

› DenkwerkZUKUNFT

Stiftung kulturelle Erneuerung



Die künftige Verfügbarkeit knapper, strategisch wichtiger Metalle

Risiken und Herausforderungen

Herausgeber: Denkwerk Zukunft - Stiftung kulturelle Erneuerung

Verfasser: Ferdinand Lutz, Bonn, April 2010

Denkwerk Zukunft - Stiftung kulturelle Erneuerung
Ahrstraße 45
53175 Bonn
Telefon 0228 372044
Telfax 0228 375869
E-Mail kontakt@denkwerkzukunft.de
Internet www.denkwerkzukunft.de

INHALT

KURZFASSUNG	5
ROHSTOFFSTECKBRIEFE	11
INDIUM.....	12
LITHIUM.....	14
SELTENE ERDEN	16
Scandium	17
Yttrium.....	17
Neodym.....	17
TANTAL.....	18
COLTAN.....	19
PLATINMETALLE	20
Platin	20
Palladium	21
Ruthenium.....	22
ZINN.....	23
GERMANIUM	25
NIOB.....	27
KOBALT	29
KUPFER.....	31
LITERATURVERZEICHNIS	33

KURZFASSUNG

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 den Kampf gegen die Erderwärmung gefährden. Der drohenden Versorgungsknappheit kann jedoch durch eine verstärkte Wiederverwertung entgegengewirkt werden.

Hauptproblem: regionale Konzentration

Ob die Verfügbarkeit eines Metalls künftig gewährleistet ist, hängt sowohl von seiner derzeit bekannten Menge als auch von seiner regionalen Verteilung, seiner Austauschbarkeit, seiner momentanen Wiederverwertung, der Marktmacht seiner Anbieter oder auch von möglichen Spekulationsgeschäften ab, die zu einer zusätzlichen Verknappung führen können.

Eine Erschöpfung der Rohstoffvorkommen ist bei jenen Metallen, denen Studien einen steigenden Bedarf voraussagen, bis auf wenige Ausnahmen nicht absehbar.¹ Dagegen ist eine Versorgungsknappheit aufgrund der regionalen Verteilung der Rohstoffvorkommen zu befürchten. Denn die Vorkommen konzentrieren sich im Wesentlichen auf China, Südafrika und Südamerika.

Die Konzentration der Metalle auf diese Länder bietet aus vielen Gründen Anlass zur Sorge:

- Sie kann rohstoffreiche, politisch instabile Länder, wie im Falle der Coltan-Vorkommen in der Demokratischen Republik Kongo, in schwere innenpolitische und regionale Konflikte stürzen, so dass die Rohstoffproduktion zum Erliegen kommt.
- Länder, deren eigener Bedarf an Rohstoffen wächst, können sich zu einem Stopp der Rohstofflieferungen in die übrige Welt veranlassen, um die heimische Nachfrage zu befriedigen.

1 Die Frage, ob die Zeitspanne bis zur endgültigen Erschöpfung der Rohstoffvorkommen als „kurz“, „ausreichend“ oder gar als „unproblematisch“ zu bezeichnen ist, ist eng mit dem Verantwortungsbewusstsein gegenüber kommenden Generationen verbunden – und daher eine ethisch-moralische Frage: Welcher Rohstoffverbrauch wird künftigen Generationen zugestanden, inwieweit muss heute Sorge für eine unbeschwertere Nutzung der Vorkommen durch unsere Nachkommen getragen werden?

- Im Falle bi- oder multilateraler Spannungen können Länder Rohstofflieferungen als politisches Druckmittel einsetzen.
- Länder, deren Infrastruktur nur unzureichend ausgebaut ist und Umweltkatastrophen kaum standzuhalten vermag, bergen ebenfalls ein erhebliches Risiko. Nach dem verheerenden Erdbeben im südlichen Zentralchile (Februar 2010) befürchteten Wissenschaftler beispielsweise, dass ein vergleichbares Beben an der letzten verbleibenden seismischen Lücke im Norden des Landes „die globale Versorgung mit Kupfer und Lithium zeitweise gefährden oder gar unterbrechen“ könnte.² Die Nachricht, in Südafrika sei wegen Stromausfällen mit Problemen bei der Platinförderung zu rechnen, sorgte im März dieses Jahres neben Befürchtungen über Versorgungsengpässe auch für Spekulationen über einen massiven Preisanstieg.³

Weitere Verknappung durch Rohstoffspekulationen

Neuartige Rohstoff-ETFs (Exchange Traded Funds) stellen einen zusätzlichen Preistreiber dar. Diese Fonds sind mit tatsächlichen Rohstoffen hinterlegt – führen also neben dem steigenden Bedarf von Zukunftstechnologien zu einer zusätzlichen Nachfrage nach Rohstoffen. Der im Januar in Amerika neu aufgelegte Palladium-ETF beispielsweise macht derzeit bereits acht Prozent der globalen Palladiumnachfrage eines Jahres aus.⁴ Gerade in Zeiten von Inflationsängsten flüchten Anleger bevorzugt in Sachwerte und verknappen die Rohstoffe dadurch. Diese Entwicklung findet in den Studien, die diesem Papier zugrunde liegen, allerdings noch keine Berücksichtigung.

Geringere Abhängigkeit durch Recycling

Die verstärkte Wiederverwertung von Rohstoffen vermag die Abhängigkeit von unsicheren Rohstofflieferanten zu verringern. Zudem können beim Recycling bis zu 95 Prozent der Energiekosten gegenüber der Erstgewinnung eingespart werden.⁵

Dennoch exportiert beispielsweise Deutschland jährlich 155.000 Tonnen Elektroschrott ins außereuropäische Ausland, vornehmlich in Entwicklungsländer. Die unsachgemäße Behandlung verursacht dort nicht nur schwerwiegende Umweltschäden, sondern entzieht dem Rohstoffkreislauf Metalle wie Indium, Platin oder Kupfer.⁶

2 Vgl. Deutsches GeoForschungszentrums (2010).

3 Vgl. FAZ (2010a).

4 Vgl. FAZ (2010a).

5 Vgl. FAZ (2010b).

6 Vgl. Umweltbundesamt (2010).

Hauptakteur China

China kommt eine besondere Rolle zu, da in diesem Land etliche der zuvor beschriebenen Verhältnisse anzutreffen sind: Die massive Konzentration von Rohstoffen wie Indium und Neodym geht hier einher mit einem stark wachsenden Bedarf. Außerdem versucht China, exklusiven Zugang etwa zu Lithiumreserven in Bolivien zu erlangen. Zugleich kauft die Volksrepublik das Gros des weltweiten Metallschrotts auf. Da Chinas Regierung dem BDI zufolge 2010 die Umsatzsteuer bei der Einfuhr von Metallschrott erlassen will, ist mit einer zusätzlichen Verknappung zu rechnen.⁷

Neun Kriterien der Verfügbarkeit

Um konkrete Aussagen über die künftige Verfügbarkeit strategisch wichtiger Metalle treffen zu können, wurden sie nach den folgenden Kriterien untersucht:

- 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
- Statische Reichweiten
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

7 Vgl. FAZ (2010b).

Rangfolge knapper, strategisch wichtiger Metalle

	Geringe statische Reichweite	Steigender Bedarf durch Zukunftstechnologien	Oligopolistischer Markt	Brisante regionale Konzentration	Bislang niedrige Recyclingquote
Indium	X	X	X	X	(X)
Lithium		X		X	X
Seltene Erden		X		X	X
Tantal / Coltan		X	X	X	X
Platinmetalle		X		X	
Zinn	X	(X)		X	
Germanium	(X)	X		(X)	
Niob			X	X	X
Kobalt				X	X
Kupfer	X				X

Tabelle: Merkmale ausgewählter Metalle

Drei Gruppen knapper, strategisch wichtiger Metalle lassen sich ausmachen:

- Metalle, denen Studien einen rasant wachsenden Bedarf durch Zukunftstechnologien bescheinigen, deren Vorkommen in unsicheren Regionen konzentriert sind und die über eine niedrige Wiederverwertungsrate verfügen:
Indium, Lithium, das Seltenerdmetall Neodym und Tantal.
- Metalle, bei denen ebenfalls mit einer rasch ansteigenden Nachfrage zu rechnen ist, die in unsicheren Regionen gelegen sind, jedoch bereits über eine relativ hohe Recyclingquote verfügen:
Platin, Zinn und gegebenenfalls Germanium.
- Metalle, die kein steigender Bedarf seitens ausgewählter Zukunftstechnologien, jedoch eine niedrige Recyclingquote gepaart mit einer physischen oder politischen Verknappung kennzeichnet:
Niob und Kobalt (brisante regionale Konzentration) sowie Kupfer (abzusehende physische Verknappung).

Nicht näher untersucht wurden Metalle, die physisch (beispielsweise Silber und Selen) oder politisch (etwa Wolfram) knapp zu werden drohen, bei denen es jedoch voraussichtlich keinen verstärkten Bedarf durch Zukunftstechnologien geben wird. Aufgrund fehlender Daten konnten einige Metalle wie Gallium, bei dem künftig ein starker Bedarf erwartet wird, nicht berücksichtigt werden.

Größtes Risiko bei Indium, Lithium, Neodym und Platin

Indium muss als der mit Abstand kritischste der hier betrachteten Rohstoffe angesehen werden: Zu über 70 Prozent in China gelegen reichen die derzeit bekannten Reserven unter der Annahme gleich bleibender jährlicher Produktion nur noch 18 Jahre aus – bei den Ressourcen ist nach etwas mehr als 25 Jahren Schluss. Gleichzeitig ist jedoch mit einem stark wachsenden Bedarf zu rechnen. Allein um die Nachfrage einiger ausgewählter Zukunftstechnologien im Jahr 2030 befriedigen zu können, müsste sich die derzeitige jährliche Indiumproduktion reichlich verdreifachen. Die schlichte Gegenüberstellung dieser Zahlen zeigt: Dies ist ohne einen massiven Ausbau des Recyclings und die intensive Suche nach Alternativen nicht möglich.

Ebenfalls eine große Rolle für Zukunftstechnologien spielen Lithium, Neodym und Tantal – stets verbunden mit einer äußerst ungünstigen regionalen Konzentration der Rohstoffvorkommen und einem verschwindend geringen Anteil an Sekundärrohstoffen.

Im Falle von **Lithium** beispielsweise reichen die statischen Reserven zwar noch über ein halbes Jahrtausend lang, doch liegen diese zu 90 Prozent in politisch oder geologisch relativ unsicheren Ländern wie Chile, Argentinien, China und Zimbabwe. Unterstellt man einen rasch steigenden Bedarf an Lithium-Ionen-Akkumulatoren – gerade auch mit Blick auf einen verstärkten Einsatz von Elektrofahrzeugen –, gehen die Reserven bereits im Jahr 2045 zuneige.

Ähnlich verhält es sich mit den Metallen der seltenen Erden: Hier reichen die Reserven zwar noch etwa 800 Jahre lang, jedoch kommen momentan 97 Prozent dieser Rohstoffe aus China. Im Falle des seltenen Erdmetalls **Neodym** wird alleine die Nachfrage durch Hochleistungs-Dauermagneten, die derzeit etwa 55 Prozent der Gesamtnachfrage nach Neodym ausmacht, künftig beinahe eine Vervierfachung der Neodymproduktion erfordern.

Ebenso 800 Jahre lang halten bei gleich bleibender Nachfrage die Reserven der Platinmetalle vor, die zu beinahe 90 Prozent in Südafrika liegen. Besonders die Nachfrage nach **Platin** wird sich künftig im Zuge der Verwendung bei Brennstoffzellen deutlich erhöhen – auch hier übersteigt der geschätzte Bedarf allein dieser einen Zukunftstechnologie bereits die derzeitige Produktion.

Bisher gibt es wenige Studien zur Versorgungssituation von strategisch wichtigen Metallen und zum zukünftigen Rohstoffbedarf. Hier besteht Forschungsbedarf. Zudem muss berücksichtigt werden, dass das mengenmäßige Erfassen von Rohstoffressourcen und -reserven äußerst schwierig ist und stetigen Schwankungen unterliegt. Bei den folgenden Rohstoffsynopsen wird die jeweils aktuellste Quelle verwendet.

ROHSTOFFSTECKBRIEFE

INDIUM

Produktion in t (2009) ⁸	600		
Reserven in t (2007) ⁹	11.000	Ressourcen in t (2007) ¹⁰	16.000
Statische Reservenreichweite	18 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	> 25 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ¹¹	VR China: 50 % Südkorea: 14 % Japan: 13 % (Top 3: 77 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2007) ¹²	VR China: 73 % Peru: 3 % USA: 2,5 % (Top 3: 78,5 %)		
Verwendung ¹³	Dünnschichtbeschichtungen (ITO), Legierungen und Lote, Halbleiter und elektronische Komponenten		
Substituierbar durch ¹⁴	Antimony tin oxides (ATO) für ITO-Beschichtung in LCDs, Carbon nanotube sowie Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) für ITO-Beschichtung in flexiblen Anzeigen.		
Recyclingquote ¹⁵	k.A.		

Sowohl die außergewöhnlich kurze Reichweite als auch die starke Konzentration der Reserven in China bieten Anlass zur Sorge.

Über die Recyclingquote von Indium liegen keine konkreten Daten vor. Das Bedampfen von ITOs (engl. *indium tin oxides*) hat sich als äußerst ineffizient erwiesen. U.S. Geological Survey - USGS (2010b) schätzt jedoch, dass etwa 60 bis 65 Prozent des Indiums in neuen ITO-Materialien wieder verwertbar sind. Neuere technologische Prozesse erlauben sogar das direkte Regenerieren von verschrotteten LCD-Panels.

Recycling wird momentan verstärkt in China, Japan und Südkorea betrieben.

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Dünnschicht-Photovoltaik	1	285	285	0,48
ITO auf Displays	230	1.580	6,9	2,63
Weißer LED	3	46	15,3	0,08
	234	1.911	8,2	3,19

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

8 Vgl. USGS (2010b).

9 Vgl. USGS (2008).

10 Vgl. USGS (2008).

11 Vgl. USGS (2010b).

12 Vgl. USGS (2008).

13 Vgl. BGR (2007).

14 Vgl. BGR (2007).

15 Vgl. USGS (2010b).

Der zukünftige Indiumbedarf ausgewählter Zukunftstechnologien überschreitet die heutige Produktion um ein Vielfaches – hervorzuheben ist hier vor allem ITO auf Displays: Der Bedarf wird sich hier bis 2030 fast versiebenfachen und die heutige Produktion um das 2,63-fache übersteigen. Ein massiver Ausbau des Recyclings scheint mit Blick auf die geringe Reichweite und die ungünstige regionale Konzentration unvermeidlich.

LITHIUM

Produktion in t (2009) ¹⁶	18.000		
Reserven in t (2009) ¹⁷	9,9 Mio.	Ressourcen in t (2009) ¹⁸	25,5 Mio.
Statische Reservenreichweite	550 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	> 1400 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ¹⁹	Chile: 41 % Australien: 24 % VR China: 13 % (Top 3: 78 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ²⁰	Chile: 76 % Argentinien: 8 % Australien: 6 % (Top 3: 90 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) ²¹	GEA Group AG (Deutschland) 23,9 % Sons of Gwalia (Australien) 23,9 % FMC Corp. (USA) 10,0 % (Top 3: 57,8 %)		
Verwendung ²²	Akkumulatoren und Batterien, Flußmittel in den Aluminium-Hütten, Keramik, Glaswaren, Reaktorindustrie, Medizin, Organische Chemie		
Substituierbar durch ²³	Kalzium, Magnesium, Quecksilber, Zink		
Recyclingquote ²⁴	unwesentlich		

Obwohl die statische Reichweite von Lithium beträchtlich ist, birgt die regionale Konzentration hohe Risiken: 90 Prozent der Lithiumreserven befinden sich in Chile, Argentinien, China und Zimbabwe.²⁵ Einer anderen Quelle zufolge liegt knapp die Hälfte aller Lithiumreserven in einem bolivianischen Vorkommen.²⁶ Die unternehmerische Konzentration hingegen beurteilt der BDI (2010) als „mäßig kritisch“.

Mit einem wachsenden Bedarf von Lithium kann künftig wegen der u.a. in Hybrid-, Brennstoffzellen- und Elektrofahrzeugen verwendeten Lithium-Ionen-Akkumulatoren gerechnet werden.²⁷

16 Vgl. USGS (2010b).

17 Vgl. USGS (2010b).

18 Vgl. USGS (2010b).

19 Vgl. USGS (2010b).

20 Vgl. USGS (2010b).

21 Vgl. BGR (2007).

22 Vgl. BGR (2007).

23 Vgl. BGR (2007).

24 Vgl. USGS (2010b).

25 Vgl. USGS (2010b).

26 „Nicht nur auf elektrischem Wege zur Verschwendung“, in: FAZ vom 6. April 2010.

27 Vgl. BDI (2010).

Fraunhofer (2009) kommt in einer Studie über den künftigen Lithium-Bedarf zum Schluss, dass „selbst unter extremen Annahmen in den nächsten vier Jahrzehnten nicht mit einer Knappheit der Lithium-Reserven zu rechnen ist“. Hiermit ist eine physische Verknappung gemeint.

Der Studie liegt zum einen ein „Pluralismus-Szenario“ zugrunde, in dem von einem gemäßigten Bedarf an Elektrofahrzeugen und einer Deckung der Gesamtnachfrage durch Sekundärlithium von rund 25 Prozent ausgegangen wird. Unter diesen Annahmen rechnet das Institut damit, dass bis 2050 etwa 51 Prozent der weltweit vorhandenen Lithium-Reserven verbraucht sein werden – bei einer Ausbeutung von 20 Prozent der geologischen Vorräte.

In einem „Dominanz-Szenario“, das eine „sehr schnelle und hohe Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen“ vorsieht, erschöpfen sich die globalen Reserven bereits im Jahr 2045 gänzlich, trotz Wiederverwertung des Sekundärlithiums und Verbrauch von etwa 50 Prozent der weltweiten Ressourcen.²⁸ Aufgrund der Fokussierung der Lithium-Reserven auf wenige, geopolitisch instabile Länder und der Abbau in bislang weitgehend unberührten Ökosystemen empfehlen die Autoren die rasche Etablierung eines Lithium-Recycling-systems sowie die Entwicklung alternativer Batteriesysteme.²⁹

28 Dieser Studie liegen jedoch bereits veraltete, deutlich niedrigere Reserven- und Ressourcenschätzungen zugrunde.

29 Vgl. Fraunhofer (2009).

SELTENE ERDEN

Sammelbegriff für Scandium, Yttrium, Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium. Es wird unterschieden zwischen

- Seltene Erden Oxide (REO) und
- Seltene Erden Metalle (REM), darunter Einzelmetalle und Mischmetall.

Produktion in t (2009) ³⁰	124.000		
Reserven in t (2009) ³¹	99 Mio.	Ressourcen in t (2004) ³²	> 150 Mio.
Statische Reservenreichweite	800 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	> 1200 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ³³	VR China: 97 % Indien: 2 % Brasilien: 0,5 % (Top 3: 99,5 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ³⁴	VR China: 36 % Commonwealth: 19 % USA: 13 % (Top 3: 68 %)		
Verwendung ³⁵	Katalysatoren für Automobile und Erdölraffinerien (REO im Keramikkörper), Metallurgische Additive und Legierungen (Mischmetall in rostfreien Stählen, Batterie- und Gusslegierungen), Glaspolierung und Keramik (REO als Schleifmittel)		
Recyclingquote ³⁶	Sehr gering (meist Abfallprodukte von Dauermagneten)		

Die Reserven Seltener Erden sind trotz des irreführenden Namens groß – die momentan bekannten Reserven verfügen über eine statische Reichweite von 800 Jahren.

Derzeit kommen 97 Prozent der jährlichen Produktion aus China, die Reserven sind deutlich breiter verteilt. Dennoch stellt ein kurzfristiger Ausfall Chinas als Rohstofflieferant ein erhebliches Risiko dar, da für eine Ausweitung der Produktion ein langer zeitlicher Vorlauf benötigt wird. Dem sollte durch eine Erhöhung der Recyclingquote entgegengewirkt werden.

Im Folgenden werden die Seltenerdmetalle Scandium, Yttrium und Neodym hinsichtlich eines wachsenden Bedarfs durch ausgewählte Zukunftstechnologien näher betrachtet.

30 Vgl. USGS (2010b).

31 Vgl. USGS (2010b).

32 Vgl. BGR/Fraunhofer/RWI (2007).

33 Vgl. USGS (2010b).

34 Vgl. USGS (2010b).

35 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

36 Vgl. USGS (2010b).

Scandium

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2006
Brennstoffzelle	0	3		2,3

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Um den künftigen Bedarf an Scandium zur Herstellung von Brennstoffzellen decken zu können, müsste sich die heutige Produktion von Scandium im Jahr 2030 mehr als verdoppeln.

Yttrium

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Hochtemperatursupraleitung	0	75		0,01
Laser für die Materialbearbeitung	1	8	8	< 0,01
Brennstoffzelle	0	2		< 0,01
	1	85	85	0,01

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), USGS (2010b), eigene Berechnung

Zwar wird sich der Yttriumbedarf ausgewählter Zukunftstechnologien bis 2030 schätzungsweise um den Faktor 85 erhöhen – dies würde jedoch nur 1 Prozent der gegenwärtigen Yttriumproduktion ausmachen.

Neodym

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2006
Hochleistungs-Dauermagnete	4.000	27.900	7	3,82

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Die Produktion von Hochleistungs-Dauermagneten beansprucht etwa 55 Prozent des heutigen Neodymbedarfs. Bis 2030 wird sich der Bedarf voraussichtlich versiebenfachen. Dies würde die Produktion aus dem Jahre 2006 um ein Vielfaches übersteigen.³⁷

Hochleistungs-Dauermagneten werden zur Herstellung von Elektromotoren benötigt.

³⁷ Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

TANTAL

Produktion in t (2009) ³⁸	1.160		
Reserven in t (2009) ³⁹	110.000	Ressourcen in t (2007) ⁴⁰	180.000
Statische Reservenreichweite	95 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	> 150 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ⁴¹	Australien: 48 % Brasilien: 16 % DR Kongo: 9 % (Top 3: 73 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ⁴²	Brasilien: 59 % Australien: 36 % (Top 2: 96 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) ⁴³	Sons of Gwalia (Australien): 64,3 % Cabot Corp. (USA): 4,1 % (Top 2: 63,4 %)		
Verwendung ⁴⁴	Kondensatoren (v.a. für KFZ, PC, GPS-Systeme, digitale Kameras, Handys, sowie kleinste elektronische Geräte), IR-Sensoren, Elektrokeramik, Karbide, Superlegierungen, Medizintechnik (Instrumente, Implantate), Flugzeugturbinen, Strahltriebwerke		
Substituierbar durch ⁴⁵	Niob (Hartmetall), Aluminium und Keramik (Kondensatoren), Glas, Niob, Platin, Titan, Zirkonium (korrosionsbeständiges Material) – dies alles jedoch nur mit Effizienzverlusten		
Recyclingquote ⁴⁶	20-25 % (USA), weltweit ca. 20 %		

Die Tantal-Reserven befinden sich zu etwa 60 Prozent in Brasilien und verfügen über eine statische Reichweite von etwa einem Jahrhundert.

Elektrogeräte machen etwa 68 Prozent des gesamten Tantalverbrauchs aus und bieten somit ein erhebliches Potential für die Wiederverwertung. Bei ihrer Entsorgung werden Elektrogeräte jedoch mechanisch zerkleinert, so dass das Tantal entweder zerstäubt oder anderweitig verloren geht. Zur Erhöhung der Recyclingrate erwägt China daher eine manuelle Bearbeitung.⁴⁷

BGR/Fraunhofer/RWI (2007) gehen von einer Verdreifachung des Bedarfs an Primärtantal bis 2025 aus. Das Hinzuzählen von Tantal zu der Gruppe potentiell kritischer Rohstoffe

38 Vgl. USGS (2010b).

39 Vgl. USGS (2010b). Die Tantalreserven schwanken: Wurden sie in den 90er Jahren noch auf etwa 22.000 Tonnen beziffert, im Jahr 2007 sogar auf 130.000 Tonnen erhöht, liegt die Schätzung nun bei 110.000 Tonnen.

40 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

41 Vgl. USGS (2010b).

42 Vgl. USGS (2010b).

43 Vgl. BGR (2007).

44 Vgl. BGR (2007), Fraunhofer/IZT (2009).

45 Vgl. USGS (2010b).

46 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009), BMU (2007).

47 Vgl. BMU (2007).

können sich die Autoren allerdings nur mit der temporären Preissteigerung im Jahr 2001 erklären: Die zunehmende Zahl neuer Förderstätten (Kanada, Ägypten und Saudi-Arabien), die hohen Vorkommen in Australien und Kanada (Reservenreichweite zusammen 29 Jahre, Ressourcenreichweite etwa 100 Jahre), das Potential für Recycling sowie die vielfältigen Substitutionsmöglichkeiten führen nach Ansicht der Autoren vielmehr zu einer als „unproblematisch“ einzustufenden Angebotssituation.⁴⁸

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Mikroelektronische Kondensatoren	551	1.410	2,6	1,22

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Fraunhofer/IZT (2009) rechnen mit einem Tantal-Bedarf für mikroelektronische Kondensatoren im Jahr 2030 von 1.410 Tonnen. Allein dieser Bedarf würde allerdings die gesamte heutige Produktion schon um reichlich 20 Prozent übersteigen.

COLTAN

Das Erz Coltan geriet in der Vergangenheit verstärkt in die Medien, da es in der Demokratischen Republik Kongo illegal von Bürgerkriegsparteien abgebaut wird und dadurch zu erheblichen gesundheitlichen und ökologischen Schäden führt. Die Abkürzung „Coltan“ steht für Columbit-Tantalit. Durch verschiedene Extraktionsverfahren können aus Coltan hochreine Tantal- und Nioblösungen gewonnen werden. Ein Anstieg der Tantalpreise führte in der Vergangenheit auch zu einer Erhöhung der Coltanpreise und machte das Geschäft im Kongo für die Rebellengruppen zunehmend attraktiver, verstärkte allerdings auch die Konflikte.⁴⁹

48 Vgl. BGR/Fraunhofer/RWI (2007).

49 Vgl. BMU (2007).

PLATINMETALLE

Sammelbegriff für Platin, Ruthenium, Palladium, Rhodium, Osmium und Iridium.

Produktion in t (2006) ⁵⁰	ca. 518		
Reserven in t (2009) ⁵¹	71.000	Ressourcen in t (2009) ⁵²	> 100.000
Statische Reservenreichweite	800 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	> 1200 Jahre
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ⁵³	Südafrika: 89 % USA: 1 % Kanada: 0,4 % (Top 3: 90,4 %)		
Recyclingquote ⁵⁴	45 % (Deutschland)		

Mit Südafrika liegt das Gros der Platinmetallreserven in einer instabilen Region. Obwohl ausreichend verfügbar ist die Versorgung mit Platinmetallen folglich als riskant einzuschätzen. Die hohe Recyclingquote kann als eine Reaktion auf dieses Risiko gewertet werden.

Im Folgenden wird näher auf einige ausgewählte Platinmetalle eingegangen, insbesondere auf Platin selbst.

Platin

Produktion in t (2009)	178
Verwendung	Kfz-Abgaskatalysatoren (Dreiwegekatalysator in Ottomotoren, Oxidationskatalysator in Dieselmotoren), Schmuck (Uhren, Ringe, Schreibfedern, Sondermünzen), Brennstoffzellen, Thermoelemente, 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 Retinainplantaten, Beschichtung von Rasierklingen.
Regionale Konzentration der Produktion (2008) ⁵⁵	Südafrika: 77 % Russland: 12 % Kanada: 4 % (Top 3: 93 %)

50 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

51 Vgl. USGS (2010b).

52 Vgl. USGS (2010b).

53 Vgl. USGS (2010b).

54 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

55 Vgl. USGS (2010a).

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Brennstoffzellen für Elektrofahrzeuge	gering	344		1,93

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), USGS (2010b), eigene Berechnung

Platin sticht bei der Bedarfsprojektion ausgewählter Zukunftstechnologien besonders hervor - um den künftigen Bedarf zur Herstellung von Brennstoffzellen für Elektrofahrzeuge decken zu können, müsste die derzeitige Platinproduktion fast doppelt so hoch sein.

Palladium

Produktion in t (2009)	195			
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			
Regionale Konzentration der Produktion (2008) ⁵⁶	Russland: 43 % Südafrika: 37 % Kanada: 7 % (Top 3: 87 %)			
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

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), USGS (2010b), eigene Berechnung

Ausgewählte Zukunftstechnologien machten im Jahr 2006 zwölf und werden im Jahr 2030 schätzungsweise 39 Prozent der Palladiumproduktion von 2009 ausmachen.

⁵⁶ Vgl. USGS (2010a).

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 2006
Farbstoffsolarzellen	0	1		0,03

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

ZINN

Produktion in t (2009) ⁵⁷	307.000		
Reserven in t (2009) ⁵⁸	5,6 Mio.	Ressourcen in t (2006) ⁵⁹	10,8 Mio.
Statische Reservenreichweite	18 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	35 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ⁶⁰	China: 37 % Indonesien: 33 % Peru: 12,4 % (Top 3: 82 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ⁶¹	China: 30 % Indonesien: 14 % Peru: 13 % (Top 3: 57 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) ⁶²	State of Indonesia: 17,2 % Minsur (Peru): 15,1 % State of China: 7,3 % (Top 3: 39,6 %)		
Verwendung ⁶³	Bleilote und bleifreie Weichlote, bspw. SnAg-Cu, Dosenblech, PVC-Stabilisatoren, Pigmente, Katalysatoren, Biozide.		
Substituierbar durch ⁶⁴	Aluminium, Glas, Papier, Plastik für Dosen und Behältnisse. Epoxidharze, Alu-, Kupferlegierungen für Bronze.		
Recyclingquote ⁶⁵	ca. 22 % (USA)		

Besorgniserregend sind im Falle von Zinn besonders die kurze Reichweite sowie die massive Konzentration der Vorkommen auf größtenteils politisch oder geologisch unsichere Länder: 92 Prozent der gesamten Zinnreserven befinden sich in China, Indonesien, Peru, Brasilien, Malaysia, Bolivien, Russland und Thailand. ⁶⁶

57 Vgl. USGS (2010b).

58 Vgl. USGS (2010b).

59 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

60 Vgl. USGS (2010b).

61 Vgl. USGS (2010b).

62 Vgl. BGR (2007).

63 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

64 Vgl. USGS (2010b).

65 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

66 Vgl. USGS (2010b).

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

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Der Zinnbedarf ausgewählter Zukunftstechnologien wird sich nur mäßig erhöhen. Fraunhofer/IZT (2009) bewerten die Rückgewinnung von Zinn aus dem größten Verwendungsegment, elektrische und elektronische Produkte, als noch ausbaufähig. Jedoch müsse der Ausbau des Zinninventars in einer wachsenden Weltwirtschaft zum größten Teil aus Primärquellen erfolgen.

GERMANIUM

Produktion in t (2009) ⁶⁷	140		
Reserven in t (2009) ⁶⁸	450 (nur USA)	Ressourcen in t (2009) ⁶⁹	k.A.
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ⁷⁰	China: 71 % Russland: 4 % USA: 3 % (Top 3: 78 %)		
Importquellen für USA (2005-2008) ⁷¹	Belgien: 46 % China: 24 % Deutschland: 13 % Russland: 13 %		
Verwendung (2007) ⁷²	Glasfaser 35%, Infrarot Systeme 30 %, Polymer Katalysator 15%, Elektronik + PV 15%		
Substituierbar durch ⁷³	Titan und Aluminium für Verwendung als Katalysator, Siliziumspeicherchips als Ersatz für Siliziumgermaniumchips		
Recyclingquote ⁷⁴	Ca. 50 % (USA, 2000), weltweit ca. 30 %		

Die Datenlage zu Germanium ist eingeschränkt – weder liegen Informationen über die Menge der Gesamtreserven und -ressourcen vor noch über deren regionale Verteilung. Deshalb lassen sich keine klaren Aussagen zur künftigen Versorgungssituation machen.

Festzuhalten ist, dass drei Viertel der derzeitigen Germaniumförderung auf China und Russland entfallen. Blieben diese Quellen aus, würden die Reserven der USA bei gleich bleibendem Bedarf nur noch drei Jahre lang ausreichen.

Ein Blick auf die Importquellen der USA zeigt jedoch ein weniger dramatisches Bild – Deutschland und Belgien waren immerhin in der Lage, gemeinsam gut 60 Prozent des Germaniumbedarfs der Amerikaner zu stillen.

Die Nachfrage nach Germanium unterlag in der Vergangenheit erheblichen Schwankungen: Stieg der Bedarf in den 1970er Jahren durch die Verwendung Germaniums in der Infrarottechnik stark an, verringerte er sich im Jahre 1993 plötzlich, um zwei Jahre später durch einen verstärkten Einsatz in der Glasfaserproduktion wiederum stark anzuziehen. Anfang des neuen Jahrtausends brach mit dem Markt für Glasfasern auch die Nachfrage nach Germanium ein – neuerdings sorgt die Benutzung von Germanium bei der Herstellung von Siliziumgermaniumchips in der Halbleiterindustrie allerdings wieder für eine steigende Nachfrage. Ein Verbot von Antimon als Katalysator für die PET-Produktion aus gesundheitlichen Gründen könnte den Germanium-Bedarf zusätzlich erhöhen.⁷⁵

67 Vgl. USGS (2010b).

68 Vgl. USGS (2010b).

69 Vgl. USGS (2010b).

70 Vgl. USGS (2010b).

71 Vgl. USGS (2010b).

72 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

73 Vgl. Fraunhofer/RWI (2007).

74 Vgl. USGS (2000), USGS (2010b).

75 Vgl. Fraunhofer/RWI (2007).

Fraunhofer/RWI (2007) sehen aufgrund der in der Vergangenheit oft bewiesenen Substituierbarkeit Germaniums keine „unüberwindbare Engpasssituationen“.

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

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Die Nachfrage durch Glasfaserkabel, die momentan etwa 20 Prozent der Gesamtproduktion ausmacht, wird sich bis 2030 voraussichtlich fast verachtfachen. Dies würde die heutige Gesamtproduktion um 60 Prozent übersteigen.

Aufgrund der unzureichenden Informationen, der in verschiedenen Quellen hervorgehobenen Substituierbarkeit Germaniums sowie der viel versprechend hohen Recyclingquote in den USA ist unsicher, in welchem Maße die künftige Versorgung mit Germanium als riskant eingeschätzt werden muss. Allerdings ist ein weiterer Ausbau des Recyclings zu empfehlen.

NIOB

Produktion in t (2009) ⁷⁶	62.000		
Reserven in t (2009) ⁷⁷	2,9 Mio.	Ressourcen in t (2008) ⁷⁸	460 Mio.
Statische Reservenreichweite	> 45 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	> 7.400 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2008) ⁷⁹	Brasilien: 95 % Kanada: 5 % (Top 2: 100 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2008) ⁸⁰	Brasilien: 96 % Kanada: 2 % Australien: 1 % (Top 3: 99 %)		
Unternehmerische Konzentration (2010) ⁸¹	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (kurz CBMM, Brasilien) Anglo American (Großbritannien) Iamgold Corp (USA) (Top 3: 85 %)		
Verwendung ⁸²	Hochfeste und leichte Stähle (für Automobilindustrie, Schienen, Pipelines, Werkzeuge, Schiffbau, Gebäude), Keramik-kondensatoren (Nioboxid) und Kondensatoren (Niobpulver), Natrium-Dampf-Lampen (Niob-Zirkonium-Stähle), Verwendung in elektrooptischen und piezoelektrischen Bauteilen		
Substituierbar durch ⁸³	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 ⁸⁴	ca. 20 %		

Momentan werden rund 95 Prozent des globalen Niobangebots in Brasilien gefördert. Nach derzeitigem Wissensstand liegen dort etwa 96 Prozent der Reserven, deren Bewertung jedoch massiv schwankt: Ging USGS (2007) für das Jahr 2006 noch von weltweit 4,4 Mio. Tonnen Niobreserven aus, wurde diese Schätzung ein Jahr später von USGS (2008) auf 2,7 Mio. Tonnen verringert. USGS (2010b) geht derzeit von etwa 2,9 Mio. Tonnen Reserven aus.

Daten über die Verteilung der Ressourcen liegen in nur sehr begrenztem Maße vor. Die USA verfügen über schätzungsweise 150.000 Tonnen Niob-Ressourcen, deren Förderung jedoch bei den aktuellen Preisen nicht wettbewerbsfähig ist.

⁷⁶ Vgl. USGS (2010b).

⁷⁷ Vgl. USGS (2009).

⁷⁸ Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

⁷⁹ Vgl. USGS (2009).

⁸⁰ Vgl. USGS (2008).

⁸¹ Vgl. <http://www.mining-technology.com/features/feature74139/> (30. März 2010).

⁸² Vgl. BGR (2007).

⁸³ Vgl. BGR (2007), USGS (2010).

⁸⁴ Vgl. USGS (2010b).

Generell wird davon ausgegangen, dass die Weltressourcen den erwarteten Bedarf problemlos decken können.⁸⁵

Zukunftstechnologie	Bedarf 2006 in t	Bedarf 2030 in t	Faktor Bedarfssteigerung	Bedarf 2030 / Produktion 2009
Mikroelektronische Kondensatoren	288	1.410	4,9	0,023

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Zwar wird sich der Niobbedarf für mikroelektronische Kondensatoren bis 2030 fast verfünffachen, dies macht jedoch lediglich zwei Prozent der heutigen Niobproduktion aus. Niob wird hauptsächlich aufgrund seiner Fähigkeit, Stahl zu härten, eingesetzt. In den USA werden gegenwärtig 95 Prozent des nationalen Niobbedarfs in der Stahlindustrie verwendet.⁸⁶

Die hohe Konzentration der Niobvorkommen auf Brasilien und die eingeschränkte Substituierbarkeit des Rohstoffs sprechen für eine höhere Recyclingquote.

85 Vgl. USGS (2010b).

86 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

KOBALT

Produktion in t (2009) ⁸⁷	62.000		
Reserven in t (2009) ⁸⁸	6,6 Mio.	Ressourcen in t (2009) ⁸⁹	15 Mio.
Statische Reservenreichweite	> 100 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	240 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ⁹⁰	DR Kongo: 40 % USA / Kanada / Russland: jeweils 10 % (Top 3: 60 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ⁹¹	DR Kongo: 52 % Australien: 23 % Cuba: 8 % (Top 3: 83 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) ⁹²	Inco (Kanada): 8 % Glencore (Schweiz): 4 % Noranda (Kanada): 1,8 % (Top 3: 13,8 %)		
Verwendung ⁹³	Batterien (Lithium-Ionen und Nickel-Metallhydrid Akkumulatoren), Superlegierungen (Gasturbinenschaufeln, medizinische Implantate für Hüfte und Knie), Katalysatoren (Fischer-Tropsch-Synthese für GTL- und BTL-Kraftstoffe), Hartmetalle für Schneidwerkzeuge (Bindemittel für Wolfram-, Titan- und Tantalcarbide)		
Substituierbar durch ⁹⁴	Laut BGR (2007) ist eine Substitution nicht ohne erhebliche Leistungseinbußen möglich.		
Recyclingquote ⁹⁵	20-25 % (Deutschland), weltweit ca. 24 %		

Experten gehen dem BDI (2010) zufolge davon aus, dass sich bei den Elektroden von Lithiumsystemen Kobalt als Rohstoff gegenüber Phosphat und Mangan durchsetzen wird. Der BDI rechnet bis zum Jahr 2030 mit einem Anstieg des gesamten Kobaltbedarfs um das 3,4-fache gegenüber 2006, maßgeblich bedingt durch die erhöhte Nachfrage nach Lithium-Ionen-Akkumulatoren. Dies in Verbindung mit der vollständigen Abhängigkeit Deutschlands von Kobalt-Importen und der hohen Konzentration der Vorkommen auf den Kongo lässt die Autoren eine Zuspitzung der Verfügbarkeit befürchten.

Sie plädieren deshalb dafür, die Recyclingquote in enger Zusammenarbeit der Batteriehersteller mit der Nichteisenmetallindustrie zu steigern. Eine verstärkte Forschung zu Mangan- und Eisenphosphat-Elektroden und Nickel-Elektroden mit nur geringen Mengen Kobalt wird dringend empfohlen.

87 Vgl. USGS (2010b).

88 Vgl. USGS (2010b).

89 Vgl. USGS (2010b).

90 Vgl. USGS (2010b).

91 Vgl. USGS (2010b).

92 Vgl. BGR (2007).

93 Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

94 Vgl. BGR (2007), USGS (2010).

95 Vgl. BGR (2007), USGS (2010), BDI (2010).

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		0,07
Orthopädische Implantate	820	2.400	3	0,04
	12.820	26.860	2,1	0,43

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Fraunhofer/IZT (2009) gehen davon aus, dass sich der Kobaltbedarf ausgewählter Zukunftstechnologien in den nächsten zwanzig Jahren verdoppeln wird. Lag der Bedarf für Batterien im Jahr 2003 noch bei 11 Prozent der Gesamtproduktion, stieg er drei Jahre später bereits auf 22 Prozent an. Im Jahr 2030 wird nach Schätzung der Autoren der Anteil des Kobaltbedarfs von Lithium-Ionen-Akkumulatoren an der heutigen Gesamtproduktion rund 33 Prozent betragen.

KUPFER

Produktion in t (2009) ⁹⁶	15,8 Mio.		
Reserven in t (2009) ⁹⁷	540 Mio.	Ressourcen in t (2009) ⁹⁸	> 3.000 Mio. (zus.: 700 Mio. maritim)
Statische Reservenreichweite	34 Jahre	Statische Ressourcenreichweite	190 Jahre
Regionale Konzentration der Produktion (2009) ⁹⁹	Chile: 34 % Peru: 8 % USA: 8 % (Top 3: 50 %)		
Regionale Konzentration der Reserven (2009) ¹⁰⁰	Chile: 30 % Peru: 12 % Mexiko: 7 % (Top 3: 49 %)		
Unternehmerische Konzentration (2005) ¹⁰¹	Codelco (Chile): 12,5 % BHP Billiton (Australien): 8,6 % Phelps Dodge (USA): 6,8 % (Top 3: 27,9 %)		
Verwendung ¹⁰²	Überaus vielfältige Nutzung in den Bereichen Gebäude, Transport, elektrische und elektronische Produkte sowie Maschinen und Ausrüstung. „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)		
Substituierbar durch ¹⁰³	Aluminium für Starkstromkabel, elektrische Bauteile, Autoheizungen, Kühlröhren, Titan und Stahl für Wärmetauscher, Glasfaser für Telekommunikation, Plastik für Wasser- und Abflussleitungen		
Recyclingquote ¹⁰⁴	15 % (weltweit), 55 % (Deutschland)		

Die kurze Reichweite und relative Konzentration sowohl der Kupferproduktion als auch der Kupferreserven auf Chile werden durch viele Anbieter, vielfältige Substitutionsmöglichkeiten und eine recht hohe Recyclingquote in Deutschland relativiert.

⁹⁶ Vgl. USGS (2010b).

⁹⁷ Vgl. USGS (2010b).

⁹⁸ Vgl. USGS (2010b).

⁹⁹ Vgl. USGS (2010b).

¹⁰⁰ Vgl. USGS (2010b).

¹⁰¹ Vgl. BGR (2007).

¹⁰² Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

¹⁰³ Vgl. USGS (2010b), BGR (2007).

¹⁰⁴ Vgl. Fraunhofer/IZT (2009), BGR/Fraunhofer/RWI (2007).

Global gesehen noch sehr niedrig, beträgt die Recyclingquote in Deutschland laut BGR/Fraunhofer/RWI (2007) 55 Prozent. Die Norddeutsche Affinerie, Europas größter Kupferproduzent, verwendet laut eigenen Angaben für die Kupferproduktion etwa 40 Prozent Sekundärmaterial.¹⁰⁵

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		0,0001
	1,41 Mio.	3,7 Mio.	2,6	0,23

Quelle: Fraunhofer/IZT (2009), eigene Berechnung

Die untersuchten Zukunftstechnologien werden im Jahr 2030 voraussichtlich etwa 23 Prozent der heutigen Kupferproduktion beanspruchen. Gegenwärtig benötigen sie etwa neun Prozent der globalen Produktion.

Insgesamt wird mit einem Kupferverbrauch von rund 28,5 Mio. Tonnen im Jahr 2025 gerechnet¹⁰⁶ – dies würde die heutige Produktion um reichlich 80 Prozent übersteigen.

¹⁰⁵ Vgl. Fraunhofer/IZT (2009).

¹⁰⁶ Vgl. BGR/Fraunhofer/RWI (2007).

LITERATURVERZEICHNIS

- BDI (Hrsg.) (2010), Innovative Antriebstechnologien, Elektromobilität und alternative Kraftstoffe für unsere Mobilität von morgen. Potenziale – Herausforderungen – Perspektiven.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) (2007), Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe für Metall- und Nichtmetallrohstoffe.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe / Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung / Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.) (2007), Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007), Seltene Metalle. Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung am Beispiel Coltan. Dessau.
- Deutsches GeoForschungszentrum (2010), Pressemitteilung vom 15. März 2010, Link: http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Public+Relations/Pressemitteilungen/aktuell/100315_PM-IPOC-%C3%9Cbergabe
- FAZ (2010a), „Investoren erfreuen sich an Platin und Palladium“, 19. März 2010
- FAZ (2010b), „Nicht nur auf elektrischem Wege zur Verschwendung“, 6. April 2010
- Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Hrsg.) (2009), Lithium für Zukunftstechnologien. Nachfrage und Angebot unter besonderer Berücksichtigung der Elektromobilität. Karlsruhe.
- Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (Hrsg.) (2009), Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Stuttgart.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2010), Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. Dessau-Roßlau.
- UNEP (Hrsg.) (2009), Recycling – From E-waste To Resources.
- U.S. Geological Survey (USGS) (Hrsg.) (2010a), 2008 Minerals Yearbook. Platinum-Group Metals [Advance Release]. Washington.
- U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2010b), Mineral Commodity Summaries 2010. Washington.
- U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2009), Mineral Commodity Summaries 2009. Washington.
- U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2008), Mineral Commodity Summaries 2008. Washington.
- U.S. Geological Survey (Hrsg.) (2007), Mineral Commodity Summaries 2007. Washington.
- U.S. Geological Survey (Hrsg.) (k.A.), Germanium Recycling in the United States in 2000. Washington.