zur Herstellung von Batterien sowie in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt.		
Substituierbarkeit durch	Mangan kann bislang nicht durch andere Stoffe substituiert werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	8.224 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	12,90 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	48,016 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	48,016 MJ/t		

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
China	800	1.100	2.800	44.000
Australien	787	1.450	2.400	93.000
Südafrika	1.580	2.100	2.200	120.000
Gabun	800	1.290	1.400	52.000
Indien	590	640	1.100	56.000
Brasilien	920	1.590	830	110.000
Ukraine	930	770	580	140.000
Mexiko	156	180	580	140.000
Andere Länder	710	1.390	1.400	gering
Welt gesamt	7.280	10.500	13.000	630.000

MOLYBDÄN

Produktion in t (2011)	249.000		
Reserven in t (2011)	10 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 40 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 37 % USA: 26 % Chile: 15 % Top 3: 78%		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Molybdän wird vorwiegend im Flugzeug- und Raketenbau sowie in der Elektrotechnik eingesetzt und dient der Herstellung von Edelstählen, Schmierstoffen, Farben und Katalysatoren.		
Substituierbarkeit durch	Molybdän ist in bestimmten Eigenschaften nicht substituierbar.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	989.114 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	670,70 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	148.889 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	148.889 MJ/t		

NICKEL

Produktion in t (2011)	1,8 Mio.		
Reserven in t (2011)	80 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 40 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	Russland: 20 % Indonesien: 14 % Philippinen: 12 % Top 3: 46%		
Regionale Konzentration der Reserven (2010)	Australien: 32 % Brasilien: 11 % Neukaledonien: 9 % Top 3: 52 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Nickel wird vorwiegend zur Herstellung von korrosionsbeständigem Stahl, anderen Legierungen, Gasturbinen, Metallüberzügen, Münzen, Katalysatoren und Batterien verwendet.		
Substituierbarkeit durch	Nickel kann teilweise durch Aluminium, beschichteten Stählen, Plastik und Titanlegierungen substituiert werden.		
Recyclingquote	35-45 % (EU-15)		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	133.105 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	76,89 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	157.771 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	157.771 MJ/t		

Produktionsland	Minenproduktion (in 1000 t)			Reserven
	2000	2005	2010	
Russland	270	315	265	6.000
Indonesien	98,2	160	232	3.900
Philippinen	23,5	26,6	156	1.100
Kanada	190,7	198	155	3.800
Australien	168,3	189	139	24.000
Neukaledonien	127,5	112	138	7.100
China	51,1	77	77	3.000
Kuba	68,3	72	74	5.500
Kolumbien	58,9	89	70,2	1.600
Brasilien	45,3	52	66,2	8.700
Südafrika	36,6	42,5	41,8	3.700
Botswana	34,5	28	32,4	490
Venezuela	2,5	20	14,3	490
Dominik. Rep.	39,9	46	3,1	960
Griechenland	19,5	23,2	k.A.	k.A.
Zimbabwe	8,2	9,5	k.A.	k.A.
Andere Länder	8,2	25	77,8	4.500
Welt gesamt	1.250	1.490	1.550	76.000

NIOB

Produktion in t (2009) 2011	(62.000) 63.000		
Reserven in t (2009) 2011	(2.9 Mio.) 3 Mio.	Ressourcen in t (2008)	460 Mio.
Statistische Reichweite	(> 45 Jahre) 50 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	> 7.400 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2008)	Brasilien: 95 % Kanada: 5 % (Top 2: 100 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2008) 2011	Brasilien: (96 %) Kanada: (2 %) Australien: (1 %) (Top 3: 99 %)	93 % 7 % 100 %	
Unternehmerische Konzentration (2005)	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM, Brasilien) Anglo American (Großbritannien) Iamgold Corp (USA) (Top 3: 85 %)		
Verwendung	Hochfeste und leichte Stähle (für Automobilindustrie, Schienen, Pipelines, Werkzeuge, Schiffbau, Gebäude), Superlegierungen für Flugzeugturbinen, Keramikkondensatoren (Nioboxid) und Kondensatoren (Niobpulver), Natrium-Dampf-Lampen (Niob-Zirkonium-Stähle), Verwendung in elektrooptischen und piezoelektrischen Bauteilen.		
Substituierbarkeit durch	Ohne Leistungseinbußen und Kostensteigerungen nicht möglich. Molybdän und Vanadium für hochfesten niedriglegierten Stahl. Tantal und Titan zur Legierung rostfreien hochfesten Stahls. Keramik, Molybdän, Tantal und Wolfram in Anwendungen hoher Temperatur.		
Recyclingquote	ca. 20 %		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) für NIOB-Konzentrat			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	13.575 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	34,15 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	3.579 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	3.579 MJ/t		

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Mikroelektronische Kondensatoren	288	1.410	4,9	0,023

PLATINMETALLE

Sammelbegriff für Platin, Ruthenium, Palladium, Rhodium, Osmium und Iridium

Produktion in t (2006)	ca. 518		
Reserven in t (2009) 2011	(71.000) 66.000	Ressourcen in t (2009)	> 100.000
Statistische Reichweite	(ca.140 Jahre) > 100 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	ca. 200 Jahre
Regionale Konzentration der Reserven (2009)	Südafrika: 89 % USA: 1 % Kanada: 0,4 % (Top 3: 90,4 %)		
Recyclingquote	45 % (Deutschland)		

PLATIN

Produktion in t (2009) 2011	(178) 192			
Verwendung	Kfz-Abgaskatalysatoren (Dreiwegekatalysator in Ottomotoren, Oxidationskatalysator in Dieselmotoren), Schmuck (Uhren, Ringe, Schreibfedern, Sondermünzen), Brennstoffzellen, Thermolemente, Widerstandsthermometer, Heizleiter, Zündkerzenelektrode, Lambda-Sonden, Magnetwerkstoffe für Computerfestplatten, Schmelztiegel für Lichtleiter- Glasfasern, Glasfaser-Spinddüsen, IC-Kontakte, Vielschichtkondensatoren (MLCC), optische Gläser (bspw. LCD-Bildschirmglas), medizinische Implantate, Herzschrittmacher, Arterienstents, Elektroden von Retinaimplantaten, Beschichtung von Rasierklingen			
Regionale Konzentration der Reserven (2008) 2011	Südafrika: 77 % Russland: 12 % Kanada: 4 % (Top 3: 93 %)	76 % 14 % 4 % 94 %		
Unternehmerische Konzentration (2011)	Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 93 %; die fünf größten kommen auf 84 %.			
Substituierbarkeit durch	Platin ist vollständig wieder verwertbar und kann teilweise durch Palladium ersetzt werden. Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.			
Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Brennstoffzellen für Elektrofahrzeuge	gering	344		1,93
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) RUSSLAND				
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)		67.503.863 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)		400.001,00 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)		213.608.641 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)		213.608.641 MJ/t		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) SÜDAFRIKA				
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)		190.053.285 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)		400.001,00 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)		251.888.137 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)		251.888.137 MJ/t		

RUTHENIUM

Verwendung	Kfz-Abgaskatalysatoren (DeNOx-Stufe in Otto- und Dieselmotoren), Chemie (Katalysatoren, bspw. Salpetersäureherstellung), Beschichtung für technische Spiegel, Heizspiralen, Thermoelemente, Schleifkontakte in Elektromotoren, Zündkerzenelektrode.			
Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Farbstoffsolarzellen	0	1		0,03
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)				
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)		20.780.876 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)		400.005,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)		34.335.196 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)		34.335.196 MJ/t		

PALLADIUM

Produktion in t (2009) 2011	(195) 207			
Verwendung	Kfz-Abgaskatalysatoren (Dreiwegekatalysator in Ottomotoren, Oxidationskatalysator in Dieselmotoren), Schmuck (Uhren, Ringe, Schreibfedern, Sondermünzen), Elektronik und Elektrotechnik (Steckkontakte, Elektrodenwerkstoffe (Zündkerzen), Lambda-Sonden), Zahnersatz, Schmuck (Weißgold), Tiegel, Wasserstoffspeicher, Vielschichtkondensatoren (MLCC), medizinische Instrumente, Membran bei der Nylonproduktion, Herstellung von Brennstoffzellen,			
Regionale Konzentration der Reserven (2008) 2011	Russland: 43 %	44 %		
	Südafrika: 37 %	39 %		
	Kanada: 7 %	7 %		
	(Top 3: 87 %)	90 %		
Unternehmerische Konzentration (2011)	Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 95 %; die fünf größten kommen auf fast 90 %.			
Substituierbarkeit durch	Palladium kann teilweise durch Platin ersetzt werden, dass jedoch auch selten und vor allem teuer ist. Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.			
Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Miniaturisierte Kondensatoren	7	18	2,6	0,09
Meerwasserentsalzung	16	59	3,7	0,30
	23	77	3,3	0,39
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) RUSSLAND				
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)		22.435.523 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)		400.005,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)		143.552.174 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)		143.552.174 MJ/t		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) SÜDAFRIKA				
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)		51.439.013 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)		400.005,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)		169.360.622 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)		169.360.622 MJ/t		

RHODIUM

Produktion in t (2009)	24		
Reserven in t (2011)	66.000	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	einige 100 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2009)	Südafrika: 83 % Russland: 12 % Kanada: 3 % Simbabwe: 2 % Top 4: 100 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration (2011)	Fünf Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von über 80 % auf sich.		
Verwendung	Die Hauptverwendung für Rhodium liegt in der Autoindustrie zur Herstellung von Katalysatoren sowie der chemischen Industrie der Schmuckindustrie, der Elektrotechnik und der Dentalindustrie.		
Substituierbarkeit durch	Rhodium kann teilweise durch Palladium ersetzt werden. Das große Problem ist, dass die Platingruppenmetalle nur untereinander austauschbar sind.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) RUSSLAND			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	168.122.477 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	400.005,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	467.871.970 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	467.871.970 MJ/t		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t) SÜDAFRIKA			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	485.205.799 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	400.005,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	551.718.651 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	551.718.651 MJ/t		

SILBER

Produktion in t (2011)	23.800		
Reserven in t (2011)	530.000	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 20 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	Mexiko: 19 % Peru: 15% China: 13 % Australien: 7 % Chile: 6 % Top 3: 47 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration (2011)	Zehn Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von fast 40 %; die fünf größten kommen auf 25 %.		
Verwendung	Silber wird zur Herstellung von Schmuck- und Tafelwaren, Münzen und Legierungen verwendet. Weitere Hauptanwendungen finden sich in der Film- und Photoindustrie sowie in der Elektronikindustrie.		
Substituierbarkeit durch	Silber kann vollständig wieder verwendet, aber nur in bestimmten Verwendungen durch Alu oder Edelstahl ersetzt werden.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	6.834.797 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	7.506,00 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	1.668.287 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	1.668.287 MJ/t		

TANTAL

Produktion in t (2009) 2011	(1.160) 790		
Reserven in t (2009) 2011	(110.000) 120.000	Ressourcen in t (2009)	180.000
Statistische Reichweite	(95 Jahre) 150 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	> 150 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) 2011	Australien: (48 %) Brasilien: (16 %) DR Kongo: 9 % Mozambique: Ruanda: (Top 3: 73 %)	10 % 23 % 15 % 14 % 52 %	
Regionale Konzentration der Reserven (2009)	Brasilien: 59 % Australien: 36 % (Top 2: 96 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005)	Sons of Gwalia (Australien) 64,3 % Cabot Corp. (USA) 4,1 % (Top 2: 63,4 %)		
Verwendung	Kondensatoren (v.a. für KFZ, PC, GPS-Systeme, digitale Kameras, Handys, sowie kleinste elektronische Geräte), IR-Sensoren, Elektrokeramik, Karbide, Superlegierungen, Medizintechnik (Instrumente, Implantate), Apparatebau für die Chemie, Flugzeugturbinen, Strahltriebwerke		
Substituierbarkeit durch	Niob (Hartmetall) Aluminium und Keramik (Kondensatoren), Glas, Niob, Platin, Titan, Zirkonium (korrosionsbeständiges Material) – dies alles jedoch nur mit Effizienzverlusten		
Recyclingquote	20-25 % (USA), weltweit ca. 20 %		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	9.179.654 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	5,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	3.355.827 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	3.355.827 MJ/t		

TELLUR

Produktion in t (2013)	95		
Reserven in t (2013)	24.000	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	250 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2013)	Japan: 47 % Russland: 42 % Kanada: 11 % Top 3: 100 %		
Regionale Konzentration der Reserven (2013)	Peru: 15 % USA: 14,6 % Kanada: 3,3 % Top 3: 33 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Produktion von Kadmium-Tellur-Solarzellen. Zusammen mit Wismuth für thermoelektrische Anwendungen. Stahllegierungen (Verbesserung der Bearbeitung), Kupferlegierungen (bessere Bearbeitung ohne Leitfähigkeitsverlust), Bleilegierungen (Widerstandsfähigkeit gegen Vibration und Materialermüdung), Gusseisen (Abkühlungskontrolle), Schmiedbares Eisen (Karbidstabilisator). Vulkanisationsmittel, Beschleunigung der Gummiproduktion, Katalysator bei der Herstellung synthetischer Fasern. Produktion von Photorezeptoren und Kühlgeräten, Bestandteil von Sprengkapseln, Pigmente verschiedener Farben für die Glas- und Keramikindustrie		
Substituierbarkeit durch	Wismuth, Kalzium, Blei, Phosphor, Selen, Schwefel (in bearbeitungsfreien Stählen) aber mit Effizienz- und Qualitätsverlusten. Ersatz durch andere Katalysatoren. Schwefel und Selen in der Gummiherstellung. Selenverbindungen in feuerfesten Stählen und Hochvakuum Gleitmittel. Organische Photorezeptoren in Photokopierpapieren und in Laserdruckern. Amorphes Silizium und Kupfer-Indium-Diselenite in Dünnschicht-Photozellen.		
Recyclingquote	Sehr gering wegen dissipativer Verteilung		

TITAN

Produktion in t (2007)	2,5 Mio.		
Reserven in t (2007)	390 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	150 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2007)	Australien: Südafrika: Kanada: Top 3:		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration (2007)	Fünf größte Unternehmen vereinen einen Weltmarktanteil von 68,5 %.		
Verwendung	Aus Titan werden Edelstähle, Superlegierungen und Titanmetall hergestellt. Anwendung im Flugzeugbau, der Weltraumfahrt, dem Schiffs- und Bootsbau, der Reaktortechnik, dem Anlagenbau und der Medizintechnik. Als Pigment wird Titan zur Herstellung von Farben, Papier und Plastik verwendet.		
Substituierbarkeit durch	Als Pigment bestehen Substitutionsmöglichkeiten durch Kalziumkarbonat, Kaolin oder Talk.		
Recyclingquote	50 % (bei Titanmetall)		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	39.522 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	237,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	417.783 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	417.783 MJ/t		

VANADIUM

Produktion in t (2013)	76.000		
Reserven in t (2013)	14 Mio.	Ressourcen in t (2013)	63 Mio.
Statistische Reichweite	> 180 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	> 800 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2013)	China: 52 % Südafrika: 26 % Russland: 20 % Top 3: 98 %		
Regionale Konzentration der Reserven (2013)	Peru: 15 % USA: 14,6 % Kanada: 3,3 % Top 3: 33 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	In der Metallurgie als Legierungsmittel für Eisen und Stähle. Katalysator bei der Produktion von Maleinsäureanhydrid und Schwefelsäure.		
Substituierbarkeit durch	Magnesium, Molybdän, Niob (Kolumbium), Titan, Tungsten in Stahllegierungen. Platin und Nickel bei katalytischen chemischen Prozessen. Keine adäquate Substitution in Titan-Legierungen für die Raumfahrt.		
Recyclingquote	Sehr gering aus Werkzeugstahl Abfällen. 40% der Katalysatoren bei chemischen Prozessen.		

WISMUTH

Produktion in t (2013)	7.600.		
Reserven in t (2013)	320.000	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	42 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2013)	China: 86 % Mexiko: 12 % Kanada: 0,7 % Top 3: 96,7 %		
Regionale Konzentration der Reserven (2013)	China: 75 % Mexiko: 3 % Bolivien: 3 % Top 3: 81 %		
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Pharmazeutische Produkte (Magenmedikamente, Verbrennungen, Darmfunktionsstörungen, Magengeschwüre). Supraleiter, perlmuttartige Pigmente für Kosmetik und Farben. Metallurgische Anwendungen (nichttoxischer Ersatz für Blei in Blechen, Stahlbearbeitung, Lötmittel). Gießereiindustrie. Auslösemechanismus in Sprenkleranlagen, Schleifen optischer Linsen.		
Substituierbarkeit durch	Aluminium, Antibiotika und Magnesium in pharmazeutischen Produkten. Glimmerplättchen und Fischschuppenextrakte als Substitute in Pigmenten. Indium als Ersatz in Niedrigtemperatur Lötmitteln. Öle als Ersatz in der Metallbearbeitung. Glyceringefüllte Glaskolben als Trigger in Sprenkleranlagen. Blei, Selen und Tellur ersetzen Wismut in der Metallbearbeitung.		
Recyclingquote			
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	92.940 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	5,60 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	343.856 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	343.856 MJ/t		

WOLFRAM

Produktion in t (2011)	72.000		
Reserven in t (2011)	3,1 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	50 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 83 % Russland: 4 % Kanada: 3 % Top 3: 90 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()	k.A. Im Hauptabbau Land China sind jedoch eine Menge Unternehmen an der Produktion beteiligt.		
Verwendung	Wolfram wird vorwiegend zur Herstellung von Edelstählen, Karbiden und Leuchtmitteln verwendet.		
Substituierbarkeit durch	In bestimmten Verwendungen kann Wolfram durch keramisch-metallische Verbundwerkstoffe ersetzt werden.		
Recyclingquote	20-25 %		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	343.423 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	123,30 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	52.412 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	52.412 MJ/t		

ZINK

Produktion in t (2011)	12,5 Mio.		
Reserven in t (2011)	250 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	ca. 20 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	China: 28 % Peru: 14 % Australien: 11 % Top 3: 53 %		
Regionale Konzentration der Reserven (2011)	Breite Streuung der Reserven.		
Unternehmerische Konzentration (2011)	Die fünf größten Unternehmen kommen auf einen Produktionsanteil von knapp über 30 %.		
Verwendung	Die hauptsächliche Verwendung von Zink liegt bei der Galvanik in Fahrzeugbau und Bauindustrie sowie in der Herstellung von NE-Legierungen, pharmazeutischen Präparaten, Trockenbatterien und Pigmenten.		
Substituierbarkeit durch	Zink kann in bestimmten Verwendungen durch Aluminium, Plastik, Stahl oder Magnesium ersetzt werden.		
Recyclingquote	41 % (Deutschland)		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	13.554 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	24,10 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	42.271 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	42.271 MJ/t		

ZINN

Produktion in t (2009) 2011	(307.000) 253.200		
Reserven in t (2009) 2011	(5,6 Mio.) 4,8 Mio.	Ressourcen in t (2006)	10,8 Mio.
Statistische Reichweite	(18 Jahre) ca. 20 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	35 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) 2011	China: 37 % Indonesien: 33 % Peru: 12,4 % (Top 3: 82,4 %)	43 % 20 % 14 % 77 %	
Regionale Konzentration der Reserven (2009)	China: 30 % Indonesien: 14 % Peru: 13 % (Top 3: 57 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005)	State of Indonesia: 17,2 % Minsur (Peru): 15,1 % State of China: 7,3 % (Top 3: 39,6 %)		
Verwendung	Bleilote und bleifreie Weichlote. Bspw. SnAg-Cu, Dosenblech, Elektronik (LCD-Displays), PVC-Stabilisatoren, Pigmente Katalysatoren, Biozide.		
Substituierbarkeit durch	Aluminium, Glas, Papier, Plastik für Dosen und Behältnisse, Epoxidharze, Alu-, Kupferlegierungen für Bronze.		
Recyclingquote	ca. 22 % (USA); 10-20 % (Deutschland)		
Aggregierte Kennzahlen (Bezugsgröße: 1 t)			
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	1.178.827 kg/t		
Globaler Materialaufwand (TMR)	6.796,86 t/t		
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	263.923 MJ/t		
Kumulierter Energieverbrauch (KEV)	263.923 MJ/t		

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Bleifreie Weichlote	188.300	232.900	1,2	0,75
Miniaturisierte Kondensatoren	105	444	4,2	0,001
Farbstoffsolarzellen	0	76		0,0002
	188.405	233.420	1,2	0,76

ZIRKON

Produktion in t (2011)	1,4 Mio.		
Reserven in t (2011)	70 Mio.	Ressourcen in t ()	
Statistische Reichweite	50 Jahre	Statistische Ressourcenreichweite	
Regionale Konzentration der Produktion (2011)	Australien: 51 % Südafrika: 27 % China: 13 % Russland: 7 % Top 3: 85 %		
Regionale Konzentration der Reserven ()			
Unternehmerische Konzentration ()			
Verwendung	Zirkon wird aufgrund des sehr hohen Schmelzpunktes zur Herstellung von Schmelztiegeln und abrasionsfesten Werkstoffen wie Zahnbrücken verwendet.		
Substituierbarkeit durch	Zirkon kann generell nur stark eingeschränkt substituiert werden. Wegen der relativ großen Vorräte erscheint eine Substitution in mittelfristiger Zukunft nicht notwendig.		
Recyclingquote			

Anlage 8

Metallspezifische Rohstoffindizes

Eisen								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	3,01E-01	-1,74E-01	9,08E+02	1,27E+01	-3,71E-01	1,77E+01	1,81E+00
2	Australien	2,18E-01	3,55E-01	4,75E+02	1,23E+01	1,72E+00	1,88E+01	2,18E-01
3	Brasilien	1,64E-01	2,18E-02	2,68E+02	9,97E+00	9,93E-01	1,15E+01	6,55E-01
4	Indien	7,94E-02	-2,38E-02	6,31E+01	2,88E+00	-3,18E-02	3,99E+00	4,77E-01
5	Russland	4,05E-02	-3,00E-02	1,64E+01	1,84E+00	5,43E-02	2,46E+00	2,30E-01
6	Ukraine	3,67E-02	-2,13E-02	1,35E+01	1,70E+00	-3,96E-02	2,38E+00	1,96E-01
7	Südafrika	2,67E-02	6,82E-03	7,15E+00	9,24E-01	-3,16E-02	1,68E+00	1,52E-01
8	USA	2,44E-02	3,01E-02	5,97E+00	1,38E+00	-1,01E-01	2,02E+00	2,44E-02
9	Iran	1,81E-02	-2,09E-02	3,27E+00	7,73E-01	-3,38E-02	1,02E+00	1,33E-01
10	Kanada	1,45E-02	2,35E-02	2,11E+00	8,48E-01	1,15E-01	1,26E+00	1,45E-02
11	Venezuela	1,20E-02	-1,54E-02	1,45E+00	6,70E-01	-9,64E-04	7,68E-01	7,63E-02
12	Schweden	1,18E-02	2,14E-02	1,40E+00	8,15E-01	4,58E-02	1,03E+00	
13	Kasachstan	1,14E-02	-6,72E-03	1,30E+00	3,75E-01	-6,04E-03	6,78E-01	6,08E-02
14	Chile	5,46E-03	6,61E-03	2,98E-01	3,02E-01	3,22E-03	4,16E-01	1,64E-02
15	Mexiko	5,45E-03	-7,17E-04	2,97E-01	2,67E-01	-8,33E-03	3,62E-01	3,45E-02
16	Mauretanien	5,15E-03	-4,38E-03	2,65E-01		1,49E-02	2,22E-01	3,78E-02
17	Indonesien	4,61E-03	-2,14E-03	2,12E-01	2,41E-01	6,45E-04	2,72E-01	2,76E-02
18	Malaysia	3,44E-03	1,09E-03	1,18E-01	2,15E-01	-7,73E-03	2,41E-01	1,60E-02
19	Peru	3,38E-03	-6,14E-04	1,14E-01	1,70E-01	7,84E-03	2,24E-01	1,80E-02
20	Türkei	2,76E-03	-4,14E-05	7,62E-02	1,24E-01	-3,81E-03	1,78E-01	1,47E-02
21	Mongolei	2,41E-03	-5,23E-04	5,83E-02	1,10E-01	2,32E-02	1,42E-01	1,37E-02
22	Norwegen	1,42E-03	2,41E-03	2,01E-02	9,91E-02	-1,13E-04	1,23E-01	1,42E-03
23	Nordkorea	1,06E-03	-1,69E-03	1,13E-02		-7,87E-04		7,44E-03
24	Ägypten	1,06E-03	-7,86E-04	1,12E-02	5,84E-02	-1,10E-03	6,35E-02	7,77E-03
25	Bosnien Herzegowina	9,69E-04	-4,15E-04	9,39E-03	3,56E-02	-1,11E-03	6,30E-02	5,49E-03
26	Neuseeland	9,69E-04	1,77E-03	9,39E-03	6,40E-02	5,70E-03	8,55E-02	
27	Vietnam	9,39E-04	-5,09E-04	8,83E-03	4,76E-02	-5,07E-04		5,01E-03
28	Algerien	5,67E-04	-5,28E-04	3,22E-03	2,75E-02	-5,67E-04	3,35E-02	3,59E-03
29	Österreich	5,01E-04	7,44E-04	2,51E-03	3,45E-02	-9,96E-04	4,26E-02	
30	Thailand	2,15E-04	-6,24E-05	4,62E-04	1,29E-02	-2,62E-04	1,40E-02	1,29E-03
31	Südkorea	2,15E-04	1,64E-04	4,62E-04	1,23E-02	-9,76E-04	1,66E-02	5,73E-04
32	Saudi Arabien	1,66E-04	-7,74E-05	2,77E-04	8,31E-03	-7,14E-04	1,07E-02	9,43E-04
33	Argentinien	1,06E-04	-2,30E-05	1,13E-04	6,00E-03	5,21E-04	7,50E-03	4,96E-04
34	Pakistan	8,86E-05	-1,01E-04	7,86E-05	3,51E-03	-3,01E-05	3,76E-03	7,68E-04
35	Tunesien	6,57E-05	-1,17E-05	4,32E-05	3,07E-03	-6,04E-05	4,14E-03	4,16E-04
36	Aserbaidshjan	6,38E-05	-5,39E-05	4,07E-05	2,75E-03	-7,08E-05	3,98E-03	3,83E-04
37	Sierra Leone	5,67E-05	-3,74E-05	3,21E-05		8,50E-06		3,97E-04
38	Kolumbien	5,56E-05	-1,26E-05	3,10E-05	3,47E-03	1,17E-04	3,74E-03	3,52E-04
39	Deutschland	3,64E-05	5,15E-05	1,32E-05	2,43E-03	-1,15E-04	3,08E-03	
40	Nigeria	3,18E-05	-3,65E-05	1,01E-05	1,27E-03	-1,02E-05	1,35E-03	2,54E-04
41	Marokko	2,01E-05	-6,58E-06	4,05E-06	9,21E-04	-1,23E-05	1,17E-03	1,28E-04
42	Uruguay	5,93E-06	4,98E-06	3,51E-07	3,38E-04	2,83E-05	4,59E-04	1,19E-05
43	Albanien	2,27E-06	-4,57E-07	5,14E-08	1,49E-04	-2,36E-06	1,57E-04	1,21E-05
44	Guatemala	3,45E-07	-1,99E-07	1,19E-09	1,79E-05	-2,24E-07	2,12E-05	2,53E-06
Gesamt		1,00E+00	1,66E-01	1,77E+03	4,91E+01	2,34E+00	6,77E+01	4,26E+00

Chrom								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Südafrika	4,09E-01	1,04E-01	1,67E+03	1,41E+01	-4,83E-01	2,58E+01	2,32E+00
2	Kasachstan	1,89E-01	-1,11E-01	3,56E+02	6,21E+00	-1,00E-01	1,12E+01	1,01E+00
3	Indien	1,50E-01	-4,50E-02	2,25E+02	5,44E+00	-6,01E-02	7,54E+00	9,01E-01
4	Türkei	8,67E-02	-1,30E-03	7,52E+01	3,88E+00	-1,20E-01	5,60E+00	4,62E-01
5	Finnland	3,00E-02	5,55E-02	9,01E+00	1,93E+00	1,89E-01	2,61E+00	3,00E-02
6	Simbabwe	2,34E-02	-3,45E-02	5,46E+00	1,23E+00	-1,17E-02	1,13E+00	1,79E-01
7	Oman	2,20E-02	4,25E-03	4,84E+00	9,68E-01	-6,27E-02		9,53E-02
8	Brasilien	1,83E-02	2,45E-03	3,37E+00	1,12E+00	1,11E-01	1,28E+00	7,34E-02
9	Russland	1,73E-02	-1,28E-02	3,01E+00	7,88E-01	2,32E-02	1,05E+00	9,83E-02
10	Albanien	1,37E-02	-2,76E-03	1,88E+00	9,02E-01	-1,42E-02	9,47E-01	7,31E-02
11	Iran	1,21E-02	-1,41E-02	1,47E+00	5,19E-01	-2,27E-02	6,88E-01	8,90E-02
12	Australien	8,37E-03	1,36E-02	7,01E-01	4,74E-01	6,59E-02	7,21E-01	8,37E-03
13	China	7,44E-03	-4,30E-03	5,53E-01	3,14E-01	-9,15E-03	4,36E-01	4,46E-02
14	Pakistan	5,13E-03	-5,87E-03	2,63E-01	2,03E-01	-1,75E-03	2,18E-01	4,45E-02
15	Madagaskar	2,83E-03	-2,04E-03	8,03E-02		3,63E-03	1,25E-01	2,17E-02
16	Sudan	2,67E-03	-4,26E-03	7,12E-02	1,23E-01	1,84E-03	1,03E-01	2,49E-02
17	Vietnam	9,93E-04	-5,38E-04	9,86E-03	5,03E-02	-5,36E-04		5,29E-03
18	Philippinen	8,84E-04	-4,35E-04	7,81E-03	5,07E-02	-6,01E-04	5,82E-02	5,30E-03
19	Afghanistan	2,37E-04	-4,09E-04	5,60E-04		-1,89E-05		2,29E-03
20	Griechenland	4,94E-05	1,79E-05	2,44E-05	2,97E-03	-1,86E-04	3,63E-03	
Gesamt		1,00E+00	-5,95E-02	2,36E+03	3,83E+01	-4,91E-01	5,95E+01	5,48E+00

Kobalt								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Dem. Rep. Kongo	6,61E-01	-1,08E+00	4,38E+03	3,14E+01	1,33E+00	3,20E+01	6,17E+00
2	Kanada	6,24E-02	1,01E-01	3,89E+01	3,64E+00	4,93E-01	5,42E+00	6,24E-02
3	China	6,00E-02	-3,47E-02	3,60E+01	2,53E+00	-7,38E-02	3,52E+00	3,60E-01
4	Sambia	5,25E-02	-1,57E-02	2,76E+01	2,92E+00	7,09E-02	2,62E+00	3,33E-01
5	Australien	3,75E-02	6,11E-02	1,41E+01	2,12E+00	2,95E-01	3,23E+00	3,75E-02
6	Kuba	3,40E-02	-1,80E-02	1,15E+01	1,92E+00	-3,77E-02	2,07E+00	1,58E-01
7	Russland	2,06E-02	-1,53E-02	4,25E+00	9,36E-01	2,76E-02	1,25E+00	1,17E-01
8	Marokko	1,90E-02	-6,22E-03	3,63E+00	8,72E-01	-1,16E-02	1,11E+00	1,21E-01
9	Neukaledonien	1,50E-02		2,25E+00				
10	Brasilien	1,42E-02	1,90E-03	2,03E+00	8,67E-01	8,64E-02	9,96E-01	5,69E-02
11	Südafrika	7,60E-03	1,94E-03	5,78E-01	2,63E-01	-8,97E-03	4,79E-01	4,31E-02
12	Uganda	5,90E-03	-3,30E-03	3,48E-01		-4,01E-03	2,82E-01	4,13E-02
13	Indonesien	5,73E-03	-2,67E-03	3,29E-01	3,00E-01	8,03E-04	3,38E-01	3,44E-02
14	Simbabwe	1,53E-03	-2,26E-03	2,35E-02	8,10E-02	-7,67E-04	7,41E-02	1,18E-02
15	Botswana	1,31E-03	9,02E-04	1,73E-02	7,06E-02	1,51E-03	8,62E-02	4,82E-03
16	Finnland	1,23E-03	2,28E-03	1,52E-02	7,96E-02	7,78E-03	1,07E-01	1,23E-03
Gesamt		1,00E+00	-1,01E+00	4,52E+03	4,80E+01	2,18E+00	5,35E+01	7,55E+00

Mangan								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	2,17E-01	-1,26E-01	4,71E+02	9,17E+00	-2,67E-01	1,27E+01	1,30E+00
2	Südafrika	2,00E-01	5,09E-02	3,98E+02	6,90E+00	-2,36E-01	1,26E+01	1,13E+00
3	Australien	1,75E-01	2,85E-01	3,07E+02	9,91E+00	1,38E+00	1,51E+01	1,75E-01
4	Gabun	1,11E-01	-6,08E-02	1,23E+02	6,43E+00	3,09E+00	5,36E+00	7,60E-01
5	Kasachstan	7,46E-02	-4,40E-02	5,56E+01	2,46E+00	-3,95E-02	4,43E+00	3,98E-01
6	Brasilien	6,34E-02	8,45E-03	4,02E+01	3,86E+00	3,85E-01	4,43E+00	2,54E-01
7	Indien	4,68E-02	-1,40E-02	2,19E+01	1,70E+00	-1,87E-02	2,35E+00	2,81E-01
8	Ghana	3,27E-02	4,75E-03	1,07E+01	1,55E+00	-1,83E-02	1,83E+00	1,64E-01
9	Ukraine	2,71E-02	-1,57E-02	7,33E+00	1,25E+00	-2,92E-02	1,76E+00	1,44E-01
10	Malaysia	1,50E-02	4,77E-03	2,26E+00	9,41E-01	-3,39E-02	1,05E+00	7,02E-02
11	Mexiko	8,96E-03	-1,18E-03	8,03E-01	4,40E-01	-1,37E-02	5,95E-01	5,68E-02
12	Sudan	8,39E-03	-1,34E-02	7,04E-01	3,86E-01	5,79E-03	3,23E-01	7,83E-02
13	Georgien	4,70E-03	6,26E-05	2,21E-01	2,67E-01	-2,87E-03	3,00E-01	2,82E-02
14	Namibia	2,54E-03	7,49E-04	6,44E-02	1,29E-01	1,37E-02	1,55E-01	1,44E-02
15	Iran	2,41E-03	-2,79E-03	5,79E-02	1,03E-01	-4,50E-03	1,36E-01	1,76E-02
16	Bulgarien	2,18E-03	3,93E-04	4,76E-02	1,23E-01	-4,23E-03	1,53E-01	9,45E-03
17	Marokko	1,52E-03	-4,97E-04	2,31E-02	6,96E-02	-9,28E-04	8,82E-02	9,63E-03
18	Türkei	1,32E-03	-1,98E-05	1,75E-02	5,92E-02	-1,82E-03	8,54E-02	7,05E-03
19	Russland	1,26E-03	-9,31E-04	1,58E-02	5,72E-02	1,69E-03	7,65E-02	7,13E-03
20	Burkina Faso	1,17E-03	-4,69E-04	1,38E-02		-2,35E-05	5,55E-02	8,21E-03
21	Elfenbeinküste	1,03E-03	-1,19E-03	1,06E-02	5,50E-02	6,78E-04		8,56E-03
22	Ungarn	8,14E-04	6,06E-04	6,62E-03	4,65E-02	-6,18E-04	6,01E-02	2,98E-03
23	Ägypten	7,81E-04	-5,79E-04	6,10E-03	4,31E-02	-8,12E-04	4,68E-02	5,73E-03
24	Oman	5,65E-04	1,09E-04	3,19E-03	2,49E-02	-1,61E-03		2,45E-03
25	Thailand	1,00E-05	-2,90E-06	1,00E-06	6,01E-04	-1,22E-05	6,52E-04	6,01E-05
Gesamt		1,00E+00	7,47E-02	1,44E+03	4,60E+01	4,21E+00	6,37E+01	4,93E+00

Molybdän								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	3,70E-01	-2,14E-01	1,37E+03	1,56E+01	-4,56E-01	2,17E+01	2,22E+00
2	USA	2,51E-01	3,10E-01	6,30E+02	1,42E+01	-1,04E+00	2,08E+01	2,51E-01
3	Chile	1,61E-01	1,95E-01	2,60E+02	8,92E+00	9,51E-02	1,23E+01	4,83E-01
4	Peru	7,54E-02	-1,37E-02	5,69E+01	3,79E+00	1,75E-01	5,00E+00	4,02E-01
5	Mexiko	4,25E-02	-5,60E-03	1,81E+01	2,09E+00	-6,50E-02	2,82E+00	2,69E-01
6	Kanada	3,28E-02	5,31E-02	1,08E+01	1,92E+00	2,59E-01	2,85E+00	3,28E-02
7	Armenien	1,83E-02	-5,21E-03	3,34E+00	8,67E-01	-1,90E-02	1,19E+00	9,74E-02
8	Russland	1,50E-02	-1,11E-02	2,24E+00	6,80E-01	2,01E-02	9,10E-01	8,48E-02
9	Iran	1,46E-02	-1,69E-02	2,13E+00	6,23E-01	-2,73E-02	8,26E-01	1,07E-01
10	Mongolei	7,71E-03	-1,67E-03	5,95E-01	3,50E-01	7,41E-02	4,55E-01	4,37E-02
11	Argentinien	6,73E-03	-1,46E-03	4,53E-01	3,80E-01	3,30E-02	4,75E-01	3,14E-02
12	Usbekistan	2,17E-03	-2,79E-03	4,70E-02	6,99E-02	-1,78E-03	1,24E-01	1,59E-02
13	Kasachstan	1,42E-03	-8,37E-04	2,01E-02	4,67E-02	-7,52E-04	8,44E-02	7,56E-03
14	Kirgisien	9,85E-04	-8,22E-04	9,70E-03	4,56E-02	8,87E-05	5,62E-02	6,90E-03
Gesamt		1,00E+00	2,84E-01	2,36E+03	4,96E+01	-9,49E-01	6,96E+01	4,06E+00

Nickel								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Philippinen	1,67E-01	-8,19E-02	2,77E+02	9,56E+00	-1,13E-01	1,10E+01	9,99E-01
2	Russland	1,41E-01	-1,04E-01	1,98E+02	6,40E+00	1,89E-01	8,56E+00	7,98E-01
3	Indonesien	1,30E-01	-6,05E-02	1,69E+02	6,81E+00	1,82E-02	7,68E+00	7,81E-01
4	Kanada	1,15E-01	1,86E-01	1,31E+02	6,69E+00	9,06E-01	9,96E+00	1,15E-01
5	Australien	1,12E-01	1,83E-01	1,26E+02	6,35E+00	8,82E-01	9,65E+00	1,12E-01
6	Neukaledonien	6,84E-02		4,67E+01				
7	China	4,68E-02	-2,71E-02	2,19E+01	1,98E+00	-5,76E-02	2,75E+00	2,81E-01
8	Kolumbien	3,96E-02	-8,98E-03	1,57E+01	2,47E+00	8,36E-02	2,66E+00	2,51E-01
9	Brasilien	3,86E-02	5,14E-03	1,49E+01	2,35E+00	2,34E-01	2,70E+00	1,54E-01
10	Kuba	3,44E-02	-1,82E-02	1,18E+01	1,94E+00	-3,82E-02	2,10E+00	1,61E-01
11	Südafrika	2,26E-02	5,76E-03	5,10E+00	7,80E-01	-2,67E-02	1,42E+00	1,28E-01
12	Türkei	1,70E-02	-2,55E-04	2,89E+00	7,62E-01	-2,35E-02	1,10E+00	9,07E-02
13	Mazedonien	1,33E-02	-1,13E-03	1,78E+00	6,27E-01	-5,65E-02	9,12E-01	6,67E-02
14	Griechenland	1,17E-02	4,22E-03	1,36E+00	7,00E-01	-4,40E-02	8,56E-01	
15	Finnland	9,96E-03	1,84E-02	9,92E-01	6,42E-01	6,27E-02	8,66E-01	9,96E-03
16	Botswana	8,13E-03	5,59E-03	6,62E-01	4,37E-01	9,35E-03	5,34E-01	2,98E-02
17	Dominikanische Rep.	7,05E-03	-2,56E-03	4,98E-01	3,70E-01	-6,84E-03	4,45E-01	4,23E-02
18	Venezuela	6,99E-03	-8,92E-03	4,88E-01	3,89E-01	-5,59E-04	4,46E-01	4,43E-02
19	Simbabwe	4,17E-03	-6,15E-03	1,74E-01	2,20E-01	-2,08E-03	2,01E-01	3,19E-02
20	Kosovo	3,91E-03	-2,03E-03	1,53E-01				2,35E-02
21	Sambia	1,50E-03	-4,46E-04	2,24E-02	8,31E-02	2,02E-03	7,46E-02	9,47E-03
22	Albanien	1,41E-03	-2,84E-04	1,98E-02	9,27E-02	-1,46E-03	9,73E-02	7,51E-03
23	Norwegen	1,56E-04	2,66E-04	2,45E-04	1,09E-02	-1,25E-05	1,36E-02	1,56E-04
24	Marokko	1,13E-04	-3,70E-05	1,28E-04	5,18E-03	-6,90E-05	6,56E-03	7,17E-04
25	Polen	1,08E-04	9,01E-05	1,16E-04	6,85E-03	-2,44E-04	8,36E-03	2,88E-04
Gesamt		1,00E+00	8,48E-02	1,03E+03	4,97E+01	2,02E+00	6,40E+01	4,14E+00

Titan								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Australien	1,97E-01	3,20E-01	3,87E+02	1,11E+01	1,55E+00	1,69E+01	1,97E-01
2	Südafrika	1,69E-01	4,30E-02	2,84E+02	5,83E+00	-1,99E-01	1,06E+01	9,56E-01
3	Kanada	1,54E-01	2,50E-01	2,39E+02	9,02E+00	1,22E+00	1,34E+01	1,54E-01
4	China	1,19E-01	-6,90E-02	1,42E+02	5,04E+00	-1,47E-01	7,00E+00	7,16E-01
5	Norwegen	5,62E-02	9,56E-02	3,15E+01	3,93E+00	-4,49E-03	4,89E+00	5,62E-02
6	Ukraine	5,62E-02	-3,27E-02	3,15E+01	2,60E+00	-6,07E-02	3,65E+00	3,00E-01
7	Mosambik	5,00E-02	-1,50E-02	2,50E+01	2,39E+00	5,60E-02	2,26E+00	3,50E-01
8	Indien	4,60E-02	-1,38E-02	2,11E+01	1,67E+00	-1,84E-02	2,31E+00	2,76E-01
9	USA	4,21E-02	5,20E-02	1,77E+01	2,38E+00	-1,74E-01	3,49E+00	4,21E-02
10	Madagaskar	4,08E-02	-2,94E-02	1,66E+01		5,22E-02	1,81E+00	3,13E-01
11	Vietnam	4,05E-02	-2,19E-02	1,64E+01	2,05E+00	-2,19E-02		2,16E-01
12	Sierra Leone	1,02E-02	-6,73E-03	1,04E+00		1,53E-03		7,13E-02
13	Brasilien	5,63E-03	7,50E-04	3,17E-01	3,43E-01	3,42E-02	3,94E-01	2,25E-02
14	Sri Lanka	5,12E-03	-1,48E-03	2,63E-01	2,86E-01	-3,89E-03	3,06E-01	3,07E-02
15	Russland	3,65E-03	-2,70E-03	1,33E-01	1,66E-01	4,89E-03	2,22E-01	2,07E-02
16	Kasachstan	2,39E-03	-1,41E-03	5,70E-02	7,86E-02	-1,27E-03	1,42E-01	1,27E-02
17	Malaysia	2,22E-03	7,04E-04	4,94E-02	1,39E-01	-5,00E-03	1,56E-01	1,04E-02
Gesamt		1,00E+00	5,68E-01	1,21E+03	4,71E+01	2,28E+00	6,76E+01	3,74E+00

Wolfram								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	8,50E-01	-4,91E-01	7,22E+03	3,59E+01	-1,04E+00	4,98E+01	5,10E+00
2	Russland	3,65E-02	-2,70E-02	1,33E+01	1,66E+00	4,89E-02	2,22E+00	2,07E-01
3	Kanada	2,88E-02	4,66E-02	8,28E+00	1,68E+00	2,28E-01	2,50E+00	2,88E-02
4	Bolivien	1,72E-02	-9,22E-03	2,97E+00	9,40E-01	2,80E-01	1,08E+00	1,15E-01
5	Vietnam	1,40E-02	-7,57E-03	1,95E+00	7,08E-01	-7,55E-03		7,45E-02
6	Portugal	9,95E-03	9,21E-03	9,91E-01	5,74E-01	-3,21E-02	8,01E-01	
7	Österreich	8,58E-03	1,28E-02	7,36E-01	5,91E-01	-1,71E-02	7,30E-01	
8	Ruanda	7,27E-03	-1,65E-03	5,28E-01		-2,91E-03	3,59E-01	4,85E-02
9	Peru	6,64E-03	-1,21E-03	4,40E-01	3,34E-01	1,54E-02	4,40E-01	3,54E-02
10	Spanien	4,10E-03	3,82E-03	1,68E-01	2,47E-01	-1,56E-02	3,31E-01	
11	Brasilien	3,65E-03	4,86E-04	1,33E-01	2,22E-01	2,21E-02	2,55E-01	1,46E-02
12	Usbekistan	3,65E-03	-4,70E-03	1,33E-01	1,18E-01	-2,99E-03	2,09E-01	2,67E-02
13	Thailand	3,55E-03	-1,03E-03	1,26E-01	2,13E-01	-4,33E-03	2,31E-01	2,13E-02
14	Myanmar	2,07E-03	-3,41E-03	4,27E-02	1,09E-01	5,17E-04		1,72E-02
15	Burundi	1,34E-03	-1,58E-03	1,79E-02		-5,35E-04	4,99E-02	1,11E-02
16	Nordkorea	1,22E-03	-1,93E-03	1,48E-02		-8,99E-04		8,51E-03
17	Kirgisien	1,22E-03	-1,01E-03	1,48E-02	5,63E-02	1,09E-04	6,94E-02	8,51E-03
18	Mongolei	2,43E-04	-5,27E-05	5,91E-04	1,10E-02	2,34E-03	1,43E-02	1,38E-03
19	Dem. Rep. Kongo	2,31E-04	-3,79E-04	5,33E-04	1,10E-02	4,64E-04	1,12E-02	2,16E-03
20	Australien	1,82E-04	2,97E-04	3,32E-04	1,03E-02	1,43E-03	1,57E-02	1,82E-04
21	Uganda	1,22E-04	-6,81E-05	1,48E-04		-8,26E-05	5,80E-03	8,51E-04
Gesamt		1,00E+00	-4,79E-01	7,25E+03	4,34E+01	-5,30E-01	5,92E+01	5,72E+00

Vanadium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	3,80E-01	-2,20E-01	1,44E+03	1,60E+01	-4,67E-01	2,23E+01	2,28E+00
2	Südafrika	3,43E-01	8,74E-02	1,17E+03	1,18E+01	-4,04E-01	2,16E+01	1,94E+00
3	Russland	2,51E-01	-1,86E-01	6,30E+02	1,14E+01	3,36E-01	1,53E+01	1,42E+00
4	Kasachstan	1,65E-02	-9,75E-03	2,73E+00	5,44E-01	-8,75E-03	9,82E-01	8,81E-02
5	USA	9,75E-03	1,20E-02	9,50E-01	5,52E-01	-4,02E-02	8,07E-01	9,75E-03
Gesamt		1,00E+00	-3,16E-01	3,25E+03	4,04E+01	-5,84E-01	6,09E+01	5,74E+00

Aluminium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	3,97E-01	-2,29E-01	1,57E+03	1,68E+01	-4,88E-01	2,33E+01	2,38E+00
2	Russland	8,90E-02	-6,59E-02	7,93E+01	4,04E+00	1,19E-01	5,41E+00	5,04E-01
3	Kanada	6,66E-02	1,08E-01	4,44E+01	3,89E+00	5,27E-01	5,79E+00	6,66E-02
4	USA	4,43E-02	5,46E-02	1,96E+01	2,51E+00	-1,83E-01	3,67E+00	4,43E-02
5	Norwegen	4,42E-02	7,52E-02	1,95E+01	3,09E+00	-3,54E-03	3,85E+00	4,42E-02
6	Australien	4,34E-02	7,06E-02	1,88E+01	2,46E+00	3,41E-01	3,73E+00	4,34E-02
7	Ver. Arab. Emirate	3,90E-02	1,87E-02	1,52E+01	1,99E+00	-3,84E-01	2,85E+00	1,17E-01
8	Indien	3,69E-02	-1,11E-02	1,36E+01	1,34E+00	-1,48E-02	1,85E+00	2,21E-01
9	Brasilien	3,21E-02	4,28E-03	1,03E+01	1,96E+00	1,95E-01	2,25E+00	1,28E-01
10	Bahrain	1,97E-02	-8,52E-04	3,86E+00				1,24E-01
11	Südafrika	1,80E-02	4,60E-03	3,25E+00	6,23E-01	-2,13E-02	1,14E+00	1,02E-01
12	Island	1,74E-02	2,58E-02	3,03E+00	1,15E+00		1,53E+00	
13	Mosambik	1,25E-02	-3,76E-03	1,57E+00	5,99E-01	1,40E-02	5,67E-01	8,77E-02
14	Deutschland	9,65E-03	1,37E-02	9,30E-01	6,45E-01	-3,05E-02	8,16E-01	
15	Argentinien	9,29E-03	-2,01E-03	8,63E-01	5,25E-01	4,55E-02	6,56E-01	4,33E-02
16	Katar	9,10E-03	5,03E-03	8,28E-01	4,24E-01	-7,28E-02		2,43E-02
17	Oman	8,32E-03	1,61E-03	6,92E-01	3,66E-01	-2,37E-02		3,60E-02
18	Spanien	8,14E-03	7,60E-03	6,63E-01	4,91E-01	-3,10E-02	6,57E-01	
19	Neuseeland	7,96E-03	1,46E-02	6,34E-01	5,26E-01	4,68E-02	7,03E-01	
20	Frankreich	7,45E-03	9,05E-03	5,55E-01	5,14E-01	-1,50E-02	6,04E-01	
21	Venezuela	7,36E-03	-9,40E-03	5,42E-01	4,09E-01	-5,89E-04	4,69E-01	4,66E-02
22	Iran	7,18E-03	-8,32E-03	5,15E-01	3,07E-01	-1,34E-02	4,07E-01	5,26E-02
23	Ägypten	6,69E-03	-4,96E-03	4,48E-01	3,69E-01	-6,96E-03	4,01E-01	4,91E-02
24	Niederlande	6,69E-03	1,14E-02	4,48E-01	4,39E-01	-3,45E-02	5,85E-01	
25	Tadschikistan	6,19E-03	-6,82E-03	3,83E-01	2,40E-01	-2,72E-03	3,47E-01	4,54E-02
26	Rumänien	5,82E-03	8,44E-04	3,39E-01	2,81E-01	-4,42E-03	3,94E-01	2,33E-02
27	Kasachstan	5,55E-03	-3,27E-03	3,08E-01	1,83E-01	-2,94E-03	3,30E-01	2,96E-02
28	Indonesien	5,49E-03	-2,55E-03	3,02E-01	2,87E-01	7,69E-04	3,24E-01	3,30E-02
29	Großbritannien	4,75E-03	6,35E-03	2,26E-01	3,27E-01	-1,69E-02	4,02E-01	
30	Griechenland	3,68E-03	1,33E-03	1,36E-01	2,21E-01	-1,39E-02	2,70E-01	
31	Slowakei	3,63E-03	2,87E-03	1,32E-01	2,42E-01	-5,01E-03	2,87E-01	1,09E-02
32	Italien	3,16E-03	1,65E-03	1,00E-01	2,18E-01	-1,22E-02	2,43E-01	
33	Bosnien Herzegowina	2,92E-03	-1,25E-03	8,52E-02	1,07E-01	-3,36E-03	1,90E-01	1,65E-02
34	Schweden	2,48E-03	4,46E-03	6,13E-02	1,70E-01	9,58E-03	2,16E-01	
35	Montenegro	2,07E-03	2,07E-04	4,29E-02			1,38E-01	7,59E-03
36	Slowenien	1,68E-03	1,54E-03	2,82E-02	1,05E-01	-4,52E-03	1,37E-01	3,92E-03
37	Kamerun	1,54E-03	-1,37E-03	2,37E-02	6,61E-02	1,25E-03	7,00E-02	1,13E-02
38	Türkei	1,45E-03	-2,17E-05	2,10E-02	6,49E-02	-2,00E-03	9,37E-02	7,73E-03
39	Ghana	7,85E-04	1,14E-04	6,17E-03	3,73E-02	-4,40E-04	4,39E-02	3,93E-03
40	Nigeria	3,93E-04	-4,51E-04	1,54E-03	1,58E-02	-1,26E-04	1,67E-02	3,14E-03
41	Polen	3,09E-04	2,58E-04	9,57E-04	1,96E-02	-6,99E-04	2,40E-02	8,25E-04
42	Ukraine	1,61E-04	-9,34E-05	2,58E-04	7,44E-03	-1,73E-04	1,04E-02	8,56E-04
43	Aserbaidshjan	1,52E-04	-1,28E-04	2,30E-04	6,54E-03	-1,68E-04	9,47E-03	9,10E-04
44	Japan	1,05E-04	1,22E-04	1,10E-04	6,64E-03	-4,33E-04	8,83E-03	1,05E-04
Gesamt		1,00E+00	9,28E-02	1,82E+03	4,80E+01	-9,18E-02	6,48E+01	4,32E+00

Kupfer								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Chile	3,26E-01	3,95E-01	1,06E+03	1,81E+01	1,92E-01	2,49E+01	9,79E-01
2	China	8,05E-02	-4,66E-02	6,49E+01	3,40E+00	-9,91E-02	4,72E+00	4,83E-01
3	Peru	7,66E-02	-1,39E-02	5,86E+01	3,85E+00	1,78E-01	5,08E+00	4,08E-01
4	USA	6,88E-02	8,49E-02	4,73E+01	3,89E+00	-2,84E-01	5,69E+00	6,88E-02
5	Australien	5,95E-02	9,69E-02	3,54E+01	3,37E+00	4,68E-01	5,12E+00	5,95E-02
6	Sambia	4,59E-02	-1,37E-02	2,10E+01	2,55E+00	6,19E-02	2,29E+00	2,90E-01
7	Russland	4,42E-02	-3,27E-02	1,95E+01	2,01E+00	5,92E-02	2,69E+00	2,50E-01
8	Kanada	3,51E-02	5,68E-02	1,23E+01	2,05E+00	2,78E-01	3,05E+00	3,51E-02
9	Indonesien	3,36E-02	-1,56E-02	1,13E+01	1,76E+00	4,71E-03	1,98E+00	2,02E-01
10	Dem. Rep. Kongo	2,98E-02	-4,88E-02	8,85E+00	1,41E+00	5,98E-02	1,44E+00	2,78E-01
11	Mexiko	2,75E-02	-3,62E-03	7,56E+00	1,35E+00	-4,21E-02	1,83E+00	1,74E-01
12	Polen	2,64E-02	2,21E-02	6,99E+00	1,68E+00	-5,98E-02	2,05E+00	7,05E-02
13	Kasachstan	2,51E-02	-1,48E-02	6,30E+00	8,27E-01	-1,33E-02	1,49E+00	1,34E-01
14	Iran	1,61E-02	-1,86E-02	2,58E+00	6,86E-01	-3,00E-02	9,10E-01	1,18E-01
15	Brasilien	1,32E-02	1,77E-03	1,76E+00	8,07E-01	8,04E-02	9,27E-01	5,30E-02
16	Laos	8,60E-03	-8,09E-03	7,40E-01		2,58E-03	4,51E-01	5,45E-02
17	Papua-Neuguinea	8,09E-03	-5,31E-03	6,54E-01				5,93E-02
18	Mongolei	7,54E-03	-1,63E-03	5,68E-01	3,42E-01	7,24E-02	4,44E-01	4,27E-02
19	Argentinien	7,23E-03	-1,57E-03	5,23E-01	4,09E-01	3,54E-02	5,11E-01	3,38E-02
20	Bulgarien	7,10E-03	1,28E-03	5,05E-01	4,00E-01	-1,38E-02	4,99E-01	3,08E-02
21	Südafrika	5,53E-03	1,41E-03	3,06E-01	1,91E-01	-6,53E-03	3,48E-01	3,14E-02
22	Schweden	5,14E-03	9,27E-03	2,64E-01	3,54E-01	1,99E-02	4,48E-01	
23	Usbekistan	4,96E-03	-6,39E-03	2,46E-01	1,60E-01	-4,07E-03	2,84E-01	3,64E-02
24	Portugal	4,94E-03	4,57E-03	2,44E-01	2,85E-01	-1,59E-02	3,98E-01	
25	Spanien	4,60E-03	4,30E-03	2,12E-01	2,78E-01	-1,75E-02	3,72E-01	
26	Philippinen	3,95E-03	-1,94E-03	1,56E-01	2,27E-01	-2,69E-03	2,60E-01	2,37E-02
27	Türkei	3,50E-03	-5,26E-05	1,23E-01	1,57E-01	-4,84E-03	2,26E-01	1,87E-02
28	Mauretanien	2,19E-03	-1,86E-03	4,79E-02		6,32E-03	9,43E-02	1,60E-02
29	Armenien	1,99E-03	-5,68E-04	3,97E-02	9,46E-02	-2,07E-03	1,30E-01	1,06E-02
30	Indien	1,98E-03	-5,93E-04	3,91E-02	7,16E-02	-7,91E-04	9,93E-02	1,19E-02
31	Botswana	1,83E-03	1,26E-03	3,34E-02	9,83E-02	2,10E-03	1,20E-01	6,70E-03
32	Serbien	1,73E-03	-2,05E-04	2,99E-02	7,98E-02	-2,13E-03	1,22E-01	7,49E-03
33	Oman	1,45E-03	2,80E-04	2,10E-02	6,38E-02	-4,13E-03		6,29E-03
34	Pakistan	1,24E-03	-1,42E-03	1,54E-02	4,90E-02	-4,21E-04	5,26E-02	1,07E-02
35	Marokko	9,33E-04	-3,05E-04	8,70E-03	4,27E-02	-5,69E-04	5,41E-02	5,91E-03
36	Finnland	8,74E-04	1,62E-03	7,64E-03	5,63E-02	5,51E-03	7,60E-02	8,74E-04
37	Myanmar	7,44E-04	-1,23E-03	5,53E-03	3,92E-02	1,86E-04		6,20E-03
38	Dominikanische Rep.	7,30E-04	-2,65E-04	5,33E-03	3,83E-02	-7,08E-04	4,60E-02	4,38E-03
39	Vietnam	6,97E-04	-3,78E-04	4,86E-03	3,53E-02	-3,77E-04		3,72E-03
40	Georgien	6,32E-04	8,43E-06	4,00E-03	3,59E-02	-3,86E-04	4,04E-02	3,79E-03
41	Mazedonien	4,68E-04	-3,98E-05	2,19E-03	2,20E-02	-1,98E-03	3,20E-02	2,34E-03
42	Nordkorea	4,34E-04	-6,90E-04	1,88E-03		-3,21E-04		3,04E-03
43	Tansania	4,15E-04	-1,48E-04	1,72E-03	2,25E-02	-6,64E-05	1,91E-02	2,77E-03
44	Simbabwe	4,06E-04	-5,99E-04	1,65E-03	2,14E-02	-2,03E-04	1,96E-02	3,11E-03
45	Rumänien	3,94E-04	5,72E-05	1,55E-03	1,91E-02	-3,00E-04	2,67E-02	1,58E-03
46	Albanien	2,73E-04	-5,50E-05	7,44E-04	1,80E-02	-2,84E-04	1,89E-02	1,45E-03
47	Bolivien	2,59E-04	-1,38E-04	6,70E-04	1,41E-02	4,21E-03	1,63E-02	1,73E-03
48	Zypern	2,27E-04	1,47E-04	5,15E-04	1,30E-02			
49	Namibia	2,11E-04	6,22E-05	4,44E-04	1,07E-02	1,14E-03	1,29E-02	1,19E-03
50	Saudi Arabien	1,21E-04	-5,63E-05	1,47E-04	6,05E-03	-5,20E-04	7,80E-03	6,86E-04
51	Kolumbien	7,52E-05	-1,70E-05	5,65E-05	4,69E-03	1,59E-04	5,06E-03	4,76E-04
Gesamt		1,00E+00	4,40E-01	1,37E+03	5,14E+01	9,23E-01	6,94E+01	4,05E+00

Blei								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	5,04E-01	-2,91E-01	2,54E+03	2,13E+01	-6,20E-01	2,96E+01	3,02E+00
2	Australien	1,32E-01	2,16E-01	1,75E+02	7,50E+00	1,04E+00	1,14E+01	1,32E-01
3	USA	7,31E-02	9,01E-02	5,34E+01	4,13E+00	-3,02E-01	6,05E+00	7,31E-02
4	Peru	4,92E-02	-8,93E-03	2,42E+01	2,47E+00	1,14E-01	3,26E+00	2,62E-01
5	Mexiko	4,78E-02	-6,29E-03	2,28E+01	2,35E+00	-7,31E-02	3,17E+00	3,03E-01
6	Indien	2,46E-02	-7,37E-03	6,04E+00	8,90E-01	-9,83E-03	1,23E+00	1,47E-01
7	Russland	2,41E-02	-1,79E-02	5,83E+00	1,10E+00	3,23E-02	1,47E+00	1,37E-01
8	Bolivien	2,14E-02	-1,14E-02	4,57E+00	1,17E+00	3,48E-01	1,34E+00	1,42E-01
9	Schweden	1,33E-02	2,39E-02	1,76E+00	9,12E-01	5,13E-02	1,15E+00	
10	Kanada	1,17E-02	1,90E-02	1,37E+00	6,84E-01	9,26E-02	1,02E+00	1,17E-02
11	Südafrika	1,16E-02	2,97E-03	1,35E+00	4,02E-01	-1,37E-02	7,32E-01	6,59E-02
12	Irland	1,07E-02	1,54E-02	1,14E+00	6,27E-01	-3,00E-02	8,98E-01	
13	Kasachstan	8,29E-03	-4,89E-03	6,87E-01	2,73E-01	-4,39E-03	4,93E-01	4,42E-02
14	Mazedonien	8,10E-03	-6,89E-04	6,56E-01	3,80E-01	-3,43E-02	5,54E-01	4,05E-02
15	Türkei	7,19E-03	-1,08E-04	5,17E-01	3,22E-01	-9,92E-03	4,65E-01	3,84E-02
16	Iran	6,41E-03	-7,42E-03	4,11E-01	2,74E-01	-1,20E-02	3,63E-01	4,70E-02
17	Marokko	5,80E-03	-1,90E-03	3,37E-01	2,65E-01	-3,54E-03	3,37E-01	3,67E-02
18	Nordkorea	5,55E-03	-8,83E-03	3,09E-01		-4,11E-03		3,89E-02
19	Argentinien	4,87E-03	-1,06E-03	2,37E-01	2,75E-01	2,39E-02	3,44E-01	2,27E-02
20	Polen	3,61E-03	3,01E-03	1,30E-01	2,29E-01	-8,15E-03	2,79E-01	9,62E-03
21	Honduras	3,29E-03	-1,83E-03	1,08E-01	1,73E-01	-2,30E-04	2,02E-01	2,19E-02
22	Bulgarien	3,08E-03	5,54E-04	9,46E-02	1,73E-01	-5,97E-03	2,16E-01	1,33E-02
23	Griechenland	2,76E-03	9,98E-04	7,62E-02	1,66E-01	-1,04E-02	2,03E-01	
24	Namibia	2,35E-03	6,93E-04	5,52E-02	1,19E-01	1,27E-02	1,44E-01	1,33E-02
25	Tadschikistan	1,90E-03	-2,09E-03	3,61E-02	7,37E-02	-8,37E-04	1,07E-01	1,39E-02
26	Myanmar	1,86E-03	-3,07E-03	3,45E-02	9,80E-02	4,65E-04		1,55E-02
27	Brasilien	1,83E-03	2,43E-04	3,33E-02	1,11E-01	1,11E-02	1,28E-01	7,30E-03
28	Spanien	1,67E-03	1,56E-03	2,79E-02	1,01E-01	-6,36E-03	1,35E-01	
29	Nigeria	1,64E-03	-1,89E-03	2,71E-02	6,60E-02	-5,26E-04	7,02E-02	1,32E-02
30	Vietnam	1,37E-03	-7,41E-04	1,87E-02	6,92E-02	-7,38E-04		7,29E-03
31	Kosovo	1,05E-03	-5,44E-04	1,10E-02				6,28E-03
32	Pakistan	8,55E-04	-9,77E-04	7,30E-03	3,38E-02	-2,91E-04	3,62E-02	7,41E-03
33	Bosnien Herzegowina	8,53E-04	-3,65E-04	7,28E-03	3,14E-02	-9,81E-04	5,55E-02	4,83E-03
34	Italien	6,41E-04	3,34E-04	4,11E-03	4,42E-02	-2,47E-03	4,93E-02	
35	Rumänien	6,41E-04	9,29E-05	4,11E-03	3,10E-02	-4,87E-04	4,34E-02	2,56E-03
36	Serbien	4,49E-04	-5,31E-05	2,01E-03	2,07E-02	-5,52E-04	3,17E-02	1,94E-03
37	Chile	1,80E-04	2,18E-04	3,23E-04	9,94E-03	1,06E-04	1,37E-02	5,39E-04
38	Saudi Arabien	8,46E-05	-3,93E-05	7,16E-05	4,23E-03	-3,63E-04	5,45E-03	4,79E-04
39	Großbritannien	5,98E-05	8,00E-05	3,58E-05	4,12E-03	-2,12E-04	5,06E-03	
Gesamt		1,00E+00	-4,93E-03	2,84E+03	4,69E+01	5,74E-01	6,56E+01	4,71E+00

Lithium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Chile	4,52E-01	5,48E-01	2,04E+03	2,50E+01	2,67E-01	3,45E+01	1,36E+00
2	Australien	3,38E-01	5,51E-01	1,14E+03	1,91E+01	2,66E+00	2,91E+01	3,38E-01
3	Argentinien	1,03E-01	-2,23E-02	1,06E+02	5,82E+00	5,05E-01	7,27E+00	4,81E-01
4	USA	4,82E-02	5,95E-02	2,32E+01	2,73E+00	-1,99E-01	3,99E+00	4,82E-02
5	China	4,58E-02	-2,65E-02	2,10E+01	1,93E+00	-5,63E-02	2,69E+00	2,75E-01
6	Portugal	7,18E-03	6,64E-03	5,16E-01	4,14E-01	-2,31E-02	5,78E-01	
7	Brasilien	5,40E-03	7,20E-04	2,92E-01	3,29E-01	3,28E-02	3,78E-01	2,16E-02
Gesamt		1,00E+00	1,12E+00	3,34E+03	5,54E+01	3,19E+00	7,85E+01	2,52E+00

Seltene Erden								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	9,66E-01	-5,59E-01	9,34E+03	4,08E+01	-1,19E+00	5,67E+01	5,80E+00
2	Russland	2,49E-02	-1,85E-02	6,22E+00	1,13E+00	3,34E-02	1,52E+00	1,41E-01
3	Malaysia	5,70E-03	1,80E-03	3,24E-01	3,56E-01	-1,28E-02	3,99E-01	2,66E-02
4	Brasilien	2,89E-03	3,86E-04	8,37E-02	1,76E-01	1,76E-02	2,02E-01	1,16E-02
Gesamt		1,00E+00	-5,75E-01	9,35E+03	4,25E+01	-1,15E+00	5,88E+01	5,98E+00

Zinn								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	4,68E-01	-2,71E-01	2,19E+03	1,98E+01	-5,76E-01	2,75E+01	2,81E+00
2	Indonesien	2,69E-01	-1,25E-01	7,23E+02	1,41E+01	3,76E-02	1,59E+01	1,61E+00
3	Peru	8,67E-02	-1,57E-02	7,51E+01	4,36E+00	2,01E-01	5,75E+00	4,62E-01
4	Bolivien	6,11E-02	-3,27E-02	3,74E+01	3,34E+00	9,95E-01	3,85E+00	4,08E-01
5	Brasilien	3,22E-02	4,29E-03	1,04E+01	1,96E+00	1,95E-01	2,25E+00	1,29E-01
6	Australien	1,98E-02	3,23E-02	3,92E+00	1,12E+00	1,56E-01	1,71E+00	1,98E-02
7	Vietnam	1,62E-02	-8,78E-03	2,63E+00	8,21E-01	-8,75E-03		8,64E-02
8	Ruanda	1,50E-02	-3,40E-03	2,26E+00		-6,01E-03	7,43E-01	1,00E-01
9	Dem. Rep. Kongo	1,05E-02	-1,72E-02	1,10E+00	4,99E-01	2,11E-02	5,07E-01	9,80E-02
10	Malaysia	1,00E-02	3,18E-03	1,01E+00	6,27E-01	-2,26E-02	7,02E-01	4,68E-02
11	Nigeria	5,40E-03	-6,21E-03	2,92E-01	2,17E-01	-1,73E-03	2,30E-01	4,32E-02
12	Russland	1,80E-03	-1,33E-03	3,24E-02	8,18E-02	2,41E-03	1,09E-01	1,02E-02
13	Myanmar	1,60E-03	-2,64E-03	2,57E-02	8,45E-02	4,01E-04		1,34E-02
14	Laos	1,57E-03	-1,48E-03	2,47E-02		4,72E-04	8,24E-02	9,96E-03
15	Thailand	8,58E-04	-2,49E-04	7,37E-03	5,15E-02	-1,05E-03	5,59E-02	5,15E-03
16	Portugal	1,17E-04	1,08E-04	1,37E-04	6,75E-03	-3,77E-04	9,42E-03	
Gesamt		1,00E+00	-4,46E-01	3,05E+03	4,70E+01	9,93E-01	5,93E+01	5,85E+00

Zink								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	3,40E-01	-1,96E-01	1,15E+03	1,43E+01	-4,18E-01	1,99E+01	2,04E+00
2	Australien	1,19E-01	1,94E-01	1,43E+02	6,76E+00	9,40E-01	1,03E+01	1,19E-01
3	Peru	9,90E-02	-1,80E-02	9,80E+01	4,98E+00	2,30E-01	6,56E+00	5,28E-01
4	Indien	6,58E-02	-1,97E-02	4,33E+01	2,38E+00	-2,63E-02	3,31E+00	3,95E-01
5	USA	6,06E-02	7,47E-02	3,67E+01	3,43E+00	-2,50E-01	5,02E+00	6,06E-02
6	Mexiko	4,98E-02	-6,56E-03	2,48E+01	2,45E+00	-7,62E-02	3,31E+00	3,15E-01
7	Kanada	4,82E-02	7,81E-02	2,32E+01	2,82E+00	3,81E-01	4,19E+00	4,82E-02
8	Bolivien	3,36E-02	-1,80E-02	1,13E+01	1,83E+00	5,46E-01	2,11E+00	2,24E-01
9	Kasachstan	2,97E-02	-1,75E-02	8,81E+00	9,78E-01	-1,57E-02	1,77E+00	1,58E-01
10	Irland	2,69E-02	3,88E-02	7,22E+00	1,58E+00	-7,55E-02	2,26E+00	
11	Russland	1,99E-02	-1,47E-02	3,94E+00	9,02E-01	2,66E-02	1,21E+00	1,13E-01
12	Brasilien	1,56E-02	2,08E-03	2,43E+00	9,49E-01	9,46E-02	1,09E+00	6,24E-02
13	Namibia	1,55E-02	4,58E-03	2,41E+00	7,87E-01	8,40E-02	9,50E-01	8,80E-02
14	Schweden	1,53E-02	2,76E-02	2,34E+00	1,05E+00	5,92E-02	1,33E+00	
15	Iran	1,02E-03	-1,19E-03	1,05E-02	4,38E-02	-1,92E-03	5,80E-02	7,51E-03
16	Türkei	7,72E-03	-1,16E-04	5,96E-01	3,46E-01	-1,07E-02	4,99E-01	4,12E-02
17	Polen	4,85E-03	4,05E-03	2,36E-01	3,08E-01	-1,10E-02	3,76E-01	1,29E-02
18	Finnland	4,81E-03	8,89E-03	2,31E-01	3,10E-01	3,03E-02	4,18E-01	4,81E-03
19	Mongolei	4,44E-03	-9,61E-04	1,97E-01	2,01E-01	4,26E-02	2,62E-01	2,51E-02
20	Argentinien	3,61E-03	-7,82E-04	1,30E-01	2,04E-01	1,77E-02	2,55E-01	1,68E-02
21	Marokko	3,55E-03	-1,16E-03	1,26E-01	1,62E-01	-2,17E-03	2,06E-01	2,25E-02
22	Nordkorea	3,15E-03	-5,01E-03	9,94E-02		-2,33E-03		2,21E-02
23	Vietnam	2,99E-03	-1,62E-03	8,97E-02	1,52E-01	-1,62E-03		1,60E-02
24	Südafrika	2,89E-03	7,36E-04	8,33E-02	9,97E-02	-3,41E-03	1,82E-01	1,64E-02
25	Chile	2,88E-03	3,49E-03	8,32E-02	1,60E-01	1,70E-03	2,20E-01	8,65E-03
26	Spanien	2,62E-03	2,44E-03	6,84E-02	1,58E-01	-9,97E-03	2,11E-01	
27	Thailand	2,34E-03	-6,78E-04	5,47E-02	1,40E-01	-2,85E-03	1,52E-01	1,40E-02
28	Mazedonien	2,22E-03	-1,88E-04	4,91E-02	1,04E-01	-9,38E-03	1,51E-01	1,11E-02
29	Honduras	2,05E-03	-1,14E-03	4,20E-02	1,08E-01	-1,43E-04	1,26E-01	1,37E-02
30	Griechenland	1,65E-03	5,99E-04	2,74E-02	9,94E-02	-6,24E-03	1,22E-01	
31	Philippinen	1,39E-03	-6,86E-04	1,95E-02	8,01E-02	-9,49E-04	9,19E-02	8,37E-03
32	Pakistan	8,75E-04	-1,00E-03	7,65E-03	3,46E-02	-2,97E-04	3,71E-02	7,58E-03
33	Bulgarien	8,67E-04	1,56E-04	7,51E-03	4,88E-02	-1,68E-03	6,09E-02	3,76E-03
34	Dem. Rep. Kongo	7,49E-04	-1,23E-03	5,60E-03	3,56E-02	1,50E-03	3,62E-02	6,99E-03
35	Armenien	7,40E-04	-2,11E-04	5,48E-03	3,52E-02	-7,70E-04	4,81E-02	3,95E-03
36	Myanmar	7,33E-04	-1,21E-03	5,37E-03	3,86E-02	1,83E-04		6,11E-03
37	Rumänien	7,09E-04	1,03E-04	5,03E-03	3,43E-02	-5,39E-04	4,80E-02	2,84E-03
38	Kosovo	4,89E-04	-2,54E-04	2,39E-03				2,93E-03
39	Bosnien Herzegowina	4,49E-04	-1,92E-04	2,01E-03	1,65E-02	-5,16E-04	2,92E-02	2,54E-03
40	Saudi Arabien	3,89E-04	-1,81E-04	1,51E-03	1,94E-02	-1,67E-03	2,50E-02	2,20E-03
41	Portugal	3,33E-04	3,08E-04	1,11E-03	1,92E-02	-1,07E-03	2,68E-02	
42	Guatemala	3,15E-04	-1,82E-04	9,94E-04	1,64E-02	-2,05E-04	1,93E-02	2,31E-03
43	Serbien	2,44E-04	-2,89E-05	5,97E-04	1,13E-02	-3,00E-04	1,72E-02	1,06E-03
44	Laos	1,70E-04	-1,60E-04	2,90E-04		5,11E-05	8,92E-03	1,08E-03
45	Südkorea	5,52E-05	4,21E-05	3,04E-05	3,16E-03	-2,50E-04	4,26E-03	1,47E-04
	Gesamt	1,00E+00	1,32E-01	1,56E+03	4,82E+01	1,52E+00	6,70E+01	4,43E+00

Gold								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	1,38E-01	-7,96E-02	1,90E+02	5,82E+00	-1,69E-01	8,08E+00	8,26E-01
2	Australien	9,84E-02	1,60E-01	9,69E+01	5,57E+00	7,75E-01	8,47E+00	9,84E-02
3	USA	8,93E-02	1,10E-01	7,97E+01	5,05E+00	-3,69E-01	7,39E+00	8,93E-02
4	Russland	7,07E-02	-5,23E-02	5,00E+01	3,21E+00	9,47E-02	4,30E+00	4,01E-01
5	Südafrika	6,87E-02	1,75E-02	4,73E+01	2,37E+00	-8,11E-02	4,33E+00	3,90E-01
6	Peru	6,26E-02	-1,14E-02	3,91E+01	3,15E+00	1,45E-01	4,15E+00	3,34E-01
7	Kanada	3,83E-02	6,20E-02	1,47E+01	2,24E+00	3,03E-01	3,33E+00	3,83E-02
8	Ghana	3,73E-02	5,41E-03	1,39E+01	1,77E+00	-2,09E-02	2,09E+00	1,87E-01
9	Mexiko	3,38E-02	-4,45E-03	1,14E+01	1,66E+00	-5,17E-02	2,25E+00	2,14E-01
10	Usbekistan	2,78E-02	-3,59E-02	7,76E+00	8,98E-01	-2,28E-02	1,60E+00	2,04E-01
11	Indonesien	2,60E-02	-1,21E-02	6,77E+00	1,36E+00	3,64E-03	1,53E+00	1,56E-01
12	Brasilien	2,49E-02	3,32E-03	6,19E+00	1,51E+00	1,51E-01	1,74E+00	9,95E-02
13	Papua-Neuguinea	2,38E-02	-1,56E-02	5,64E+00				1,74E-01
14	Argentinien	2,36E-02	-5,12E-03	5,59E+00	1,34E+00	1,16E-01	1,67E+00	1,10E-01
15	Kolumbien	2,13E-02	-4,83E-03	4,55E+00	1,33E+00	4,50E-02	1,43E+00	1,35E-01
16	Chile	1,72E-02	2,09E-02	2,97E+00	9,53E-01	1,02E-02	1,31E+00	5,17E-02
17	Mali	1,61E-02	-7,36E-03	2,58E+00		9,64E-03	7,52E-01	1,39E-01
18	Tansania	1,54E-02	-5,50E-03	2,37E+00	8,36E-01	-2,47E-03	7,10E-01	1,03E-01
19	Kasachstan	1,41E-02	-8,29E-03	1,98E+00	4,63E-01	-7,45E-03	8,36E-01	7,50E-02
20	Burkina Faso	1,23E-02	-4,91E-03	1,51E+00		-2,46E-04	5,81E-01	8,59E-02
21	Philippinen	1,19E-02	-5,84E-03	1,41E+00	6,81E-01	-8,07E-03	7,82E-01	7,12E-02
22	Türkei	9,54E-03	-1,43E-04	9,10E-01	4,27E-01	-1,32E-02	6,16E-01	5,09E-02
23	Sudan	9,06E-03	-1,44E-02	8,20E-01	4,17E-01	6,25E-03	3,48E-01	8,45E-02
24	Kirgisien	7,23E-03	-6,03E-03	5,22E-01	3,35E-01	6,50E-04	4,12E-01	5,06E-02
25	Guinea	7,17E-03	-8,53E-03	5,14E-01		8,46E-03	2,68E-01	5,50E-02
26	Togo	6,28E-03	-5,61E-03	3,95E-01	3,06E-01	-2,32E-03	2,69E-01	4,40E-02
27	Simbabwe	4,94E-03	-7,29E-03	2,44E-01	2,61E-01	-2,47E-03	2,39E-01	3,79E-02
28	Surinam	4,81E-03	-5,61E-04	2,31E-01				
29	Guatemala	4,54E-03	-2,62E-03	2,06E-01	2,35E-01	-2,95E-03	2,79E-01	3,33E-02
30	Eritrea	4,50E-03	-6,30E-03	2,02E-01	1,73E-01	3,19E-03		3,90E-02
31	Neuseeland	4,49E-03	8,20E-03	2,01E-01	2,96E-01	2,64E-02	3,96E-01	
32	Elfenbeinküste	4,46E-03	-5,17E-03	1,99E-01	2,39E-01	2,94E-03		3,72E-02
33	Guyana	4,31E-03	-1,64E-03	1,86E-01			2,59E-01	
34	Äthiopien	4,27E-03	-4,10E-03	1,83E-01	2,25E-01	-1,88E-03		3,56E-02
35	Japan	3,32E-03	3,87E-03	1,10E-01	2,10E-01	-1,37E-02	2,79E-01	3,32E-03
36	Finnland	3,23E-03	5,97E-03	1,04E-01	2,08E-01	2,03E-02	2,81E-01	3,23E-03
37	Mauretanien	3,13E-03	-2,66E-03	9,78E-02		9,04E-03	1,35E-01	2,29E-02
38	Venezuela	2,66E-03	-3,39E-03	7,05E-02	1,48E-01	-2,12E-04	1,69E-01	1,68E-02
39	Bolivien	2,47E-03	-1,32E-03	6,12E-02	1,35E-01	4,03E-02	1,56E-01	1,65E-02
40	Nicaragua	2,44E-03	-1,50E-03	5,95E-02	1,45E-01	3,07E-03	1,52E-01	1,55E-02
41	Ägypten	2,41E-03	-1,78E-03	5,79E-02	1,33E-01	-2,50E-03	1,44E-01	1,76E-02
42	Schweden	2,29E-03	4,12E-03	5,23E-02	1,57E-01	8,85E-03	1,99E-01	
43	Mongolei	2,18E-03	-4,71E-04	4,73E-02	9,87E-02	2,09E-02	1,28E-01	1,23E-02
44	Bulgarien	2,02E-03	3,64E-04	4,09E-02	1,14E-01	-3,92E-03	1,42E-01	8,76E-03
45	Saudi Arabien	1,76E-03	-8,18E-04	3,10E-02	8,79E-02	-7,55E-03	1,13E-01	9,97E-03
46	Malaysia	1,62E-03	5,12E-04	2,62E-02	1,01E-01	-3,64E-03	1,13E-01	7,55E-03

- Fortsetzung auf nächster Seite -

Gold - Fortsetzung von vorheriger Seite -								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
47	Ecuador	1,58E-03	-1,21E-03	2,51E-02	9,58E-02	6,96E-04	1,08E-01	8,97E-03
48	Senegal	1,56E-03	-6,08E-04	2,43E-02	7,29E-02	1,72E-04	8,35E-02	1,04E-02
49	Nigeria	1,41E-03	-1,62E-03	1,99E-02	5,67E-02	-4,52E-04	6,02E-02	1,13E-02
50	Dem. Rep. Kongo	1,34E-03	-2,19E-03	1,78E-02	6,34E-02	2,68E-03	6,45E-02	1,25E-02
51	Sambia	1,33E-03	-3,98E-04	1,78E-02	7,40E-02	1,80E-03	6,65E-02	8,44E-03
52	Laos	1,30E-03	-1,22E-03	1,69E-02		3,89E-04	6,80E-02	8,22E-03
53	Georgien	1,18E-03	1,58E-05	1,40E-02	6,72E-02	-7,21E-04	7,56E-02	7,10E-03
54	Thailand	1,09E-03	-3,16E-04	1,19E-02	6,54E-02	-1,33E-03	7,11E-02	6,55E-03
55	Tadschikistan	8,55E-04	-9,41E-04	7,30E-03	3,31E-02	-3,76E-04	4,79E-02	6,27E-03
56	Indien	8,36E-04	-2,51E-04	6,99E-03	3,03E-02	-3,34E-04	4,20E-02	5,02E-03
57	Armenien	8,19E-04	-2,33E-04	6,71E-03	3,89E-02	-8,52E-04	5,33E-02	4,37E-03
58	Panama	8,07E-04	6,45E-05	6,51E-03	4,67E-02	2,26E-04	5,86E-02	4,57E-03
59	Kenia	8,01E-04	-5,50E-04	6,42E-03	3,95E-02	-4,17E-04	4,02E-02	5,88E-03
60	Namibia	7,87E-04	2,32E-04	6,19E-03	3,99E-02	4,26E-03	4,82E-02	4,46E-03
61	Honduras	7,22E-04	-4,02E-04	5,22E-03	3,79E-02	-5,06E-05	4,43E-02	4,81E-03
62	Nigeria	7,04E-04	-8,10E-04	4,96E-03	2,83E-02	-2,25E-04	3,00E-02	5,63E-03
63	Uruguay	6,98E-04	5,86E-04	4,87E-03	3,98E-02	3,34E-03	5,41E-02	1,40E-03
64	Aserbaidshan	6,77E-04	-5,72E-04	4,59E-03	2,92E-02	-7,52E-04	4,23E-02	4,06E-03
65	Salomonen	6,06E-04	-2,57E-04	3,67E-03				
66	Fidschi	6,00E-04	-3,50E-04	3,60E-03				
67	Botswana	5,96E-04	4,09E-04	3,55E-03	3,20E-02	6,85E-04	3,91E-02	2,18E-03
68	Franz. Guyana	4,35E-04	4,36E-04	1,89E-03				
69	Burundi	4,01E-04	-4,73E-04	1,61E-03		-1,61E-04	1,50E-02	3,34E-03
70	Polen	2,69E-04	2,24E-04	7,21E-04	1,70E-02	-6,07E-04	2,08E-02	7,16E-04
71	Kamerun	2,29E-04	-2,04E-04	5,24E-04	9,84E-03	1,85E-04	1,04E-02	1,68E-03
72	Marokko	1,98E-04	-6,48E-05	3,94E-04	9,08E-03	-1,21E-04	1,15E-02	1,26E-03
73	Costa Rica	1,91E-04	1,10E-04	3,64E-04	1,32E-02	-1,51E-04	1,48E-02	5,09E-04
74	Rumänien	1,91E-04	2,77E-05	3,64E-04	9,22E-03	-1,45E-04	1,29E-02	7,63E-04
75	Dominikanische Rep.	1,89E-04	-6,86E-05	3,57E-04	9,90E-03	-1,83E-04	1,19E-02	1,13E-03
76	Liberia	1,79E-04	-1,38E-04	3,20E-04		2,16E-04	7,88E-03	1,13E-03
77	Iran	1,53E-04	-1,77E-04	2,33E-04	6,52E-03	-2,85E-04	8,64E-03	1,12E-03
78	Slowakei	1,52E-04	1,20E-04	2,31E-04	1,01E-02	-2,10E-04	1,20E-02	4,56E-04
79	Serbien	1,37E-04	-1,63E-05	1,89E-04	6,34E-03	-1,69E-04	9,70E-03	5,95E-04
80	Algerien	1,30E-04	-1,21E-04	1,69E-04	6,32E-03	-1,30E-04	7,69E-03	8,24E-04
81	Gabun	1,14E-04	-6,28E-05	1,31E-04	6,63E-03	3,19E-03	5,53E-03	7,83E-04
82	Südkorea	7,97E-05	6,09E-05	6,36E-05	4,56E-03	-3,62E-04	6,15E-03	2,13E-04
83	Großbritannien	7,71E-05	1,03E-04	5,94E-05	5,30E-03	-2,74E-04	6,52E-03	
84	Sierra Leone	6,26E-05	-4,13E-05	3,91E-05		9,38E-06		4,38E-04
85	Uganda	6,22E-05	-3,48E-05	3,87E-05		-4,23E-05	2,97E-03	4,35E-04
86	Grönland	3,97E-05	5,59E-05	1,57E-05				
87	Mosambik	3,93E-05	-1,18E-05	1,54E-05	1,88E-03	4,40E-05	1,78E-03	2,75E-04
88	Myanmar	3,81E-05	-6,29E-05	1,46E-05	2,01E-03	9,54E-06		3,18E-04
89	Zentralafrikanische Rep.	2,29E-05	-2,86E-05	5,24E-06		1,63E-04	7,82E-04	1,98E-04
90	Oman	1,53E-05	2,95E-06	2,33E-06	6,71E-04	-4,35E-05		6,61E-05
91	Republik Kongo	1,34E-05	-1,35E-05	1,78E-06	6,30E-04	1,64E-04	6,41E-04	1,02E-04
92	Benin	7,63E-06	-2,21E-06	5,82E-07	3,84E-04	-3,43E-06	3,75E-04	4,32E-05
Gesamt		1,00E+00	6,40E-02	5,98E+02	4,57E+01	1,03E+00	6,37E+01	4,72E+00

Palladium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Russland	4,13E-01	-3,05E-01	1,70E+03	1,87E+01	5,53E-01	2,51E+01	2,34E+00
2	Südafrika	3,90E-01	9,96E-02	1,52E+03	1,35E+01	-4,61E-01	2,46E+01	2,21E+00
3	Kanada	7,63E-02	1,24E-01	5,82E+01	4,45E+00	6,03E-01	6,63E+00	7,63E-02
4	USA	6,08E-02	7,50E-02	3,70E+01	3,44E+00	-2,51E-01	5,03E+00	6,08E-02
5	Simbabwe	4,13E-02	-6,09E-02	1,71E+01	2,18E+00	-2,06E-02	1,99E+00	3,17E-01
6	Botswana	1,04E-02	7,12E-03	1,08E+00	5,57E-01	1,19E-02	6,80E-01	3,80E-02
7	Finnland	5,19E-03	9,59E-03	2,69E-01	3,34E-01	3,27E-02	4,51E-01	5,19E-03
8	Australien	2,94E-03	4,79E-03	8,65E-02	1,67E-01	2,32E-02	2,53E-01	2,94E-03
9	Polen	2,30E-04	1,92E-04	5,31E-04	1,46E-02	-5,21E-04	1,78E-02	6,15E-04
Gesamt		1,00E+00	-4,64E-02	3,34E+03	4,34E+01	4,91E-01	6,47E+01	5,05E+00

Platin								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Südafrika	7,53E-01	1,92E-01	5,66E+03	2,60E+01	-8,88E-01	4,74E+01	4,26E+00
2	Russland	1,29E-01	-9,58E-02	1,68E+02	5,88E+00	1,73E-01	7,87E+00	7,33E-01
3	Simbabwe	5,40E-02	-7,96E-02	2,91E+01	2,85E+00	-2,70E-02	2,61E+00	4,14E-01
4	Kanada	3,47E-02	5,62E-02	1,20E+01	2,03E+00	2,75E-01	3,02E+00	3,47E-02
5	USA	1,84E-02	2,27E-02	3,40E+00	1,04E+00	-7,62E-02	1,53E+00	1,84E-02
6	Kolumbien	6,14E-03	-1,39E-03	3,76E-01	3,82E-01	1,29E-02	4,13E-01	3,89E-02
7	Finnland	1,99E-03	3,69E-03	3,97E-02	1,28E-01	1,26E-02	1,73E-01	1,99E-03
8	Botswana	1,86E-03	1,28E-03	3,46E-02	9,99E-02	2,14E-03	1,22E-01	6,82E-03
9	Australien	6,48E-04	1,06E-03	4,20E-03	3,67E-02	5,10E-03	5,58E-02	6,48E-04
10	Polen	1,55E-04	1,29E-04	2,39E-04	9,81E-03	-3,49E-04	1,20E-02	4,12E-04
11	Äthiopien	3,99E-05	-3,83E-05	1,59E-05	2,10E-03	-1,75E-05		3,32E-04
Gesamt		1,00E+00	1,00E-01	5,88E+03	3,85E+01	-5,11E-01	6,32E+01	5,51E+00

Silber								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Mexiko	2,03E-01	-2,67E-02	4,13E+02	9,98E+00	-3,11E-01	1,35E+01	1,29E+00
2	Peru	1,45E-01	-2,64E-02	2,11E+02	7,30E+00	3,37E-01	9,62E+00	7,74E-01
3	China	1,38E-01	-8,00E-02	1,91E+02	5,84E+00	-1,70E-01	8,12E+00	8,30E-01
4	Australien	7,33E-02	1,19E-01	5,38E+01	4,15E+00	5,77E-01	6,31E+00	7,33E-02
5	Chile	5,49E-02	6,65E-02	3,01E+01	3,04E+00	3,24E-02	4,19E+00	1,65E-01
6	Polen	5,36E-02	4,47E-02	2,87E+01	3,40E+00	-1,21E-01	4,15E+00	1,43E-01
7	Russland	5,29E-02	-3,91E-02	2,80E+01	2,40E+00	7,09E-02	3,22E+00	3,00E-01
8	Bolivien	5,16E-02	-2,76E-02	2,66E+01	2,82E+00	8,40E-01	3,25E+00	3,44E-01
9	USA	4,76E-02	5,87E-02	2,27E+01	2,69E+00	-1,97E-01	3,94E+00	4,76E-02
10	Kasachstan	2,77E-02	-1,63E-02	7,65E+00	9,11E-01	-1,47E-02	1,65E+00	1,48E-01
11	Argentinien	2,72E-02	-5,90E-03	7,42E+00	1,54E+00	1,33E-01	1,92E+00	1,27E-01
12	Kanada	2,43E-02	3,94E-02	5,92E+00	1,42E+00	1,92E-01	2,12E+00	2,43E-02
13	Schweden	1,28E-02	2,32E-02	1,65E+00	8,84E-01	4,97E-02	1,12E+00	
14	Türkei	1,24E-02	-1,86E-04	1,55E+00	5,57E-01	-1,72E-02	8,03E-01	6,63E-02
15	Guatemala	1,16E-02	-6,69E-03	1,34E+00	6,02E-01	-7,54E-03	7,12E-01	8,50E-02
16	Indonesien	9,66E-03	-4,49E-03	9,33E-01	5,05E-01	1,35E-03	5,70E-01	5,79E-02
17	Indien	8,81E-03	-2,64E-03	7,76E-01	3,19E-01	-3,52E-03	4,42E-01	5,28E-02
18	Marokko	7,91E-03	-2,58E-03	6,26E-01	3,62E-01	-4,83E-03	4,59E-01	5,01E-02
19	Papua-Neuguinea	3,97E-03	-2,61E-03	1,57E-01				2,91E-02
20	Südafrika	3,11E-03	7,93E-04	9,68E-02	1,07E-01	-3,67E-03	1,96E-01	1,76E-02
21	Finnland	3,11E-03	5,74E-03	9,65E-02	2,00E-01	1,96E-02	2,70E-01	3,11E-03
22	Usbekistan	2,55E-03	-3,29E-03	6,51E-02	8,22E-02	-2,09E-03	1,46E-01	1,87E-02
23	Bulgarien	2,34E-03	4,21E-04	5,47E-02	1,32E-01	-4,54E-03	1,64E-01	1,01E-02
24	Nordkorea	2,13E-03	-3,38E-03	4,52E-02		-1,57E-03		1,49E-02
25	Honduras	2,06E-03	-1,15E-03	4,23E-02	1,08E-01	-1,44E-04	1,26E-01	1,37E-02
26	Philippinen	1,93E-03	-9,51E-04	3,74E-02	1,11E-01	-1,32E-03	1,27E-01	1,16E-02
27	Iran	1,70E-03	-1,97E-03	2,89E-02	7,27E-02	-3,18E-03	9,63E-02	1,25E-02
28	Griechenland	1,42E-03	5,12E-04	2,01E-02	8,50E-02	-5,34E-03	1,04E-01	
29	Mazedonien	1,28E-03	-1,08E-04	1,63E-02	5,99E-02	-5,40E-03	8,72E-02	6,38E-03
30	Portugal	1,21E-03	1,12E-03	1,46E-02	6,95E-02	-3,89E-03	9,71E-02	
31	Kolumbien	1,02E-03	-2,32E-04	1,05E-02	6,37E-02	2,16E-03	6,87E-02	6,47E-03
32	Thailand	8,27E-04	-2,40E-04	6,84E-03	4,96E-02	-1,01E-03	5,39E-02	4,96E-03
33	Mongolei	8,12E-04	-1,76E-04	6,59E-03	3,68E-02	7,80E-03	4,79E-02	4,60E-03
34	Armenien	8,08E-04	-2,30E-04	6,53E-03	3,84E-02	-8,40E-04	5,25E-02	4,31E-03
35	Dominikanische Rep.	7,89E-04	-2,87E-04	6,22E-03	4,14E-02	-7,65E-04	4,97E-02	4,73E-03
36	Rumänien	7,65E-04	1,11E-04	5,86E-03	3,70E-02	-5,82E-04	5,18E-02	3,06E-03
37	Laos	7,57E-04	-7,11E-04	5,73E-03		2,27E-04	3,97E-02	4,79E-03
38	Brasilien	6,48E-04	8,64E-05	4,20E-03	3,95E-02	3,93E-03	4,53E-02	2,59E-03
39	Neuseeland	6,09E-04	1,11E-03	3,71E-03	4,02E-02	3,58E-03	5,37E-02	
40	Tansania	5,74E-04	-2,05E-04	3,29E-03	3,11E-02	-9,18E-05	2,64E-02	3,83E-03
41	Dem. Rep. Kongo	3,91E-04	-6,41E-04	1,53E-03	1,86E-02	7,86E-04	1,89E-02	3,65E-03
42	Nicaragua	3,37E-04	-2,07E-04	1,14E-03	2,00E-02	4,25E-04	2,10E-02	2,13E-03
43	Irland	2,59E-04	3,75E-04	6,73E-04	1,52E-02	-7,29E-04	2,18E-02	
44	Saudi Arabien	2,48E-04	-1,15E-04	6,16E-04	1,24E-02	-1,06E-03	1,60E-02	1,41E-03
45	Serbien	2,21E-04	-2,62E-05	4,89E-04	1,02E-02	-2,72E-04	1,56E-02	9,58E-04
46	Japan	1,91E-04	2,23E-04	3,64E-04	1,21E-02	-7,88E-04	1,61E-02	1,29E+00

- Fortsetzung auf nächster Seite -

Silber - Fortsetzung von vorheriger Seite -								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
47	Ghana	1,66E-04	2,40E-05	2,75E-04	7,88E-03	-9,29E-05	9,28E-03	1,91E-04
48	Sudan	1,49E-04	-2,37E-04	2,21E-04	6,84E-03	1,03E-04	5,72E-03	8,29E-04
49	Südkorea	1,11E-04	8,44E-05	1,22E-04	6,32E-03	-5,02E-04	8,53E-03	1,39E-03
50	Äthiopien	1,02E-04	-9,80E-05	1,04E-04	5,38E-03	-4,49E-05		2,95E-04
51	Oman	8,41E-05	1,63E-05	7,08E-05	3,70E-03	-2,40E-04		8,50E-04
52	Kosovo	7,65E-05	-3,98E-05	5,86E-05				3,65E-04
53	Tadschikistan	7,65E-05	-8,43E-05	5,86E-05	2,97E-03	-3,37E-05	4,29E-03	4,59E-04
54	Ecuador	6,80E-05	-5,18E-05	4,63E-05	4,12E-03	2,99E-05	4,64E-03	5,61E-04
55	Aserbaidshan	5,10E-05	-4,31E-05	2,60E-05	2,20E-03	-5,66E-05	3,19E-03	3,85E-04
56	Großbritannien	2,26E-05	3,02E-05	5,10E-06	1,55E-03	-8,01E-05	1,91E-03	3,06E-04
57	Malaysia	1,96E-05	6,19E-06	3,82E-06	1,22E-03	-4,40E-05	1,37E-03	
58	Fidschi	1,78E-05	-1,04E-05	3,16E-06				9,13E-05
59	Slowakei	1,40E-05	1,11E-05	1,97E-06	9,35E-04	-1,94E-05	1,11E-03	
60	Algerien	4,25E-06	-3,96E-06	1,81E-07	2,06E-04	-4,25E-06	2,51E-04	4,21E-05
61	Italien	4,25E-06	2,22E-06	1,81E-07	2,93E-04	-1,64E-05	3,27E-04	2,69E-05
Gesamt		1,00E+00	1,07E-01	1,03E+03	5,03E+01	1,39E+00	6,81E+01	4,77E+00

Cadmium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	3,49E-01	-2,02E-01	1,22E+03	1,47E+01	-4,29E-01	2,05E+01	2,10E+00
2	Südkorea	1,43E-01	1,09E-01	2,03E+02	8,15E+00	-6,47E-01	1,10E+01	3,80E-01
3	Japan	8,42E-02	9,84E-02	7,09E+01	5,34E+00	-3,48E-01	7,09E+00	8,42E-02
4	Mexiko	7,05E-02	-9,28E-03	4,96E+01	3,46E+00	-1,08E-01	4,68E+00	4,46E-01
5	Kasachstan	6,06E-02	-3,58E-02	3,68E+01	2,00E+00	-3,21E-02	3,61E+00	3,23E-01
6	Kanada	5,71E-02	9,25E-02	3,26E+01	3,33E+00	4,51E-01	4,96E+00	5,71E-02
7	Russland	3,32E-02	-2,46E-02	1,10E+01	1,51E+00	4,45E-02	2,02E+00	1,88E-01
8	USA	2,85E-02	3,51E-02	8,10E+00	1,61E+00	-1,18E-01	2,36E+00	2,85E-02
9	Peru	2,71E-02	-4,93E-03	7,36E+00	1,36E+00	6,30E-02	1,80E+00	1,45E-01
10	Niederlande	2,66E-02	4,54E-02	7,06E+00	1,74E+00	-1,37E-01	2,32E+00	
11	Polen	2,50E-02	2,08E-02	6,23E+00	1,58E+00	-5,64E-02	1,93E+00	6,65E-02
12	Indien	2,13E-02	-6,39E-03	4,54E+00	7,72E-01	-8,52E-03	1,07E+00	1,28E-01
13	Bulgarien	2,04E-02	3,67E-03	4,16E+00	1,15E+00	-3,96E-02	1,43E+00	8,84E-02
14	Australien	1,85E-02	3,01E-02	3,42E+00	1,05E+00	1,46E-01	1,59E+00	1,85E-02
15	Norwegen	1,47E-02	2,49E-02	2,15E+00	1,03E+00	-1,17E-03	1,28E+00	1,47E-02
16	Brasilien	9,49E-03	1,27E-03	9,00E-01	5,78E-01	5,76E-02	6,64E-01	3,80E-02
17	Nordkorea	9,49E-03	-1,51E-02	9,00E-01		-7,02E-03		6,64E-02
18	Argentinien	1,71E-03	-3,70E-04	2,92E-02	9,65E-02	8,37E-03	1,21E-01	7,97E-03
Gesamt		1,00E+00	1,63E-01	1,67E+03	4,95E+01	-1,16E+00	6,84E+01	4,18E+00

Gallium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	5,06E-01	-2,93E-01	2,56E+03	2,14E+01	-6,22E-01	2,97E+01	3,04E+00
2	Kasachstan	2,12E-01	-1,25E-01	4,48E+02	6,98E+00	-1,12E-01	1,26E+01	1,13E+00
3	Ukraine	1,53E-01	-8,90E-02	2,34E+02	7,08E+00	-1,65E-01	9,93E+00	8,16E-01
4	Japan	7,06E-02	8,25E-02	4,98E+01	4,47E+00	-2,92E-01	5,94E+00	7,06E-02
5	Ungarn	5,88E-02	4,38E-02	3,46E+01	3,36E+00	-4,47E-02	4,35E+00	2,16E-01
Gesamt		1,00E+00	-3,80E-01	3,33E+03	4,33E+01	-1,24E+00	6,25E+01	5,27E+00

Germanium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	5,61E-01	-3,24E-01	3,14E+03	2,37E+01	-6,90E-01	3,29E+01	3,36E+00
2	Ukraine	3,03E-01	-1,76E-01	9,18E+02	1,40E+01	-3,27E-01	1,97E+01	1,62E+00
3	Russland	6,06E-02	-4,48E-02	3,67E+01	2,75E+00	8,12E-02	3,68E+00	3,43E-01
4	USA	4,55E-02	5,61E-02	2,07E+01	2,57E+00	-1,88E-01	3,76E+00	4,55E-02
5	Japan	3,03E-02	3,54E-02	9,18E+00	1,92E+00	-1,25E-01	2,55E+00	3,03E-02
Gesamt		1,00E+00	-4,54E-01	4,13E+03	4,50E+01	-1,25E+00	6,26E+01	5,40E+00

Tellur								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff- WGI	Rohstoff- HHI	Rohstoff- EPI	Rohstoff- Footprint	Rohstoff- SPI	Rohstoff- BTI
1	USA	5,21E-01	6,42E-01	2,71E+03	2,95E+01	-2,15E+00	4,31E+01	5,21E-01
2	Japan	4,17E-01	4,87E-01	1,74E+03	2,64E+01	-1,72E+00	3,51E+01	4,17E-01
3	Kanada	6,25E-02	1,01E-01	3,91E+01	3,65E+00	4,94E-01	5,43E+00	6,25E-02
Gesamt		1,00E+00	1,23E+00	4,49E+03	5,95E+01	-3,38E+00	8,36E+01	1,00E+00

Tantal								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	Brasilien	9,59E-01	1,28E-01	9,20E+03	5,84E+01	5,82E+00	6,71E+01	3,84E+00
2	Kanada	2,57E-02	4,16E-02	6,58E+00	1,50E+00	2,03E-01	2,23E+00	2,57E-02
3	Ruanda	5,04E-03	-1,14E-03	2,54E-01		-2,02E-03	2,49E-01	3,36E-02
4	Mosambik	2,83E-03	-8,49E-04	8,01E-02	1,35E-01	3,17E-03	1,28E-01	1,98E-02
5	Australien	2,63E-03	4,29E-03	6,93E-02	1,49E-01	2,07E-02	2,27E-01	2,63E-03
6	Dem. Rep. Kongo	1,98E-03	-3,25E-03	3,93E-02	9,41E-02	3,98E-03	9,57E-02	1,85E-02
7	Äthiopien	1,13E-03	-1,09E-03	1,28E-02	5,97E-02	-4,98E-04		9,43E-03
8	Nigeria	1,02E-03	-1,17E-03	1,04E-02	4,09E-02	-3,26E-04	4,35E-02	8,15E-03
9	Burundi	3,85E-04	-4,54E-04	1,48E-03		-1,54E-04	1,44E-02	3,21E-03
10	Bolivien	1,70E-05	-9,09E-06	2,88E-06	9,27E-04	2,76E-04	1,07E-03	1,13E-04
11	Somalia	1,70E-05	-3,89E-05	2,88E-06		-3,40E-07		1,70E-04
Gesamt		1,00E+00	1,66E-01	9,21E+03	6,04E+01	6,05E+00	7,01E+01	3,96E+00

Antimon								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff-WGI	Rohstoff-HHI	Rohstoff-EPI	Rohstoff-Footprint	Rohstoff-SPI	Rohstoff-BTI
1	China	8,62E-01	-4,99E-01	7,43E+03	3,64E+01	-1,06E+00	5,06E+01	5,17E+00
2	Tadschikistan	2,69E-02	-2,97E-02	7,25E+00	1,04E+00	-1,19E-02	1,51E+00	1,98E-01
3	Bolivien	2,66E-02	-1,42E-02	7,06E+00	1,45E+00	4,32E-01	1,67E+00	1,77E-01
4	Südafrika	2,14E-02	5,45E-03	4,57E+00	7,39E-01	-2,52E-02	1,35E+00	1,21E-01
5	Russland	2,02E-02	-1,49E-02	4,08E+00	9,18E-01	2,71E-02	1,23E+00	1,14E-01
6	Türkei	1,21E-02	-1,82E-04	1,47E+00	5,43E-01	-1,67E-02	7,83E-01	6,46E-02
7	Australien	1,18E-02	1,92E-02	1,39E+00	6,67E-01	9,28E-02	1,02E+00	1,18E-02
8	Kirgisien	6,06E-03	-5,06E-03	3,67E-01	2,81E-01	5,45E-04	3,46E-01	4,24E-02
9	Kasachstan	5,39E-03	-3,18E-03	2,90E-01	1,77E-01	-2,86E-03	3,20E-01	2,87E-02
10	Iran	4,04E-03	-4,68E-03	1,63E-01	1,73E-01	-7,56E-03	2,29E-01	2,96E-02
11	Thailand	2,98E-03	-8,63E-04	8,86E-02	1,79E-01	-3,63E-03	1,94E-01	1,79E-02
12	Kanada	4,58E-04	7,42E-04	2,10E-03	2,67E-02	3,62E-03	3,98E-02	4,58E-04
13	Mexiko	3,37E-05	-4,43E-06	1,13E-05	1,65E-03	-5,15E-05	2,24E-03	2,13E-04
14	Pakistan	1,35E-05	-1,54E-05	1,81E-06	5,33E-04	-4,58E-06	5,71E-04	1,17E-04
Gesamt		1,00E+00	-5,46E-01	7,46E+03	4,26E+01	-5,72E-01	5,93E+01	5,98E+00

Bismut								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff- WGI	Rohstoff- HHI	Rohstoff- EPI	Rohstoff- Footprint	Rohstoff- SPI	Rohstoff- BTI
1	China	8,16E-01	-4,72E-01	6,66E+03	3,45E+01	-4,72E-01	4,79E+01	4,90E+00
2	Mexiko	1,09E-01	-1,44E-02	1,19E+02	5,35E+00	-1,44E-02	7,24E+00	6,90E-01
3	Japan	5,63E-02	6,58E-02	3,17E+01	3,57E+00	6,58E-02	4,74E+00	5,63E-02
4	Kanada	1,07E-02	1,74E-02	1,15E+00	6,26E-01	1,74E-02	9,33E-01	1,07E-02
5	Russland	5,25E-03	-3,88E-03	2,75E-01	2,38E-01	-3,88E-03	3,19E-01	2,97E-02
6	Bolivien	2,45E-03	-1,31E-03	5,99E-02	1,34E-01	-1,31E-03	1,54E-01	1,63E-02
7	Usbekistan	2,33E-04	-3,00E-04	5,44E-04	7,52E-03	-3,00E-04	1,34E-02	1,71E-03
Gesamt		1,00E+00	-4,09E-01	6,81E+03	4,44E+01	-4,09E-01	6,13E+01	5,70E+00

Rhodium								
Nr.	Förderland	Anteil [-]	Rohstoff- WGI	Rohstoff- HHI	Rohstoff- EPI	Rohstoff- Footprint	Rohstoff- SPI	Rohstoff- BTI
1	Südafrika	8,40E-01	2,14E-01	7,05E+03	2,90E+01	-9,91E-01	5,29E+01	4,76E+00
2	Russland	9,43E-02	-6,98E-02	8,90E+01	4,29E+00	1,26E-01	5,73E+00	5,34E-01
3	Simbabwe	3,96E-02	-5,84E-02	1,57E+01	2,09E+00	-1,98E-02	1,91E+00	3,04E-01
4	Kanada	1,50E-02	2,44E-02	2,26E+00	8,78E-01	1,19E-01	1,31E+00	1,50E-02
5	USA	1,12E-02	1,38E-02	1,25E+00	6,32E-01	-4,61E-02	9,24E-01	1,12E-02
Gesamt		1,00E+00	1,24E-01	7,16E+03	3,69E+01	-8,12E-01	6,28E+01	5,62E+00

Anlage 9

Entscheidungsbaum

