

Texte

08
07

ISSN
1862-4804

Seltene Metalle

Maßnahmen und Konzepte zur Lösung
des Problems konfliktverschärfender
Rohstoffausbeutung am Beispiel
Coltan

Umwelt
Bundes
Amt 

Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 363 01 124
UBA-FB 000980



Seltene Metalle

Maßnahmen und Konzepte zur Lösung
des Problems konfliktverschärfender
Rohstoffausbeutung am Beispiel
Coltan

von

Siegfried Behrendt
Dr. Michael Scharp

Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung IZT Berlin
gGmbH

Walter Kahlenborn, Moira Feil, Cornelia Dereje
Adelphi Research gGmbH, Berlin

Prof. Dr. Raimund Bleischwitz, Ruth Delzeit
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 2.2
Julia Verlinden
Silke Karcher
Karl-Otto Henseling
Sebastian Plickert

Dessau, März 2007

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Was sind seltene Metalle?	8
1.1 Begriffsklärungen	8
1.2 Metalle in Elektrogeräten, elektronischen Produkten und -bauteilen	8
1.3 Was bedeutet „seltene Metalle“?.....	9
1.3.1 Definition 1: Seltene Metalle sind Metalle mit hohen oder sehr stark gestiegenen Preisen	10
1.3.2 Definition 2: Seltene Metalle sind Metalle mit geringer Reichweite der Reserven	13
1.3.3 Definition 3: Seltene Metalle sind Metalle, die nur in wenigen Ländern abgebaut werden	15
1.4 Zwischenfazit.....	19
2 Das Beispiel Tantal: Bedeutung, Konflikte und Wertschöpfungskette	21
2.1 Das Metall Tantal	21
2.1.1 Tantal, Tantalit und Coltan	21
2.1.2 Reserven und Ressourcen	21
2.1.3 Endverbrauch	22
2.1.4 Recycling und Substitute	22
2.2 Die Wertschöpfungskette Tantal und Coltan.....	23
2.2.1 Das Angebot und der Abbau von Tantal weltweit	23
2.2.2 Der Markt für Tantal: Entwicklung und –trends	25
2.3 Der Coltan-Abbau in der Demokratischen Republik Kongo.....	26
2.3.1 Die politische Situation in der Demokratischen Republik Kongo	26
2.3.2 Der Coltanabbau	27
2.4 Zwischenfazit	30
3 Ansatzpunkte und Konzepte zur konfliktentschärfenden Rohstoffgewinnung	32
3.1 Einführung: Schlüsselkonzepte und Ansatzpunkte	32
3.2 Konzepte und Ansätze verschiedener Akteure.....	33
3.2.1 Politik	33
3.2.2 Privatwirtschaft	38
3.2.3 NGOs und Forschung	40
3.2.4 Öffentlich-Private Partnerschaften zu Ressourcen mit Konfliktbezug	41
3.3 Zwischenfazit	42
4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	43
4.1 Schlussfolgerungen.....	44
4.2 Empfehlungen	46
5 Literatur	50
Anhang 1: Begriffsbestimmungen	57
Anhang 2: Metalle in Elektrogeräten, elektronischen Produkten und B auteilen	58
Anhang 3: Abkürzungsverzeichnis	67
Anhang 4: Teilnehmerliste	68

Zusammenfassung

Die Knappheit vieler Rohstoffe birgt aufgrund des rasant steigenden weltweiten Bedarfs erhebliche Konfliktpotenziale. Dies gilt nicht nur für fossile Energieträger, auf die sich die öffentliche Debatte derzeit konzentriert, sondern trifft auch auf seltene mineralische Ressourcen zu. Beispielhaft ist Coltan, ein Erz, das für die Herstellung von Tantal genutzt wird, welches vor allem zur Herstellung von Werkstoffen und in der Elektronikindustrie benötigt wird. Tantal wird unter anderem in der Informations- und Kommunikationstechnik verwendet, wo es in Hochleistungskondensatoren für Mobiltelefone und Notebooks eingesetzt wird. Konflikte um Ausbeutung und Nutzung von Coltan im Kongo unterstützen oder verschärfen bewaffnete Auseinandersetzungen. Zusammenhänge zwischen der Verknappung von mineralischen Rohstoffen, dem damit verbundenen Konfliktpotenzial und Ressourcenmanagementstrategien in den Industrieländern sind offensichtlich und werfen bisher vernachlässigte Fragen auf:

- Inwieweit unterstützt die Nachfrage aus den Industrieländern (insbesondere Europas) nach seltenen Mineralien Konflikte am Ort der Rohstoffgewinnung und -bearbeitung?
- Inwieweit haben die ersten politischen und unternehmerischen Reaktionen die Coltan-Problematik entschärft? Was kann aus den Konflikten im Kongo gelernt werden?
- Welchen Einfluss haben hiesige bzw. europäische Unternehmen auf die Rohstoffextraktion und -verarbeitung in Entwicklungsländern?
- Wie kann die Problematik nicht nachhaltiger Rohstoffausbeutung in Ländern außerhalb Europas und deren Nachfrage in die Ressourcenstrategie der EU bzw. in die Politik der EU und Deutschlands integriert werden?

Mit Blick auf diese Fragen erstellte das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, IZT, die Adelphi Research gGmbH und das Wuppertal-Institut Klima, Umwelt und Energie im Auftrag des Umweltbundesamtes eine Expertise. Diese umfasst

- eine Darstellung der technischen Bedeutung von seltenen Metallen exemplarisch für die Informations- und Kommunikationstechnik (IZT),
- eine Analyse der Bedeutung des Coltanabbaus in der Demokratischen Republik Kongo (DRK) sowie der wirtschaftlichen und politischen Verflechtungen der illegalen Coltangewinnung und -nutzung entlang der Wertschöpfungskette (Wuppertal Institut),
- eine Bestandsaufnahme von Maßnahmen und Konzepten zur Lösung des Problems der konfliktverschärfenden Rohstoffausbeutung (Adelphi Research),
- die Ableitung von umweltpolitischen Empfehlungen.

Die Expertise wurde auf einem Analyse- und Perspektivenworkshop am 30. November 2006 in Berlin vorgestellt und mit Experten und Schlüsselakteuren aus Unternehmen, Verbänden, staatlichen Einrichtungen, NGOs und Forschung diskutiert.

Dabei konnten folgende *Kerneinsichten* gewonnen und *Empfehlungen* zum Umgang mit der Problematik nicht nachhaltiger Rohstoffausbeutung abgeleitet werden:

Ursachen des Coltan-Konflikts in der DR Kongo

Die Problematik bei Coltan besteht speziell darin, dass der Coltanabbau in der Demokratischen Republik Kongo (DR Kongo) von Bürgerkriegsparteien illegal betrieben wird und dies zu erheblichen gesundheitlichen und ökologischen Schäden führt. Aufgrund fehlender Verwaltungsstrukturen einer

Zentralregierung setzte sich in Zentralafrika ein ungeregelter Abbau durch, der von Bürgerkriegsparteien aus dem Kongo oder gar den Nachbarstaaten gegen entsprechende Abgaben protegiert wurde. Der Abbau erfolgte auch in Nationalparks mit erheblichen Wirkungen auf Flora und Fauna.

Strukturen des internationalen Rohstoffhandels

Der Konflikt um illegalen Coltanabbau im Kongo fiel mit einer Hochpreisphase für Tantal in 1999/2000 zusammen. In dieser Phase wurde Coltan aus der DR Kongo verstärkt vom Weltmarkt nachgefragt. Die Weltmarktbedeutung der DRK war nie sehr hoch und ist seit 2000 weiter abgesunken. Der Abbau von Coltan hat zu einer Intensivierung und Verlängerung des Krieges in der DRK geführt, an dem sich zu unterschiedlichen Zeiten und entsprechend der Machtverhältnisse die jeweilige Regierung, Rebellen und Nachbarländer bereichert haben. Die Ursachen des Konflikts waren vielfältig und das humanitäre Ausmaß katastrophal (ca. 4 Millionen Menschen starben an direkten oder indirekten Kriegsfolgen).

Insgesamt kann man noch keine Konfliktlösung konstatieren. Die Situation in der DR Kongo bleibt angespannt. Die rechtliche Situation in den Abbaugebieten ist unübersichtlich; zu den aktuell zunehmenden Direktinvestitionen liegen noch keine zuverlässigen Informationen vor. Auf der Nachfrageseite ist die Rolle neuer industrieller Abnehmer (Optikindustrie) und die Rolle von Schwellenländern außerhalb der OECD (China) kritisch zu sehen. Die hohen Rohstoffbedarfe führen zu neuen Strukturen und zu einer neuen Geografie im internationalen Rohstoffhandel. Nicht mehr nur die OECD-Länder und dort ansässige Unternehmen dominieren den Markt, sondern Länder wie China, die sich bei den Rohstofflieferanten einkaufen, um die Rohstoffversorgung zu sichern. Dort werden Stoffe wie Coltan aus dem Kongo weiterverarbeitet und gelangen in die Produkte der Optikindustrie, in PCs und andere, die in die Europäische Union exportiert werden. Während deutsche Unternehmen kein Tantal mehr aus Krisenregionen beziehen, werden nach wie vor Tantalerze wesentlich preiswerter aus diesen Regionen auf dem Markt gehandelt und in Form von Produkten auf den europäischen Markt geliefert.

Rolle europäischer Unternehmen

Die Berichte des UN Sicherheitsrates haben Informationen über die Situation im Kongo und den Verflechtungen zu ausländischen Unternehmen aufgedeckt. Diese wurden stark kritisiert, mögen teilweise sogar unzutreffend gewesen sein. Dennoch führten die Diskussionen zu Handlungen auf Seiten europäischer Unternehmen, die die Transparenz des Marktes erhöhten. Bei einem beteiligten deutschen Unternehmen (H.C. Starck) wirkte sich aus, dass es Tochter eines börsennotierten Unternehmens (Bayer AG) und Zulieferer für börsennotierte Telekommunikationsunternehmen ist; diese Unternehmen sind anfälliger gegenüber externer Kritik als andere Unternehmen und müssen umgehend an der Beseitigung von Reputationsrisiken arbeiten. Nach eigenem Bekunden bezieht HC. Starck derzeit kein Coltan aus der DR Kongo und verlangt von allen Zulieferern eine Erklärung, dass das Coltan nicht aus illegalen Quellen stammt. Der Verlauf der öffentlichen Diskussion zeigt, dass Transparenz den illegalen Handel mit seltenen Mineralen eindämmen kann und somit Konfliktpotentiale vermindert werden können. Unklare Eigentumsrechte und Beteiligungsstrukturen erfordern aber weitergehende Reformen und Maßnahmen.

Transparenzinitiativen und Zertifizierungssysteme

Transparenzinitiativen und Zertifizierungssysteme sind dominante Ansätze, um mit dem Problem des konfliktverschärfenden Ressourcenabbaus umzugehen. Diese Ansätze rühren allerdings von bestimmten Ressourcen her (insbesondere Öl- und Gas sowie Diamanten) und sind in ihrer Struktur nicht unbedingt auf andere Ressourcen und Branchen zu übertragen. Des Weiteren zeigt sich, dass neben

den (physischen) Charakteristika des Ressourcenvorkommens die Regierungsführung (governance) des Landes, in denen die Ressourcen vorkommen, wie auch Branchencharakteristika und Unternehmenscharakteristika eine wichtige Rolle spielen, wenn es um die Eskalation oder Deeskalation von Konflikten geht. Gleichwohl liefern die bestehenden Prozesse und Systeme Erfahrungswerte zur erfolgreichen Gestaltung geeigneter Strategien. Insbesondere sind Transparenz und Inklusivität des Prozesses entscheidende Erfolgsvoraussetzungen. Auf diese Erfahrungswerte und bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse in diesem Bereich sollte unbedingt bei der Entwicklung von Transparenz- oder Zertifizierungssystemen für Coltan zurückgegriffen werden. Auf Grund der Komplexität der Wechselwirkungen zwischen Rohstoffabbau und Gewaltkonflikten, die (privat)wirtschaftliche, politische und ressourcenspezifische Dynamiken verbinden, können dabei nur multidimensionale Ansätze erfolgversprechend sein. Verschiedene Unternehmen und Verbände beschäftigen sich mit der Entwicklung von Kontrollmechanismen für Zulieferer. Bis dato wurden Befragungsmethoden entwickelt. Es bleibt abzuwarten, ob ergänzende Überwachungsmaßnahmen, die bereits in Arbeit sind, den regionalen Bedingungen entsprechend konzipiert und realisiert werden können. Beispiele für Evaluationsmechanismen lassen sich hier möglicherweise aus anderen Branchen wie zum Beispiel der Forstwirtschaft oder der Textilindustrie importieren.

Dialoge über die nachhaltige Förderung und Nutzung von Rohstoffen

Die aktuelle Situation in der DR Kongo nach den demokratischen Wahlen bietet neue Chancen zur Konfliktbewältigung im Rohstoffabbau. Früher war der Kongo ein sehr wichtiger Außenhandelspartner für Deutschland. Bei der Revitalisierung der Beziehungen sollten auch andere Mineralien im Kongo mit einbezogen werden. Durch die Bildung von Provinzregierungen ist im Kongo die Chance, mit diesen für eine Regelung des Tantal- bzw. Rohstoffabbaus zu sorgen. Dialoge über die nachhaltige Förderung und Nutzung von Rohstoffen sollten deshalb einen zentralen Stellenwert einnehmen. Angesichts der – erhofften – Beendigung des Bürgerkriegs könnte die Bundesregierung die Initiative für eine internationale Konferenz übernehmen, deren Thema der Beitrag der nachhaltigen Rohstoffförderung und -nutzung für die Entwicklung in der DR Kongo wäre.

Internationales Panel für Rohstoffe

Problematisch ist, dass globale Konkurrenzen dazu führen, dass „Sustainable Mining & Trading“ schwer durchsetzbar sind. Die hohen Ressourcenbedarfe führen zu unterschiedlichen nationalen Strategien, bei denen einige Länder gezielt Investitionen im (ausländischen) Bergbau betreiben wie z.B. China oder sich Rohstoffvorräte anlegen. Die Etablierung des von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen „International Panel on the Sustainable Use of Natural Resources“, welches analog des International Panel on Climate Change (IPCC) weltweit sich mit dem Thema mineralische Rohstoffe auseinandersetzen soll, wäre zweckmäßig. Dieses Panel sollte auch Kompetenzen zur Konflikt- und Politikanalyse erhalten.

Life Cycle-Strategien für Seltene Metalle mit strategischer Bedeutung

Neben Coltan sind weitere seltene Mineralien von strategischer Bedeutung für verschiedene Industriebereiche und Technologiefelder. Diesbezüglich konnten insbesondere Indium und Antimon identifiziert werden. Beide Metalle sind für eine Vielzahl moderner technologischer Anwendungen unverzichtbar. So wird Indium als Dotierungsmaterial in der Halbleiterindustrie, in Flachbildschirmen, Lichtdioden oder Solarzellen benötigt. Die Knappheit von Indium könnte die Massenproduktion von Dünnschicht-Solarmodulen beschränken und zu einem Engpassfaktor werden. Marktwachstum und Erschließung neuer Anwendungsfelder (z.B. Brennstoffzelle) dürften die Verknappung noch verstärken. Für einen Ersatz fehlt es bisher an effizienten Alternativen. Recycling von Indium ist grundsätzlich technisch möglich, gerade der hohe Verteilungsgrad ist aber ein Problem. Dissipative Verwen-

dungen des Stoffes in unzähligen Produkten (Mobiltelefone, Flachbildschirme etc.) erschweren das Recycling und erlauben die Rückführung in Recyclingkreisläufe nur bis zu einem gewissen Grad. Fest steht aber auch, dass Recyclingmöglichkeiten bisher ungenutzt bleiben oder wenig entwickelt sind. Lediglich in Japan wird ein Recycling von Indium in größerem Umfang praktiziert. Angesichts der sich abzeichnenden Verknappung sollten die Recyclinganstrengungen und Substitutionsbemühungen auch in Deutschland und der EU verstärkt und Recyclingpotenziale im Rahmen von ökologisch orientierten Life Cycle-Strategien (Öko-Design, Recyclingkonzepte etc.) erschlossen werden.

Europäische Ressourcenstrategie

Das Thema konfliktverschärfende Ressourcen ist vor allem Gegenstand der Außen- und Entwicklungspolitik und wird bisher kaum aus Sicht der Umwelt- und Ressourcenpolitik behandelt. Der Ansatz, diese Thematik auch aus ressourcenstrategischer Sicht zu beleuchten, wäre neu und könnte weitere Anstrengungen in anderen Bereichen (insbesondere CSR-Initiativen und entwicklungspolitische Maßnahmen zu "good governance" im Allgemeinen) ergänzen. Die Europäische Union benötigt eine Ressourcenstrategie, die sowohl die Versorgung der europäischen Industrie mit seltenen Metallen als auch die Probleme in den Abbau- und Verarbeitungsländern im Blick hat. Neben den von der EU Ressourcenstrategie betonten Umweltaspekten sind dabei sozio-ökonomische Aspekte und Kriterien eines fairen Handels bedeutsam.

1 Was sind seltene Metalle?

1.1 Begriffsklärungen¹

In diesem Abschnitt wird zunächst eine Begriffsklärung vorgenommen. Anschließend wird die Nutzung von Metallen exemplarisch für die Informations- und Kommunikationstechnik-Industrie (IuK) thematisiert. In dem Folgekapitel werden verschiedene Kriterien zur Bestimmung des Begriffs „selten“ diskutiert und auf die industriell genutzten Metalle des Periodensystems angewendet. Anschließend erfolgt ein Zwischenfazit „Seltene Metalle in IuK-Produkten“, welches auf den diskutierten Kriterien und den verwendeten Metallen in IuK-Produkten beruht. Das Folgekapitel stellt dann die Verwendung und Produktion von Tantal vor. Im Anhang werden Definitionen für relevante Begriffe aufgeführt sowie die Nutzung der Metalle in EE- und IuK-Produkten kurz skizziert.

Die Ausschreibung verwendet den Begriff „seltene Mineralien“. „Mineral“ ist zwar ein in der Literatur relativ einheitlich verwandter Begriff, aber hierunter werden schätzungsweise zweitausend Stoffe subsummiert. Von diesen wiederum werden ca. 300 als häufig und der Rest als selten beschrieben (Meyers Lexikon 1983: Mineralien). Mineralien werden aber nur selten zur Herstellung von Produkten eingesetzt², sondern es werden fast immer durch metallurgische Verfahren oder chemische Reaktionen zunächst die Reinformen der Stoffe, einfache Salze oder Legierungen der Stoffe hergestellt. Erstere können dann zumeist direkt in Zwischenprodukte (z.B. Drähte, Folien oder Legierungen aus Kupferbarren) zur Nutzung in Produktionsverfahren überführt werden, während letztere entweder zur Herstellung von Reinstoffen (z.B. Silizium aus Siliziumchloriden) oder wieder zur Herstellung von Zwischenprodukten verwendet werden können. Weiterhin ist die Datenlage hinsichtlich der Vorkommen und Verwendung der Mineralien sehr unzureichend, da Stoffregister und Datenbanken zumeist von den Reinformen der Stoffe ausgehen.

Fazit: Im Rahmen dieser Arbeit werden zunächst „seltene Metalle“ anstelle von „seltenen Mineralien“ betrachtet. Der Vorteil hiervon ist zum einen eine einfachere Strukturierung der Stoffe und zum anderen eine bessere Datenlage.

1.2 Metalle in Elektrogeräten, elektronischen Produkten und -bauteilen³

Ein Screening in chemischen Datenbanken (Rutherford), Produktionsstatistiken (USGS 2006), Ökobilanzen von IuK-Produkten (Behrendt et al. 1998, Soldera 1995) sowie Datenbanken zu Elektrobauteilen (Elektro, Elko) und diversen wissenschaftlichen Publikationen zeigte, dass die Elektroindustrie fast alle stabilen Metalle in ihren Produkten verwendet⁴. Einzig für einige Lanthanide, Iridium, Osmium, Rhodium, Ruthenium und Vanadium konnten in diesem ersten Screening keine Anwendungen in EE-Produkten oder -bauteilen identifiziert werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass auch diese Metalle Anwendungen in der Elektroindustrie finden.

¹ Zu den Definitionen häufiger in diesem Kontext verwandter Begriffe siehe Anhang 1.

² Eines von wenigen Beispielen ist die Nutzung der Cer-Erden in der Glasschleiferei.

³ Siehe hierzu auch Anhang 2.

⁴ Siehe auch das UFOPLAN-Vorhaben „Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion“ Darin wurde u.a. eine Übersicht über Umweltprofile von Rohstoffen erstellt. Stand 2006. Förderkennzeichen FKZ: 205 93 368

Abbildung 1: Verwendung von Metallen in EE-Produkten.

Verwendung der Metalle in EE-Produkten

Li Akkus Gl	Be PC TK													B	C	O	N
Na Gl	Mg Gl/Ke													Al Konst. EE-Bt.	Si	S	P
K Gl	Ca Gl/Ke	Sc Laser Datasp?	Ti Gl/Ke EE-Bt	V ???	Cr EE-Bt	Mn Akkus	Fe Konst. EE-Bt	Co E-Mot	Ni Akkus EE-Bt	Cu Kabel EE-Bt	Zn Akkus Konst	Ga Halbl OptoE	Ge Halbl OptoE	As Halb Gl	Se Halb Foto		
Rb Foto Laser	Sr Gl Mag	Y Magn EE-Bt	Zr Gl/Ke	Nb EE-Bt	Mo EE-Bt	Tc	Ru ???	Rh ???	Pd EE-Bt	Ag EE-Bt Kontak	Cd Akkus EE-Bt	In Displ EE-Bt	Sn Löten EE-Bt	Sb Halbl Photo	Te EE-Bt Datasp		
Cs Photo	Ba Gl/Ke		Hf Halbl TV?	Ta EE-Bt	W EE-Bt	Re EE-Bt	Os ???	Ir ???	Pt Kontak EE-Bt	Au Kontak Datasp	Hg Akkus Displ?	Tl EE-Bt	Pb Löten Gl	Bi EE-Bt Gl/Ke	Po		
Fr	Ra																
L EE-Bt Akkus	Ce Gl Laser	Pr Magn?	Nd Laser Akkus	Pm	Sm Laser E-Mot	Eu Leucht	Gd EE-Bt Magn?	Tb Datasp Laser	Dy ???	Ho Leucht Datasp?	Er OptoE	Tm	Yb Leucht	Lu			

Alkali- metalle	Erd- alkali- metalle
Über- gangs- metalle	Nicht- metalle
Halb- metalle	Lantha- niden
Keine IuK Prod.	

Akkus: Akkumulatoren und Batterien
 Datsp: Datenspeicher (Magnetspeicher, CD/R)
 Disp: Displays
 EE-Bt: Elektrische und elektronische Bauteile
 E-Mot: Elektromotoren
 Gl: Glas
 Halb: Halbleitertechnik
 Ke: Keramik
 Konst: Konstruktion
 Kontak: Kontakte
 Foto: fotoelektrische/elektronische Nutzung
 Laser: Lasertechnologie
 Leucht: Leuchtstoffe
 OptoE: Optoelektronik (ggf. Glasfasertechnologie)
 Magn: Magnete
 Photo: Kameras, Fotoapparate, Kopierer etc.
 TK: Telekommunikationsindustrie
 ??? : unbestimmte Nutzung

Quelle: Eigene Darstellung

Eine Unterscheidung, welche Metalle in IuK-Produkten als Teil der Elektroprodukte vorkommen und welche Bedeutung sie für die Branche haben, erweist sich als nicht möglich, da die Systemgrenzen hierbei sehr eng gezogen werden müssten. Ein Beispiel hierfür sind die Dotierungsmaterialien wie z.B. Gallium, Germanium, Rubidium, Scandium, Yttrium und die seltenen Erden für die Glasfaser- und die Lasertechnologie. Diese können sowohl in IuK-Produkten (CD- und DVD-Geräte) als auch in der Opto-Elektronik zum Betrieb von Glasfasernetzen verwendet werden. Weitere Beispiele sind die Leuchtstoffe in Bildröhren (Europiumoxid), die Glasbildner (Barium-, Blei-, Bor-, Aluminium-, Calcium- oder Kaliumoxid) oder die Dotierungsmetalle für Halbleiter (Lanthaniden, Arsen, Antimon, Germanium, Gallium und Indium). Auch hierbei ist kaum zu bestimmen, ob diese Metalle vorrangig in IuK- oder in anderen Elektroprodukten verwendet werden.

Ein weitere – nicht zu lösende – Schwierigkeit ergab sich beim Versuch festzustellen, ob es mehr oder weniger wichtige Metalle in IuK- bzw. in Elektroprodukten gibt. Mengenmäßig sind zwar Aluminium, Eisen, Kupfer, Nickel und Zink sowie Blei in Fernseh-Bildröhrengeräten die häufigsten Metalle, aber andere – nur in sehr geringen Mengen verwendete – Metalle wie Beryllium, Europium, Indium, Tantal und die Platinmetalle sind essentielle Metalle für die IuK-Technik, wie wir sie heutzutage kennen. Infolgedessen wurden aufgrund der geringen Bearbeitungszeit für dieses Vorhaben für alle Metalle Verwendungsbereiche in der Elektroindustrie recherchiert. Im Anhang 2 sind die Ergebnisse der Recherche dargestellt.

1.3 Was bedeutet „seltene Metalle“?

„Selten“ sind Dinge, die im Verhältnis zu anderen oder gleichartigen Dingen im geringen Umfange vorkommen. „Selten“ verweist somit auf Relativierungen zwischen Dingen. Es ist jedoch charakteristisch, dass diese Relativierung für spezifische Sachverhalte unterschiedlich gehandhabt werden muss. „Selten“ im Sinne von „im geringen Umfange vorkommend“ ist ein notwendiger Bestandteil der Definition, aber nicht hinreichend. Vergleicht man beispielsweise das Vorkommen der Metalle in der

Erdkruste untereinander, so sind die „seltene“ stabilen Metalle Tantal, Rhenium, Uran, Indium und Antimon mit Anteilen von $10^{-7}\%$ bis $10^{-8}\%$. Danach folgen Beryllium, Bor, Rhodium, Silber, Cäsium, Hafnium, Wolfram, Gold, Quecksilber, Thallium, Wismut, Niob, Palladium, Cadmium, Iridium, Osmium, Ruthenium und Zinn mit Anteilen von $10^{-6}\%$ bis $10^{-7}\%$. Zu den seltenen Metallen zählen somit auch wichtige Metalle der Elektro- und Elektronikindustrie wie Antimon, Indium, Gold, Platin, Selen, Silber und Tantal. Trotz ihrer (erdkrustenbezogenen) Seltenheit haben sie einen festen Stellenwert in der Herstellung von Produkten. „Seltenheit“ ist somit ein schwierig zu bestimmender Begriff, der einer genaueren Explikation in bezug auf das Untersuchungsthema benötigt. Im folgenden sollen deshalb verschiedene Ansätze zur Explikation geprüft werden.

1.3.1 Definition 1: Seltene Metalle sind Metalle mit hohen oder sehr stark gestiegenen Preisen

Der Preis spiegelt die Angebots-Nachfragesituation wieder. Hohe Preise signalisieren ein geringes Angebot bei gleichzeitiger hoher Nachfrage. Für seltene Dinge, die nachgefragt werden, werden i.A. höherer Preise gezahlt als für Dinge, die im größeren Umfang im Angebot sind. Ein stark steigender Preis signalisiert weiterhin, dass die Bedarfe sich ausweiten z.B. durch eine verstärkte Produktion in bisherigen Anwendungsfeldern oder durch den Einsatz des Metalls in neuen Anwendungsfeldern. Kurz- bzw. mittelfristige Seltenheit könnte somit auch durch steigende Preise signalisiert werden. Die folgende Tabelle listet deshalb die Preise für einige Metalle auf sowie den Preisanstieg in der Zeit von 2001 bis 2004⁵:

Tabelle 1: Preise und Preisentwicklung für wichtige industrielle Metalle.

Metall	Preis 2001 (US \$ /kg)	Preis 2004 (US \$ /kg)	Preis 2005 (Schätzung, US \$ /kg)	Preisanstieg 2001-2004 [%, berechnet auf Basis USGS]	Anmerkung
Aluminium	1,5	1,9	1,9	22	
Antimon	1,4	2,9	3,2	100	
Blei	0,5	0,9	0,9	90	
Cadmium	0,5	1,2	3,3	140	
Cäsium		14.890	14.890		a
Cobalt	24	53	35	118	
Gallium	640	494	512	-23	
Germanium	890	600	610	-33	
Gold	8.745	13.214	14.147	51	
Hafnium	138	269	238	95	
Indium	120	643	810	463	
Iridium	13.343	5.948	5.144	-55	
Kupfer	1,6	2,9	3,6	81	
Mangan	0,2	0,3	0,5	18	b
Molybdän	5	30	72	471	
Nickel	6	14	15	133	
Niob	15,2	14,5	14,5	-5	
Palladium	19.612	7.491	6.109	-62	
Platin	17.137	27.269	28.615	59	
Quecksilber	4	12	22	158	
Rhenium	910	1.090	1.170	20	
Rhodium	51.442	31.605	64.302	25	
Rubidium		10.850	10.850		
Ruthenium	4.180	2.058	2.251	-51	
Scandium	2.700	2.500	2.500	-7	c
Selen	8	55	115	555	
Silber	141	215	230	52	
Strontium	0,63	0,53	0,57	-16	

⁵ Ausgewählt wurden Metalle, die entweder mengenmäßig für EE-Produkte relevant sind wie z.B. Kupfer und Aluminium sowie Metalle, die eine geringe statische Reichweite haben. Zudem wurden alle Metalle aufgeführt, die derzeit sehr hohe Preise oder sehr hohe Preisentwicklung zwischen 2001 und 2004 gezeigt haben.

Metall	Preis 2001 (US \$ /kg)	Preis 2004 (US \$ /kg)	Preis 2005 (Schätzung, US \$ /kg)	Preisanstieg 2001-2004 [%, berechnet auf Basis USGS]	Anmerkung
Tantal	82	68	76	-17	
Tellur (t)	15	29	212	86	d
Thallium	1.295	1.600	1.900	24	
Vanadium	5	12	39	258	
Wolfram	6	5	14	-23	
Zink	1,0	1,1	1,4	18	
Zinn	4,4	9,1	7,6	96	

Quellen: USGS 2006 sowie Berechnung auf Basis der Daten von USGS. Die Preise für 2005 sind Schätzungen der USGS, weshalb diese nicht verwendet werden.

Anmerkungen:

- a) Der Preis bezieht sich auf hochreines Cäsium (99,98%).
- b) Die Preise beziehen sich auf metallurgisches Erz mit ca. 47% Mangan.
- c) Die Werte von Scandium beziehen sich auf das Oxid mit 99,99 % Reinheit.
- d) Preise für Tellur mit einer Reinheit von 99,95%.

Wie die Tabelle zeigt, zeichnen sich verschiedene Metalle durch sehr hohe absolute Preise im Jahre 2004 aus.⁶ So lagen beispielsweise die Preise für Palladium in 2005 bei ca. 6.100, für Rubidium bei ca. 10.500, für Gold bei ca. 14.100, für Platin bei ca. 28.600 und für Rhodium bei ca. 64.300 US-\$ pro Kilogramm. Der absolute Preis signalisiert jedoch nicht automatisch, dass es sich um knappe Ressourcen handelt. Einige Materialien wie z.B. Hafnium oder Rubidium werden nur als Nebenprodukt gewonnen, da die Nachfrage nicht sehr groß ist. Diese Materialien werden nur in äußerst geringen Mengen in Produkten eingesetzt, so dass sie für den Produktpreis nur bedingt relevant sind. Ähnliches gilt zum Teil auch für einige sehr teure Metalle in mengenrelevanten IuK-Geräten wie beispielsweise in den Mobiltelefonen. Diese enthalten in geringen Mengen Edelmetalle (Sullivan 2006). Ein modernes Handy, welches auf den Edelmetallgehalt untersucht wurde, enthielt ca. 0,35 g Silber, 0,034 g Gold, 0,015 g Palladium und 0,00034 g Platin. In mittleren Preisen – Durchschnitt der Preise von 2002-2004 – ergeben sich somit Metallwerte von 0,06 US-\$ für Silber, 0,40 US-\$ für Gold, 0,13 US-\$ für Palladium und 0,01 US-\$ für Platin für jedes Handy. Insgesamt trägt der Edelmetallgehalt somit mit einem Gesamtwert von ca. 0,60 US-\$ pro Handy bei, was bei Verkaufskosten von modernen Handys mit 200 bis 600 € nur gering zu Buche schlägt.

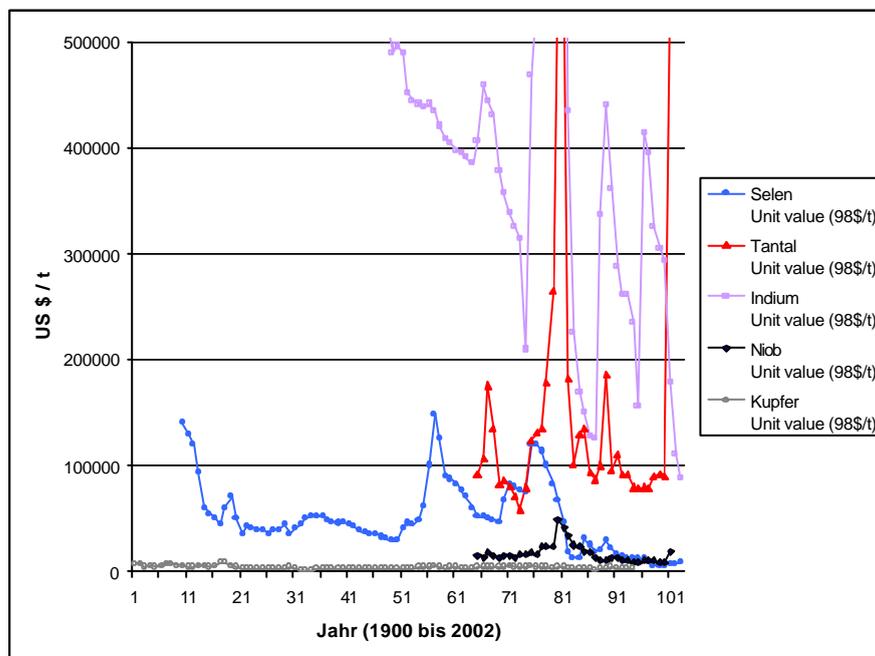
Die Metallpreise sind insgesamt in den letzten Jahren sehr stark gestiegen. So erhöhte sich der Gesamtpreisindex für Rohstoffe auf US-\$ Basis (2000=100) von 90,1 (Durchschnitt 2001 und 2002) auf etwa 145 für mineralische Rohstoffe im Jahre 2005 (Bleischwitz 2006 S.2). Betrachtet man jedoch langfristig die Entwicklungen auf dem Rohstoffmarkt, so zeigt sich, dass bei einigen Metallen sogar fallende Preise zu verzeichnen sind (Reynolds 1999 sowie Tilton 2003, s.a. Tabelle 1 mit Gallium, Germanium, Indium, Palladium, Ruthenium und Wolfram).

Die Metallpreise sind jedoch kurz- und mittelfristig sehr großen Schwankungen unterworfen. Gründe hierfür gibt es viele. Zum einen ist der Bergbau mit sehr hohen und langfristig gebundenen Investitionen verbunden, weshalb Bergbaukonzerne im Gegensatz zu Produktherstellern in anderen Zeitdimensionen agieren. Zum anderen können Erkenntnisse der Materialforschung sehr schnell dazu führen, dass neue Anwendungsfelder für Metalle in der Produktherstellung ihren Niederschlag finden, so dass sowohl neue Märkte für Metalle (z.B. Indium in TFT-Bildschirmen) als auch Marktverluste möglich

⁶ Für diese Untersuchung werden die Werte von 2004 genommen, da die Werte von 2005 noch Schätzungen der USGS sind. Es gibt zwar aus verschiedenen Quellen Schätzungen der Preise für das Jahr 2005, aber hierbei können unterschiedliche Berechnungsverfahren vorliegen, weshalb auf die Daten von USGS zurückgegriffen wird.

sein können (z.B. geringere Bedarfe an Bleioxid aufgrund der Nachfrage von Flachbildschirmen) Wenn im ersten Fall auch noch die Produkte aufgrund gesellschaftlicher Trends zu sogenannten Massenkonsumgütern werden (z.B. miniaturisierte Handys mit Tantalkondensatoren), sind das Auseinanderklaffen von Angebot und Nachfrage und damit große Preisanstiege programmiert. Ein weiterer wichtiger Faktor liegt in diversen Instrumenten des Börsenhandels. Eine Vielzahl von Handelsinstrumenten sind – einfach gesagt – Wetten auf Preisentwicklungen. Diese spiegeln nur bedingt die realen Marktverhältnisse von Preisen in unmittelbaren Käufer-Verkäufer-Beziehungen wider und können auch durch gezielte An- und Verkäufe von Aktieninstrumenten mehr oder weniger gesteuert werden (vgl. die Silberspekulation der Hunt-Brüder, FAZ 2004). Im Bergbau bestimmt darüber hinaus noch ein weiterer Faktor den Preis, der bei anderen Produkten nicht zu Buche schlägt. Hierbei handelt es sich um zukünftige Gewinne, die dann zu erzielen wären, wenn die Mineralienpreise in Zukunft steigen und die Metalle erst in der Zukunft verkauft würden. Ein relativ komplizierter Preisbildungsmechanismus sorgt dann am Markt dafür, dass künftig erwartete Verknappungen bereits heute auf den Preis durchschlagen (Bleischwitz S.309). Ein weiterer Faktor in der Preisbildung ist, dass Teile des Metallmarktes durch fixe Preise über einen bestimmten Zeitraum zwischen den Minenproduzenten und den Metallherstellern vereinbart werden, so dass die Preisbildung am Spotmarkt nicht unbedingt mit Handelspreisen zu vergleichen ist. Die Folge dieses komplexen Gemenges an Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren sind nur schwer erklärbare und kaum vorhersagbare Preisverläufe, die sich auch nur in der langfristigen Betrachtung widerspiegeln. In der folgenden Abbildung sind exemplarisch die Preise für einige heutzutage wichtige Metalle (Selen, Tantal, Indium, Niob und Kupfer) der EE-Industrie aufgeführt. Die Preise sind in konstanten US-\$ mit dem Basisjahr 1998 ausgewiesen. Für Selen und Kupfer reichen die Daten bis 1900 zurück, für Indium bis 1930 sowie für Tantal und Niob bis 1964.

Abbildung 2: Preisentwicklungen von Selen, Indium, Tantal, Niob und Kupfer im letzten Jahrhundert in konstanten US-\$ (1998 = 100).



Quelle: Eigene graphische Darstellung der Preise nach USGS: Historical Statistics Selenium (2004), Tantalum (2002), Indium (2004), Columbinum (2002) und Copper (2004). Anmerkung: Die Preise sind auf 1998 normiert und auf den amerikanischen Markt bezogen.

Betrachtet man die obige Abbildung, so zeigt sich, dass über fast ein Jahrhundert der Preis für Kupfer sehr stabil gewesen ist. Der Preis für Selen weist einige extreme Peaks auf, ist jedoch insgesamt gefallen. Niob hingegen hatte eine sehr hohe Preisspitze um 1980 herum und fiel dann wieder auf seinen mittelfristigen Preis. Im Jahre 2000 allerdings stieg es wieder kurzfristig auf ein höheres Niveau analog zu Tantal, da auch Niob für die Kondensatorenherstellung genutzt wird. Die Preisverläufe für Tantal und Indium zeigen auf Basis der USGS-Daten sehr großen Schwankungen. Ursache für den Tantalpeak in 2000 waren eine sehr hohe Nachfrage nach Tantalkondensatoren bei gleichzeitigen Lieferschwierigkeiten der Hersteller (s. Bleischwitz 2006).⁷ Indium ist eines der Metalle, die auf der einen Seite aufgrund ihrer Verwendungsvielfalt als Überzug für Lager, als Dichtungsmaterial für Vakuumdichtungen, in Branddetektoren und quecksilberfreien Fieberthermometern, der Halbleiter- und Solartechnik sowie für Displays von Bedeutung ist. Zum anderen wird Indium nur als Nebenprodukt aus Schlacken von Zink-, Zinn-, Blei- und Kupfererzen gewonnen. Die Nachfrage aus vielen verschiedenen Anwendungsfeldern bei gleichzeitiger Schwierigkeit der Ausweitung des Angebots kann dann zu diesen spekulativen Ausschlägen geführt haben.

Fazit: Zusammenfassend kann man feststellen, dass weder der absolute Metallpreis noch stark steigende Preise über einen bestimmten Zeitraum hinreichende Kriterien für die Bestimmung von seltenen Metallen sind. Betrachtet man die Schwankungen der Preise über einen langen Zeitraum, so können diese sehr extrem sein. Die Preise geben aber Hinweise über die mögliche Marktverfügbarkeit bzw. einen Hinweis auf die Einschätzung des Marktes über die kurzfristige Marktverfügbarkeit, so dass sie zusammen mit anderen Kriterien vielleicht doch zur Bestimmung von seltenen Metallen dienen können. Folgende Metalle hatten Preise oberhalb von fast 500 US-\$ nach USGS in 2004⁸ (aufsteigende Reihenfolge): Gallium (494 US-\$), Germanium, Indium, Rhenium, Thallium, Ruthenium, Scandium, Iridium, Palladium, Rubidium, Gold, Cäsium, Platin und Rhodium (31.605 US-\$). Nach USGS verzeichnen die folgenden Metalle einen Preisanstieg von fast 100% und mehr in der Zeit von 2001 bis 2004 (aufsteigende Reihenfolge): Hafnium (95%), Zinn (96%), Antimon, Cobalt, Nickel, Cadmium, Quecksilber (alle bis max. 160%), Vanadium (258%), Indium (463%), Molybdän (471%) und Selen (555%). Allein für Indium wären beide Kriterien zutreffend.

1.3.2 Definition 2: Seltene Metalle sind Metalle mit geringer Reichweite der Reserven

Die absolute Verfügbarkeit der Metalle wird durch ihre Reserven und Ressourcen wiedergegeben.⁹ Reserven sind die Vorräte der erfassten Lagerstätten, die unter derzeitigen Bedingungen technisch und wirtschaftlich abbaubar sind. Ressourcen sind die Lagerstätten, deren technische und wirtschaftliche Abbaubarkeit beim Fortschreiten der Bergbautechnologie und steigenden Preise möglich sein wird. Hierbei wird häufig zwischen der statischen Reichweite und der dynamischen Reichweite unterschieden. Die statische Reichweite sagt aus, wie viele Jahre die Reserven auf Basis der derzeitigen Verbräuche noch verfügbar sind. Berücksichtigt man Wachstums- und Anpassungsprozesse, so erhält man die dynamische Reichweite. Diese ist jedoch nur äußerst komplex zu bestimmen, weshalb zumeist die statische Reichweite unter der Annahme realistischer Wachstumsquoten verwendet wird. Die folgende Tabelle zeigt exemplarisch die statische Reichweite (ohne Wachstumsquoten) sowie die Grundlagen zur Berechnung einiger wichtiger industrieller Metalle. Hierbei wurden alle Metalle aufgenommen, deren Reichweiten auf Basis der Reserven geringer als 50 Jahre sind. Daneben wurden noch die statischen Reichweiten auf Basis der Reservebasis berechnet. Die Reservebasis ist derjenige

⁷ Teil 2 des Projektpapiers zu diesem Vorhaben des Wuppertal Instituts.

⁸ Die durchschnittlichen Werte der Preise für 2005 liegen leider bei USGS nicht vor. Stand: Oktober 2006.

⁹ Zu den Definitionen siehe Anhang 1.

Teil der Ressourcen, der hinsichtlich relevanter Kriterien (Grad, Qualität, Dicke etc.) Mindestanforderungen erfüllt, um nach gegenwärtigen Stand noch abgebaut werden zu können.

Tabelle 2: Statische Reichweiten einiger Metalle [a].

Metall	Produktion 2004 (USGS)	Produktion 2005 (USGS)	Reserven (USGS)	Reservebasis (USGS)	Stat. Reichweite der Reserven	Stat. Reichweite der Reservebasis	Ann.
Antimon	113.000	117.000	1.800.000	3.900.000	15	33	
Barium	7.240.000	7.260.000	200.000.000	740.000.000	28	102	
Blei	3.150.000	3.880.000	67.000.000	140.000.000	17	36	
Cadmium	18.800	18.000	600.000	1.800.000	33	100	
Chrom	17.500.000	18.000.000	475.000.000	800.000.000	26	44	e
Gold	2.430	2.450	42.000	90.000	17	37	
Indium	405	455	2.800	6.000	6	13	f
Kupfer	14.600.000	14.900.000	470.000.000	940.000.000	32	63	g
Mangan	9.350.000	9.790.000	430.000.000	5.200.300.000	44	531	
Nickel	1.400.000	1.500.000	62.000.000	140.000.000	41	93	
Silber	19.700	20.300	270.000	570.000	13	28	
Strontium	551.000	520.000	6.800.000	12.000.000	13	23	h
Tantal	1.540	1.910	43.000	150.000	23	79	f, i
Thallium	12	10	380	650	38	65	j
Wolfram	73.700	76.500	2.900.000	6.200.000	38	81	
Zink	9.600.000	10.100.000	220.000.000	460.000.000	22	46	
Zinn	264.000	280.000	6.100.000	11.000.000	22	39	
Zirkon	850.000	870.000	38.000.000	72.000.000	44	83	k

Quelle: USGS 2006 sowie eigene Berechnungen auf Basis von USGS 2006.

Anmerkungen:

- e) Die Reserven von Chrom sind nur unzulänglich erfasst, allerdings sollen die Ressourcen ausreichend sein zur Versorgung über Jahrhunderte;
- f) Reservenschätzung auf Basis von Indium in Zinkerzen;
- g) die Reservebasis ist größer als von USGS aufgeführt;
- h) ohne die Produktionsmengen von Kasachstan;
- i) die Reserven von Tantal sind nicht hinreichend erfasst, weshalb die statische Reichweite größer sein wird;
- j) Produktionsmengen von Thallium ohne USA;
- k) die Reserven von Zirkon beziehen sich auf Zirkonoxid.

Die Daten in der Literatur sind jedoch insgesamt zumeist sehr uneinheitlich und häufig nicht zu vergleichen. Dennoch zeigt die Tabelle, dass verschiedene äußerst bedeutsame Metalle für EE-Produkte nur geringe statische Reichweiten bezüglich der Reserven haben. Die statische Definition spiegelt jedoch weder Möglichkeiten zum verbesserten Recycling, noch neuartigen Methoden der Metallgewinnung (Urban Mining oder Seewasserextraktion) oder neue Erkenntnisse aus der Materialforschung (Substitute) wider. Darüber hinaus kann bisher nicht von einer umfassenden mineralogischen Prospektion der Erde gesprochen werden, da insbesondere die Meere nur im geringen Umfang erforscht sind (z.B. Manganknollenfelder oder schwarze Raucher). Darüber hinaus führen deutliche Preisanstiege oder neue Extraktionsverfahren (z.B. bakterieller Abbau von Kupfer) dazu, dass auch gering konzentrierte Erzlager ausgebeutet werden können, da der Rohstoffabbau im Prinzip nur durch den Energieaufwand begrenzt wird.

Allgemein ist die Auffassung verbreitet, dass die Reichweite der Reserven und Ressourcen nur eine geringere Bedeutung hat. So hat das BMWi in 1999 eine Studie mit dem Ziel verfassen lassen, die Auswirkung der weltweiten Konzentrierung in der Bergbauproduktion auf die Rohstoffversorgung der deutschen Wirtschaft zu untersuchen. Hierbei wurden zehn Metallrohstoffe einbezogen unter anderen auch Kupfer, Niob, Tantal und die seltenen Erden. Die Studie kommt bei Betrachtung verschiedener Faktoren zu folgendem Schluss: „Die Analyse von zehn ausgewählten Rohstoffmärkten hat gezeigt,

dass derzeit mit anhaltenden Versorgungsproblemen auf den Weltmärkten (Lagerstättenvorräte, Produktionskapazitäten) nicht zu rechnen ist (dies. 1999 S.24). Auch nach einer Studie des DIW sind Knappheiten aufgrund begrenzter Reserven und Ressourcen nicht zu befürchten. Matthes und Ziesing betrachteten drei Gruppen von Metallen mit unterschiedlicher Reichweite in Hinblick auf die heute wirtschaftlich gewinnbaren Reserven (dies. S.35): Metalle mit einer Reichweite von mehr als hundert Jahren gelten als sehr sicher. Bei der Gruppe mit einer statischen Reichweite von 40 und mehr Jahren wie z.B. Chrom, Nickel, Molybdän, Selen und Wolfram ist zu erwarten, dass mit neuen Technologien und höheren Preisen ausreichend gewinnbare Reserven erschlossen werden können. Bei der Gruppe mit einer statischen Reichweite von 10 bis 40 Jahren (Silber, Gold, Arsen, Bor, Cadmium, Kupfer, In, Mangan, Blei, Zinn, Strontium, Tantal, Thorium und Zink) *erscheint die Notwendigkeit der Inanspruchnahme der zusätzlichen Ressourcen absehbar, die nur mit erheblichen technologischen Innovationen und bei deutlich höheren Preisniveaus möglich wird. Insgesamt ist jedoch für keinen der beschriebenen Rohstoffe eine physische Knappheit aus Sicht der Reserven- und Ressourcenverfügbarkeit absehbar* (dies. S.36).

Fazit: Das ergänzende Kriterium „Reichweite“ wird in der Literatur nicht durchgängig verwendet. Allerdings sollte die vierte Managementregel der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages grundsätzlich berücksichtigt werden, wenn man sich über die Zukunft der Ressourcennutzung Gedanken macht. Diese Regel lautet – in Anlehnung an Daly – *Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird* (Enquete-Kommission 1994 S.32). Wenn man dieses Kriterium der statischen Reichweite jedoch einbeziehen will, so sollte es zusammen mit anderen Kriterien verwendet werden, um vielleicht doch zur Bestimmung von seltenen Metallen zu dienen. Hierbei sollten den Metallen Indium (6 Jahre), Strontium, Silber, Antimon, Gold, Blei, Zinn, Zink und Tantal (23 Jahre) Beachtung zuteil werden, da die Reserven unter 25 Jahren liegen. Bei der Reichweite der Reservebasis ergeben sich folgende Metalle mit einer statischen Reichweite der Reservebasis unter 50 Jahren als beachtenswert: Indium (13 Jahre), Strontium, Silber, Antimon, Blei, Gold, Zinn und Zink (46 Jahre). Die letztgenannten Metalle erfüllen somit auch beide Kriterien.¹⁰ Hierbei ist zu beachten, dass für die Metalle der Platingruppe, Beryllium, Germanium, Gallium, Scandium, Hafnium, Rubidium und Cäsium entweder keine Produktionsdaten oder keine Reservenschätzungen bei USGS vorliegen.

1.3.3 Definition 3: Seltene Metalle sind Metalle, die nur in wenigen Ländern abgebaut werden

Seit einiger Zeit wird in Politik und Wissenschaft die Ressourcenpolitik nicht nur primär unter einer Umweltperspektive, sondern auch unter volkswirtschaftlichen Perspektive diskutiert. 1999 ließ das BMWi eine Studie zu den Auswirkungen der weltweiten Konzentrierung der Bergbauproduktion auf die Rohstoffversorgung in der deutschen Wirtschaft verfassen (BMW 1999). In dem Bericht wird das Risiko des Versorgungsausfalls für zehn Metalle unter Zuhilfenahme von politisch-wirtschaftlichen und wettbewerblichen Kriterien differenziert bewertet. Von Bedeutung hierbei ist – angesichts der zumeist marktwirtschaftlich orientierten Bergbaukonzerne – dass auch die jeweilige politische Situation im Abbauland mit in die Bewertung eingeflossen ist. Als Kriterien für das Ausfallrisiko wurden hierbei die folgenden aufgenommen:

¹⁰ Die Wahl der Kriterien von 25 bzw. 50 Jahren erfolgte durch die Bearbeiter dieser Studie.

Tabelle 3: Kriterien zur Risikobewertung

Politisch-wirtschaftliches Risiko	Wettbewerbliches Risiko
Konzentration der Vorräte	Marktstruktur
Konzentration der Exporte	Wettbewerb/Angebotsseite (Intensität, Zutrittsschranken, Angebotsflexibilität, Preisbildung)
Konzentration der Produktion	Nachfrageseite (Nachfragemacht, Möglichkeit der Substitution, Preiselastizität)
Anteil der Sekundärmetallproduktion (Korrekturfaktor)	

Quelle: BMWi 1999 S.29.

Im Ergebnis des Vergleichs von Eisen, Mangan, Kupfer, Chrom, Nickel, Tantal, Titan, Vanadium, Seltene Erden (REO) und Wolfram zeigte sich, dass die größten Versorgungsrisiken bei Niob, Wolfram und Vanadium liegen (BMWi 1999 S.27). Die Gründe bei Wolfram und Seltene Erden (REO) liegen vor allem auf der Angebotsseite, da diese Metalle vor allem in China gewonnen werden und China auch die größten ausgewiesenen Reserven hat. Niob wurde zum Zeitpunkt der Studie zu gut drei Vierteln von einem einzigen brasilianischen Unternehmen gewonnen. Auch hier liegen der größte Teil der bekannten Reserven in Brasilien. Die politisch-wirtschaftliche Situation von Brasilien wird aber in der Studie als problematisch eingeschätzt, weshalb Niob zu den Risiko-Elementen gezählt wurde (BMWi 1999, S.22)

In einer Studie des BMWA wurden die rohstoffwirtschaftliche Situation und rohstoffpolitische Handlungsoptionen untersucht (BMWBA 2005). Auch hier standen die Liefer- und Wertschöpfungsketten im Mittelpunkt der Betrachtung. Untersucht wurden Eisen und Stahlveredler, NE-Metalle, Edelmetalle, Sondermetalle und einige Nichtmetalle.¹¹ Für jeden Stoff wurden sogenannte rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe mit Verwendung, Angebot, Nachfrage, Preisentwicklung, Recyclingrate und Substitutionsmöglichkeiten angefertigt¹² sowie partiell die Sensibilität der Liefer- und Wertschöpfungskette, die strategische Bedeutung und Sonderprobleme betrachtet (BGR 2005). Die Studie kommt zu dem Schluss, dass zahlreiche Sensibilitäten in der Liefer- und Wertschöpfungskette vorhanden sind und Einfluss auf die deutsche Industrie haben können. Ein wichtiger Einflussfaktor ist der Nachfragesog von China, Indien, Brasilien und Russland auf Eisen und die Stahlveredler, die Platinmetalle sowie Magnesium und Zirkon. Bei den Platinmetallen, Magnesium, Niob, Tantal und Wolfram liegen auch Konzentrationen der Produktionskapazitäten vor. Insgesamt gibt es nach Auffassung der Herausgeber der Studie jedoch hinsichtlich der regionalen und der unternehmerischen Konzentration keinen Anlass zu Befürchtungen hinsichtlich der Versorgungssicherheit (BMWBA 2005 S.8).

Wendet man ausgewählte Argumente (Reservenverteilung, Herkunftsländer) aus den obengenannten Studien auf die im Anhang 2 betrachteten Metalle unter Beachtung der Daten von USGS zur Verteilung der Reserven und der Herkunft der Metalle (USGS 2006) an, so zeigt sich, dass bei 18 der Metalle, die alle in der Elektroindustrie und zumeist auch in IuK-Produkten verwendet werden, unterschiedliche Problemlagen in Hinblick auf das regionale Vorkommen und ihre Marktzugänglichkeit vorliegen können. Hierbei lassen sich zwei verschiedene Gruppen unterscheiden:

- Metalle, bei denen die größten Mengen der bekannten Reserven vor allem in einem Land (> 50%) oder zwei Ländern (> 65%) liegen (Kriterium der Konzentration der Reserven);¹³

¹¹ Bei den Metallen handelt es sich um Silber, Aluminium, Gold, Cadmium, Cobalt, Chrom, Kupfer, Eisen, Lithium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Niob, Nickel, Blei, Palladium, Platin, Rhodium, Zinn, Tantal, Titan, Wolfram, Zink und Zirkon.

¹² Allerdings liegen diese Daten nicht für jeden der Stoffe vor. Vgl. BGR 2005.

¹³ Die Festlegung der Grenzen von 50 und 65% erfolgte hierbei durch die Autoren dieser Studie und nicht durch die Autoren der Studien des BMWBA und der BGR.

- Metalle, bei denen eine hohe Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette vorliegt gemäß BMWA 2005 (Kriterium der Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette).

Vom BMWA wurden jedoch nur ausgewählte Metalle betrachtet. Da jedoch diese Betrachtungsperspektive die bisher umfassendste Untersuchung zur strategischen Bedeutung von Metallen ist, wird diese Perspektive in einer stark vereinfachten Form auf die übrigen Metalle übertragen. Hierbei werden alle Metalle, bei denen die größten bekannten Reserven (> 65%) in Ländern liegen bzw. die fast ausschließlich in Ländern erzeugt werden, denen die BMWi-Studie eine besondere Rohstoffsituation zugeschrieben hat (z.B. eine problematische wirtschaftlichen Situation in z.B. Brasilien oder Umsetzung von Maßnahmen zur Protektion des Metallmarktes in China, Russland, Indien) in Analogie als untersuchenswert bewertet und mit „(X)“ gekennzeichnet.¹⁴ Hiermit ergibt sich folgende Klassifizierung von untersuchenswerten Metallen:

Tabelle 4: Mögliche strategische Metalle

Metall	Produktion 2005 (USGS 2006) [10 ³ t]	Reserven (USGS 2006) [10 ³ t]	Reservebasis (USGS) [10 ³ t]	Vorkommen der Reserven (Reserven in t [t] bzw. 1.000 t [tt])	Konzentration der Reserven	Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette	Anmerkung
Antimon	117	1.800	3.900	China 790 tt, Russland 350 tt, Bolivien 310 tt, USA 80 tt, Tadschikistan 50 tt, andere Länder 150 tt		(X)	
Barium	7.240	200.000	740.000	China 62.000 tt, Indien 53.000 tt, USA 25.000 tt, Marokko 10.000 tt, Thailand und Algerien 9.000 tt, andere Länder mehr als 20.000 tt	X	(X)	
Beryllium	0,114		80	ca. 65% der Ressourcen werden in den USA vermutet	X		
Chrom	18.000	475.000	800.000	Kasachstan 250.000 tt, Südafrika 160.000 tt, Indien 25.000 tt	X	X	l
Cobalt	52,4	7.000	13.000	Kongo 3.400 tt, Australien 1.300 tt, Cuba 1.000 tt, Sambia 270 tt, Russland 250 tt, Neu Kaledonien 230 tt, Kanad 130 tt, andere Länder 250 tt	X	(X)	
Indium	0,45	2,8	6	Kanada 1.000 t, USA 300 t, China 280 t, Russland 200 t, Peru 100 t, Japan 100 t, andere Länder 800 t		(X)	m
Magnesium	610	Sehr groß	Sehr groß	Magnesit: Russland 650.000 tt, Nordkorea 450.000 tt, China 380.000 tt, Australien 100.000 tt, andere Länder 615.000 tt		(X)	
Mangan	9.790	430.000	5.200.300	Ukraine 140.000 tt, Indien 93.000 tt, Australien 68.000 tt, China 40.000 tt, Südafrika 32.000 tt, andere Länder 46.000 tt		X	n
Niob	33,9	4.400	5.200	Brasilien 4.300 tt, Kanada 110 tt, Australien 29 tt, Reserven anderer Länder nicht bekannt	X	X	o
Platingruppe (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt)	> 0,43	71	80	PGM: Südafrika 63 tt, Russland 6,2 tt, USA 0,9 tt, Kanada 0,3 tt, andere Länder 0,8 tt	X	X	p
Quecksilber	1,1	120	240	Spanien 76 tt, Kirgisistan 7,5 tt, Algerien 2 tt, andere Länder 38 tt	X		

¹⁴ Eine Klassifizierung von Ländern hinsichtlich der politischen Situation bzw. der Einhaltung von Standards in dem Handelsgefahren ist sehr diffizil. Eine mögliche Klassifizierung wäre nach Ländern, die der WTO beigetreten sind und die festgelegte Handelsregeln auch tatsächlich einhalten. Im Rahmen der Recherche wurden jedoch in zahlreichen Studien (BMW 1999, BMWA 2005) und Veröffentlichungen (VWM 2005, UNICE o.J.) immer wieder auf Probleme auf dem Metallmarkt hingewiesen und hierbei vor allem Russland, China, Ukraine, Pakistan und Indien benannt. Aufgrund der Kürze der Zeit konnten allerdings keine Beispiele aus dem Erzbergbau recherchiert werden. Die Studie des BMWA zeigt jedoch deutlich auf, dass Länder wie China beispielsweise bei den NE-Metallen im erheblichen Maße Einfluss auf Im- und Exporte nehmen und somit den eigenen Produzenten / Verbrauchern Wettbewerbsvorteile verschaffen (ebd. S.19 ff). Auch wenn bei Metallrohstoffen in der Kürze der Zeit keine expliziten Beispiele für eine Beschränkung von Exporten zu Verbesserung der Wettbewerbssituation der eigenen Industrie recherchiert werden konnten, gibt es jedoch vergleichbare Konflikte bei anderen Ressourcen wie z.B. bei der Wasserversorgung aus Flüssen, die durch mehrere Länder fließen (Euphrat, Jordan) ebenso bei der Versorgung mit Energierohstoffen (z.B. der Russland-Ukraine-Konflikt).

Metall	Vorkommen der Reserven (Reserven in t [t] bzw. 1.000 t [tt])			Konzentration der Reserven	Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette	Anmerkung
	Produktion 2005 (USGS 2006) [10 ³ t]	Reserven (USGS 2006) [10 ³ t]	Reservebasis (USGS) [10 ³ t]			
Scandium	50				(X)	
Seltene Erden	105	88.000	150.000		(X)	
Tantal	1,9	43	150	X	X	q
Vanadium	42,5	13.000	38.000		X	r
Wismut	5,2	330	680	X	(X)	
Wolfram	76,5	2.900	6.200	X	X	s
Yttrium	2,4	540	610		(X)	
Zink	10.100	220.000	460.000		X	t
Zirkon	870	38.000	72.000	X	X	u

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten von USGS 2006.

Anmerkungen: l) Steigende Nachfrage in den BRIC-Ländern (BGR 2005: Chrom); m) Indium wird vor allem aus Zinkerzen gewonnen, weshalb China der größte Hersteller mit fast 60% ist (USGS 2006); n) starke chinesische Nachfrage (BGR 2005: Mangan); o) dem Metall wird eine hohe strategische Bedeutung vom BMWi zugemessen (BMWi 1999 S.27) zudem liegt ein hoher Konzentrationsgrad in der Lieferkette vor (BGR 2005: Niob); p) bei Palladium gibt es nur sehr wenige Lieferländer, bei Platin und Rhodium ist die Bergbauförderung auf wenige Länder begrenzt (BGR 2005: Palladium, Platin und Rhodium); q) hoher Konzentrationsgrad in der Lieferkette (BGR 2005: Tantal); r) Vanadium wird eine hohe strategische Bedeutung vom BMWi zugemessen (BMWi 1999 S.27); s) dem Metall wird eine hohe strategische Bedeutung vom BMWi zugemessen (BMWi 1999 S.27), zudem hat China eine marktbeherrschende Position in der Produktion (BGR 2005: Wolfram); t) China ist der größte Produzent (BGR 2005: Zink); u) die Nachfrage übersteigt das Angebot (BGR 2005: Zirkon).

Fazit: Vergleicht man die geographische Lage der Reserven verschiedener Metalle, so zeigt sich, dass für eine Vielzahl von Metallen die Reserven in nur wenigen Ländern liegen. Dies gilt sowohl für Reserven, die im großen Umfang bekannt sind (Chrom, Mangan und Zink) als auch für Metalle, deren Reserven gering sind (Beryllium, Indium, Platingruppe, Tantal und Yttrium). Darüber hinaus liegen bei vielen der Metalle Hinweise vor, dass es Konzentrationen in der Liefer- und Wertschöpfungskette gibt bzw. die Reserven in Ländern liegen, die noch zu untersuchen sind, da sie von den BMWA/BGR-Studien nicht erfasst wurden. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass letzteres Argument nur in einer groben Analogie zu den Studien des BMWA angewendet wird und dass das BMWA selbst davon ausgeht, dass für die von ihm untersuchten Metalle keine Verknappung zu befürchten ist. Wendet man trotzdem die Argumente auf die in der Tabelle beschriebenen Metalle an –

da keine gegenteiligen Informationen vorliegen – so müssten Chrom, Cobalt, Niob, die Platingruppe, Tantal, Wismut, Wolfram und Zirkon als strategische Metalle bezeichnet werden, da diese teilweise sicher („X“) und teilweise möglicherweise doppelt beachtenswert bewertet werden können („X“ und „(X)“).

1.4 Zwischenfazit

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden verschiedene Argumente für die „Seltenheit“ von Metallen untersucht. Hierbei wurden folgende Kriterien herangezogen:

- Preis: Preise der Metalle von fast 500 US-\$ pro Kilogramm;
- Preisanstieg: Preisanstieg der Metalle in der Zeit von 2001 bis 2004 von beinahe mehr als 100 %
- Reservenknappheit: Reichweite der Reserven auf Basis der Produktion 2004 von weniger als 25 Jahren;
- Reservenbasisknappheit: Reichweiten der Reservebasis auf Basis der Produktion 2004 von weniger als 50 Jahren;
- Konzentration der Reserven: Konzentration der bekannten Reserven vor allem in einem Land (> 50%) oder zwei Ländern (> 65%);
- Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette oder hohe Konzentration der Reserven: hohe Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette gemäß BMWA 2005 (Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette, „X“) sowie hohe Konzentration der Reserven (> 65%) in Ländern, die analog der Länder der BMWA Studie bewertet werden können („(X)“).

Betrachtet man die Ergebnisse der oben eingeführten ergänzenden Bedingungen zur Bestimmung von seltenen Metallen, so zeigt sich, dass in Abhängigkeit der Kriterien unterschiedliche Metalle als selten bezeichnet werden müssten. Mit nur einem Kriterium wurden die Metalle Beryllium, Cadmium, Cäsium, Gallium, Germanium, Hafnium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Nickel, Rubidium, Selen, Seltene Erden, Thallium und Yttrium bewertet. Mit zwei Kriterien wurden die Metalle Barium, Blei, Chrom, Niob, Osmium, Quecksilber, Scandium, Silber, Strontium, Vanadium, Wismut, Wolfram und Zirkon bewertet. Möglicherweise müssten hierzu auch noch Gallium und Germanium gerechnet werden, da diese als Nebenprodukte des Bauxit- und Zinkabbaus gewonnen werden. Es gibt jedoch nur unzureichende Informationen über die Herkunft dieser Metalle. Weiterhin ist zu beachten, dass für die Metalle Beryllium, Germanium, Gallium, Scandium, Hafnium, Rubidium und Cäsium entweder keine Produktionsdaten oder keine Reservenschätzungen bei USGS vorliegen, so dass auch hier eine Höherstufung möglich wäre.

Darüber hinaus können – wie in der folgenden Tabelle dargestellt – verschiedene Metalle an Hand von drei Kriterien identifiziert werden: Cobalt, Gold, Iridium, Palladium, Platin, Rhenium, Rhodium, Ruthenium, Zink und Zinn. Es könnte jedoch sein, dass einige Metalle der Platingruppe gleichfalls um ein oder zwei Kriterien höhergestuft werden müssten, da über die Zusammensetzung der Reserven der Platinmetalle nicht viel bekannt ist und diese nur zusammen ausgewiesen werden. Insgesamt ist die statische Reichweite der Platingruppe jedoch sehr langfristig. Weiterhin konnten bei Iridium, Rhodium und Ruthenium keine Verwendung bei IuK-Produkten recherchiert werden.

Die höchste Bewertung erhielten Antimon (4) sowie Indium (5). Beide Metalle werden in vielfältiger Weise in EE- und IuK-Produkten verwendet, wobei vermutlich Indium die größere Bedeutung hat.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse.

Metall	Gesamtbewertung	IuK-Relevanz ¹⁵	Preis > 500 US \$/kg	Preisanstieg > 100 %	Stat. Reichweite der Reserven < 25 a	Stat. Reichweite der Reservebasis < 50 a	Konz. der Reserven (>50% bzw. >65%)	Konz. in der Liefer- & Wertschöpfungskette
Antimon	4	X		X	X	X		(X)
Cobalt	3	X		X			X	(X)
Gold	3	X	X		X	X		
Indium	5	X	X	X	X	X		(X)
Iridium	3	?	X				X	X
Palladium	3	X	X				X	X
Platin	3	X	X				X	X
Rhenium	3	X	X				X	X
Rhodium	3	?	X				X	X
Ruthenium	3	?	X				X	X
Tantal	3	X			X		X	X
Zink	3	X			X	x		X
Zinn	3	X		X	X	X		

Quelle: Eigene Darstellung.

Abschließend muss jedoch angemerkt werden, dass die Identifizierung von seltenen Metallen zum einen im hohen Maße von den gewählten Kriterien abhängig ist, zum anderen auch nicht immer die Datenlage hinreichend gut ist, um alle Metalle adäquat unter einander vergleichen zu können. Für ein Screening nach seltenen Metallen ist dieser Weg jedoch ausreichend. Bis auf Cobalt, Vanadium, Dysprosium, Thulium und Luthetium sowie für die Platinmetalle Ruthenium, Rhodium, Osmium und Iridium konnten für alle anderen Metalle eine Verwendung in IuK-Produkten nachgewiesen werden. Hierbei kann jedoch nicht immer etwas über die Bedeutung der Metalle ausgesagt werden.

Darüber hinaus haben die Kriterien einen unterschiedlichen Zeithorizont im Blick. Während der Bezug auf die Reserven eher eine mittelfristige Perspektive widerspiegelt, sind Konzentrationen der Lieferkette und Handelstabilität sowie Preisanstieg eher kurzfristig zu sehen. Darüber hinaus müssten aber auch Konkurrenzen auf dem Markt beachtet werden. Beispielsweise besteht bei den Edelmetallen ein erheblicher Konkurrenzmarkt mit der Automobilindustrie, dem Schmuck- und Dentalmarkt sowie in mittlerer Zukunft auch den Herstellern von Brennstoffzellen. Bei all diesen Märkten werden zum einen wesentlich größere Mengen an Edelmetallen gebraucht als in der EE-Industrie, zum anderen liegen die Produktpreise deutlich höher. Aus diesem Grund könnten die Abnehmer auch höhere Preise zahlen. Die Preisabhängigkeit spiegelt sich jedoch in einer anderen Betrachtungsweise wiederum zu Gunsten der EE-Industrie wieder. Für die überwiegende Anzahl der Metalle werden in EE-Produkten nur sehr geringen Mengen benötigt, so dass die Metallpreise sich nur im geringen Umfang in den Produktpreisen niederschlagen (vgl. Sullivan 2006 über den Edelmetallgehalt von Mobiltelefonen). Unter diesem Blickwinkel könnten auch starke Konkurrenzen wie beispielsweise zwischen dem Tantaleinsatz in Spezialstählen und in Carbiden als Schneidwerkzeuge durchaus relativiert werden. Sofern jedoch – und dies ist bei Tantal, Zink und Zinn der Fall – im großen Umfang die Metalle für EE-Anwendungen genutzt werden, können Verknappungen des Angebotes gravierende Folgen für die EE-Industrie haben. Ein weiteres Kriterium, das zu prüfen wäre, sind die Verwendungsmuster der Metalle. In verschiedenen Anwendungen liegen dissipative Nutzungen¹⁶ vor (z.B. Zink und Indium als Stahlüberzug oder die seltenen Dotierungsmetalle). In diesen Verwendungen ist ein Recycling nahezu ausgeschlossen, so dass Produktkreisläufe nicht geschlossen werden können. Letztendlich werden einige Metalle nicht als Rohstoffe abgebaut, sondern als Beiprodukt gewonnen wie z.B. Indium,

¹⁵ X = sicher, X? = vermutlich, ? = unbestimmt

¹⁶ Dissipative Verwendungen von Stoffen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie in geringer Konzentration und in geringen absoluten Mengen in Endprodukten vorliegen.

Gallium und Germanium. Hierbei kann eine Schließung von Erzminen dazu führen, dass bei diesen Metallen Verknappungen auftreten.

2 Das Beispiel Tantal: Bedeutung, Konflikte und Wertschöpfungskette

2.1 Das Metall Tantal

2.1.1 Tantal, Tantalit und Coltan

Tantal ist ein Element der fünften Hauptgruppe und der sechsten Periode und gehört somit zur Vanadiumgruppe. Es kommt vor allem als Tantalit ($\text{Fe}(\text{TaO}_3)_2$) vor. Weitere wichtige Tantalminerale, von denen ca. 70 bekannt sind, sind Microlite und Wodginite. Die Erze sind im Gegensatz zu anderen Mineralien sehr heterogen. Verschiedene Erze des Tantals werden unter dem Begriff Tantalit zusammengefasst, obwohl Tantalit eigentlich ein eigenes Mineral ist. Coltan ist ein Columbium-Tantalit-Erz mit Niob und Tantalanteilen.

Tantal wird vor allem als Tantalit, Microlite und Wodginite gewonnen. Auch in Zinnschlacken finden sich nennenswerte Anteile an Tantal, wobei jedoch heutzutage ihre Bedeutung immer geringer wird (BMWi 1999 und USGS 2000: Tantalum). Tantalminerale finden sich vor allem in Australien, Brasilien, Kanada und Zentralafrika. Coltan findet sich im Gegensatz zu den anderen Tantalerzen vor allem in Flussbetten, Sedimentablagerungen und weichem Gestein. Der Abbau erfordert keinen großen technischen Aufwand.

Die chemischen Eigenschaften sind folgende: es ist hoch schmelzend ($2.996\text{ }^\circ\text{C}$), es ist hart aber dehn- und walzbar, es widersteht allen Säuren außer Flußsäure, es widersteht auch Alkalien, es ist korrosionsbeständig und es hat eine sehr gute elektrische und thermische Leitfähigkeit.

Die Erze werden meist vor Ort durch physikalische Prozesse aufkonzentriert. Zur Trennung von Tantal und Niob und zum Aufschluss der Oxide wird das Konzentrat mit Fluß- und Schwefelsäure behandelt. Hierdurch werden komplexe Metallfluoride gewonnen, die mit Methylisobutylketon von metallischen Verunreinigungen abgetrennt werden können. Mit verschiedenen Extraktionsverfahren können hochreine Tantal- und Nioblösungen gewonnen werden, aus denen das Kaliumtantalfluorid (K_2TaF_7) oder das Tantaloxid (Ta_2O_5) unter Abtrennung von Nb_2O_5 gewonnen werden kann. Aus dem Kaliumsalz kann durch (flüssige) Natriumreduktion Tantal-Metallpulver hergestellt werden. Aus dem Oxid kann durch Reduktion mit Kohlenstoff oder Aluminium das Metall hergestellt werden. Neben dem Tantalpulver und Tantalverbindungen sind die wichtigsten metallischen Zwischenprodukte Tantaldraht, -blech, -stäbe und -legierungen.

2.1.2 Reserven und Ressourcen

Über die Erzvorräte von Tantal ist nicht viel bekannt. Mit zunehmender Prospektion zeigt sich jedoch, dass vermutlich die Tantalreserven größer sind als noch vor einigen Jahren gedacht. So schätzte das BMWi die Reserven in 1992 und 1996 auf ca. 21.800 (BMWi 1999 S.19). USGS geht heute davon aus, dass die größten Vorkommen in Australien (40.000 t Reserven, 73.000 t Reservebasis, schätzungsweise 50% der globalen Reserven), Brasilien (73.000 t Reservebasis) sowie in Kanada (Reserven 3.000 t) liegen. Größere Reserven müssten sich auch im Kongo und ggf. in anderen zentralafrikanischen Staaten befinden. Darüber hinaus kann es Reserven in Äthiopien, den südafrikanischen Staaten, Süd-Ost-Asien sowie in China (ca. 12% der globalen Reserven) geben (Mosheim 2003, Sons of Gwalia 2001, USDI/USGS 2006: 166).

Die Reichweite ist schwer abzuschätzen, da Tantal in Wachstumsmärkten wie Elektronik und Telekommunikation nachgefragt wird. Die Reserven an Tantal auf Basis der Produktionszahlen von 2000 sollen ausreichend für eine Versorgung der Industrie über einen Zeitraum von 15 bis 25 Jahren sein (Serjak et al. 2003, Delzeit und Bleischwitz 2005 S.329). Es bestehen weiterhin Schätzungen, dass die Ressourcen an Tantal ausreichend für eine Versorgung von 125 Jahren sind. Diese sollen zu 41% aus Australien, 22% aus Asien, 16% aus Amerika, 13% aus Afrika und zu 8% aus anderen Ländern kommen, sind allerdings unter aktuellen ökonomischen Gesichtspunkten nicht abbaubar (Serjak et al. 2003). Aufgrund der ungenauen Erfassung der Reserven (vgl. USGS 2006: Tantalum) ist eine Abschätzung sehr schwierig.

2.1.3 Endverbrauch

Tantal wird für die Herstellung von Kondensatoren (Tantal-Staub und -folien), für Stahllegierungen (hochfeste und temperaturstabile sowie bioneutrale Tantallegierungen) und Schneidwerkzeuge (Tantal-Carbide) genutzt. In den USA werden ca. 60% des Tantalverbrauchs für die Herstellung von Kondensatoren verbraucht (USGS 2006), aber auch das TIC gibt die Herstellung von kondensatorgeeigneten Tantalstaub mit ca. 50% an (TIC o.J.). 15% werden als Folie verwendet – inklusive Tantaldraht zur Herstellung von Kondensatoren. Jeweils ca. 10% werden in Form von Chemikalien (Fluorid, Oxid) und als Tantalcarbide, ca. 9% als Tantal Barren sowie ca. 8% für Diverses verwendet. Charakteristika von Tantal-Kondensatoren sind ihre geringe Größe, ihre Lebensdauer, ihr geringer Stromverbrauch und ihre Widerstandskraft gegen Temperaturschwankungen. Die Kondensatoren werden vor allem in Handys, Computern, Digitalkameras, Hörgeräten, Herzschrittmachern und der Autoelektronik (ABS, GPS, Zündsysteme) verwendet. Die zunehmende Miniaturisierung ist auch eine der stärksten Triebkräfte für den steigenden Tantalbedarf. Weiterhin wird Tantal als Metall oder in Legierungen, bei denen seine hohe Widerstandskraft gegen Temperaturen oder aggressive Medien sowie seine Bionutralität notwendig ist. Diese Anwendungen sind chirurgische Instrumente, Spinddüsen, Heizschlangen für aggressive Medien, dem Spezialapparatebau in der Chemischen Industrie, für medizinische Implantate, für Spezialgläser mit hoher Brechkraft (Kamerallinsen mit Tantaloxid), für Röntgenfilme, zur Oberflächenbehandlung von Stählen mit besonderem Korrosionsschutz (Brücken, Wasserbehälter) sowie in der Hochvakuumtechnik. Tantal-Wolframstähle werden aufgrund ihrer Zähigkeit und Temperaturstabilität für Turbinen genutzt.

2.1.4 Recycling und Substitute

Das BMWi schätzt, dass der Anteil des Recyclingmaterials am Tantalverbrauch bei 10 bis 20 % liegt (BMWi 1999 S.20), das TIC schätzt die Werte auf 20 bis 25% (TIC o.J.). Diese geringe Zahl ergibt sich dadurch, dass Tantal vor allem in Legierungen (Stähle) und in dissipativen Anwendungen (Kondensatoren) genutzt wird. Ein gezieltes Recycling wie beispielsweise beim Kupfer wird dadurch erheblich erschwert. Größere Mengen an Recyclingmaterial fließen von den Endproduktherstellern und den Herstellern der Mikroelektronik zurück an die Zwischenproduzenten.

Schrotte werden in Altschrott (Schrott von Endverbrauchern) und Neuschrott (von Kondensatorenverarbeitern) eingeteilt. Internationaler Marktführer für Recycling ist H.C. Starck (H.C. Starck 2002). Weltweit werden ca. 20% des Tantals aus Recycling gewonnen, wobei der Anteil von Altschrott sehr gering und als Rohstoffquelle noch nicht ausgeschöpft ist (U.S. Geological Survey 2002, USDI/USGS 2006: 166, Hayes & Burge 2003). Beispielsweise wurden in der EU bislang 90% der elektronischen und Elektrogeräte noch nicht vorbehandelt bevor sie deponiert oder verbrannt werden – dies wird sich aufgrund der Elektronikschrottregulierung (WEEE) ändern. Der Anteil von Tantal in Elektrogeräten ist vernachlässigbar. So liegt der Gewichtsanteil an Tantal eines PCs bei 0,0157% des Gesamtgewichts (ACCR o.J.). Trotzdem spielt die Wiederverwertung von Tantal eine wichtige Rolle in der Versor-

gungskette als eine Rohstoffquelle (ARCC 2003). Da Elektrogeräte einen Anteil von 68% des Tantalverbrauchs einnehmen, bestehen durchaus Potentiale der Wiederverwertung des Altschrotts. In der Praxis werden viele Elektrogeräte (auch Handys) allerdings mechanisch zerkleinert, und das Tantal wird dabei entweder zerstäubt oder geht anderweitig verloren. Ein Recycling müsste also mit erheblich verbesserter Feinmechanik einhergehen. In China sollen – so eine Aussage auf dem Workshop vom 30.11.2006 – durch manuelle Bearbeitung höhere Recyclingraten erzielt werden.

Tantal kann je nach Nutzung durch andere Metalle substituiert werden, auch wenn die spezifischen Eigenschaften nicht vollständig erreicht werden. In Carbiden (Schneidwerkzeugen) könnte es durch Niob substituiert werden, durch Niob und Aluminium bei Kondensatoren, sowie durch Niob, Platin, Titan und Zirkonium in korrosionsfesten Geräten, durch Niob, Hafnium, Iridium, Molybdän, Rhenium und Wolfram in Hochtemperatur-Applikationen (USGS 2006: Tantalum).

2.2 Die Wertschöpfungskette Tantal und Coltan

Die Wertschöpfungskette von Coltan, Tantalit, Microlite und Wodginite beruht auf dem Metall Tantal. Sie beginnt mit dem Abbau in Minen von Bergbaukonzernen, Unternehmen und anderen bergbautreibenden Akteuren, welche das Erz an Zwischenprodukthersteller verkaufen. Das dort zu Zwischenprodukten verarbeitete Material wird vor allem in Form von Tantalpulver an Kondensatorenhersteller veräußert, die die gefertigten Tantalkondensatoren über Zwischenhändler oder Auftragsfertiger an Originalausstatter verkaufen. Die industrielle Nachfrage kommt zum größten Teil aus den Bereichen Automobilelektronik, PCs und Telekommunikation. Die Tantalkette wird nur zu einem geringen Anteil durch Recycling bei den Zwischenproduktherstellern von Schrott aus der Verarbeitung zu Kondensatoren oder von den Originalausstattern geschlossen (weltweit ca. 20 %). Relevante Schritte der Wertschöpfungskette werden im Folgenden näher erläutert.

2.2.1 Das Angebot und der Abbau von Tantal weltweit

Die Minenproduktion von Tantal ist den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Betrug sie im Jahre 1996 noch 436 t (USGS 2000: Tantalum S.10), so lag sie im Jahr 2000 bei 1070 t und in 2004 bei 1.510 t (USGS 2000 und 2004: Tantalum, hierbei Columbit-Tantalit und Tantalit). Nach USGS wird die Produktion in 2005 auf 1.910 t geschätzt (USGS 2006: Tantalum).

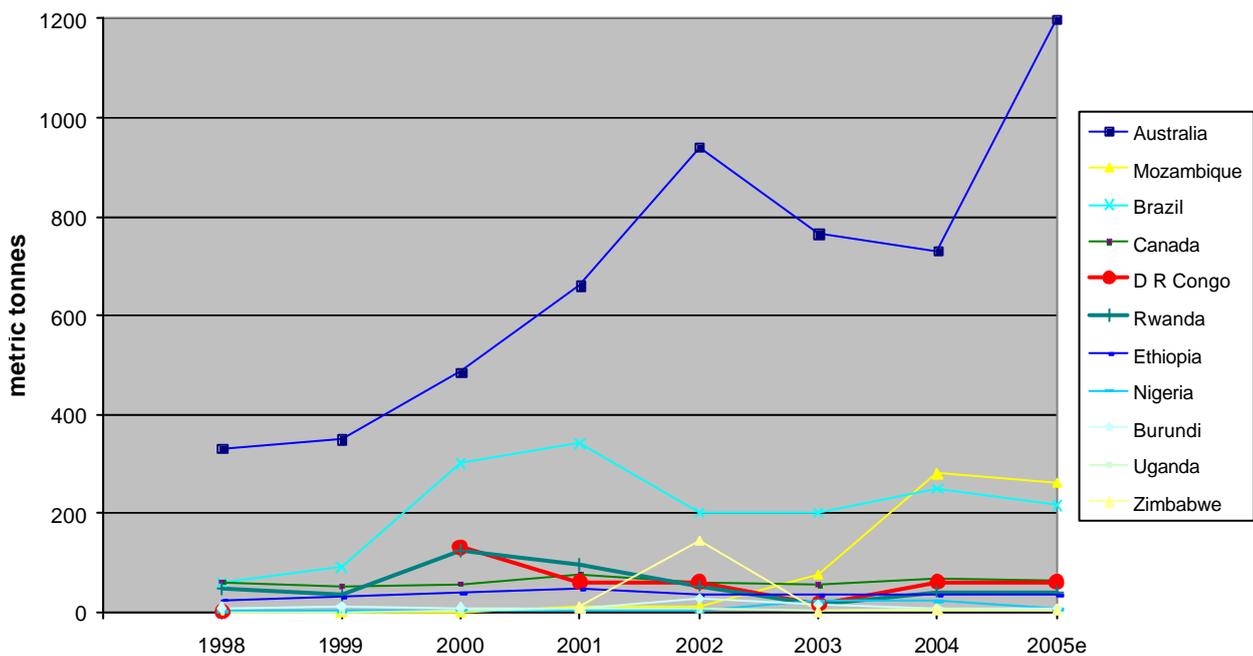
Der Tantalmarkt ist sowohl auf der Bergbauproduktion als auch auf der Herstellerseite von Zwischenprodukten sehr übersichtlich. Auf der Bergbauseite dominieren Sons of Gwalia (Australien), Cia. De Estanho Minas Brasil, Paranapanema Mineracao (beide Brasilien) sowie Tantalum Mining (Kanada). Zwei Minen von Sons of Gwalia in Australien produzierten in 2003 ca. 50% der Weltproduktion (TIC o.J.). Diese haben ihre Produktion seit 1998 etwa verdreifacht. In 2005 wird geschätzt, dass ca. 63% des Tantals aus den beiden australischen Minen kommen. Das zweitgrößte Produktionsland und die drittgrößte Mine befinden sich mit einem Anteil von 8% am weltweiten Abbau in 2005 in Brasilien (vgl. Abbildung 3).

China produzierte 1997 9% des weltweit abgebauten Tantals, 2001 waren es 6%, von dem ein Viertel exportiert wurde (Hayes & Burdge 2003). Die Produktionsdaten von afrikanischen Ländern weisen der Demokratischen Republik Kongo (DRK) 2000 einen Anteil von 11,3% an der globalen Tantalproduktion und damit den Rang des drittgrößten Produzenten zu. Des Weiteren zeigen die Zahlen eine Beeinflussung durch die Kriege und durch eine „Versorgungslücke“ mit starken jährlichen Produktionsschwankungen: 0t 1998, keine Daten 1999, 130t 2000, seitdem relativ stabil bei 60t (vgl. Abbildung 3). Seit 2003 werden steigende Abbaumengen aus dem südafrikanischen Mosambik berichtet, das als Abbauland aktuell die Bedeutung der Demokratischen Republik Kongo überrundet hat. Insgesamt liegt der Abbau in Zentralafrika, wozu die DR Kongo gehört, etwas über der Produkti-

on Brasiliens. Inwieweit die Angaben aus Afrika zuverlässig sind, ist schwer einzuschätzen; illegaler Handel ist angesichts der Abbaubedingungen im Kleinbergbau, offener Grenzen, Krieg und unzureichender Transportinfrastruktur nicht auszuschließen.

Die Angebote weltweit haben sich über die Jahre hinsichtlich ihrer Herkunft insbesondere bei den kleineren Lieferanten als auch zwischen Brasilien und Simbabwe verschoben. Der wichtigste Produzent von Tantal ist nach wie vor Australien, welches seine Produktion von Columbit-Tantalit von 276 t in 1996 auf 485 t im Jahr 2000 und 730 t in 2004 steigerte. Der Kongo war in 1996 der zweitwichtigste Produzent mit 130 t Columbit-Tantalit, jedoch fiel seine Produktion bis 2003 kontinuierlich auf 15 t um dann in 2004 wieder auf 60 t zu steigen. Weitere wichtige Produzenten waren Äthiopien (38 t Tantalit in 1996, 39 t in 2000 und 35 t in 2004), Brasilien (90 t Columbit-Tantalit in 1996, 190 in 2000 und 250 t in 2004) sowie Kanada (57 bis 60 t Tantalit zwischen 1996 und 2004) und Mosambik (180 t in 2002 und 280 t in 2004). Ruanda produzierte in 1996 26 t, in 2000 124 t und in 2004 40 t. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Australien, Brasilien und Mosambik die größten Produzenten von Tantalern sind und dass die Bedeutung von zentralafrikanischen Anbietern insgesamt relevant ist. Kleinere Schwankungen im Angebot¹⁷ haben bereits relevante Auswirkungen auf die Märkte. Besondere Unstetigkeiten in der Produktion zeigten der Kongo, Ruanda, Burundi und Uganda. Ihr Anteil an der Tantalproduktion betrug in 2000 ca. 27% und in 2004 ca. 7%. Für 1996 liegen keine Daten für den Kongo vor.

Abbildung 3: Abbau von Tantal nach Ländern 1998-2005e



Quelle: U.S. Geological Survey, Niobium (Columbium) and Tantalum Statistics and Information 1997-2006

Der Preis von Tantalit hat sich über die letzten Jahre hinweg als relativ unstetig dargestellt (vgl. auch Abbildung 2). In 1996 betrug er 28 US-\$ per pound Tantalit und stieg bis 1999 nur moderat auf 34 US-\$. Im Jahre 2000 erreichte er kurzfristig einen singulären Höchststand von 220 US-\$, fiel aber sehr schnell wieder in den Jahren darauf auf nur noch 32 US-\$ in 2004 (USGS 2000 und 2004: Tantalum).

¹⁷ Hierbei wurde auf dem Workshop am 30.11.2006 in Berlin eine Größenordnung der Schwankung von 5% als relevant benannt.

Es gab in den letzten 30 Jahren drei kurzfristige peaks. Mit Ausnahme des peaks im Jahr 2000 war der Preis in den letzten zehn Jahren bei etwa 28 – 32 US-\$ per pound.

2.2.2 Der Markt für Tantal: Entwicklung und –trends

Auf der Ebene der Zwischenhersteller finden sich weniger als 15 Unternehmen, die vor allem Tantaloxide, Tantalmetall (Legierungen, Draht, Blech, Stäbe), Tantalcarbide, Tantal-Pulver für Kondensatoren und Kaliumsalze von Tantal herstellen. In Deutschland ist es HC Stark (größter Hersteller von Zwischenprodukten). H.C. Starck, bis Dezember 2006 eine 100 %-tige Tochterfirma der Bayer AG, verfügt über Standorte in Deutschland, den USA, Japan und Thailand. Nr. 2 des Marktes ist die Cabot Cooperation. Cabot Corporation, die zweitgrößte Firma weltweit, hat Niederlassungen in den USA und Japan. Zusammen decken diese beiden Produzenten mehr als 80% des Marktes ab. Ningxia NFM ist die drittgrößte Verarbeitungsfirma und kommt aus China. Nach MiningNews 2002, produzierte die Firma 18 % der Weltproduktion von Tantalpulver – jährlich 200t und 40% des Tantaldrahts (Tubby 2003). Zusammen mit dem drittgrößten Produzenten – Ningxia NFM in China – decken diese drei Unternehmen weitestgehend den Markt ab. Als weitere Akteure auf dem Tantalmarkt sind noch einige Händler tätig. Händler agierten insbesondere in der Phase stark steigender Preise, indem sie Tantal aufkauften und auf steigende Preise spekulierten. Sie haben zwar keinen dominierenden Einfluss, gestalten aber die Marktübersicht schwierig.

Der Tantalmarkt ist kein offener Wettbewerbsmarkt. Die wichtigsten Tantalproduzenten auf der Rohstoffseite (Bergbau) haben langfristige Verträge mit den Zwischenproduktherstellern (Delzeit & Bleischwitz 2005). Lediglich Preis- und Bedarfsfluktuationen werden über den Spot-Markt ausgeglichen. Es besteht somit eine enge Verbindung zwischen Rohstoffproduzenten und Zwischenproduktherstellern und kein Markt im eigentlichen Sinne auf Basis von Angebot und Nachfrage (Bleischwitz 2006 S.311). In diese Verträge sind auch die Hersteller von Endprodukten einbezogen, die mit den Zwischenproduktherstellern „take-or-pay“-Verträge abgeschlossen haben. Die Hochpreisphase 1999/2000 bildete einen starken Anreiz, in langfristige Verträge einzusteigen. Aus Zentralafrika wird insgesamt nur eine geringe Menge Tantalerz geliefert, welches aufgrund der unsicheren Lieferbedingungen vor allem den Spot-Markt bedient. Es ist möglich, dass es sich hierbei um illegalen Abbau aus dem Kongo handelt (TIC o.J.).

Die Nachfrage nach Coltan ist vor allem abhängig von der Nachfrage der Elektroindustrie. Seit 1992 wuchs die Nachfrage nach Tantal mit jährlich durchschnittlich 10% mit einem Peak im Jahr 2002 auf Grund steigender Nachfrage nach Produkten wie Handys oder Laptops. Im Jahr 1999/2000 waren Kondensatorenhersteller nicht in der Lage, die Nachfrage nach Tantal-kondensatoren zu decken (Serjak, Seyeda & Cymorek 2002). Verursacht wurde diese Knappheit nicht durch eine Versorgungslücke an Erzen, sondern durch Kapazitätsengpässe, Medienberichte und durch das folgende Eindringen von Spekulanten (Delzeit & Bleischwitz 2005). Zu diesem Zeitpunkt wurde der Preis für Tantal noch weitgehend auf Transaktionsbasis gebildet (Hunziker 2002). Es fanden Doppelbestellungen statt, und der Markt reagierte mit Panik. Damit hatten Spekulanten die Möglichkeit, Tantal aufzukaufen, auf höhere Preise zu warten, um zu höherem Preis das Tantal wieder zu veräußern (Serjak, Seyeda, Cymorek 2002). In der Hochpreisphase 1999/2000 versechsfachte sich der Preis pro Pfund Tantal von 34 US\$ 1998 und 1999 auf 220 US\$ 2000. Diese Preisexplosion ist ohne Spekulation nicht erklärbar.

Kondensatorenhersteller reagierten auf die Preisexplosion durch das Abschließen von langfristigen Mindestabnahmeverträgen mit Mienenfirmen (Serjak, Seyeda, Cymorek 2003). Nach ersten Entspannungssignalen wurden Bestände (z.B. US stockpiles) verkauft, was den Markt weiter entspannte. Mittlerweile ist der Preis wieder bei 30 \$ (USDI/USGS 2006).

Auch der zukünftige Markt von Tantal wird von dem Wachstum der Elektronikbranche bestimmt; hinzu kommt die Optikindustrie. Von der Nachfrageseite wird zwar weiterhin Wachstum erwartet, doch da die Kondensatoren kleiner werden, kann davon ausgegangen werden, dass der Anstieg des Tantalverbrauchs geringer sein wird als das Wachstum der Kondensatoren.

Während der Hochpreisphase 1998 – 2000 wurden kleinere Mienen aus Kanada und der Demokratischen Republik Kongo (DRK) im Weltmarkt als Puffer eingesetzt (vgl. Abbildung 3). Im Fall der DRK führte dies zu einer Verschärfung der bestehenden Konflikte. Ob es sich bei den Konflikten um „Ressourcenkriege“ handelt, bzw. welchen Anteil und Bedeutung die Ressourcenkomponente in den jahrelangen Auseinandersetzungen um den Großen See in Zentralafrika hatte, wird in der Forschung untersucht (Billon 2004, Dunn 2005). Diese Zusammenhänge werden im Folgenden erläutert.

2.3 Der Coltan-Abbau in der Demokratischen Republik Kongo

Die Demokratische Republik Kongo ist ein rohstoffreiches Land. Dort befinden sich u.a. nennenswerte Reserven an Cobalt und Kupfer. Die Raw Materials Group, eine einschlägige Consultinggruppe, zählt die DR Kongo zu den sechs rohstoffreichsten Ländern der Erde.¹⁸ Ungefähr 80% der afrikanischen Tantalreserven befinden sich in der DRK, wo es in Form von Columbo-Tantalite (Coltan) vorliegt. Coltan wird durch seine relativ einfachen Abbaubedingungen und räumliche Verteilung als leicht abbaubar charakterisiert (Billon 2004). Unter anderem durch seinen Ressourcenreichtum an Gold, Diamanten, Kobalt, Coltan und Holz war und ist das politisch instabile Land von regionalen Kriegen, Plünderungen und illegaler Ausbeutung geprägt. Als Ursache der Konflikte in der Region in den Großen Seen werden verschiedene Ursachen diskutiert (Dunn 2005). Dies wird hinsichtlich des Abbaus von Coltan näher betrachtet.

Als die Tantalpreise und damit der Preis des Coltans stark anstiegen, wurde Coltan durch Nachbarländer exportiert, die mit Rebellen Gruppen kooperierten (United Nations 2001). Um diese Situation weiter aufzudecken, wird zunächst ein kurzer Überblick über die politische Lage in der DRK gegeben, um anschließend den Coltanabbau, die globalen Zusammenhänge und regionalen Auswirkungen zu analysieren.

2.3.1 Die politische Situation in der Demokratischen Republik Kongo

Der letzte „Kongolesische Krieg“ ist in historisch begründete Konflikte in der Region der Großen Seen eingebettet. Um seine Natur und Ursache zu ergründen, wird der Konflikt von Dunn (2005) in

- diskursive (um Identitäten, Macht) und
- materielle (Gewinne)

Dynamiken auf verschiedenen Ebenen (lokal, regional und global) eingeteilt. Diese sind miteinander verwoben, so dass keine eindimensionale und monokausale Begründung des Konfliktes benennbar ist. Eine Facette der Ursachen, der Handel von Coltan in der DRK, war und ist von der jeweiligen politischen Lage abhängig. Nach der Unabhängigkeit von Belgien 1960 und fünfjähriger politischer Unruhe unter dem Marxisten Joseph Desire Mobuto, führte dieser das Land bis 1997. Seine Regierungszeit wurde mit einem Sturz durch Rebellen aus dem Osten des Landes, unterstützt durch Ruanda und Uganda beendet, deren Anführer Laurent-Desire Kabila sich zum Präsident erklärte. Dieser wurde 2001 ermordet, und sein Sohn wurde zum neuen Führer einer geteilten Regierung. Nach dem ersten Regierungsjahr kühlte das Verhältnis sowohl zu der internationalen Gemeinschaft als auch zu den regionalen Alliierten Ruanda und Uganda ab (Dunn 2005). Auch gab es viele Spannungen innerhalb

¹⁸ Persönliche Information von Hand Magnus Ericsson, vgl. Bleischwitz 2006 S. 305.

der Gesellschaft, v.a. zwischen den Provinzen. Verbündet mit Angola, Namibia und Zimbabwe kämpft die DRK gegen Rebellen, die von den Regierungen Ruandas, Burundis und Ugandas unterstützt werden. Deren Militärs sind seit 1998 auf kongolesischem Territorium und kontrollieren große Gebiete des Landes (Speiser 2001). Der Krieg wurde im März 2003 durch eine Vereinbarung zwischen Rebellengruppen und der kongolesischen Regierung (United Nations Security Council 2003) vorläufig beendet.

Die aktuelle Situation ist trotzdem sehr instabil. Die ersten demokratischen Wahlen seit 40 Jahren führten im August 2006 – die Bundeswehr beteiligte sich an der Absicherung der Wahlen – noch zu keiner Mehrheit für einen der Präsidentschaftskandidaten, so dass am 29. Oktober 2006 eine Stichwahl der beiden Kandidaten, des aktuellen Präsidenten Kaliba (44,81%) und seinem Vizepräsidenten Bemba (20,03%) durchgeführt wurde, die Kabila für sich gewinnen konnte (United Nations Security Council 2006:4). Die rechtlichen Unsicherheiten über den Zugang zu Rohstoffen bleiben bis auf weiteres bestehen. Aktuell ist ferner eine Zunahme der ausländischen Direktinvestitionen u.a. aus China zu verzeichnen.

2.3.2 Der Coltanabbau

Der Zusammenhang zwischen dem erheblichen Preisanstieg für Tantal und dem Kongolesischen Konflikt wird von E. Kennes folgendermaßen beschrieben: „*A temporary shortage of colombo-tantalite had to be filled by any means, including buying coltan from the network of artisanal diggers controlled by armed forces. Whenever the companies had the opportunity for a regular and steady flow of production elsewhere, they turned away from the Kongo*” (Kennes 2002: 605).

Der illegale Abbau von Coltan

Zuverlässige Daten über den Coltanabbau in der DRK liegen nicht vor. Da es sich ausschließlich um eine literaturbasierende Arbeit handelt, muss auf Daten und Informationen zurückgegriffen werden, die aus den UN-Berichten, Statistiken des US. Geological Survey oder verschiedenen NGO-Berichten stammen. Die Bergbauregionen in der DRK liegen teils im Regenwaldgebiet.¹⁹

In der DRK sind Landbesitzer rechtlich dazu verpflichtet, eine Lizenz zum Abbau von Mineralien zu besitzen. Dieses Gesetz wurde bei den Kriegen jedoch gebrochen (Redmond 2001). Teils haben die Rebellengruppen Lizenzen ausgestellt und daran verdient (s.u.), teils war die Legitimation der Lizenzvergabestellen unklar. Die Rechtsunsicherheiten sind eine Quelle illegaler Aktivitäten. Ross (2004) gliedert die Konflikte (um Coltan) in der DRK in zwei Phasen.

1. In der ersten Phase nutzte die AFDL (Alliance des Forces Démocratiques pour la Libération du Kongo) unter Kabila Gelder aus dem Verkauf von zukünftigen Abbau- und Eigentumsrechten dazu, den Regierungssturz von Mobutu 1997 zu finanzieren, was zu einer schnelleren Beendigung des Konfliktes führte. Bereits seit Ende 1996 wurde die von Uganda und Ruanda unterstützte Rebellengruppe AFDL von vielen ausländischen Firmen gefördert (Billon 2004).
2. Im Unterschied dazu wurde der Krieg in der zweiten Phase seit 1997/98 durch die illegale Ausbeutung durch Rebellengruppen und feindliche Nachbarländer verlängert und intensiviert. Dabei wurden legale Verwaltungen, die von der Mobutu-Regierung eingeführt wurden, genutzt, um Lizenzen zu verkaufen und Exportsteuern zu erheben.

Im Zeitraum von 1998 bis 2003 gab es drei separate Gebiete, die von der Regierung der DRK, Ruanda und Uganda kontrolliert wurden (United Nations Security Council 2002). So war beispielsweise die

¹⁹ Auf die Aktivitäten des Dian Fossey Funds wird weiter unten hingewiesen

lokale Mayi-Mayi Rebellengruppe in der Lage, sich von einer Selbstverteidigungsmilitärgruppe zu einer eigennützigen kriminellen Vereinigung zu entwickeln (Billon 2004). Im November 2000 erhielt die neue Firma SOMGIL (Société Minière des Grands Lacs) ein Monopol von der Rebellengruppe RCD-Goma, um den Handel zu regulieren und Profite zu maximieren (Haynes 2002). Das Monopol wurde bis März 2001 erhalten und endete, als die Verwaltung der RCD-Goma das Meiste des Gewinnes zurückbehielt. Nach Meldungen des „International Peace Information Service“ ist es möglich, dass die RCD-Goma innerhalb dieser drei Monate 2,35 Mio. US \$ verdient haben kann (Cuvelier & Raeymaekers 2002).

Die Daten des U.S. Geological Survey zeigen für die Preishochphase einen erheblichen Exportanstieg von Ruanda und der DRK. Glaubhafte, genaue Daten sind für diesen Zeitraum allerdings nicht erhältlich. Das Expertenpanel des UN Sicherheitsrates benennt die folgenden Verbindungen:

60-70% des Coltans wurden unter Beaufsichtigung der Ruandischen Patriotischen Armee (RPA) exportiert. „Comptoirs“, Kleinhändler auf dem Territorium von Ruanda, exportierten 15-25% des gesamten exportierten Coltan. Sie kauften die Erze von lokalen „Négoriants“ (Kleinbergbauern) oder betrieben ihre eigenen Minen, in denen Minenarbeiter unter schlechten Bedingungen arbeiteten. Den geringsten Anteil von Coltanexporten hatten die kongolesischen „Comptoirs“. Es blieben nur wenige übrig, da sie mit Minen, die im Besitz der RPA oder Ruanda waren, nicht konkurrieren konnten (United Nations Security Council 2002). Traditionelle Händler, wie MDM (Mudekereza-Defays-Minerais), seinerzeit im Besitz eines kongolesischen Geschäftsmanns und eines belgischen Auswanderers, wurden aus dem Markt gedrängt.

Der Konflikt hat tief greifende Auswirkungen auf die Bevölkerung, Umwelt und Struktur des Landes. Die Zahl der Todesopfer während des Konflikts in der DRK zwischen 1998 - 2004 wird auf 3,9 Millionen geschätzt (Coghlan et al. 2006).

Intervention der Vereinten Nationen

Der Sicherheitsrat der Vereinten Nationen bildete im Februar 2000 durch die Resolution 1291 eine Friedensicherungstruppe (MONUC), um den Friedensprozess nach dem zweiten Kongolesischen Krieg zu observieren. Im Juni 2000 gründete der Sicherheitsrat ein Expertenpanel zur illegalen Ausbeutung von natürlichen Ressourcen und anderen Formen von Reichtümern in der DRK. Ziel war es, durch Berichte die Lage zu verfolgen und Informationen über alle Aktivitäten bezüglich der illegalen Ausbeutung zu gewinnen. Zudem sollten die Zusammenhänge zwischen der Ausbeutung und dem Fortverlauf des Konfliktes erarbeitet und analysiert werden, um dem Sicherheitsrat Empfehlungen auszusprechen.

Das Panel verfasste von 2001-2003 mehrere Zwischenberichte und Berichte²⁰. Die ersten vier kamen zusammenfassend zu den folgenden Ergebnissen:

- der Konflikt hat eine starke Ressourcenkomponente,
- der Abbau und Handel von Coltan wurde illegal von Nachbarländern mit kooperierenden Rebellengruppen vorgenommen,
- Handelsbeziehungen konnten aufgedeckt werden,

²⁰ Liste der Berichte: Interim Report, 16 January 2001 (S/2001/49); Report, 12 April 2001 (S/2001/357); Addendum Report, 13 November 2001 (S/2001/1072); Interim Report, 22 May 2002 (S/2002/565); Report, 16 October 2002 (S/2002/1146); Addendum, 20 June 2003 (S/2002/1146/Add. I); Report, 23 October 2003 (S/2003/1027).

- 85 Individuen und Firmen wurde das Verstoßen gegen OECD-Richtlinien für multinationale Unternehmen vorgeworfen (Bericht Oktober 2002),
- 70 mutmaßliche andere Individuen und Firmen wurden beschuldigt, internationale Ethikstandards verletzt zu haben.

Der Bericht von Oktober 2002 wurde kontrovers diskutiert (Global Witness 2004) und führte dazu, dass sich der letzte Bericht vom Oktober 2003 vor allem mit den Reaktionen auf den vorherigen Bericht befasste, um vorherige Ergebnisse zu verifizieren, bekräftigen und aktualisieren. Firmen und Individuen wurden in fünf Gruppen nach Kenntnisstand und Lösung der Anschuldigungen eingeteilt, womit sich effektiv die Beweispflicht zu den nationalen Kontaktstellen der OECD-Richtlinien verschob (Global Witness 2004, vgl. Kap. 3.2.3).

Der Coltanabbau und deutsche Firmen

Die europäischen Staaten Belgien, Frankreich, Deutschland, Niederlande, und Großbritannien wurden im Bericht 2002 beschuldigt, die OECD Richtlinien für multinationale Unternehmen zu verletzen. Fünf deutsche Unternehmen wurden benannt:

- Bayer AG
- H.C. Starck GmbH & Co KG
- KHA International AG
- Masingiro GmbH
- SLC GERMANY GmbH

Die *Bayer AG* bzw. im eigentlichen Sinne eine Tochterfirma, der Kondensatorenhersteller *H.C. Starck* wurde beschuldigt, 15% des Coltans von der Fluggesellschaft Eagle Wings abgenommen zu haben. H.C. Starck bestritt diese Anschuldigungen und gab in einer Pressemitteilung an, seit August 2001 kein Coltan aus Zentralafrika zu beziehen und „bäuerliche Lieferanten“ und keine Rebellen Gruppen als Ressourcenquellen zu haben (United Nations Security Council 2002, H.C Starck 2002). Nach einer Aussage auf dem Workshop vom 30.11.2006 war man von der Anschuldigung überrascht und musste zunächst verifizieren, ab man aus dieser Region Material bezogen hatte. Auch deckte der Bericht des Panels Dokumentenfälschung der Mosambikanischen Gemstone Company auf, die Ruandisches Coltan als mosambikanisch deklarierten und über Südafrika an die Filiale H.C. Starcks in Thailand verkauften. Der Fall wurde im Bericht 2003 als „unresolved cases referred to NCP for updating or investigation“ eingestuft (United Nations Security Council 2003, Annex I). Die Vorwürfe des UN Panels konnten nach Akteneinsichtnahme und Gesprächen nicht mehr aufrecht gehalten werden (H.C. Starck 2003), so dass das Unternehmen in die Gruppe der gelösten Fälle eingeordnet wurde (United Nations Security Council 2003). Im Rahmen der 44. Sitzung des Ausschusses für Menschenrechte und Humanitäre Hilfe im Deutschen Bundestag (Deutscher Bundestag 2004) wurde der Fall Starck auch besprochen und auf das nicht vorhandene Bewusstsein des Konfliktes sowie die Problematik der Transparenz und Nachverfolgbarkeit des Coltans hingewiesen. Eine von unabhängigen Experten validierte Prüfung liegt nicht vor. Nach einer Aussage auf dem Workshop vom 30.11.2006 verlangt HC Starck von allen Zulieferern eidesstattliche Erklärungen, kein illegales Coltan und kein Coltan aus der DR Kongo zu beziehen. Da die Weltmarktkonkurrenz hoch ist und insbesondere chinesische Anbieter Coltan zu günstigen Bedingungen aus der DR Kongo importieren, wird eine Wettbewerbsverzerrung zu Lasten der HC Starck beklagt.

KHA International AG ist im Bereich des Mineralhandels und –abbau tätig. Sie leiten unter anderem die Firma *Masingiro GmbH*, die zwischenzeitlich Insolvenz angemeldet hat. Der Geschäftsführer Karl

Heinz Albers²¹ war einige Jahre Leiter der SOMIKIVU-Mine, die von RCD-Goma Rebellen bewacht wurde (Cuvelier & Raeymaekers 2002: 19) und – nach unbestätigten Informationen – ehemals Geologe bei H.C. Starck (Netzwerk Regenbogen 2003). Vorwürfe des UN Panels bezogen sich darauf, ohne Rücksicht auf Gesetzesbrüche aus Profitmotiven Geschäfte gemacht zu haben (United Nations Security Council 2001, § 184 b und Annex 1). Es gab eine Reihe öffentlicher Reaktionen auf Vorwürfe des UN Panels (RAID 2004: 11) und auch der Manager Heinz Albers gab gegenüber der Financial Times Deutschland Auskünfte (Förster 2001). Er erklärte seine Coltengeschäfte, die sich auf ca. 50 Tonnen pro Monat aus der DRK beliefen, an die drei großen Verarbeiter zu liefern (H.C. Starck, Carbot C. und Ningxia). Er bestritt, Gelder von der Deutschen Botschaft für die Erweiterung der SOMIKIVU-Aktivitäten erhalten zu haben und gab an, der Regierung Kalibas nahe gestanden zu haben (Förster 2001). Der letzte Bericht des UN Panels stuft die beiden Firmen Masingiro GmbH und KHA International AG gemeinsam in die Kategorie III ein, welche aus ungelösten Fällen besteht, die von den nationalen Kontaktstellen der Überwachung der OECD-Richtlinien überwacht und aktualisiert werden sollen. Diese ist in Deutschland dem Wirtschaftsministerium untergeordnet. Über die Wahrnehmung der Überwachungsfunktion dieser Kontaktstelle liegen nur unzureichende Informationen vor (vgl. Kap. 3.2.3 und 3.2.4).

SLC Germany GmbH agierte im Bereich des Transportes von Coltan. Die deutsche Filiale der Systems Lifecycle Pvt. Ltd. (SLC) GmbH wurde im November 2003 integriert (SLC 2006). Informationen über SLC Germany vor diesem Zeitpunkt konnten nicht gefunden werden. Systems Lifecycle Pvt. Ltd. (SLC) wurde im November 2001 gegründet und besteht aus Software-Spezialisten von großen ‚Corporates‘ wie Siemens, Xerox und IBM (SLC 2006). SLC Germany GmbH wird von dem Expertenpanel der UN in die Kategorie IV der „Pending government investigation“ eingeordnet. Öffentliche Reaktionen sind nicht bekannt (Cuvelier & Raeymaekers 2002: 11).

Eine weitere deutsche Firma 'Barter Trade Handels- und Seafood GmbH', die in den kongolesischen Konflikt verwickelt sein soll, wird in *„die tageszeitung“* genannt (Johnson 2001). Sie soll über eine Joint Venture im ugandischen Fischsektor Tantal bezogen, und auch in Deutschland abgesetzt haben (Johnson 2001).

2.4 Zwischenfazit

Der Konflikt um illegalen Coltanabbau im Kongo fiel mit einer Hochpreisphase 1999-2000 zusammen. In dieser Phase wurde Coltan aus der DRK verstärkt vom Weltmarkt nachgefragt. Die Weltmarktbedeutung der DR Kongo war nie hoch, und ist seit 2000 weiter abgesunken. Das seltene Metall Tantal hat jedoch zu einer Intensivierung und Verlängerung des Konfliktes in der DRK geführt, an dem sich zu unterschiedlichen Zeiten und Machtverhältnissen die jeweilige Regierung, Rebellen und

²¹ Nach Presseberichten (TAZ, verschiedene Ausgaben 2006) ist Karl Heinz Albers seit Jahren als Rohstoffhändler im Kongo aktiv. Er hatte von 2000 bis 2004 eine Mine in Lueshe im Ostkongo. Exportiert wurde über die Handelsfirma NMC (Niobium Mining Company), die er ebenfalls führte. Die Mine wurde vorher von der Nürnberger Gesellschaft für Elektrometallurgie in einer Joint Venture mit dem Zairischen Staat seit 1983 geführt und 1993 geschlossen. Herr Albers trat 2004 überschuldet ab, war kurz in Haft in Goma und gilt als nicht auffindbar. Er wurde von dem österreichischen Bergbaumagnat Michael Krall, der zwischenzeitlich auch Abbaurechte hatte, wegen Völkermords in Deutschland angezeigt. Um den Besitz der Mine in Lueshe streiten sich deutsche Anteilhaber mit "Krall Metal Kongo" (2006), denn 1999 hat Präsident Kaliba die Rechte an der Mine Krall zugesprochen. Die Rechte wurden 2004 von der Allparteienregierung aber SOMIKIVU zugesprochen, weil Verträge aus Kriegszeiten als ungültig erklärt wurden. 2005 sind die Rechte vom Bergbauministerium wieder Krall zugesprochen worden. Das Bergbauministerium stellt den Erlass aber als Fälschung dar. Es ist nicht klar, ob ein Anteil von 70% der GfE oder der Bundesregierung gehört. Laut TAZ wird von der kongolesischen Regierung beklagt, dass man in Deutschland keinen Ansprechpartner hat. Kürzlich, im September 2006 bildete Heinz Albers, Presseberichten zufolge zusammen mit dem Geschäftsführer der österreichischen Firma Treibacher Industrie AG Dr. Reinhard Iro eine Joint Venture, die Firma „Niobium Resources B.V.“ (akin-Pressedienst 2006, KSV 2006).

Nachbarländer bereichert haben. Ursachen und Folgen des Konflikts sind vielfältig; Rohstoffe sind nicht ursächlich, sondern haben eine Katalysatorfunktion.

Trotz geltender Richtlinien, internationaler Proteste und hoher Aufmerksamkeit konnte der illegale Handel unter Beteiligung von Unternehmen aus OECD-Ländern nicht verhindert werden. Bei einem beteiligten deutschen Unternehmen (H.C. Starck) wirkte sich aus, dass es Tochter eines börsennotierten Unternehmens (Bayer AG) und Zulieferer für börsennotierte Telekommunikationsunternehmen ist; diese Unternehmen sind anfälliger gegenüber externer Kritik als andere Unternehmen und müssen umgehend an der Beseitigung von Reputationsrisiken arbeiten. Insgesamt zeigt die Fallstudie Handlungsbedarf entlang der Wertschöpfungskette auf:

- a) Die DR Kongo gehört weltweit zu den sechs rohstoffreichsten Entwicklungsländern (gemessen an den Reserven mineralischer Rohstoffe, Bleischwitz 2006: 305). Dialoge über die nachhaltige Förderung und Nutzung von Rohstoffen sollten deshalb einen zentralen Stellenwert einnehmen. Angesichts der – erhofften – Beendigung des Kriegs könnte die Bundesregierung die *Initiative für eine internationale Konferenz* übernehmen, deren Thema der Beitrag der nachhaltigen Rohstoffförderung und -nutzung für die Entwicklung in der DR Kongo wäre. Die Petersberg-Konferenz zu Afghanistan kann dabei als Vorbild dienen.
- b) Die Internationale Gemeinschaft bzw. Geberländer sollten die DRK unterstützen, *faire Verträge* über den Zugang, den Abbau und den Handel mit seinen Ressourcen abzuschließen, um
 - den illegalen Abbau zu verhindern und aufzudecken und
 - um Umwelt- und Sozialstandards einzuhalten;d.h. ‚*Capacity building*‘ einschl. Weiterbildung, Personal- und Organisationsentwicklung sollte unterstützt werden. Dies kann im Hinblick auf ähnliche Länder eine internationale Initiative zur Verbesserung der Abbau- und Produktionsbedingungen in LDCs sein. Auf die Exporte anderer afrikanischer Länder sei nochmals hingewiesen.
- c) Ausländische Investoren (Minengesellschaften) müssen teilweise in rechtlich höchst unsicheren Ordnungen (‚*failing states*‘) agieren. Die Beachtung geltender Rechtsordnungen und internationaler Standards (‚*corporate social responsibility*‘, vgl. Kap. 3.2.2) sollte deshalb hohe Priorität haben. Dazu gehören auch die Bekämpfung von Korruption (‚*publish what you pay*‘, ‚*extractive industries transparency initiative*‘) und die Beachtung von Umweltstandards. Die OECD-Richtlinien für multinationale Unternehmen und die ‚Global Reporting‘ Initiative sind wichtige Bestandteile der internationalen Politik; ihre Einhaltung und Weiterentwicklung sind wichtige Themen einer internationalen Nachhaltigkeitspolitik.
- d) Da ohne internationale Firmen, Zwischenhändler und Transporteure ein illegaler Export und Handel nicht möglich ist, sollte deren *Verhalten überprüfbar* sein; Verstöße gegen internationale Standards und Vereinbarungen sollten publiziert und sanktioniert werden. Zwischenhändler und ZwischenproduktHersteller sollten sich verantwortlich dafür fühlen, den Markt transparenter zu gestalten und den Informationsfluss innerhalb der Lieferkette zu verbessern. Zwischenverarbeiter, deren Anzahl überschaubar ist, sollten eine freiwillige Überprüfbarkeit einführen.
- e) Auf der Ebene der Endprodukte sollte die Möglichkeiten der Einführung von *zertifizierten Produkten* (‚*fair trade*‘, vgl. marine stewardship council, forestry stewardship council) in Betracht gezogen werden. Ein "Durban-Prozess" für Coltan, der in Anlehnung an den "Kimberley-Prozess" für zertifizierte Diamanten eingeführt wurde, konnte zunächst nicht realisiert werden; ein derartiger Prozess wäre jedoch zur Bewusstseins- und Nachfragebildung wichtig. Da seltene Metalle Vorprodukte sind, müssen vorbereitende Arbeiten durchgeführt werden. Zusätzlich sollte die

Gesetzgebung der *Kreislaufwirtschaft* (WEEE) evaluiert werden, inwieweit seltene Metalle wieder verwertet werden können.

Die Berichte des UN Sicherheitsrates haben Informationen über die Situation im Kongo und den Verflechtungen zu ausländischen Unternehmen aufgedeckt. Diese wurden stark kritisiert, mögen teilweise sogar unzutreffend gewesen sein. Dennoch führten die Diskussionen zu Handlungen auf Seiten europäischer Unternehmen, die die Transparenz des Marktes erhöhten. Das Informationszentrum T.I.C. hat sich daran beteiligt, spielte jedoch keine aktive Rolle. Der Verlauf zeigt, dass Transparenz den illegalen Handel mit seltenen Mineralen eindämmen kann und somit Konfliktpotentiale vermindert werden können.

Insgesamt kann man noch keine Konfliktlösung konstatieren. Die Situation in der DR Kongo bleibt angespannt. Die rechtliche Situation in den Abbaugebieten ist unübersichtlich; zu den aktuell zunehmenden Direktinvestitionen liegen noch keine zuverlässigen Informationen vor. Der insgesamt ansteigende Abbau und Export von Ländern aus Zentralafrika bedarf vertiefender Untersuchungen. Auf der Nachfrageseite ist die Rolle neuer industrieller Abnehmer (Optikindustrie) und die Rolle von Schwellenländern außerhalb der OECD (China) kritisch zu sehen.

Etwas verallgemeinernd kann man Folgendes feststellen: Moderne Industrien sind auf den Zugang zu seltenen Metallen angewiesen. Dieser Zugang ist nicht allein von physikalisch-technologischen Möglichkeiten abhängig, sondern ebenfalls von rechtlich-politischen Bedingungen. Im weltweiten Wettbewerb können sich jederzeit weitere Krisen ergeben, in denen regionale Konflikte verschärft werden, und in die Unternehmen der OECD-Länder mittelbar oder unmittelbar involviert sind.

3 Ansatzpunkte und Konzepte zur konfliktentschärfenden Rohstoffgewinnung

3.1 Einführung: Schlüsselkonzepte und Ansatzpunkte

Seit Ende der 1990er Jahre befassen sich sowohl die wissenschaftliche Diskussion als auch zivilgesellschaftliche Kampagnen mit der ökonomischen Dimension von Konflikten und der damit verbundenen Rolle insbesondere großer transnationaler Konzerne der extraktiven Industrie. Die Ausbeutung natürlicher Ressourcen dient, so der Grundtenor, oftmals der Finanzierung von Kriegen, korrupten Regimen und Kriegsparteien oder fördert den illegalen Handel mit Konfliktgütern. In einer Studie für die Weltbank wies Paul Collier auf den Zusammenhang zwischen Rohstoffvorkommen und deren Ausbeutung einerseits sowie dem Auftreten von Gewaltkonflikten andererseits hin (Collier und Hoeffler 2001). Während „die genauen Zusammenhänge zwischen Vorkommen und Abbau von Rohstoffen und dem Auftreten von Gewaltkonflikten [...] noch nicht abschließend geklärt sind“ (Rittberger, 2004: 18), zeigt der aktuelle Forschungsstand, dass in Staaten mit einer starken Abhängigkeit von Rohstoffvorkommen das Risiko für bewaffnete Konflikte besonders hoch ist. Diese Konflikt-risiken gelten jedoch nicht für alle Rohstoffe gleichermaßen. Rohstoffe wie Diamanten oder Coltan, deren Vorkommen mit einem relativ geringen technischen und logistischen Aufwand „geplündert“ werden können, sind eher mit nicht-separatistischen Konflikten verbunden und scheinen bestehende Konflikte zu verlängern. Rebellen haben hier geringere Anreize, Konflikte zu beenden, da sie von der Ausbeutung der Ressourcen profitieren. Ressourcen wie Öl und Gas, deren Vorkommen sich einer schnellen Nutzung oder auch „Plünderung“ entziehen, sind hingegen eher mit separatistischen Konflikten assoziiert, die oftmals durch die mangelnde staatliche Umverteilung der Gewinne aus der Rohstoffausbeutung mit verursacht werden (vgl. Ballentine und Sherman 2003; Buhaug et al. 2003; Feil et al. 2005; Le Billion 2001 und 2003; Rittberger 2004; Renner 2002; Ross 2003).

Die bisherige Forschung hat gezeigt, dass neben den (physischen) Charakteristika des Ressourcenvorkommens außerdem die Regierungsführung (governance) des Landes, wo die Ressourcen vorkommen, wie auch Branchencharakteristika (Rader und Sabater, 2006) und Unternehmenscharakteristika (Ballentine und Nitschke, 2004) eine wichtige Rolle spielen, wenn es um die Eskalation oder Deeskalation von Konflikten geht. Es ist damit nur konsequent, dass Konzepte und Maßnahmen zur Lösung konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung bisher nur für bestimmte Rohstoffe und jeweils unter Berücksichtigung von Branchen- und Unternehmenseigenschaften entwickelt wurden.

Im Folgenden werden in knapper Form einige relevante Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems der konfliktverschärfenden Rohstoffausbeutung dargestellt, ohne den Anspruch an Vollständigkeit zu erheben. Wie im Auftrag (FKZ: Z 6 – 363 01 124) des deutschen Umweltbundesamtes erwünscht, werden Ansätze aus dem Blickwinkel verschiedener relevanter Akteure aus Wirtschaft, Politik, NGOs und Forschung dargestellt. Entsprechend ist dieses Kapitel nach Akteuren strukturiert. Die Auswahl der referierten Ansätze erfolgt nach den Interessensschwerpunkten des Auftrags durch das Umweltbundesamt, der einerseits auf seltene Mineralien aus Konfliktgebieten – insbesondere Coltan aus der Demokratischen Republik Kongo – abhebt und andererseits einen Schwerpunkt auf die Branche der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) legt. Bisher gibt es jedoch keine harten Mechanismen oder Ansätze, die allen drei Auswahlkriterien gerecht werden und sich mit seltenen Rohstoffen aus Konfliktgebieten mit Relevanz für die IKT-Branche beschäftigen. Vor diesem Hintergrund nähert sich diese im Umfang sehr beschränkte Kurzstudie dem Thema aus drei Blickwinkeln: Erstens wurden Ansätze der IKT-Branche identifiziert, die sich mit der Problematik um Coltan beschäftigen. Zweitens werden in dieser Kurzübersicht einige Richtlinien und Initiativen aufgeführt, die sich mit indirekten Konfliktfaktoren beschäftigen (wie Transparenz) und eine Rolle für die Privatwirtschaft vorsehen, auch wenn sie sich auf andere Rohstoffe oder andere seltene Mineralgruppen als Coltan konzentrieren. Schließlich wurden vereinzelt Ansätze aufgenommen, die bisher keine konkreten Umsetzungen zu dieser Thematik vorsehen, jedoch ein konzeptionelles Dach für solche Maßnahmen bieten könnten.²² Bei der Betrachtung aus allen drei Blickwinkeln wurden schließlich solche Ansätze ausgewählt, die besonders nah am Kern des Themas liegen. Es wird nicht der Anspruch erhoben, die verschiedenen Initiativen umfassend darzustellen oder ihre Eignung als Ansatzpunkte zum Thema systematisch zu analysieren. Wie vorgesehen, basiert die Kurzstudie nur auf öffentlich zugänglichen Dokumenten und Informationen. Die Analyse beruht auf dem zusammenfassenden Referat der wichtigsten Publikationen, Stellungnahmen und Lösungsansätzen aus Politik, Wirtschaft, Nichtregierungsorganisationen sowie öffentlich-privaten Initiativen.

3.2 Konzepte und Ansätze verschiedener Akteure

3.2.1 Politik

Die Vereinten Nationen (UN)

Die UN hat mit ihrer Beauftragung eines Expertenpanels zum Problem des illegalen Ressourcenabbaus in der Demokratischen Republik Kongo stark dazu beigetragen, dass die Rolle des Coltanabbaus

²² Im Rahmen dieser Kurzübersicht haben wir darauf verzichtet, auf allgemeine Ansätze mit indirektem Konfliktbezug, wie etwa Korruption/Transparenz oder Menschenrechte, genauer einzugehen. Eine ausführlichere Darstellung solcher Ansätze scheint aus mehreren Gründen an dieser Stelle nicht sinnvoll: Zum einen soll der in der Ausschreibung gewünschte Bezug zur europäischen Ressourcenstrategie beibehalten werden. Zum anderen wird die Effektivität von Ansätzen, die über indirekte Bezüge konfliktmindernd wirken sollen, sehr unterschiedlich bewertet. Die Auswirkungen (impact) solcher Ansätze auf den Konflikt können – wenn überhaupt – nur am Einzelfall genauer geprüft werden. Es wurde ebenfalls darauf verzichtet, einen Überblick über konfliktrelevante Rechtsrahmen zu geben, die keinen direkten Bezug zu Ressourcen und Stoffströmen haben. Eine aktuelle Analyse solcher thematisch nur benachbarter Rechtsrahmen, die sich beispielsweise mit der Verbreitung von Kleinwaffen befassen, geben Le Billon et al. (2002).

und –handels im Gewaltkonflikt im Osten des Kongos einer breiten Öffentlichkeit bekannt geworden ist. Die Experten des Sicherheitsrats diskutierten im Laufe der Jahre verschiedene Positionen und Ansätze: In 2001 plädierten die beauftragten Experten vor allem für ein Embargo gegen Coltan und andere Rohstoffe aus der Demokratischen Republik Kongo. Außerdem sollten Sanktionen gegen Personen und Unternehmen, die sich an der Ausbeutung der Rohstoffe beteiligten, den unkontrollierten kriminellen Raubbau an kongolesischen Rohstoffen eindämmen (UN Security Council 2001). In den darauf folgenden Jahren wurden die OECD-Mitgliedsländer aufgefordert, die OECD-Leitlinien durchzusetzen. Die UN-Experten setzten sich in diesem Zusammenhang dann auch für die Einführung von Standards für die extraktive Industrie in der Demokratischen Republik Kongo (DRK) ein. Damit verschob sich der Fokus auf die Regulierung des Rohstoffabbaus. Ergänzend sollten hohe Transparenzstandards und Kontrollverfahren (enhanced traceability systems) zu einer Regulierung des Rohstoffhandels in der Region beitragen (UN Security Council 2001-2004). Zuletzt empfahl der Sicherheitsrat die Einrichtung eines Zertifizierungssystems für wertvolle Mineralien. Diese und weitere Maßnahmen zur Stabilisierung der Demokratischen Republik Kongo und ihrer Nachbarländer sollen in einer internationalen Konferenz erörtert werden (UN Security Council 2006).

Eine potentiell recht weit reichende, aber im konkreten Fall nur sehr indirekt wirkende Initiative des UN-Systems zur Befassung mit dem Problem konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung stellt der Global Compact dar.²³ Die Initiative zum Global Compact wurde 1999 anlässlich einer Rede von Kofi Annan vor dem Weltwirtschaftsforum in Davos ins Leben gerufen. An dem hochrangigen Gründungstreffen am 26.07.2001 in New York nahmen 40 Unternehmen teil, darunter acht namhafte, weltweit operierende deutsche Wirtschaftskonzerne. Die ursprünglich neun Prinzipien zu Umweltproblematik, Menschenrechten und sozialen Mindeststandards wurden um ein 10. Prinzip zur Transparenz ergänzt. Mittlerweile haben sich bereits über 1.000 Unternehmen der Initiative angeschlossen, darunter die Deutsche Telekom (seit 2000), die Bayer AG (2000), die Siemens AG (2003) sowie die Infineon Technologies AG (2004), aber auch zahlreiche Vertreter der Zivilgesellschaft wie *Amnesty International*, *World Wide Fund for Nature* und der Bund freier Gewerkschaften.

Der UN Global Compact basiert auf dem Freiwilligkeitsprinzip und gilt für alle Akteure (vor allem Unternehmen), die sich zu ihm bekennen. Statt eines festgelegten Monitoring- und Sanktionssystems sieht der Global Compact vor, Konzerne für gute Beispiele (best practices) im Zusammenhang mit der Erfüllung der Prinzipien zu loben. Auf Grund des Selbstverständnisses des Global Compacts als Dialogplattform und Lernforum sind auch keine konkreten Mechanismen in Zukunft zu erwarten. Außerdem findet ein Dialog der Teilnehmer zu jährlich wechselnden Themen statt. Der erste Politikdialog (policy dialogue) wurde von der deutschen Regierung angestoßen und behandelte das Thema "Die Rolle von Unternehmen in Konfliktgebieten". Aktuell wird dieses Thema im Global Compact jedoch nicht aktiv vorangetrieben.

Europäische Union (EU)

EU-Kommission

Die Europäische Union (EU) nahm 2001 die Ergebnisse und Vorschläge des Expertenpanels zur illegalen Ausbeutung natürlicher Ressourcen in der DRK (UN 2001) zur Kenntnis und begrüßte die Verlängerung des Mandats (EU 2001). Allerdings blieb es auch dabei: Während im Länderstrategiepapier der EU-Kommission für die DRK von 2003 bis 2007 erwähnt wurde, dass der im Oktober 2002 vorgestellte Nachfolge-Bericht des Panels (UN 2002) internationale Reaktionen provozierte (EU 2003:

²³ Eine ausführlichere Darstellung und Analyse des Global Compact findet sich bei Feil et al. (2005).

16), wurden diese vom Rat in einer Pressemitteilung nicht zur Kenntnis genommen. Auch die empfohlenen Embargos gegen darin involvierte Staaten wurden nicht erwähnt.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Coltan in der Politik der EU gegenüber der DRK keine herausragende Rolle einnahm, sondern nur als einer von vielen Rohstoffen betrachtet wird, welcher den verschiedenen bewaffneten Gruppen als Finanzierungsquelle dient bzw. diente (vgl. EU 2006, 2003). Der Ansatz der EU fokussierte sich auf die Wiederherstellung von Rechtsstaatlichkeit, Korruptionsbekämpfung sowie die Reform des Sicherheitssektors. Auf diesem Wege sollte die DRK mittelfristig in die Lage versetzt werden, selbstständig mit dem illegalen Abbau von Coltan und den daraus resultierenden Konsequenzen fertig zu werden.²⁴

Die thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen (kurz "Strategie", KOM (2005) 670) befasst sich bisher nicht direkt mit dem Thema der sozialen oder politischen Auswirkungen von Ressourcenabbau in Entwicklungsländern oder gar fragilen Staaten. Unter dem Primat der Nachhaltigkeit legt „die Strategie [...] den Nachdruck darauf, dass Umweltbelange in andere Politikfelder, die sich auf die Umweltfolgen des Umgangs mit natürlichen Ressourcen auswirken, einbezogen werden müssen“ (EU 2005: 4). Es wird also eine Integration von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielsetzungen in andere Politikfelder angestrebt. Die Strategie erfasst selbst jedoch keine spezifischen Ansätze zum Problem der konfliktverschärfenden Rohstoffausbeutung oder allgemein zu sozio-politischen Problemen in Entwicklungsländern, die im Zusammenhang mit der Rohstoffförderung stehen. Durch das Ziel der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und der Nutzung natürlicher Ressourcen (vgl. EU 2005: 7) könnte die Strategie allerdings auf die Nachfrage konfliktverschärfender Ressourcen in der EU indirekt einwirken.

EU-Parlament

Im Juli 2001 verurteilte das EU-Parlament (EP) erstmals in einer gemeinsamen Entschließung die illegale Nutzung der natürlichen Ressourcen in der Demokratischen Republik Kongo. Im Januar 2003 folgte dann die bisher umfassendste Stellungnahme des Parlaments. Das EP bezeichnete den Kampf um Ressourcen als Hauptursache für Kriege im Kongo. Die Ausbeutung der Rohstoffe habe gravierende Auswirkungen auf die dortigen Ökosysteme und beschleunige die Abholzung des Tropenwaldes. An der Ausbeutung der Rohstoffe seien europäische Unternehmen beteiligt. Die Parlamentarier sprachen sich für die Schaffung eines verbindlichen europäischen Rechtsrahmens hinsichtlich der Verantwortung der in Drittländern tätigen europäischen Unternehmen aus. Mitgliedsländer sollten rechtliche Maßnahmen gegen Unternehmen, die an der Ausbeutung der Ressourcen im Kongo beteiligt sind, ergreifen. Außerdem forderte das EP den UN-Sicherheitsrat auf, Sanktionen gegen die beteiligten Personen und Unternehmen zu verhängen (EU-Parlament 2001a/b, 2003). In den darauf folgenden Jahren nahmen die humanitäre Lage, die Friedenssicherung und der Einsatz von EU-Truppen in der Demokratischen Republik Kongo das Interesse des EU-Parlaments in Anspruch. Das Thema Ressourcenabbau rückte somit vorerst in den Hintergrund.

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD)

Die OECD verfügt mit ihren Richtlinien für multinationale Unternehmen²⁵ über ein Instrument, das einen konfliktverschärfenden Ressourcenabbau durch Akteure aus dem OECD-Raum prinzipiell unterbinden soll. Allerdings betonte das UN-Expertenpanel zum Kongo die schwache Umsetzung der Leitlinien, indem es auf Verstöße gegen diese Richtlinien durch 85 Individuen und Firmen (vgl. Kap.

²⁴ Interview mit einem Vertreter des Generaldirektoriums Entwicklung der Europäischen Kommission, 10. November 2006, Brüssel.

²⁵ Vgl. Fußnote 23.

2.3.2) verwies. Da die Umsetzung und Einhaltung der Richtlinien von den OECD-Mitgliedsländern gesteuert wird, befassen sich die “National Contact Points“ (Kontaktpersonen)²⁶ mit solchen Verstößen und geben gegebenenfalls Statements hierzu ab. Österreich, Belgien und Frankreich haben sich dabei insbesondere mit Firmen aus ihren Ländern beschäftigt, die im UN-Bericht genannt wurden, was im Fall einer belgischen Firma aus dem Forstsektor zu einer Presseerklärung der Kontaktstelle führte (OECD 2006a: 15-16).²⁷ Eine solche Presseerklärung ist momentan die einzige Möglichkeit der Kontaktpersonen, öffentlich auf Verstöße zu reagieren.

Die OECD ist unterdessen bemüht, die Effizienz, Transparenz und Rechtzeitigkeit der Umsetzung der Richtlinien zu fördern, und berief im September 2006 ein Treffen der Kontaktstellen dazu ein (OECD 2006a).²⁸ Des Weiteren hat sie im Juni 2006 ein “*OECD Risk Awareness Tool for Multinational Enterprises in Weak Governance Zones*“ verabschiedet, das Unternehmen eine konkrete Hilfestellung an die Hand geben soll für Länder, in denen sich aus problematischen Regierungsstrukturen heraus eventuell Risiken und ethische Probleme für die Durchführung von Geschäftstätigkeiten ergeben (OECD 2006b). Die OECD-Leitsätze könnten einen wirksamen Beitrag zur Eindämmung von konfliktverschärfendem Ressourcenabbau leisten, da sie in der Öffentlichkeit ein hohes Maß an Anerkennung genießen und über eine internationale Reichweite verfügen. Voraussetzung ist jedoch, dass ihre Durchsetzungsmöglichkeiten und ihre Effektivität verstärkt werden und dass die Kontaktpersonen in den OECD Ländern ihre Rolle aktiv ausfüllen.

Nationale Regierungen

*Deutsche Bundesregierung*²⁹

Die deutsche Regierung verpflichtete – im Unterschied zu Frankreich oder Großbritannien – die im Bericht des Sicherheitsrats angeprangerten deutschen Unternehmen zu keinerlei Sonderberichten gegenüber der OECD-Kontaktstelle oder anderen Gremien. In Plenarsitzungen des deutschen Bundestags in den Jahren 2001 und 2004 wurde die Regierung befragt, welche Maßnahmen gegen die betreffenden deutschen Unternehmen geplant seien. In beiden Plenarsitzungen antworteten die Staatssekretäre, dass - trotz sorgfältiger Prüfungen und eingehender Gespräche sowohl mit den Experten des UN-Sicherheitsrats als auch den beschuldigten Unternehmen sowie der im Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit angesiedelten “Nationalen Kontaktstelle für die OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen“ - keinem Unternehmen eine Beteiligung an der illegalen Ausbeutung von Rohstoffen im Kongo nachgewiesen werden konnte (Protokoll 15/3253).

Neben der Umsetzung der OECD-Richtlinien liegt seitens der Bundesregierung mit dem im Jahr 2004 verabschiedeten “Aktionsplan zivile Krisenprävention, Konfliktlösung und Friedenskonsolidierung“³⁰

²⁶ Die deutsche OECD-Kontaktperson ist am Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie angesiedelt und kooperiert in einer Arbeitsgruppe zu den OECD-Richtlinien mit dem Auswärtigen Amt, dem Bundesjustizministerium, dem Bundesministerium der Finanzen, dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie mit Unternehmensverbänden, Gewerkschaften und ausgewählten Nichtregierungsorganisationen (vgl. S. OECD 2006a: 24).

²⁷ Ein Vorfall aus dem Bergbausektor in der Demokratischen Republik Kongo, an dem ein deutsches Unternehmen und ein weiteres Bergbauunternehmen beteiligt waren, wurde von der österreichischen Kontaktperson bearbeitet und führte bisher zu keinem Abschluss (OECD 2006a: 15-16).

²⁸ Die Analyse der von Kontaktpersonen bearbeiteten Vorgänge zeigt, dass es nur sechs Vorfälle gab, die seit 2000 von der deutschen Kontaktperson bearbeitet wurde (OECD 2006a: 12).

²⁹ Die Publikation 'Inventory of Environment and Security Policies and Practices' (2006) des Institutes for Environmental Security erfasst auf SS. 57-62 eine Übersicht der Politiken und einschlägigen Projekte der deutschen Bundesregierung zum Themenbereich 'Umwelt und Sicherheit' (http://www.envirosecurity.org/ges/inventory/IESPP_Full_Report.pdf). In dieser Publikation werden die entsprechenden Aktivitäten von 8 Internationalen Organisationen und 13 Ländern abgebildet.

³⁰ www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Aussenpolitik/FriedenSicherheit/Krisenpraevention/Aktionsplan-Volltext.pdf

ein konkreter Ansatz vor, auf das Problem konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung einzugehen. Der Aktionsplan nennt explizit neben Ressourcenknappheit auch Ressourcenreichtum als Konfliktursache: „Vor allem in Afrika gibt es eine signifikante Beziehung zwischen Ressourcenreichtum, dem Ausbruch bewaffneter Konflikte, der Entstehung von Gewaltökonomien und schleichenden Prozessen des Staatszerfalls, die die Entwicklung neuer politischer, aber auch finanz- und wirtschaftspolitischer Konzepte und Instrumente der Konfliktbearbeitung erfordern“ (S. 50). In diesem Zusammenhang fordert die Bundesregierung im Aktionsplan den Privatsektor auf, „mehr Konfliktsensibilität sowie Mechanismen von Transparenz und Kontrolle zu entwickeln“ (S. 50), und sie sieht eine Unterstützung der Rolle der Privatwirtschaft vor in „dreiseitigen Partnerschaften von privaten Unternehmen, Zivilgesellschaften und Staat“ (S. 51). Wie im ersten Bericht über die Umsetzung des Aktionsplans deutlich wird, verfolgte die Bundesregierung im Bereich konfliktverschärfenden Rohstoffabbaus bislang insbesondere den Ansatz, freiwillige Verhaltenskodizes und freiwillige Kontrollregime zur Förderung von Transparenz zu unterstützen.³¹ Im zweiten Bericht zur Umsetzung des G8-Afrika-Aktionsplans 2005 kündigte die Bundesregierung an, die Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft (Extractive Industries Transparency Initiative, siehe unten) durch einen Beitrag zum EITI Trust Fund der Weltbank zu unterstützen (S. 22).

Im Januar 2006 empfahl der UN-Sicherheitsrat der internationalen Gemeinschaft, ein Zertifizierungssystem für den Abbau und Handeln von wertvollen Mineralien aus der Demokratischen Republik Kongo einzurichten. Bei der Gestaltung und Umsetzung von Kontrollsystemen wie auch der Vermittlung zwischen den Geberländern und der Regierung der Demokratischen Republik Kongo spielt Deutschland im Rahmen der kommenden EU-Präsidentschaft und der aktuellen G8-Präsidentschaft eine tragende Rolle. Eine Abstimmung der Geberaktivitäten mit regionalen Initiativen sollte im Rahmen einer geplanten internationalen Konferenz der Anrainerstaaten der großen afrikanischen Seen erfolgen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie beauftragte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) mit der Entwicklung und Durchführung eines Pilotvorhabens zur Prozessverifizierung in Bergbau und verarbeitender Industrie in Zusammenarbeit mit Akteuren aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft. Das BGR prüft zugleich Möglichkeiten, die Herkunft von Coltanerzen in Laborverfahren zu bestimmen (Dow Jones 2006). Beide Projekte scheinen in ihrer Ausrichtung zunächst technisch angelegt zu sein. Um die Erfolgsaussichten eines Prozessverifizierungsvorhabens zu steigern, sollten auch Erfahrungswerte und wissenschaftliche Auswertungen zur politischen Gestaltung (Transparenz, Legitimität etc.) solcher Verfahren in anderen Ressourcenbereichen beachtet werden (vgl. Kap. 3.2.4).

Großbritannien

Die britische Regierung erklärte sich zu Beginn der Debatte um den Abbau von Coltan und anderen Rohstoffen im Jahr 2001 bereit, Maßnahmen gegen den Raubbau an Rohstoffen und die daraus resultierenden Konflikte zu untersuchen. Das Department of International Development erklärte, internationale Institutionen sollten sich für die Durchsetzung internationaler Standards im Hinblick auf Investitionen und Transparenz einsetzen und Kontrollmechanismen entwickeln. In den darauf folgenden Jahren setzte sich die britische Regierung für EITI, Transparenzstandards für die extrahierende Industrie, ein.

Seit 1998 befasst sich die "All Party Parliamentary Group on the Great Lakes Region", ein Informations- und Beratungsforum für britische Parlamentarier und Nichtregierungsorganisationen, mit den

³¹ Die GTZ unterstützte von 2002 bis 2004 das von der kongolesischen Zivilgesellschaft getragene „Observatoire Anti-Corruption“ (OAC), eine etablierte Institution der Korruptionsbekämpfung in der DRK, jedoch allem Anschein nach ohne spezifischen Bezug zu Ressourcen oder Privatwirtschaft (www.gtz.de/de/weltweit/afrika/kongo/16188.htm).

politischen Prozessen in der Demokratischen Republik Kongo Die Gruppe veröffentlichte im Jahr 2002 einen umfangreichen Forschungsbericht zu den Auswirkungen des Abbaus von Coltan und anderer Mineralien. Die Gruppe wies darauf hin, dass durch die einseitige Ausrichtung auf den Ressourcenabbau Siedlungs- und Bewirtschaftungsstrukturen aus dem Gleichgewicht gerieten. Die kongolesischen Nationalparks seien durch den Zuzug von Rohstoffsuchenden, Vertriebenen und Milizen gefährdet.

Im Jahr 2005 veröffentlichte die Gruppe politische Handlungsempfehlungen. Sie plädierte dafür, die Ressourcen und Handlungskompetenzen der nationalen OECD-Kontaktstellen aufzustocken bzw. zu erweitern, damit die Leitlinien effizienter durchgesetzt werden können. Außerdem beteiligten sich die Parlamentarier in einer Arbeitsgruppe mit Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen an der Ausformulierung der OECD-Leitlinien für Unternehmen in Konfliktregionen.

Demokratische Republik Kongo

Die Demokratische Republik Kongo steht vor einigen strukturellen Schwierigkeiten. So sind seit den Kriegszeiten 1996 bis 1998 in zahlreichen Abbaugebieten die Landnutzungsrechte ungeklärt. Daneben gelingt es der Regierung bislang kaum, Investoren zu gewinnen, die bereit sind, in die Infrastruktur vor Ort zu investieren. Der für die internationale Gemeinschaft wohl wichtigste Kritikpunkt sind die niedrigen Standards im Hinblick auf Transparenz, die die Korruption begünstigen. Die Verbesserung der Transparenz ist eine Vorbedingung, um eine nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung zu gewährleisten. Im Jahr 2002 wurde ein in Zusammenarbeit von Regierung, Unternehmen und Zivilgesellschaft entwickelter Code für die extractive Industrie veröffentlicht und vom Parlament verabschiedet. Code und Gesetzesvorgaben propagieren hohe Transparenzstandards seitens der Unternehmen sowie eine faire Vergabe von Aufträgen durch die Regierung. Der Abbau von Rohstoffen in aus ökologischen Erwägungen schutzbedürftigen Gebieten und Nationalparks wird verboten. Ein weiteres Gesetz aus dem Jahr 2003 führte diesen Aspekt weiter aus. Hier wurde außerdem im Interesse einer regionalen Entwicklung festgelegt, dass Unternehmen Steuern und Gebühren für Abbaugenehmigungen direkt an die örtliche Provinz und die regionalen Verwaltungen entrichten sollten.

3.2.2 Privatwirtschaft

Rohstoffverarbeitende Industrie

Im Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit standen seit den ersten Berichten über die Folgen des Coltanabbaus in der Demokratischen Republik Kongo ab dem Jahr 2001 die coltanverarbeitenden Unternehmen. Hier wurden einige Unternehmen in den Berichten der UNO namentlich genannt und öffentlich kritisiert. UNO-Experten und öffentliche Meinung befürworteten in 2001 ein Coltan-Embargo für den Kongo. HC Starck, Tochterunternehmen der Bayer AG, stellte unter dem Druck der Öffentlichkeit seine Coltan-Einkäufe in Zentralafrika ein. Das Unternehmen teilte der Presse mit, seine ehemaligen zentralafrikanischen Zulieferer hätten schriftlich bekundet, dass sie die Rohstoffe nicht von Rebellen beziehen. Zugleich wies das Unternehmen im Jahr 2002 darauf hin, dass verschiedene Nichtregierungsorganisationen, wie *Fauna and Flora International* und der *Dian Fossey Gorilla Fund*, sich für eine kontrollierte und nachhaltige Gewinnung von Coltan in der Demokratischen Republik Kongo aussprachen. HC Starck wurde etwa vom *Dian Fossey Fund* aufgefordert, weiterhin Material von Kleinmineuren zu beziehen, damit diese eine Lebensgrundlage jenseits der Nationalparks finden könnten. HC Starck unterstützte die Forschungsarbeiten dieser Organisationen und suchte den Dialog. Im Juli 2003 fand beispielsweise in Südafrika der sogenannte *Durban-Process* statt - eine Konferenz unter der Beteiligung des *Dian Fossey Funds*, HC Starcks und zahlreicher weiterer unterschiedlicher Akteure. Die Versammlung sprach sich für die Einführung von Codes für die

extraktive Industrie sowie für eine effektivere Überwachung von Nationalparks aus (HC Starck 2002a/b; Böge et al. 2005).³²

Telekommunikations- und Informationstechnologiebranche

Unternehmen

Schon in der rohstoffverarbeitenden Industrie bestehen teils komplexe Zuliefererketten, die Kontrollen erschweren. Umso schwieriger ist die Situation für die Unternehmen in der Telekommunikationsbranche, die am Ende von langen bis sehr langen Zuliefererketten produzieren. Motorola, Vodafone, Samsung und Deutsche Telekom äußerten sich in diversen Coltan-Statements aus den Jahren 2002 bis 2003 zu der Problematik. Die Konzerne verlangten in diesen Statements Zusicherungen seitens der Zulieferer, dass die verwendeten Rohstoffe nicht aus dem illegalen Abbau im Kongo stammen. Pressesprecher von Compac, Epcos, Intel, Nokia und Ericsson äußerten sich ähnlich. Dabei sahen jedoch einige Sprecher - beispielsweise von Nokia und Compaq – wenig Möglichkeiten, die Zulieferer zu kontrollieren (The Industry Standard Magazine 11.06.01). Vodafone veranstaltete im Jahr 2003 einen Workshop mit Zulieferern und förderte, ähnlich wie HC Starck, *Flora and Fauna International* bei der Analyse der Coltan-Problematik und Ausarbeitung von Lösungsansätzen. Die Mehrzahl der relevanten Unternehmen erklärte außerdem ihre Bereitschaft, Coltan möglichst weitgehend durch andere Stoffe zu ersetzen.

Verbände

Das International Council on Mining and Metals (ICMM), ein Verband der 15 größten internationalen und 24 nationalen Minengesellschaften, verabschiedete im Mai 2006 Richtlinien für eine nachhaltige Entwicklung, genannt *Sustainable Development Framework*. Die Mitglieder des ICMM bekennen sich mit diesen Richtlinien zu zentralen Werten der nachhaltigen Entwicklung – von der Verbesserung der Arbeitsbedingungen über den Erhalt der Artenvielfalt bis hin zum allgemeinen Umweltschutz. Außerdem erklären sie sich bereit, gemäß der Kriterien für Metallindustrie und Minengesellschaften, entwickelt durch die Global Reporting Initiative (GRI), umfassend über ihre Nachhaltigkeitsstandards zu berichten (ICMM online).

Das *Tantalum-Niobium International Study Center* (T.I.C.), ein Verband der Hersteller und Verarbeiter von Tantal, veröffentlichte im Jahr 2001 einen Bericht zu den Auswirkungen des Coltanabbaus auf Umwelt und Gesellschaft. T.I.C. verurteilte insbesondere den Abbau von Coltan in den Nationalparks der Demokratischen Republik Kongo (T.I.C. 2001a/b). Im Anschluss an seine Jahresversammlung forderte T.I.C. seine Mitglieder schließlich nachdrücklich dazu auf, keine illegal abgebauten Rohstoffe zu erwerben. T.I.C. sieht die Lösung der Problematik im verantwortlichen Handeln der einzelnen Unternehmen. Embargos sind nach Ansicht des Verbandes unwirksam (T.I.C. 2001a).

Die *Electronic, Assemblies & Materials Association* (ECA), ein Verband von 2.100 amerikanischen Unternehmen, wies ihre Mitglieder in einer Presseerklärung im Jahr 2001 darauf hin, dass der Abbau von Rohstoffen in Zentralafrika geschützte Nationalparks gefährdet. Der Verband forderte seine Mitglieder auf, kein zentralafrikanisches Erz zu kaufen und zu verwenden (www.durbanprocess.net/en/). Ebenso wie T.I.C. setzt sich ECA nicht für eine Regulierung ein, sondern informiert und fördert verantwortungsvolles Handeln seitens der Unternehmen (FFI/ GeSI 2003).

³² Die Bergbaubranche hat sich bereits seit einiger Zeit mit der Thematik beschäftigt und diverse Konzepte und Ansätze entwickelt, die hier auf Grund des Interesses für die Informations- und Kommunikationsbranche und des beschränkten Rahmens nicht näher beschrieben werden (vgl. dazu beispielsweise www.icmm.com)

Die *Global e-Sustainability Initiative* (GeSI), eine Initiative von Unternehmen der Informations- und Telekommunikationsbranche in Zusammenarbeit mit dem Umweltprogramm der UNO (UNEP), fördert seit 2003 die Forschungstätigkeiten von *Flora and Fauna International* (FFI) und tritt als Mitherausgeber der Berichte und Handlungsvorschläge auf. GeSI setzt sich für einen regulierten und nachhaltigen Abbau von Rohstoffen ein. GeSI propagiert einen Dialog zwischen den Stakeholdergruppen unter Einbeziehung weiterer Initiativen, wie vor allem des Global Compact (FFI/GeSI 2003/2005). Daneben bildete GeSi mit einer Initiative für Standards in der elektronischen Industrie, der *Electronic Industry Code of Conduct Implementation Group* (EICC IG), eine Arbeitsgruppe, die sich mit dem Management der Zulieferer befasste. Nach einer Analyse der aktuellen Praktiken des Zulieferermanagements wurde im Jahr 2005 ein Fragebogen entwickelt, in dem Zulieferer über ihre Nachhaltigkeitsstandards sowie ökologische und soziale Risiken Auskunft geben sollen. In einem nächsten Schritt soll die Kommunikation zwischen den beteiligten Unternehmen durch Internetplattformen verbessert und die relevanten Informationen effizienter verbreitet werden (GeSI 2005). Außerdem sind Instrumente für die Überwachung von Zulieferern und die Einschätzung ökologischer und sozialer Risiken in Arbeit (EICC IG online).

3.2.3 NGOs und Forschung

Die ersten Berichte über die Folgen des Coltanabbaus stammen von Nichtregierungsorganisationen im Themenspektrum Umwelt- und Artenschutz. In dieser Studie im Auftrag des Umweltbundesamts stehen solche umweltnahen Nichtregierungsorganisationen mit ihren wissenschaftlichen Analysen und politischen Handlungsempfehlungen im Mittelpunkt.

Der *World Wide Fund For Nature*, der *Dian Fossey Gorilla Fund* und die *World Conservation Union* (IUCN) berichteten in den Jahren 2001 und 2002 über die verheerenden Auswirkungen des Abbaus von Rohstoffen in den Nationalparks der Demokratischen Republik Kongo. Die Parks gehören aufgrund ihrer großen Artenvielfalt zum Weltkulturerbe der UNESCO. Die Organisationen berichteten, dass Minenarbeiter Wälder abholzten, um Baumaterialien und Abbauflächen zu gewinnen, Flüsse beim Auswaschen von Rohstoffen verschmutzten sowie Gorillas und weitere seltene Tierarten bedrohten.

Die *World Conservation Union* rief die zuständigen Behörden dazu auf, die Minenarbeiter aus den Parks zu verweisen. Internationale Unternehmen wurden aufgefordert, keine Rohstoffe aus den Parks zu kaufen. Auch der WWF forderte gesetzliche Verbote des Abbaus in Parks und geschützten Gebieten (Definition geschützter Gebiete gemäß der *Guidelines for Protected Area Management Categories* der IUCN). Außerdem forderte der WWF den Schutz der Nationalparks als UNESCO-Welterbe gemäß der UNESCO-Charta von 1999. Der Abbau solle ausschließlich in den Gebieten zugelassen werden, in denen keine gravierenden Auswirkungen für seltene Arten sowie deren Lebensraum und Fortpflanzungsmöglichkeiten bestehe.

Der *Diane Fossey Fund* entwickelte in 2001 weitere Lösungsvorschläge, die bald auch von anderen Parteien aufgegriffen wurden: Die regionalen Lebens- und Einkommensverhältnisse sollten soweit stabilisiert werden, dass die Bevölkerung nicht mehr auf den Raubbau in Nationalparks angewiesen sei. Um dieses Ziel zu erreichen, sollte der Agrarsektor gefördert und zugleich ein kontrollierter Rohstoffabbau ermöglicht werden (DFGF 2001/2003). Ähnlich äußerte sich *Flora und Fauna International* im Jahr 2003: Embargos seien praktisch nicht durchführbar. Einschränkungen der Wirtschaftsaktivitäten infolge von Embargos führten zur weiteren Verarmung und schafften damit zusätzliche Anreize zu unkontrolliertem Wildern und Plündern von Ressourcen. *Flora und Fauna* sah den Umweltschutz zugleich als eine ökonomische und politische Aufgabe und suchte daher den Dialog mit Wirtschaft und Politik (FFI 2003/2005). Zahlreiche andere Analysen von Nichtregierungs-

organisationen und Wissenschaftsinstituten, wie zum Beispiel die Arbeiten des POLE-Instituts, unterstützten das ganzheitliche Konzept der nachhaltigen Entwicklung und formulierten Handlungsvorschläge für Politik und Wirtschaft.

3.2.4 Öffentlich-Private Partnerschaften zu Ressourcen mit Konfliktbezug

Korruptionsbekämpfung und Transparenzinitiativen nehmen als Ansatz zur Lösung von Problemen aus konfliktverschärfendem Rohstoffabbau eine wichtige Stellung ein. In diesem Bereich haben sich auch Politik und Privatwirtschaft – oftmals auch mit Beteiligung der Zivilgesellschaft – wiederholt zu öffentlich-privaten Partnerschaften verbunden. Neben dem bereits unter 2.1 aufgeführten Global Compact werden hier zwei prominente Zertifizierungs- bzw. Transparenzinitiativen aus dem extraktiven Sektor kurz dargestellt. Ähnlich ausgereifte Systeme hinsichtlich des Abbaus oder Handels mit Coltan bestehen bisher nicht.

Kimberley-Prozess

Der Kimberley-Prozess ist ein internationales Regelwerk zur sicheren Bestimmung der Herkunft von Diamanten, um den Eintritt von sogenannten “Blut-Diamanten“, durch deren Verkauf Konflikte und Waffen finanziert werden, in den legalen internationalen Handel zu unterbinden. Interessierte Staatenvertreter, Vertreter von NGOs (insbesondere Global Witness und Partnership Africa Canada) sowie Vertreter der Diamantenindustrie (insbesondere DeBeers und der “World Diamond Council“) trafen sich erstmals im Jahr 2000 im südafrikanischen Kimberley, um sich auf ein Zertifizierungssystem für Diamanten zu einigen, das schließlich im Januar 2003 in Kraft trat. Die teilnehmenden Staaten dürfen diesem System folgend nur mit zertifizierten Rohdiamanten handeln und diesen Handel auch nur mit solchen Staaten betreiben, die sich ebenfalls dem Kimberley-Prozess verpflichtet haben. Die Umsetzung des Kimberley-Prozesses wird durch ein “peer review“ Verfahren überwacht, das einerseits aus einem zwischenstaatlichen Regime besteht, das für die teilnehmenden Staaten verbindlich ist, und andererseits aus einer Selbstregulierungskomponente der Industrie. Mitgliedsstaaten werden bei der Einführung des Kontrollsystems unterstützt, bei Nichtbefolgung jedoch auch sanktioniert.³³ Während der Kimberley-Prozess den Handel mit “Blut-Diamanten“ bisher nicht gänzlich unterbinden konnte, ist es immerhin gelungen, ein weit reichendes Regulierungsregime zu etablieren. Die Marktstruktur mit wenigen Anbietern und Abnehmern unterscheidet sich jedoch maßgeblich von anderen Ressourcen und Branchen (Böge et al. 2005; Schroeder-Wildberg und Carius 2003). Die Übertragbarkeit eines solchen komplexen Regulierungsregimes wäre daher auch für andere Ressourcen zu prüfen.

Extractive Industries Transparency Initiative (EITI)

Die EITI³⁴ wurde auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung im September 2002 von dem englischen Premierminister Tony Blair ins Leben gerufen und seitdem durch das britische Ministerium für internationale Entwicklung (DFID) weiterentwickelt. Sie richtet sich vor allem an Unternehmen der „extraktiven Industrie“ (Bergbau und Rohstoffabbau) sowie Regierungen der Länder, in denen diese Unternehmen arbeiten oder aus denen sie stammen. Mehr als 20 ressourcenreiche Länder, einschließlich der Demokratischen Republik Kongo, sind mittlerweile Mitglied im EITI.

Im Oktober 2006 legte die “International Advisory Group“ (IAG) der EITI einen Bericht mit Vorschlägen zur Optimierung des Validierungsprozesses vor. In ihren zehn Empfehlungen für die

³³ Im Juli 2004 wurde erstmals ein Staat, die Republik Kongo (Kongo Brazzaville), aus dem Kimberley-Prozess ausgeschlossen.

³⁴ www.eitransparency.org

zukünftige Entwicklung der Initiative weist die IAG darauf hin, dass EITI dem spezifischen Umfeld des Bergbausektors mehr Aufmerksamkeit widmen müsse, da es signifikante Unterschiede bei der Umsetzung von Transparenzinitiativen im Bereich des Mineralienbergbaus einerseits sowie im Bereich der Öl- und Gasförderung andererseits gebe. Diese Unterschiede werden in einem kürzlich vom EITI-Sekretariat in Auftrag gegebenen weiteren Bericht genauer beschrieben (Raber und Sabater, 2006). So ist die Transparenz der Zahlungsströme auf nationaler Ebene für den Bergbau kein relevantes Thema: Erstens sind die Zahlungen viel geringer als im Öl- und Gassektor³⁵. Zweitens bestehen soziale Auswirkungen und ggf. Konflikte mit Bezug auf Bergbauaktivitäten vor allem auf der subnationalen Ebene. Daher ist es für die Bergbauindustrie wichtig, dass die Transparenz der Zahlungsströme auf der subnationalen Ebene gewährleistet wird. Neben der lokalen Konfliktdimension ist eine gute nationale Regierungsführung ("good governance"), die neben Transparenz auch eine Umverteilung des Bergbaueinkommens gewährleistet, entscheidend. Aus diesen Gründen ist Transparenz als isoliertes Thema weniger interessant für die Bergbaubranche als ihr Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung.

Des Weiteren ist die Bergbauindustrie bereits im "International Council on Mining and Metals" (ICMM; vgl. Verbände) auf CEO-Ebene organisiert und kann in diesem Gremium besonders industrienah das Problem des konfliktverschärfenden Rohstoffabbaus behandeln. Darüber hinaus gibt es in der Global Reporting Initiative (GRI) ein neues "Mining Supplement", das teilnehmende Bergbauunternehmen ab 2007 verpflichtet, alle Steuern anzugeben, die sie an die Regierungen jener Ländern, in denen sie tätig sind, bezahlen. Dies geht über die EITI-Verpflichtungen hinaus (Raber und Sabater, 2006: 15).

Vor diesem Hintergrund sieht der Bericht einen Mehrwert in EITI für den Bergbausektor nur dort, wo Regierungen nicht das breitere Ziel der guten Regierungsführung verfolgen. Gleichzeitig warnt der Bericht vor überhöhten Erwartungen an EITI für den Bergbausektor.

Die beiden Berichte machen deutlich, dass EITI ein System darstellt, das einerseits zwar erfolgreich ist und dessen Prozesse optimiert werden, jedoch andererseits im Mineralienbereich noch in den Anfängen steht. Der Endbericht der IAG nimmt eine zentrale Empfehlung des Mineralienberichts auf und sieht die Einrichtung einer "Mining Subgroup" im EITI vor, um auf die Spezifika dieser Branche einzugehen. Auf Grund der aktuellen Dynamik in diesem Prozess besteht eventuell die Möglichkeit, auch die besondere Thematik des konfliktverschärfenden Mineralienabbaus, wie etwa Coltan in der DRK, auf die Agenda zu setzen.

3.3 Zwischenfazit

In der Debatte über den Coltan-Abbau wurden von den beteiligten Akteursgruppen parallel verschiedene Ansätze zur Problemlösung diskutiert:

- Zu Beginn der Debatte im Jahr 2001 standen Forderungen nach Coltan-Embargos im Vordergrund. Diese Forderungen verstummten schon im darauf folgenden Jahr, als die Folgen für die Bevölkerung sowie die Umsetzungsschwierigkeiten deutlich wurden.
- Anschließend plädierte eine Mehrheit für einen regulierten Abbau. Dazu wurde die Unterscheidung der Experten des UN-Sicherheitsrates zwischen "illegalem Coltan" und staatlich genehmigtem "legal abgebautem Coltan" aufgegriffen.

³⁵ Nach Angaben eines International-Monetary-Fund-Berichtes (2005), bestehen die gesamtfiskalen Einnahmen von ölexportabhängigen Ländern im Schnitt zu 52,7 Prozent aus Öl- und Gaseinkommen, während es in den meisten Ländern mit Bergbau höchstens zehn Prozent sind (www.imf.org/external/pubs/ft/grrt/eng/060705.pdf).

- Öffentlichkeit und Expertenteam des Sicherheitsrates wurden jedoch zunehmend darauf aufmerksam, dass auch die örtlichen staatlichen Behörden aufgrund der massiven Korruptionsprobleme derzeit keine Lösungen für die Probleme der Bevölkerung und der Umwelt bieten. Daher rückten Maßnahmen zur Steigerung der Transparenz und Reformen des öffentlichen Sektors in den Mittelpunkt.
- Parallel befassen sich Unternehmen und Verbände mit der Entwicklung von Kontrollmechanismen für Zulieferer. Bis dato wurden Befragungsmethoden entwickelt. Es bleibt abzuwarten, ob ergänzende Überwachungsmaßnahmen, die bereits in Arbeit sind, den regionalen Bedingungen entsprechend konzipiert und realisiert werden können. Beispiele für Evaluationsmechanismen lassen sich hier möglicherweise aus anderen Branchen wie zum Beispiel der Forstwirtschaft oder der Textilindustrie importieren.
- Transparenzinitiativen und Zertifizierungssysteme sind dominante Ansätze, um mit dem Problem des konfliktverschärfenden Ressourcenabbaus umzugehen. Diese Ansätze rühren allerdings von bestimmten Ressourcen her (insbesondere Öl- und Gas sowie Diamanten) und sind in ihrer Struktur nicht unbedingt auf andere Ressourcen und Branchen zu übertragen. Gleichwohl liefern die bestehenden Prozesse und Systeme Erfahrungswerte zur erfolgreichen Gestaltung geeigneter Strategien. Insbesondere sind Transparenz und Inklusivität des Prozesses entscheidende Erfolgsvoraussetzungen (vgl. Beisheim & Dingwerth, o. J.). Auf diese Erfahrungswerte und bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse in diesem Bereich sollte unbedingt zurückgegriffen werden, falls ein Transparenz- oder Zertifizierungssystem für Coltan entwickelt werden soll.
- Wie diese Übersicht andeutet, stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung, um zur Lösung des konfliktverschärfenden Rohstoffabbaus beizutragen. Auf Grund der Komplexität der Wechselwirkungen zwischen Rohstoffabbau und Gewaltkonflikten, die (privat)wirtschaftliche, politische und ressourcenspezifische Dynamiken verbinden, können dabei nur multidimensionale Ansätze erfolgversprechend sein (Le Billon et al., 2002: 34). Durch die Komplexität des Themas, das umwelt-, wirtschafts-, außen- und entwicklungspolitische Dimensionen auf verschiedenen Ebenen erfasst (UN, EU, national auf Geber-/Ressourcenkonsumentenseite sowie regional und national in den ressourcenreichen Entwicklungsländern), ist eine umfassendere und genauere Untersuchung der gegebenen Instrumente und Ansätze aus diesen Politikbereichen unverzichtbar, um einen ganzheitlichen Lösungsansatz zu entwickeln.
- Das Thema konfliktverschärfende Ressourcen ist v. a. Gegenstand der Außen- und Entwicklungspolitik und wird bisher kaum aus Sicht der Umwelt- und Ressourcenpolitik behandelt. Der Ansatz, diese Thematik auch aus ressourcenstrategischer Sicht zu beleuchten, wäre neu und könnte weitere Anstrengungen in anderen Bereichen (insbesondere CSR-Initiativen und entwicklungspolitische Maßnahmen zu "good governance" im Allgemeinen) ergänzen.

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Auf Basis der Analyse und des Workshops mit relevanten Akteuren lassen sich folgende Erkenntnisse zusammenfassend formulieren und Empfehlungen für die Weiterentwicklung des Themas geben.

4.1 Schlussfolgerungen

Bedeutung von seltenen Metallen für die Informations- und Kommunikationstechnik

- Nahezu alle Metalle des Periodensystems werden heutzutage in Elektronikprodukten verwendet. Eine Unterscheidung, ob Metalle nur in IuK-Produkten oder auch in anderen Elektro- und Elektronikprodukten eingesetzt werden, ist nicht zu treffen. Es nicht möglich, besonders relevante Metalle herauszufiltern, da manche Metalle mengenmäßig wichtig (z.B. Kupfer, Blei, Zink) und andere funktionell essentiell sind (z.B. Indium oder Tantal).
- Bezüglich der Frage, welche Metalle als strategische Metalle anzusehen sind, gibt es bis dato kein einheitliches und systematisches Verständnis. In der Literatur wird der Begriff sehr unterschiedlich gebraucht im Hinblick auf die Liefer- und Wertschöpfungskette oder als „Schlüsselement“ für die Industrie. Ein Kernaspekt ist die Knappheit. Wichtige Kriterien sind hier:
 - Preise der Metalle von fast 500 US-\$ pro Kilogramm und höher;
 - Preisanstieg der Metalle in der Zeit von 2001 bis 2004 von fast mehr als 100 % und höher;
 - statische Reichweite der Reserven auf Basis der Produktion 2004 von weniger als 25 Jahren;
 - statische Reichweiten der Reservenbasis auf Basis der Produktion 2004 von weniger als 50 Jahren;
 - Konzentration der bekannten Reserven vor allem in einem (> 50%) oder zwei Ländern (> 65%) sowie
 - Konzentration der Liefer- und Wertschöpfungskette oder hohe Konzentration der Reserven mit einer Bewertung der Metalle entsprechend einer Studie des BMWA und Analogieschluss bei Metallen, die in dieser Studie nicht bewertet wurden.
- Die ausgewählten Kriterien ließen sich aufgrund der Datenbasis nutzen, um einige seltene Metalle zu identifizieren. Über diese Kriterien hinaus gibt es jedoch weitere Kriterien, die berücksichtigt werden könnten, wie z.B. Verwendungsmuster, ökologische Belastung der Wertschöpfungskette, Verfügbarkeit von Substituten oder die Recyclingquote. Die Verwendung dieser oder anderer Kriterien würde sicher auch zur Auswahl anderer Metalle führen. Weiterführende Kriterien konnten jedoch aufgrund zeitlicher Vorgaben zur Erarbeitung der Studie nicht berücksichtigt werden. Unsicher zu bewerten sind hierbei auch Beryllium, Scandium, Gallium, Germanium, die Platinmetalle und einige andere Metalle, über die nur unzureichende Daten verfügbar sind. Die höchste Bewertung der seltenen Metalle im Rahmen der Studie erhielten Antimon mit vier sowie Indium mit fünf zutreffenden Kriterien. Beide Metalle werden in vielfältiger Weise in EE- und IuK-Produkten verwendet, wobei vermutlich Indium die größere wirtschaftliche Bedeutung hat.
- Neben dem Zugang, d.h. der Abhängigkeit von bestimmten Regionen, ist die Wertschöpfungskette für die Einschätzung relevant, ob es sich um ein strategisches Metall handelt. Auch dort kann es zu Lieferabhängigkeiten kommen. Darüber hinaus können in der Wertschöpfungskette auch andere Probleme auftreten hinsichtlich Arbeitssicherheit und Arbeitsschutz z.B. bei Mineuren sowie Konflikte zwischen internationalen Bergbaukonzernen und der ansässigen Bevölkerung. Die Integration von Kriterien, die lebenszyklusweit ökologische und soziale Aspekte berücksichtigen, würde eine Neubewertung von „seltenen Metallen“ ergeben.
- Die Verwendung der Metalle in einer nicht-recyclinggerechten Anwendung bzw. in einer dissipativen Nutzungsform führt bei einigen Metallen dazu, dass diese nicht durch bestehende Recyclingverfahren erfasst werden. Weiterhin findet beim auch Metallrecycling vielfach ein Downcycling statt. Diese Nutzungsmuster verschärfen die Reichweitenproblematik, solange nicht

Recyclingverfahren oder recyclinggerechte Konstruktionen verwendet werden, die auch geringe Mengen relevanter Metalle erfassen.

- Verschiedene Metalle stehen in Anwendungskonkurrenzen für wichtige Technologiefelder wie z.B. Indium. Der verstärkte Ausbau z.B. der Erneuerbaren Energien fördert die Bedarfe an Indium, welches auch ein Schlüsselement für Displays ist. Die hochspezifischen Eigenschaften von Metallen und ihren Verbindungen führen dazu, dass sie für verschiedene Produkte inzwischen essentiell sind. Eine Verknappung der Verfügbarkeit dieser Stoffe würde sich gravierend auf die Wirtschaft niederschlagen.

Bedeutung des Coltan-Abbaus im der DR Kongo

- Der Abbau von Coltan hat zu einer Intensivierung und Verlängerung des Krieges in der DRK geführt, an dem sich zu unterschiedlichen Zeiten und entsprechend der Machtverhältnisse die jeweilige Regierung, Rebellen und Nachbarländer bereichert haben. Die Ursachen des Konflikts waren vielfältig und dass humanitäre Ausmaß katastrophal (ca. 4 Millionen Menschen starben an direkten oder indirekten Kriegsfolgen).
- Um die Bedeutung der Demokratischen Republik Kongo (DRK) für den Markt für Tantal („Coltan“) zu ermitteln, wurde dieser Markt generell und der Abbau von Coltan im Kongo im Besonderen untersucht. Tantal wird für die Herstellung von Kondensatoren (Tantalstaub und -folien), für Stahllegierungen (hochfeste und temperaturstabile sowie bioneutrale Tantallegierungen) und Schneidwerkzeuge (Tantal-Carbide) genutzt. Die Kondensatoren werden vor allen in Handys, Computern, Digitalkameras, Hörgeräten, Herzschrittmachern und der Autoelektronik (ABS, GPS, Zündsysteme) verwendet. Die industrielle Nachfrage kommt zum größten Teil aus den Bereichen Automobilelektronik, PCs, Optik und Telekommunikation.
- Auf der Bergbauseite dominiert Australien. Das zweitgrößte Produktionsland ist Brasilien. Die Produktionsdaten von afrikanischen Ländern weisen der DRK 2000 einen Anteil von 11,3% an der globalen Tantalproduktion und damit den Rang des drittgrößten Produzenten zu. Insgesamt liegt der Abbau in Zentralafrika etwas über der Produktion Brasiliens. Der Konflikt um illegalen Coltanabbau im Kongo fiel mit einer Hochpreisphase für Tantal in 1999/2000 zusammen. In dieser Phase wurde Coltan aus der DRK verstärkt vom Weltmarkt nachgefragt.
- Die Berichte des Expertenpanels an den UN Sicherheitsrat haben von 2001 bis 2003 Informationen über die Situation im Kongo geliefert und die Verflechtungen zu ausländischen Unternehmen aufgedeckt. Die Berichte wurden von verschiedenen Seiten kritisiert und könnten teilweise sogar unzutreffend gewesen sein. Dennoch führte die Diskussion zu Handlungen seitens europäischer Unternehmen, die die Transparenz des Marktes erhöhten und zumindest ein beteiligtes deutsches Unternehmen (HC Starck) zu Gegenmaßnahmen bewegt haben. Der Konfliktverlauf zeigt, dass Transparenz den illegalen Handel mit seltenen Mineralen eindämmen kann und somit Konfliktpotentiale vermindert werden können, dass jedoch unklare Eigentumsrechte und Beteiligungsstrukturen weitergehende Reformen und Maßnahmen erfordern.
- Insgesamt kann man Ende 2006 noch keine Konfliktlösung konstatieren. Die Situation in der DRK bleibt angespannt. Die rechtliche Situation in den Abbaugebieten ist unübersichtlich; zu den aktuell zunehmenden Direktinvestitionen liegen noch keine zuverlässigen Informationen vor. Der insgesamt ansteigende Abbau und Export von Ländern aus Zentralafrika bedarf vertiefender Untersuchungen. Auf der Nachfrageseite ist die Rolle neuer industrieller Abnehmer (Optikindustrie) und die Rolle von Schwellenländern außerhalb der OECD (China) kritisch zu sehen. Die hohen Rohstoffbedarfe führen zu neuen Strukturen und zu einer neuen Geografie im internationalen Rohstoffhandel. Nicht mehr nur die OECD-Länder und dort ansässige Unternehmen dominieren

den Markt, sondern Länder wie China, die sich bei den Rohstofflieferanten einkaufen, um die Rohstoffversorgung zu sichern. Dort werden Stoffe wie Coltan aus dem Kongo weiterverarbeitet und gelangen in die Produkte der Optikindustrie, in PCs und andere, die in die Europäische Union exportiert werden.

Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems der konfliktverschärfenden Rohstoffausbeutung

Um das Fallbeispiel „Coltan“ in Diskussion über eine europäische Ressourcenstrategie einordnen zu können, wurden einige relevante Maßnahmen und Konzepte als Ansätze zur Lösung des Problems der konfliktverschärfenden Rohstoffausbeutung aus dem Blickwinkel verschiedener relevanter Akteure aus Wirtschaft, Politik, NGOs und Forschung betrachtet.

- Ein Befund ist, dass es bisher keine harten Mechanismen oder Ansätze gibt, die sich mit seltenen Rohstoffen aus Konfliktgebieten mit Relevanz für die IKT-Branche beschäftigen.
- Des Weiteren hat die bisherige Forschung gezeigt, dass neben den (physischen) Charakteristika des Ressourcenvorkommens die Regierungsführung (governance) des Landes, in denen die Ressourcen vorkommen, wie auch Branchencharakteristika und Unternehmenscharakteristika eine wichtige Rolle spielen, wenn es um die Eskalation oder Deeskalation von Konflikten geht. Aus diesem Grund lassen sich Konzepte und Maßnahmen zur Lösung konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung nicht einfach auf andere Rohstoffe übertragen.
- Gleichwohl gibt es auf Grund der Erfahrungen aus anderen Rohstoffbereichen (insbesondere durch den Kimberley Prozess und der Extractives Industries Transparency Initiative) wichtige Erfahrungswerte zur politischen Gestaltung solcher Prozesse, die auch im Bezug auf die Ausgestaltung konkreter Maßnahmen für den Coltan Bereich berücksichtigt werden sollten.
- Auf dem Workshop wurde auch ein aktuelles Vorhaben der BGR vorgestellt, das als technische Grundlage für eine Transparenzinitiative für die Wertschöpfungskette von Coltan dienen könnte. Die BGR testet in einem Pilotprojekt die Ermittlung der genauen Herkunft von Mineralien durch neue Analyseverfahren am Beispiel von Coltan. Möglich wäre u.a. eine Kristallstrukturanalyse. Derzeit werden Proben als Vergleichsstandards genommen. Die Machbarkeit eines solchen Verfahrens war zum Zeitpunkt des Workshops ungewiss und wurde von Seiten der Industrie als unwahrscheinlich eingestuft. Die Industrie prüft z.T. eigene Möglichkeiten, Transparenz in der Wertschöpfungskette zu erhöhen. H.C.Starck z.B. prüft inzwischen die Herkunft der Materialien nach Plausibilität („Gibt es die Mine?“) oder durch Drittbestätigung (z.B. Botschaften).

4.2 Empfehlungen

Auf Basis der Analyse von seltenen Metallen in IuK-Produkten, der Wertschöpfungskette von Tantal und Coltan, der Ansatzpunkte und Konzepte zur konfliktentschärfenden Rohstoffgewinnung sowie der Diskussion auf dem Workshop am 30.11.2006 in Berlin können einige umwelt- und entwicklungspolitische Empfehlungen gegeben werden. Diese werden im folgenden skizziert:

Internationales Panel für Rohstoffe

Globale Konkurrenzen tragen dazu bei, das „Sustainable Mining & Trading“ schwer durchsetzbar sind. Die hohen Ressourcenbedarfe führen zu unterschiedlichen nationalen Strategien, bei denen einige Länder gezielt Investitionen im (ausländischen) Bergbau betreiben wie z.B. China oder sich Rohstoffvorräte anlegen. Die Etablierung des von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen „International Panel on the Sustainable Use of Natural Resources“, welches analog des IPCC weltweit sich mit dem Thema mineralische Rohstoffe auseinandersetzen soll, wäre zweckmäßig. Dieses Panel sollte auch Kompetenzen zur Konflikt- und Politikanalyse erhalten.

Wirtschaftsbeziehungen zur DR Kongo

Früher war der Kongo ein sehr wichtiger Außenhandelspartner für Deutschland. Die aktuelle Situation in der DR Kongo nach den demokratischen Wahlen sollte Anlass zur Wiederbelebung der Beziehungen sein. Bei der Revitalisierung der Beziehungen sollten auch andere Mineralien im Kongo mit einbezogen werden. Durch die Bildung von Provinzregierungen ist im Kongo die Chance, mit diesen für eine Regelung des Tantal- bzw. Rohstoffabbaus zu sorgen. Dialoge über die nachhaltige Förderung und Nutzung von Rohstoffen sollten deshalb einen zentralen Stellenwert einnehmen. Angesichts der – erhofften – Beendigung des Bürgerkriegs könnte die Bundesregierung die Initiative für eine internationale Konferenz übernehmen, deren Thema der Beitrag der nachhaltigen Rohstoffförderung und -nutzung für die Entwicklung in der DR Kongo wäre. Bei der Auswahl der Industriepartner für einen solchen Dialog sollte beachtet werden, dass Handelsfirmen nicht ortsgebunden sind und deshalb wenig Interesse an einem mittelfristigen Engagement haben.

Einbeziehung von Kleinbergbau bei der Konfliktprävention

Aufgrund der besonderen Abbaubedingungen für Coltan müssen Ansätze zur Konfliktprävention auch den Kleinbergbau und Kleinstbetriebe berücksichtigen. Ideal wären dezentrale Koordinationsstellen, Aufkauf- oder Weiterverarbeitungsstellen im Kongo. Diese können im Rahmen der entwicklungspolitischen Zusammenarbeit Personen und Betriebe unterstützen z.B. durch Gerätevergabe, Weiterbildung im Arbeits- und Umweltschutz und der Arbeitssicherheit. Durch Kleinkredite können diese Bergbauer in den Stand von Genossenschaften und Kleinunternehmen versetzt werden. Auch für Preisfluktuationen kann Vorsorge getroffen werden, z.B. durch versicherungsähnliche Mechanismen. Initiativen hierzu sollten in Zusammenarbeit mit den Provinzregierungen durchgeführt werden, deren Rolle durch die neue Verfassung in der DR Kongo gestärkt wurde. Von dort aus kann auch die Kontaktaufnahme und die rechtliche Regelung mit international agierenden Händlern unterstützt werden; sonst würde es zu Asymmetrien zwischen Kleinbergbau und größeren Unternehmen kommen. Insgesamt sollten bottom-up und top-down Ansätze kombiniert werden.

Fondslösungen

Die Verweigerung der Abnahme beispielsweise aufgrund der Umweltbelastungen durch den Kleinbergbau oder weil dieser in Krisenregionen betrieben wird, kann zu Zielkonflikten führen. Schwindende Absatzchancen für Coltan aus Kleinbergbau führen beispielsweise zu einer Ausbeutung der Naturressourcen in den Naturparks. Es wäre zu prüfen, ob – angesichts einer kleinen Wertschöpfungskette in der Tantal-Industrie – regionale Fondslösungen aufgelegt werden können, mit denen der Kleinbergbau unterstützt und gleichzeitig sozial- und umweltverträglich gestaltet werden kann. Verwendungszweck wäre der Aufbau wirtschaftlicher Strukturen, Umweltmaßnahmen oder Diversifizierung. Diese Fondslösungen könnten im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit dazu beitragen, dass auch andere Ziele der Entwicklungshilfepolitik wie z.B. Aufbau von Verarbeitungsstufen in den Bergbauländern oder langfristige Lieferbeziehungen mit den Ländern vereinbart werden könnten. Vorbild für einen derartigen Fonds wäre der norwegische Erdölfond. Erforderlich wäre eine glaubwürdige Unterstützung durch die neue Regierung, die Kontrolle gegenüber Korruption und insgesamt eine hohe Unabhängigkeit des Fonds bei transparenten Strukturen. Dies wird jedoch nicht in kurzer Zeit zu erreichen sein, aber Erfahrungen aus anderen Ländern (z.B. Botswana, Chile) könnten auf diesem Weg ausgewertet und berücksichtigt werden.

Validierung und Austausch von Erfahrungen mit unternehmerischen Aktivitäten zur Verbesserung der Transparenz von Wertschöpfungsketten

Aufgrund komplexer Wertschöpfungsketten können Produkthersteller kaum übersehen, auf welchen Wegen Metalle Eingang in ihre Produkte erhalten haben. Das Beispiel Coltan hat gezeigt, dass aufgrund der Wissensdefizite sich Probleme ergeben können, die bei Kenntnis der Sachverhalte

vielfach nicht in Kauf genommen worden wären. Eine höhere Transparenz bei den Wertschöpfungsketten der Metalle z.B. durch Zertifizierung wäre deshalb wünschenswert. Ansätze aus anderen Bereichen in Form von Labels gibt es, zudem laufen auch Forschungsvorhaben zu diesem Thema bei anderen Institutionen wie z.B. der BGR. Eine Zertifizierung muss jedoch auch praktikabel für die Produzenten von Metallen und die Produkthersteller sowie nachvollziehbar für die Verbraucher bzw. Endkunden sein. Es wäre deshalb in Fallstudien für ausgewählte Metalle zu untersuchen, wie die Herstellung der Transparenz durch unterschiedliche Instrumente möglich wäre und wie die Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungsvorhaben zusammengeführt werden können. Dabei sollte auch Eingang finden, wie Regelverstöße festgestellt und geahndet werden können (non-compliance, enforcement, accountability, liability, sanctions).

Integration des Themas Seltene Metalle in die europäische Ressourcenstrategie

Die Untersuchung zu den strategischen Metallen hat erste Hinweise ergeben, dass andere Nationen eine strategische Ressourcenpolitik zur Sicherung der eigenen Industrierversorgung betreiben. Diese Ressourcenstrategien und das Agieren der jeweiligen nationalen Unternehmen auf den Rohstoffmärkten entsprechen nur teilweise europäischen Standards. Während zum Beispiel deutsche Unternehmen kein Tantal mehr aus Krisenregionen beziehen, werden nach wie vor Tantalerze wesentlich preiswerter aus diesen Regionen auf dem Markt gehandelt und in Form von Produkten auf den europäischen Markt geliefert. Hierdurch werden soziale und Umweltprobleme in den Abbauländern gefördert und gleichzeitig Wettbewerbsnachteile für Hersteller, die sich an höheren Standards halten, in Kauf genommen. Eine Ressourcenstrategie, die sowohl die Versorgung der europäischen Industrie mit seltenen Metallen als auch die Probleme in den Abbau- und Verarbeitungsländern im Blick hat, wäre zu untersuchen. Neben den von der EU Ressourcenstrategie betonten Umweltaspekten sollten dabei sozio-ökonomische Aspekte und Kriterien eines fairen Handels treten. Aktuell fällt dieser Bereich allerdings in die Verantwortlichkeit des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

Abschätzung der Folgen von Indium und Antimon als seltene Schlüsselemente für bedeutende Technologiefelder

Die im Rahmen der Studie erfassten Metalle Indium und Antimon sollten vertieft untersucht werden. Beide Metalle sind für eine Vielzahl von IuK- und EE-Geräten von großer Bedeutung. Insbesondere bei Indium liegen auch Nutzungskonkurrenzen auf zwei wichtigen Technologiefeldern – Display-Technik und Solartechnik – vor. Das Thema ist mit Blick auf die High-Tech-Strategie der Bundesregierung zu prüfen.

Analyse der umweltpolitischen Herausforderungen infolge der Dissipation seltener Metalle

Zahlreiche seltene Metalle werden in einer dissipativen oder nicht-recyclinggerechten Form verwendet. Angesichts dieser Nutzungsmuster und der teilweise derzeit nicht möglichen Substitution, sind Untersuchungen über ökologische und gesundheitliche Folgen der dissipativen Verbreitung sowie über die Möglichkeiten zur Verbesserung der Nutzung, des Recyclings und der Substitution anzuraten.

Analyse der Probleme moderner Kreislaufwirtschaft mit seltenen Stoffen

Das Beispiel Coltan (Tantal) wie auch anderer während des Workshops thematisierter Metalle zeigt, dass ein Recycling von Funktionsmaterialien bisher kaum praktiziert wird. Das Recycling ist grundsätzlich technisch möglich, gerade der hohe Verteilungsgrad ist aber ein Problem. So erschweren bei Indium dissipative Verwendungen dieses Stoffes in unzähligen Produkten (Mobiltelefone, Flachbildschirme etc.) das Recycling und erlauben die Rückführung in Recyclingkreisläufe nur bis zu

einem gewissen Grad. Fest steht aber auch, dass Recyclingmöglichkeiten bisher in Europa kaum genutzt werden oder wenig entwickelt sind. Im Gegensatz dazu wird in Japan ein Recycling von Indium in größerem Umfang praktiziert. Vor dem Hintergrund nicht nur der strategischen Bedeutung mancher dieser Einsatzstoffe, sondern auch der teils erheblichen Umweltauswirkungen bei ihrer Gewinnung, wäre zu untersuchen, inwiefern und in welcher Weise Kreislaufwirtschaftselemente neu aufgebaut und bestehende geändert werden können/müssen, um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden.

Ökodesign als Element einer Ressourcenstrategie

Eine entscheidende Voraussetzung für eine höhere Ressourceneffizienz gerade bei seltenen Stoffen, bei denen ein Recycling naturgemäß komplexer ist, setzt in besonderem Maße Designmaßnahmen voraus. Gerade das Beispiel Tantal zeigt, dass Ökodesign und Ressourceneffizienz Hand in Hand gehen müssen, da Tantal aus miniaturisierten Kondensatoren mit derzeitigen automatischen Recyclingverfahren nicht recycelbar ist. Ausgehend von den Erkenntnissen des Vorhabens wäre daher die Frage von Ökodesign-Vorgaben in rasch wechselnden, dynamischen Produktmärkten zu erforschen. Dabei sollte von vornherein die nationale wie auch die europäische Ebene mit Blick auf die weitere Politikgestaltung berücksichtigt werden.

Anknüpfung an Ressortverantwortlichkeiten bei der weiteren Bearbeitung des Konfliktbezuges bestimmter Rohstoffe

Die Übersicht bestehender Ansätze zu Bearbeitung des Themas konfliktverschärfender Ressourcenabbau sowie aktuelle Aktivitäten des BMZ zum Thema ressourcenbezogener Konflikte weisen deutlich darauf hin, dass das BMZ sowohl im Bereich der Konfliktsensibilisierung von Industrieprozessen als auch bei der Gestaltung entsprechender Politikprozesse in der Region einen wichtigen Partner darstellt. Sowohl bottom-up Prozesse (z.B. Modelllösungen zum Kleinbergbau) als auch top-down Lösungen (z.B. regionale Fondslösungen) liegen im Erfahrungs- und Verantwortungsbereich des BMZ. Durch diese Maßnahmen kann das BMZ wichtige Beiträge zu Umwelt- und Artenschutz leisten in den ressourcenreichen Ländern. In Zusammenarbeit mit dem BMZ als Kompetenzpartner im entwicklungspolitischen Bereich könnten umweltpolitische Ansätze entwickelt werden, in denen die europäische Ressourcenstrategie als auch sozio-ökonomische Auswirkungen in den ressourcenreichen Entwicklungsländern integriert werden können.

5 Literatur

All Party Parliamentary Group on the Great Lake Region and Genocide Prevention 2002: Cursed by Riches: Who Benefits from Resource Exploitation in the Democratic Republic of the Kongo?

Association of cities and regions for recycling (ACRR) (2003): The management of Waste Electrical & Electronic Equipment, A Guide for Local and Regional Authorities. URL: http://reuse.org/33/fileadmin/documents/00028_Brochure_ACRR_Part_I.pdf#search=%22%22Association%20of%20Cities%20and%20Regions%22%20antalum%22, 10.10.2006.

Aust, Björn und Willem Jaspers 2006: From Resource War to 'Violent Peace'. Transition in the Democratic Republic of the Kongo (DRC). Bonn International Center for Conversion (BICC) Paper 50. www.bicc.de/publications/papers/paper50/content.php

Ballentine, Karen und Heiko Nitzschke 2004: Unternehmen in Konfliktregionen: Problemfelder und Handlungsmöglichkeiten. Die Friedens-Warte. Journal of International Peace and Organization, Jg. 79, Heft 1-2, 35-56.

Ballentine, Karen und Jake Sherman (Hrsg.) 2003: The Political Economy of Armed Conflict: Beyond Greed and Grievance. Boulder, Lynne Rienner Publishers.

Behrendt, S.; Kreibich, R.; Lundie, S.; Pfitzner, R.; Scharp, M (1998): Ökobilanzierung komplexer Elektronikprodukte. Springer: Berlin, Heidelberg, New York.

Beisheim Marianne und Klaus Dingwerth o.J.: Are the Good Ones Doing Better? Procedural Legitimacy as a Success Factor for Private Transnational Governance. Basispapier zum Workshop Legitimität und Effektivität transnationaler Politiknetzwerke des Sonderforschungsbereiches 700. Berlin, 8./9. Dezember.

BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe für Metalle und Nichtmetallrohstoffe. BGR: Hannover.

Billon, P. (2004): the Geopolitical Economy of 'Resource Wars', in: Geopolitics, Vol. 9, Nr. 1 S. 1-28.

Bleischwitz, R. (2006): Internationale Rohstoffmärkte: steigende Preise, wachsendes Konfliktpotential, und neue Formen von Governance. Beitrag zum Jahrbuch „Globale Trends 2007“, hg. Von der Stiftung Entwicklung und Frieden, Debiel, T. et al. S. 305 – 321..

BMWA (2005): Bericht zur aktuellen rohstoffwirtschaftlichen Situation und zu möglichen rohstoffpolitischen Handlungsoptionen. BMWA: Berlin.

BMWi (1999): Auswirkungen der weltweiten Konzentrierung in der Bergbauproduktion auf die Rohstoffversorgung in der deutschen Wirtschaft. Bericht Nr. 463 – Kurzfassung. Berlin: BMWi.

Böge, Volker, Christopher Fitzpatrick, Willem Jasper, und Wolf-Christian Paes 2005: Who's Minding the Store? The Business of Private, Public and Civil Actors in Zones of Conflict. Bonn International Center for Conversion (BICC) Brief 32.

Buhaug, Halvard; Scott Gates und Päivi Lujala 2003: Lootable Natural Resources and the Duration of Armed Civil Conflict, 1946-2001. Revised Version of Paper presented at the 36th annual Peace Science Society (International) meeting in Tucson, Arizona, 1-3 November 2002.

TU <http://www.svt.ntnu.no/iso/Paivi.Lujala/home/Papers/Duration.pdf>UT

Bundesregierung 2004: Aktionsplan zivile Krisenprävention, Konfliktlösung und Friedenskonsolidierung. Berlin, 12. Mai 2004 www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Aussenpolitik/FriedenSicherheit/Krisenpraevention/Aktionsplan-Volltext.pdf

Bundesregierung 2005: Die Umsetzung des G8 -Afrika-Aktionsplans. Bericht zum G8-Gipfel in Gleneagles vom 6.-8. Juli 2005.

- Bundesregierung 2005: Sicherheit und Stabilität durch Krisenprävention gemeinsam stärken. 1. Bericht der Bundesregierung über die Umsetzung des Aktionsplanes „zivile Krisenprävention, Konfliktlösung und Friedenskonsolidierung“. <http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Aussenpolitik/FriedenSicherheit/Krisenpraevention/Aktionsplan1BerichtBuReg0506.pdf>.
- Coghan B. et al. (2006): Mortality in the Democratic republic of Kongo: a nationwide survey, in: Lancet, Nr. 367 S. 44-51.
- Collier, Paul und Anke Hoeffler 2001: Greed and Grievance in Civil War. The World Bank, October 2001. www.worldbank.org/research/conflict/papers/greedgrievance_23oct.pdfUT.
- Cunningham, L.D.(1998): Tantalum Recycling in the United States in 1998, U.S. Department of the Interior, U.S Geological Survey. URL: <http://pubs.usgs.gov/circ/c1196j/c1196j.pdf> 30.03.04
- Cuvelier, J., T. Raeymaekers (2002): Supporting the war economy in the DRC: European companies and the coltan trade - Five Case Studies, International Peace Information Service. URL: <http://users.skynet.be/wirira/coltan14-1.htm> 30.03.04
- Delzeit, Ruth und Raimund Bleischwitz (2005): Tantal – A Case Study on Sustainable Resource Management, in: Martens, P.N. (Hg.), Aachen International Mining Symposia “Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry” 18 – 20. Mai 2005 S. 917 – 942.
- Democratic Republic of Kongo 2002: Réglement Minier. LAW No. 007/2002 of JULY 11, 2002 Relating to the Mining Code.
- Democratic Republic of Kongo 2003: Decret N° 038/2003 du 26 MARS 2003 Portant. Economic Recovery Credit, Release of the Mining Sector Tranche.
- Deutsche Telekom (ohne Jahr): Coltan-Statement. http://download-dtag.t-online.de/deutsch/nachhaltigkeit/060118_DTAG_Coltan_Statement.pdf.
- Deutscher Bundestag 2001: Plenarprotokoll. 14. Wahlperiode. Drucksache 14/6782 vom 08. 08. 2001.
- Deutscher Bundestag 2004: Plenarprotokoll. 15. Wahlperiode. Drucksache 15/3253 vom 28. 05. 2004.
- Dian Fossey Fund 2001: Coltan Boom, Gorilla Bust. The Impact of Coltan Mining on Gorillas and other Wildlife in Eastern DR Kongo.
- Dian Fossey Gorilla Fund 2003: Scoping Study on the Artisanal Mining of Coltan in the Kahuzi Biéga National Park.
- Dow Jones 28.08.2006: BMZ und BDI wollen Rohstoffe zertifizieren - Erste Sondierungen laufen - Deutsche Wirtschaft interessiert. http://www.djnewsletters.de/news/article_detail.php5?bnlId=649563&productId=36&sid=f8d20c80a841452....
- Dunn, K.C. (2005): Identity, Space and the Political Economy of Conflict in Central Africa, in: Billon, P. (Hrsg.): The Geopolitics of Resource Wars, Resource Dependence, Governance and Violence S. 242-271.
- Elektro (o.J.): Lexikon. Online: <http://www.elektro.de/lexikon.php>. [Zugriff: Oktober 2006].
- Elko (o.J.): Elektronik-Kompendium. Online: <http://www.elektronik-kompendium.de>. [Zugriff: Oktober 2006].
- Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (1994): Die Industriegesellschaft gestalten. Bonn: Economica Verlag.
- EU 2001: Press Release. 2346th Council Meeting. General Affairs. Brussels, 14/15 May 2001. Brüssel: Europäische Union.
- EU 2003: République Démocratique du Kongo. Communauté européenne. Strategie de Cooperation et Programme Indicatif 2003 – 2007. Brüssel: Europäische Union.
- EU 2005: Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts - und Sozialausschuss und den

Ausschuss der Regionen. 21. Dezember 2005, KOM(2005) 670.

http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2005/com2005_0670de01.pdf

EU 2006: EU Relations with (Kongo Kinshasa).

http://ec.europa.eu/comm/development/body/country/country_home_en.cfm?cid=cd&lng=en&status=new [14. November 2006]

EU-Parlament 2001a: Gemeinsame EntschlieÙung zur der Verurteilung der illegalen Nutzung der nat¼rlichen Ressourcen in der Demokratischen Republik Kongo. Dok.: B5-0485, 0492, 0502, 0510 und 0517/2001. Aussprache und Annahme: 05.07.2001.

EU-Parlament 2001b: Gemeinsamer EntschlieÙungsantrag eingereicht im Namen der KVEL/NGL-Fraktion zur illegalen Ausbeutung der Bodenschätze in der Demokratischen Republik Kongo. Dok.: B5-0052, 0053, 0055, 0059 und 0061/2003. Erklárungen und Aussprache: 29.01.2003. Annahme: 30.01.2003.

EU-Parlament 2003: EntschlieÙung des Europáischen Parlaments zur illegalen Ausbeutung der Bodenschätze in der Demokratischen Republik Kongo. Dok.: P5_TA(2003)0035.EUROMETAUX (o.J.): Precious Metals. Br¼ssel: EUROMETAUX. Online: <http://www.eurometaux.org/cms/site/showdoc.asp?id=1397>. [Zugriff: Oktober 2006].

Extractives Industries Transparency Initiative (EITI) 2006: Final Report. International Advisory Group. www.eitransparency.org/UserFiles/File/iaggeneral/iagfinalreport.pdf.

Fauna & Flora International 2003/ 2005: Coltan Mining in the Democratic Republic of Congo: How tantalum-using industries can commit to the reconstruction of the DRC.

FAZ (2004): Marktmanipulation – Die Gebr¼der Hunt verzocken sich am Silbermarkt. FAZ.net: 24.02.2004. Online:

<http://www.faz.net/s/Rub4B891837ECD14082816D9E088A2D7CB4/Doc~E6218B9BD7CC74781AA7C5014A314D7F5~ATpl~Ecommon~Scontent.html>. [Zugriff: Oktober 2006].

Feil, Moira, Alexander Carius und Aike M¼ller 2005: Umwelt, Konflikt und Právention. Eine Rolle f¼r Unternehmen? Adelphi Report 02/05, Berlin (Adelphi Research).

GeSI/ Electronic Industry Code of Conduct (EICC) 2005: The Information and Communications Technology (ICT) Supplier Self-Assessment Questionnaire 2005.

<http://www.eicc.info/GeSI%20Questionnaire%20English.pdf>.

Global e-Sustainability Initiative (GeSI) Progress Report 2005: Contributing to a more sustainable knowledge economy.

H.C. Starck (2002): Presse-Informationen: H.C. Starck fordert Einsicht in Unterlagen des UN-Expertenpanels, 11.11.2002.URL: http://www.hcstarck.de/index.php?bereich_id=61&news_id=20021216135814199618000000 24.05.2004

H.C. Starck (2003): Presse-Informationen: Vorw¼rfe des UN-Expertenpanels widerlegt. URL: http://www.hcstarck.de/index.php?bereich_id=61&news_id=20030704133226663497000000, 10.10.2006.

Haynes, K.T., R. Burge (2003): Coltan Mining in the Democratic Republic of Congo: How tantalum-using industries can commit to the reconstruction in the DRC. Fauna & Flora International, Cambridge, UK.

HC Starck 2002: Presseerklárung vom 22. Oktober 2002.

http://www.hcstarck.de/index.php?bereich_id=61&news_id=20021216134928519109000000.

HC Starck 2002: Presseerklárung vom 24. Mai 2002.

http://www.hcstarck.de/index.php?bereich_id=61&news_id=20030108122525368301000000.

Hunziker, R. (2002): Tantalum Embroiled in World Affaires, Engineering and Mining Journal, November 2002, p. 20-24.URL: <http://images.e-mj.com/files/116/EMJNov02Tantalum.pdf>

- International Council of Mining and Metals (ICMM) 2006: Sustainable Development Framework.
http://www.icmm.com/sd_framework.php.
- Kennes, E. (2002): Footnotes to the Mining Story, in: Review of African Political Economy, December S. 605.
Kimberley Prozess: www.kimberleyprocess.com
- Kreibich, L.-L. (2004): Bildsensoren in der Kameratechnik. Technische Universität Ilmenau: Ilmenau. Online:
www.imt.tu-ilmenau.de/lehre/hs_avt/ergebnisse-2004-ss/hs_avt-2004-thema12-hausarbeit.pdf. [Zugriff: Oktober 2006].
- Kyocera 2006: Kyocera beginnt mit der Auslieferung von umweltfreundlichen Flüssigkristallbildschirmen für Industrieanwendungen. Pressemitteilung vom 21. September 2004. Online: www.kyocera.de. [Zugriff November 2006].
- Lauermann, I. (1998): Photovoltaik – Strom aus Sonnenlicht, Vortrag auf der "Solar Energy 98", November 1998 in Berlin. Online: <http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/pc/solar/photovoltaik.html>. [Zugriff: Oktober 2006].
- Le Billon, Philippe 2001: The Political Ecology of War: Natural Resources and Armed Conflicts. Political Geography, Jg. 20, 561-584.
- Le Billon, Philippe, Jake Sherman und Marcia Hartwell 2002: Controlling Resource Flows to Civil Wars: A Review and Analysis of Current Policies and Legal Instruments. Background Paper for the International Peace Academy "Economic Agendas in Civil Wars" Project Conference Policies and Practices for Regulating Resource Flows to Armed Conflicts. Rockefeller Foundation Study and Conference Center. May 20-24, 2002. Bellagio, Italien
- Le Billon, Phillippe 2003: Getting It Done: Instruments of Enforcement, in: Paul Collier (Hrsg.): Natural Resources and Violent Conflict Options and Actions. Washington D.C.: The World Bank. 215-286.
- Lenntech (o.J.): Liste der Elemente in der Erdkruste. Online: <http://www.lenntech.com/deutsch/Data-PSE/Erdkruste.htm> Zugriff: Oktober 2006;
- Matthes, F.; Ziesing, H.-J. (2005): Sicherheit der Rohstoffversorgung – eine politische Herausforderung. Kurzstudie für die Bundestagsfraktion Bündnis 90/Grünen. Berlin: Matthes und Ziesing.
- Meyers großes Universallexikon (1983): Diverse Stichworte. Bibliographisches Institut: Mannheim, Wien, Zürich.
- Motorola 2003: Coltan-Statement updated 25.08.2003.
http://www.motorola.com/EHS/environment/faqs/311_MotDoc.pdf.
- OECD 2006a: OECD Guidelines Guidelines for Multinational Enterprises: 2006 Annual Meeting of the National Contact Points. Report by the chair. Paris: meeting held on 20-21 June 2006.
www.oecd.org/dataoecd/23/33/37439881.pdf.
- OECD 2006b: OECD Risk Awareness Tool for Multinational Enterprises in Weak Governance Zones.
www.oecd.org/dataoecd/26/21/36885821.pdf.
- PE: Consulting Group: Ausbeutung natürlicher Ressourcen. Online: <http://www.pe-product.de/GABI/Dokumentation/Dokumentation/IKP/Wirkkriterien/Ressourcen.html>. [Zugriff: Oktober 2006].
- Pole-Institute 2005: Digging Deeper: How the DR Congo's mining policy is failing the country. Pole-Institute 2002: The Coltan phenomenon: How a rare metal has changed the life of a population of war-torn North Kivu province in the East of the Democratic Republic of Congo.
- Rader, Jim und Christina Sabater, 2006: EITI and the Mining Sector. Stakeholder Research Report. Avanzar.
www.eitransparency.org/UserFiles/File/miningsectorreportmelbourne.pdf .
- Redmond, I. (2001): Coltan Boom, Gorilla Bust. The Impact of Coltan Mining on Gorillas and other Wildlife in Eastern DR Congo. URL: <http://www.bornfree.org.uk/coltan/>, 30.03.2004

- Renner, Michael 2002: The Anatomy of Resource Wars. Worldwatch Paper. Washington: Worldwatch Institute.
- République Démocratique du Kongo 2004: Lettre de politique de développement de la RDC. Kinshasa, le 21 janvier 2004. Objet : Credit de Relance Economique Post-Reunification. Document de Politique de Développement.
- Reynolds, D. (1999): The mineral economy: How prices and costs can falsely signal decreasing scarcity. *Ecological Economics*, Vol. 10, part 2, p. 127-141.
- Reynolds, D.B. (1999): The Mineral Economy: How Prices and Costs can Falsely Signal Decreasing Scarcity, in: *Ecological Economics*, Vol. 31, Nr. 1 S. 155 – 166.
- Rittberger, Volker 2004: Transnationale Unternehmen in Gewaltkonflikten. Die Friedens-Warte. *Journal of International Peace and Organization*, Jg. 79, Heft 1-2, 15-34.
- Ross, M.L. (2004): How Do Natural Resources Influence Civil War? Evidence from Thirteen Cases, in: *International Organization*, Nr. 58 S. 35–67.
- Ross, Michael L. 2004: "What Do We Know About Natural Resources and Civil War?" *Journal of Peace Research* 41(3): 337-356.
- Ruby: Lanthanoide. Vorlesung an der Universität Freiburg. Online: http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/metalle_7_1.html. [Zugriff: Oktober 2006].
- Rutherford: Lexikon der Elemente. Uniterra: Berlin. Online: <http://www.uniterra.de/rutherford/>. [Zugriff im Oktober 2006].
- Samsung (ohne Jahr) Coltan-Statement: http://www.samsung-europe.com/cgi-bin/europe/csr/csr_detail.jsp?BV_SessionID=@ @ @ @0935361469.1159366099 @ @ @ @ &BV_EngineID=cccdadddijgdkglfekcefedffgdfmh.0&id=650587&channelPath=%2fHome%2fCSR%2fSupply+Chain%2fColtan.
- Schroeder-Wildberg, Esther und Alexander Carius 2003: Illegal Logging, Conflict and the Business Sector in Indonesia. Studie im Auftrag von InWent – Capacity Building International. Berlin: InWent.
- Schröter, W.; Lautenschläger, K.-H.; Biback, H. (1987): Chemie – Fakten und Gesetze. VEB Fachbuchverlag Leipzig: Leipzig.
- Serjak, W.A., Seyeda, H., Cymorek, C.G.(2002): Tantalum availability – 2000 and beyond, in: *Tantalum-Niobium International Study Center Bulletin*, Nr.110. S.3-7.
- Serjak, W.A., Seyeda, H., Cymorek, C.G.(2003): Tantalum availability – 2000 and beyond, Online: http://hcstarck.com/pages/88/tantal_information_brochure_0302.pdf. [Zugriff: November 2004].
- Serjak, W.A., Seyeda, H., Cymorek, C.G.(2003): Tantalum availability – 2000 and beyond, URL: http://hcstarck.com/pages/88/tantal_information_brochure_0302.pdf, 27.11.2004.
- Solarserver (o.J.): Photovoltaik-Forschung und –Entwicklung: Innovationen bei Solarzellen und Modulen. München: Heindel Server GmbH. Online: <http://www.solarserver.de/solarmagazin/artikelmaerz2006.html>. [Zugriff: Oktober 2006].
- Soldera, M.. (1995): Öko-Computer: Vergleich eines Öko-PC mit einem herkömmlichen PC anhand von LCA; Projektarbeit. Chur: Ingenieurschule Chur.
- Speiser, D. (2001): Politischer Wandel in der Demokratischen Republik Kongo. Akteure und Perspektiven; Bericht zur Tagung der Friedrich-Ebert-Stiftung in Berlin, 21. Juni 2001. Friedrich-Ebert-Stiftung, Abt. Internationale Zusammenarbeit, Referat Afrika, Bonn.
- Sullivan, D.E. (2006): Recycled Cell Phones – A Treasure Trove of Valuable Metals. USGS: Denver-USA T.I.C. General Assembly 2001a: <http://www.tanb.org/ga43.html>.
- Tantalum-Niobium International Study Center/ Electronic Components, Assemblies & Materials Association (ECA) 2001b: Press Release. http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_2001_April_16/ai_73250704.

The Industry Standard Magazine 2001: Guns, Money and Cellphones.

<http://www.globalissues.org/Geopolitics/Africa/Articles/TheStandardColtan.asp>.

TIC – Tantalum-Niobium International Study Center (o.J.): Tantalum – Raw Materials and Processing. TIC: Brussels.

Tilton, J.E. (2003): On Borrowed Time? Assessing the Threat of Mineral Depletion, Resource for the Future, Washington DC.

Tubby, G. (2003): Lynas enters \$8.5 million tantalum deal. In: MiningNews.net, URL:

http://www.lynascorp.com/images/PDF_and_docs/press_clippings/clip_miningnews_may03.pdf, 06.04.2004.

U.S. Geological Survey, Commodity Summaries, Niobium (Columbium) and Tantalum Statistics and Information. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/>, 30.03.2004.

UN Security Council 2001: 1st Final Report of the Panel of Experts on the illegal Exploitation of Natural Resources and other Forms of Wealth of the Democratic Republic of the Congo.

UN Security Council 2002: 2nd Final Report of the Panel of Experts on the illegal Exploitation of Natural Resources and other Forms of Wealth of the Democratic Republic of the Congo.

UN Security Council 2003: 3rd Final Report of the Panel of Experts on the illegal Exploitation of Natural Resources and other Forms of Wealth of the Democratic Republic of the Congo.

UN Security Council 2004: 1st Report of the Group of Experts on the Democratic Republic of the Congo.

UN Security Council 2005: 2nd Report of the Group of Experts on the Democratic Republic of the Congo.

UN Security Council 2006: Report of the Secretary-General on the preparations for the International Conference on the Great Lakes Region.

<http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/N06/215/91/PDF/N0621591.pdf?OpenElement>

UNICE (2006): Towards an EU strategy to secure access to industrial raw materials. Online:

<http://www.eurometaux.org/cms/site/showdoc.asp?id=4010>. [Zugriff: Oktober 2006].

United Nation Security Council (2001): Letter dated 16 January 2001 from the Secretary - General addressed to the President of the Security Council, S/2001/49. URL:

<http://www.globalpolicy.org/security/issues/Kongo/2001/0115letter.pdf>, 24.05.2004.

United Nation Security Council (2003): Letter dated 23 October 2003 from the Secretary - General addressed to the President of the Security Council, S/2002/1027. URL: [http://odsdds-](http://odsdds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N03/567/36/IMG/N0356736.pdf?OpenElement)

[ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N03/567/36/IMG/N0356736.pdf?OpenElement](http://odsdds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N03/567/36/IMG/N0356736.pdf?OpenElement), 24.05.2004.

United Nations (Expert panel appointed by the Secretary-General)(2002): Final report of the Panel of Experts on the Illegal Exploitation of Natural Resources and Other Forms of Wealth of the Democratic Republic of the Congo, S/2002/1146. URL: <http://www.globalsecurity.org/military/library/report/2002/n0262179.pdf>, 24.05.2004.

USDI/USGS (2006) = US Department of the Interior / US Geological Survey, Mineral Commodities Summary 2006, Washington D.C.

USDI/USGS US Department of the Interior / US geological Survey (2006): Mineral Commodities Summary.

USGS: Washington D.C.

USGS (2004/2002/2004): Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States – Commodity Data for Selenium (2004), Tantalum (2002), Indium (2004), Columbium (2002) and Rare Earth (2004). USGS: Washington D.C. Online: <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>. [Zugriff: Oktober 2006].

USGS 2000: Minerals Yearbook (2004): Tantalum. USGS: Washington D.C.

USGS 2000: Minerals Yearbook (2004): Tantalum. USGS: Washington D.C.

Weinmann, M. (o.J.): Die Chemie der 20 Übergangselemente. Vorlesungsskript. Max Planck Institut für Solid State Research: Stuttgart.

World Conservation Union (IUCN) 2001: IUCN Report on the State of Conservation of Natural and Mixed Sites Inscribed on the World Heritage List and the List of World Heritage in Danger.

WVM Wirtschaftsvereinigung Metalle (2005): Fairer Handel ist Schlüssel für die Rohstoffversorgung.

Pressemitteilung. Düsseldorf: VWM. Online:

http://www.wvmetalle.de/welcome.asp?action=showmeldung&id=505&sessionid=&page_id=96. [Zugriff: Oktober 2006].

WWF International & WWF UK 2002: To dig or not to dig? Criteria for determining the suitability or acceptability of mineral exploration, extraction and transport from ecological and social perspectives.

Anhang 1: Begriffsbestimmungen

Im folgenden Kapitel sollen verschiedene Definitionen zur Abgrenzung verwandter Begriffe gegeben werden. In der Chemie wird im allgemeinen der Begriff „Stoff“ verwendet, um die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Materie zu subsumieren (Schröter 1987 S.23), weshalb eine Unterscheidung zwischen Elementen, Verbindungen, Metallen und Salzen notwendig ist. In der Geologie werden jedoch auch die Begriffe Erze und Mineralien verwendet. Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Verwendungen der Begriffe Reserven und Ressourcen.

- **Elemente:** Die Elemente sind summarisch im Periodensystem der Elemente aufgeführt. Ein Element ist durch die Anzahl der Protonen charakterisiert.
- **Verbindungen:** Verbindungen sind der Zusammenschluss von Elementen durch unterschiedliche Bindungsarten (ionisch, metallisch, kovalent / Verbindungen erster Ordnung bzw. in Komplexen als Mischformen der Bindungsarten / Verbindungen höherer Ordnung). Es gibt organische Verbindungen und anorganische Verbindungen sowie Mischformen derselben (zumeist in Komplexen, Salzen der organischen Verbindungen).
- **Metalle:** Metalle zeichnen sich durch die metallische Verbindung aus. Hierbei sind – zumeist – die Valenzelektronen delokalisiert.
- **Salze:** Salze zeichnen sich durch eine Ionenbindung aus. Hierbei erfolgt ein Elektronenübergang vom elektropositiven Element (Verbindung) zum elektronegativen Element. Es gibt einfache Salze wie Natriumchlorid (NaCl) und komplexe Salze wie z.B. Magnesiumperchlorat ($Mg(ClO_4)_2$).
- **Mineralien:** „Mineral“ ist ein Sammelbegriff für alle aus chemischen Elementen – vor allem anorganischen Elementen – bestehende Substanzen der Erdkruste, des Erdmantels und der Planeten sowie der Meteoriten (Meyers Lexikon 1983, Band 9 S. 378). Mineralien sind chemisch einheitliche, feste und natürlich entstandene Stoffe (Schröter et al. 1987 S.201). Die Zahl der Mineralien liegt in der Größenordnung von 2.000 bis 3.000, wobei ca. 300 häufig sind (Meyer Band 9 S. 378). Sie sind zumeist kristallin, manchmal auch amorph bzw. elementar strukturiert. Mineralien können sowohl nach ihrem Salztyp (Oxide, Silicate, Sulfide) oder den wichtigsten Bestandteilen gruppiert werden. Die wichtigsten Tantalmineralien sind beispielsweise Tantalit $Fe(TaO_3)_2$ und Columbit $Fe(Nb_2O_6) \cdot (Mn, Fe)[(Nb, Ta)_2O_6]$ als Mischsalz.
- **Erze:** Erze sind natürliche Mineralgemenge, aus dem im industriellen Maßstab Metall gewonnen werden kann (Meyer Band 4, S. 462)
- **Reserven (Reserves):** That part of the reserve base which could be economically extracted or produced at the time of determination. The term reserves need not signify that extraction facilities are in place and operative. Reserves include only recoverable materials; thus, terms such as “extractable reserves” and “recoverable reserves” are redundant and are not a part of this classification system (USGS 2006 Appendix C).
- **Reservebasis (Reserve Base):** That part of an identified resource that meets specified minimum physical and chemical criteria related to current mining and production practices, including those for grade, quality, thickness, and depth. The reserve base is the in-place demonstrated (measured plus indicated) resource from which reserves are estimated (USGS 2006 Appendix C).

- **Ressourcen (Resource):** A concentration of naturally occurring solid, liquid, or gaseous material in or on the Earth's crust in such form and amount that economic extraction of a commodity from the concentration is currently or potentially feasible (USGS 2006 Appendix C).

Anhang 2: Metalle in Elektrogeräten, elektronischen Produkten und Bauteilen

Aluminium Al: Aluminium ist vor allem ein Konstruktionsmetall, welches sowohl in reiner Form als auch in Legierungen mit Kupfer, Nickel und Zink eingesetzt wird. Seine größten Anwendungsfelder liegen im Bauwesen, Fahrzeugbau und bei Verpackungen (Rutherford: Aluminium). In Elektrogeräten wie Fernseher oder Computer hat es zumeist einen großen Metallanteil für konstruktive Zwecke. Aluminiumoxid ist als Glasbildner in Bildröhren vorhanden (Behrendt 1998). Aluminiumfolie oder Oxide werden vielfach in Kondensatoren bzw. als Bechermaterial verwendet (Elko: Kondensatoren).

Antimon Sb: Antimon wird vor allem als Legierungsbestandteil zum Härten von Metallen, als Kautschukadditiv, als Flammhemmer in Kunststoffen sowie für Farben und Pigmente verwendet (USGS: Antimony). Antimonoxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas. Außerdem findet es in der Halbleitertechnik Anwendung sowie in Photozellen (Kreibich 2004).

Arsen As: Das Halbmetall wird vor allem zur Härtung von Stahl und weltweit noch für Pestizide eingesetzt. Arsen wird zur Dotierung bei der Halbleiterherstellung eingesetzt z.B. in IC', Leuchtdioden und Fotowiderständen (Elko: LTR-Fotowiderstände). Weiterhin wird es als Legierung für Bleibatterien verwendet. Arsenoxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas sowie in den Leuchtstoffen. Auch in Solarzellen können die Halbleitereigenschaften durch Arsendotierung erzielt und in Tandemzellen genutzt werden.

Barium Ba: Die wichtigste Verwendung von Barium ist Bariumsulfat als Füllstoff. Weitere Anwendungen sind Schutzanstriche. Aufgrund seiner Dichte absorbiert es sehr gut Elektronenstrahlung. Barium wird in Gläsern und Keramiken als Oxid eingesetzt wie z.B. für Bildschirmgläser von Fernsehgeräten.

Beryllium Be: Beryllium dient vor allem als Legierungsbestandteil von Kupfer, da es seine mechanische Festigkeit deutlich erhöht. Derartige Leiter kommen vor allem dort im Einsatz, wo Kabelbewegungen oder Schwingungen auftreten. Beryllium wird insbesondere auch in der Reaktortechnik eingesetzt (Neutronenfänger, Rutherford: Beryllium). Auf dem US-amerikanischen Markt wird das verwandte Beryllium zu ca. 50% für IuK-Produkte (Computer, Telekommunikation) sowie für weitere elektrische und elektronische Anwendungen eingesetzt (USGS: Beryllium). Beryllium wird auch bei den Leuchtstoffen für Fernsehgeräte verwendet (Behrendt et al. 1998).

Blei Pb: Blei wird vor allem für leistungsstarke Batterien verwendet. In Gläsern und Keramiken werden Bleioxide verwendet. Zur Ummantelung von Elektrokabeln wird gleichfalls Blei genutzt (Rutherford: Blei). Mengenmäßig relevant ist das Bleioxid in Bildschirmgläsern von Fernsehgeräten (Behrendt et al. 1998). Als Lötzinn (SbPb) ist es in allen Elektrogeräten vorhanden. Eine Analyse von Computern ergab, dass in Rechnern ca. 30 g und in Bildschirmen ca. 17 g Blei (hierbei ohne Bildschirmglas) verwendet wurden (Soldara 1995). Fotowiderstände können PbS oder PbSe enthalten

(Elko: LTR-Fotowiderstände). Kyocera hat aufgrund der RoHS-Richtlinie (Inkrafttreten Juli 2006) schon in 2004 bleifreie Displays für Industriekunden auf den Markt gebracht.³⁶

Cadmium Cd: Cadmium wird weltweit immer noch eingesetzt zur Kunststofffärbung und als Stabilisator von Kunststoffen sowie für Ni-Cd-Batterien (Rutherford: Cadmium). Auf dem US-amerikanischen Markt werden ca. 80% des Cadmiums für Batterien verwendet (USGS: Cadmium). In Elektrobauteilen mit hohen Sicherheitsstandards (Bahntechnik) wird es teilweise aufgrund von Sicherheitsanforderungen verwendet. Cadmium wird auch bei den Leuchtstoffen für Fernsehgeräte verwendet (Behrendt et al. 1998). Darüber hinaus wird Cadmium auch in Cadmium-Tellurid-Solarzellen eingesetzt (Lauermann 1998). Fotowiderstände können CdS enthalten (Elko: LTR-Fotowiderstände).

Calcium Ca: Calcium wird vor allem in Gläsern und Keramiken als Oxid eingesetzt wie z.B. für Bildschirmgläser von Fernsehgeräten (Behrendt et al. 1998). Im Verhältnis zu anderen Calciumanwendungen (Bauwesen) fällt dies jedoch kaum ins Gewicht (Rutherford: Calcium).

Cäsium Cs: Die Bedeutung von Cadmium ergibt sich durch die Emissionen von Elektronen bei Einwirkung von Photonen. Durch diesen Effekt wird Cäsium für Nachtsichtgeräte und photoelektrische Zellen gebraucht (Rutherford: Cäsium, USGS: Cesium). Cäsium wird auch in Photozellen z.B. von Fernsehkameras verwendet (Kreibich 2004).

Cer Ce: Das Metall wird zur Färbung von Gläsern als Legierungsbestandteil und in der Reaktortechnik eingesetzt. Die Produktionsmenge wird mit 9.400 t angegeben (Rutherford: Cer). Ceroxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas und wird auch in der Lasertechnologie eingesetzt. Siehe auch seltene Erden.

Chrom Cr: Chrom wird vor allem zur Oberflächenbehandlung (Verchromung) und zur Herstellung von Ferro-Chrom-Stählen eingesetzt. Weitere Anwendungen sind Pigmente, Gerbung und Katalysatoren (Rutherford: Chrom). In einigen Herstellungsprozessen von PV-Zellen werden auch Chromate eingesetzt. NTC-Heißleiter (temperaturabhängige Halbleiterwiderstände) enthalten Chromate (Elko: NTC-Heißleiter).

Cobalt Co: Das Metall wird vor allem für Stahllegierungen eingesetzt, da hierdurch temperaturbeständige und ferromagnetische Stähle gewonnen werden können. Aufgrund dessen findet es sich häufig in Generatoren und Elektromotoren (Rutherford: Cobalt). Auf dem US-amerikanischen Markt werden 65% für Stähle und andere metallische Nutzungen, 9% für Carbide (Schneidwerkzeuge) sowie 26% für chemische Erzeugnisse verbraucht (USGS: Cobalt). Cobalt wird auch bei den Leuchtstoffen für Fernsehgeräte verwendet (Behrendt et al. 1998).

Dysprosium Dy: Das Metall wird nur in geringem Umfang genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Das Metall wird in verschiedenen Legierungen, in Spezialmagneten und in der Kerntechnik verwendet (Rutherford: Dysprosium). Siehe auch seltene Erden.

³⁶ RoHS-Richtlinie: (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment - Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten). Die Richtlinie verbietet die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe und ist Teil der EU-Richtlinie, die Automobil- und Elektrogerätehersteller in der Europäischen Union (EU) zur Implementierung von Umweltschutzmaßnahmen, wie beispielsweise dem Produktrecycling, verpflichtet. Die Richtlinie beschränkt die Verwendung von fünf Arten der sechs Stoffe in Elektrogeräten, die die Bestimmungen von Artikel 95 des EG-Vertrages erfüllen. Bei diesen Stoffen handelt es sich um Schwermetalle, wie Blei, Quecksilber, Cadmium und sechswertiges Chrom, sowie um bromierte Flammenschutzmittel, wie polybromiertes Biphenyl (PBB) und polybromierten Diphenylether (PBDE). Bis zum 1. Juli 2006 sind die Hersteller aufgefordert, bei allen ihren Produkten auf die Verwendung dieser Stoffe zu verzichten, mit Ausnahme von Quecksilber in Kompaktleuchtstofflampen, das in einer Höchstmenge von 5 mg pro Lampe erlaubt ist, sowie einigen anderen Ausnahmen (Kyocera 2006).

Eisen Fe: Eisen in Form von Stählen wird überwiegend für konstruktive Zwecke eingesetzt. In EE-Produkten findet es sich in größeren Mengen für diese Zwecke neben Aluminium. Weiterhin ist Eisen in Transformatoren (zumeist als Ferrite) und vielen anderen EE-Bauteilen (Spulen, Relais) enthalten (Elko: Spulen). Eisenoxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas.

Erbium Er: Das Metall wird nur in geringem Umfang genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Das Metall wird in der Kerntechnik und in Titanlegierungen eingesetzt sowie zum Färben von Gläsern und Emaillen (Rutherford: Erbium). Erbium wird als Dotierungsmaterial für Faser-Verstärker bei Lichtwellenleitern eingesetzt (Elektro: Lichtwellenleiter). Siehe auch seltene Erden.

Europium Eu: Das Metall wird nur in geringem Umfang genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Es wird es für extrem dünne Schichten von Supraleiterlegierungen sowie in der Reaktortechnik als Neutronenabsorber verwendet (Rutherford: Europium). In Fernsehern wird es als Eu-dotiertes Y_2O_3 als Leuchtstoff eingesetzt (Behrendt et al. 1998, Ruby o.J.). Eu-dotiertes Y_2O_3 wird für Energiesparlampen eingesetzt (Ruby o.J.). Siehe auch seltene Erden.

Gadolinium Gd: Das Metall wird nur in geringem Umfang genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Gadolinium findet aber Verwendung in Elektronikbauteilen, Magneten, in der Magnetooptik und der Neutronenradiographie (Rutherford: Gadolinium). Tb-Gd₂O₃ wird als grüner Leuchtstoff bei Radarbildschirmen verwendet (Ruby o.J.). Siehe auch seltene Erden.

Gallium Ga: Gallium wird vor allem zur Herstellung von verschiedenen Halbleitern (z.B. ICs mit Galliumarsenidphosphid und Leuchtdioden mit Galliumarsenid oder -phosphid) eingesetzt (Rutherford: Gallium, Elko: LED). Auf dem US-amerikanischen Markt umfasst dieses Einsatzfeld ca. 46%. Darüber hinaus ist es inzwischen ein wichtiges Element für die Optoelektronik und für Solarzellen (USA: 36% des Ga-Verbrauchs, UGSG 2006: Gallium). Galliumarsenid-Solarzellen haben einen hohen Wirkungsgrad und werden wegen ihrer Strahlungsresistenz in Satelliten eingesetzt. Sie können zudem zum Bau von Tandemsolarzellen (Doppelschichtzellen) verwendet werden (Lauer mann 1998). Gallium wird zudem als Dotierungsmaterial für Halbleiter z.B. in IC's verwendet.

Germanium Ge: Germanium wird vor allem in der Halbleitertechnik eingesetzt zur Herstellung von Transistoren, Gleichrichtern, Tunnelioden und Fotowiderständen (Rutherford: Gallium; Elko: Halbleiter; Widerstände). Auf dem US-amerikanischen Markt wird Germanium zu 24% für glasfaser-optische Systeme und zu 12% für Infrarot-Optik, Elektronik und Fotovoltaik genutzt (UGSG: Germanium).

Gold Au: Gold wird vor allem zur Schmuckherstellung und als Goldreserven genutzt. Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld ist die Zahntechnik. Aufgrund seiner ausgezeichneten Leitfähigkeit findet es sich auch in Kontakten und somit in EE-Bauteilen. Zur mengenmäßigen Anwendung in Mobiltelefonen siehe Platin. Auf dem US-amerikanischen Markt werden ca. 85% für die Schmuckherstellung, 9% für Dentalbedarf und 6% für die Elektroindustrie verwendet (USGS: Gold). Gold findet sich in Dünnschichten auf CDR's (EUROMETEAUX o.J.).

Hafnium Hf: Hafnium wird zur Herstellung von Spezialstählen verwendet die u.a. in der Reaktortechnik eingesetzt werden (Rutherford: Hafnium). Weitere Einsatzgebiete sind Hochdruckglühlampen, als Hafniumnitrid als Elektrode in Vakuumröhren und als Hafniumoxid in der Halbleiterproduktion (Elektro: Hafnium).

Holmium Ho: Das Metall wird nur in geringem Umfang genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr (Rutherford: Holmium). Das Metall wird in verschiedenen Legierungen für starke Magnete verwendet. In IuK-Produkten wird es in Farbfernsehgeräten als Leuchtstoff eingesetzt (Rutherford:

Holmium). Holmium wird auch für Magnetblasenspeicher und Leuchtstofflampen verwendet. Siehe auch seltene Erden.

Indium In: Indium wird in vielfältiger Weise in IuK-Produkten genutzt wie z.B. für Flüssigkristall-Displays und Flachbildschirme. Grund hierfür ist, dass Indiumzinnoxid lichtdurchlässig und leitend ist, so dass als „Leitungsdraht“ auch auf Solarzellen oder LCD's verwendet werden kann ohne die Sichtbarkeit zu beeinflussen. Weitere Anwendungen sind leistungsstarke Transistoren (USGS: Indium), IC's auf Indiumarsenidphosphid-Basis, in Tunnelnioden sowie für Leuchtdioden (Al-Ga-In-Phosphat, In-Ga-Nitrogen, s.Elko: Halbleiter). Weitere Anwendungen sind elektroluminisierende Lampen, Halbleiter für Infrarot-Detektoren und die Fotovoltaik. Auf dem US-amerikanischen Markt werden ca. 70% des Indiums für Beschichtungen und 12% für elektronische Komponenten eingesetzt (USGS: Indium). Indium wird in der Halbleitertechnik als Dotierungsmaterial eingesetzt, so enthalten beispielsweise Fotowiderstände InAs und Feldplatten Indiumantimonid (Elko: LTR-Fotowiderstände/Feldplatten). Indium wird auch in Hallsonden zur Messung von Magnetfeldern verwendet. In Solarzellen findet es Verwendung als Kupfer-Indium-Diselenid-Dünnschichtzellen (Lauer mann 1998).

Iridium Ir: Das Metall härtet Platin und wird vielfach als Legierung eingesetzt (u.a. für das Ur-Meter). Anwendung findet es aufgrund seiner Stabilität in der Chemie (Laborgeräte) Anwendung sowie – mengenmäßig am wichtigsten – als Katalysator für die Abgasreinigung von Kraftfahrzeugen. Iridium wird in Thermoelementen bei hohen Temperaturen eingesetzt (Elektro: Thermoelemente).

Kalium K: Kaliumsalze werden als Dünger verwendet. Andere Anwendungen von Kalium fallen dagegen kaum ins Gewicht. Kaliumoxid wird in Bildröhren als Glasbildner verwendet (Behrendt et al. 1998).

Kupfer Cu: Das Metall Kupfer ist schlechthin das wichtigste Metall für die IuK-Industrie, da Kupfer die besten Leitungs- und Formeigenschaften hat. Neben seiner Anwendung in Kabeln und Leitungsdrähten (u.a. für Spulen und Drosseln, Transformatoren, Elektromotoren und Generatoren) gibt es jedoch große Konkurrenzanwendungen im Baubereich und in der Industrie mit Rohren und Armaturen. In Fernsehgeräten können ca. 3 Massenprozent Kupfer (Behrendt et al. 1998), in Computern 5 bis 7% und in Monitoren können 8% Kupfer enthalten (Soldera 1995). Zur mengenmäßigen Verwendung von Kupfer in Mobiltelefonen siehe Platin. In der Kommunikationstechnik kann Kupfer bei der leitungsgebundenen Signalübertragung durch Siliziumoxid (Glasfasern) ersetzt werden.

Lanthan La: Das Metall wird nur im geringen Umfang verwendet wie z.B. als Oxid zur Färbung von Gläsern. Die Produktion soll sich auf ca. 8.500 t belaufen (Rutherford: Lanthan). Siehe auch seltene Erden. Lanthan wird in Thermistoren zur Vermeidung von Überhitzung eingesetzt (Ruby o.J.). Lanthan wird auch in Elektroden von Ni-Metallhydrid-Akkus eingesetzt.

Lithium Li: Lithium wird für die Härtung von Blei (Lager), Lithiumcarbonat für Glasuren und als Flussmittel für Emaille genutzt. Darüber hinaus ist es für organische Synthesen von herausragender Bedeutung (Stearate). In Bildröhren ist es als Oxid in geringen Mengen in dem Glas. Die wichtigste Anwendung bei IuK-Produkten sind Li-Ionen-, Lithium-Polymer- und Lithium-Metall-Akkus.

Magnesium Mg: Das Metall wird als Reduktionsagens zur Herstellung anderer Metalle eingesetzt. Die wichtigsten Anwendungen sind korrosionsfeste Legierungen mit anderen Metallen wie z.B. Aluminium, die als Leichtwerkstoffe im Flugzeug- und Fahrzeugbau eingesetzt werden. Auf dem US-amerikanischen Markt wird Magnesium für Formteile (59%), Mg-Al-Legierungen (Verpackungen, 29%) und zur Entschwefelung von Eisen (7%) genutzt. Oxide des Magnesiums werden in Bildröhren genutzt.

Mangan Mn: Das Metall wird vor allem für Stahllegierungen eingesetzt. Für die IuK-Industrie ist es von Bedeutung bei der Herstellung von Trockenbatterien und Akkumulatoren (Alkali-Mangan-Zellen).

Molybdän Mo: Das Metall wird vor allem zur Herstellung hochfester und hitzebeständiger Stähle (Turbinen) eingesetzt. Auf dem US-amerikanischen Markt werden für diese Zwecke 75% des Molybdäns verwendet (USGS: Molybdenum). In Lampen wird es für Glühfäden verwendet sowie als Katalysator (Rutherford: Molybdän). In elektronischen Bauteilen findet es Verwendung in SMD-Dioden (Behrendt et al. 1998).

Natrium Na: Die wichtigste Natriumverbindung ist Natriumchlorid, aus der Chlor hergestellt wird. Andere Natriumverbindungen wie das Carbonat, das Sulfat, das Sulfit u.a. sind bedeutende Hilfsmittel in chemischen Prozessen, der Zelluloseherstellung oder der Sodaverwendung bei der Glasherstellung. Im Verhältnis hierzu fallen die anderen Natriumverwendungen kaum ins Gewicht. Natriumoxid findet sich als Glasbildner in Bildröhren (Behrendt et al. 1998)

Neodym Nd: Neodym wird für die Färbung von Gläsern und Emailen eingesetzt. In speziellen EE-Produkten findet es sich in Neodym-Lasern. Die Produktion soll sich auf 2.900 t belaufen (Rutherford: Neodym, Ruby o.J.). Neodym wird aber auch als Leuchtstoff in Farbfernseherröhren und Leuchtstofflampen eingesetzt. Neodym wird auch in Elektroden von Ni-Metallhydrid-Akkus eingesetzt. Siehe auch seltene Erden.

Nickel Ni: Nickel wird vor allem in der Stahlherstellung eingesetzt (Neusilber, Monell-Metall) und durch Vernickelung werden Stähle oberflächengeschützt. Als Legierung findet es sich sehr häufig in EE-Bauteilen. Auf dem US-amerikanischen Markt werden ca. 13% des Nickels für Elektroequipment verbraucht (USGS: Nickel). Für die IuK-Industrie ist es von Bedeutung bei der Herstellung von Akkumulatoren. Weltweit werden noch Ni-Cd-Akkus eingesetzt, die für einige Hochstrom-Anwendungen (Elektrogeräte) häufig besser geeignet sind als Ni-Metallhydrid-Akkus (Elko: Nickel-MH-Akkus). In elektronischen Bauteilen findet Nickel z.B. Verwendung in SMD-Kondensatoren (Behrendt et al. 1998)

Niob Nb: Niob wird vor allem für korrosionsfeste Stähle verwendet. Auf dem US-amerikanischen Markt wird Niob fast 99% für die Stahlherstellung verwendet (USGS: Niob). Mit Germanium wird es zur Herstellung von Supraleitern eingesetzt (Rutherford: Niob). In der IuK-Industrie wird es u.a. für miniaturisierte Hochleistungskondensatoren verwendet (Behrendt et al. 1998).

Osmium Os: Das Metall wird vor allem zur Härtung von Stählen eingesetzt, die für Injektionsnadeln und Füllfederhalter verwendet werden. Früher wurde es auch für Glühdrähte eingesetzt (Rutherford: Osmium). In Legierung mit Platin wird es für Implantate und künstliche Herzklappen genutzt.

Palladium Pd: Das Metall wird als Silberlegierung für die Zahntechnik verwendet. Es dient weiterhin als Hydrierungskatalysator, da es leicht Hydride mit Wasserstoff bildet (Rutherford: Palladium). Es wird wie die meisten Edelmetalle auch zur Abgasreinigung in KFZ eingesetzt. In elektronischen Bauteilen findet es Verwendung in SMD-Kondensatoren (Behrendt et al. 1998). Ein wichtiges zukünftiges Anwendungsfeld könnten Brennstoffzellen sein. Zur mengenmäßigen Anwendung in Mobiltelefonen siehe Platin.

Platin Pt: Das Metall wird vor allem zur Herstellung von Schmuck eingesetzt. Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld des Platins sind Katalysatoren zur Abgasreinigung in KFZ. In Mobiltelefonen finden sich nennenswerte Mengen von Platin. Eine Untersuchung über den Edelmetallgehalt von Handys (Sullivan 2006) zeigte, dass der Metallgehalt auch in modernen Handys bei ca. 25% liegt (ohne Batterien und Ladegerät). In dem Gerät fanden sich vor allem Kupfer, Eisen, Nickel, Silber und Zink

sowie geringe Mengen an Aluminium, Gold, Blei, Mangan, Palladium, Platin und Zinn. Für die wertvollen Metalle wurden folgende Mengen festgestellt: 16 g Kupfer, 0,35 g Silber, 0,034 g Gold, 0,015 g Palladium und 0,00034 g Platin. Trotz dieser teilweise sehr geringen Mengen summieren sich diese in dem boomenden Markt zu großen Mengen auf. Für einen Bestand von ca. 630 Millionen Handys in 2005 läge der Anteil der wertvollen Metalle bei ca. 10.000 t Kupfer, 224 t Silber, 20,9 t Gold, 9,4 t Palladium und 0,22 t Platin. Der Gesamtwert der Metalle würde in mittleren Preisen über die Nutzungszeit bei knapp 400 Mio. US-\$ liegen. Platindünnschichten verbessern die Speicherkapazität von Festplatten (EUROMETEAUX o.J.).

Praseodym Pr: Das Metall wird unter anderem in Legierungen für Permanentmagneten, zur Gelbfärbung von Gläsern und Emaillen und in Elektroden für Lichtbogenanlagen verwendet. (Rutherford: Praseodym) Siehe auch Seltene Erden.

Promethium Pm: Das zu den Lanthaniden gehörende Metall fällt nur bei der Uranspaltung an. Es wird in „Atombatterien“ für Satelliten benutzt (Rutherford: Promethium).

Quecksilber Hg: Das Metall wird vor allem als Amalgam (Legierung mit Silber) in der Zahntechnik verwendet. Zur Beleuchtung werden bei hohen Lichtstärken auch Quecksilberdampflampen verwendet (Rutherford: Quecksilber). Eine wichtige Anwendung waren Quecksilber-Knopfzellen mit Quecksilberoxid, die seit 2001 verboten sind aber weltweit immer noch produziert werden. In Laptops wird die Hintergrundbeleuchtung der Displays durch Kaltkathodenröhren erreicht (Wikipedia 2006: Quecksilberdampflampe). Kyocera hat aufgrund der RoHS-Richtlinie (Inkrafttreten Juli 2006) quecksilberfreie Displays auf dem Markt gebracht.³⁷

Rhenium Re: Rhenium wird Katalysatoren (Reforming) und Stähle eingesetzt. Auf dem US-amerikanischen Markt werden hierfür 40-50% des Rheniums hierfür eingesetzt. In Elektroprodukten findet es Anwendung für elektrische Kontakte, Elektromagnete, und in Elektronenröhren (USGS: Rhenium). Weitere Anwendungen sind Glühdrähte und Thermobauteile (Rutherford: Rhenium, USGS: Rhenium).

Rhodium Rh: Das Metall wird vor allem für Katalysatoren (Abgasreinigung in KFZ) und für hochreflektierende Spiegel eingesetzt (Rutherford: Rhodium).

Rubidium Rb: Rubidium wird für Fotozellen eingesetzt (Rutherford: Rubidium). Weitere Anwendungen sind in der Laser- und Glasfasertechnologie sowie in Nachtsichtgeräten (USGS: Rubidium).

Ruthenium Ru: Das Metall wird vor allem für Katalysatoren verwendet (Rutherford: Ruthenium).

Samarium Sm: Samarium findet Verwendung beim Dotieren von Laserkristallen, der Herstellung von Spezialgläsern, Keramiken und Katalysatoren sowie als Neutronenabsorber in Kernreaktoren (Rutherford: Samarium). Samarium wird in Form intermetallischer Verbindungen mit Cobalt als Permanentmagnet z.B. in allen kleinen Motoren verwendet. Der Weltbedarf beträgt ca. 2000 t/J (Ruby o.J.). Siehe auch Seltene Erden.

Scandium Sc: Scandium wird vor allem als Legierungsmetall für Aluminium genutzt um hochstabile Sportgeräte herzustellen. Es wird jedoch auch für leuchtstarke Halogenlampen und für Magnetspeicher genutzt. Weitere Anwendungen sind Lasertechnologie (USGS: Scandium). Die jährliche Produktionsmenge wird auf 50 t angegeben (Rutherford: Scandium)

Selen Se: Selen wird nur im geringen Umfang produziert und vor allem aus dem Kupferschlamm gewonnen. Es wird in der Halbleitertechnik und für Solarzellen eingesetzt. Seine guten fotoelektri-

³⁷ Zulässig wären gemäß der Richtlinie 5 mg pro Lampe.

schen Eigenschaften führen auch zur Verwendung in der Kopiertechnik. Andere Verwendungen finden sich den Bereichen Vulkanisierung, Legierungen und Glasherstellung.

Seltene Erden REO: Die seltenen Erden sind zumeist als Lanthanide oder 4f-Elemente sind vergesellschaftet aufgrund gleicher Eigenschaften, weshalb sie in reiner Form nur sehr aufwändig zu gewinnen sind. Zu den seltenen Erden zählen Cer, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Ytterbium und Lutetium. Das wichtigste Mineral der seltenen Erden ist Bastnäsit (CeFCO_3), oder Thortveitit: $(\text{Y,Sc})_2\text{Si}_2\text{O}_7$). Die Verwendung erfolgt nur in kleinen Mengen. Auf dem US-amerikanischen Markt belief sich die Verwendung wie folgt: Katalysatoren für KFZ 32%, metallurgische Additive und Stähle 16%, Glaspolituren und Keramiken 12%, Leuchtstoffe für Bildschirme (Fernseher, Computer, Radar) Beleuchtung und Röntgenfilme 15%, Permanentmagnete (4%), Katalysatoren für petrochemische Prozesse 4% und Diverses 17% (USGS). Anwendungen von seltene Erden finden sich auch der Glasfasertechnologie und bei Supraleitern. Seltener Erden werden vor allem in Leuchtstofflampen eingesetzt. Die wichtigsten Leuchtstoffe sind vermutlich Cer, Erbium und Ytterbium (s.a. Ruby o.J.). Lanthan und Neodyn werden auch in Elektroden von Ni-Metallhydrid-Akkus eingesetzt.

Silber Ag: Silber wird vor allem für Schmuckgegenstände und für Fotochemikalien genutzt. Aus Schmuckgegenständen wird es inzwischen sehr häufig recycelt (Rutherford: Silber). Mit der Ausweitung der digitalen Fotografie und modernen Printverfahren wird auch die Anwendung für Fotochemikalien zurückgehen. Silber wird auch in Batterien, EE-Bauelementen (SMD-Kondensatoren) verwendet. In PV-Zellen werden „Finger“ aus Silber verwendet zur Herstellung der Kontakte (Solarserver o.J.). Silber wird auch bei den Leuchtstoffen für Fernsehgeräte verwendet. In elektronischen Bauteilen findet es Verwendung in SMD-Kondensatoren (Behrendt et al. 1998). Zur mengenmäßigen Anwendung in Mobiltelefonen siehe Platin. Silber findet sich als Dünnschichten auf CDR's (EUROMETEAUX o.J.).

Strontium Sr: Strontium wird vor allem in Gläsern und Keramiken als Oxid eingesetzt wie z.B. für Bildschirmgläser von Fernsehgeräten. Auf dem US-amerikanischen Markt werden für das Schirmglas von Fernsehern ca. 68% und für Ferrit-Magnete ca. 11% verwendet. Auch für die Pyrotechnik wird Strontium verwendet.

Tantal Ta: Tantal wird in Form von Carbiden für Schneidwerkzeuge in der Metallbearbeitung eingesetzt. Weitere Anwendungen sind Implantate aufgrund fehlender toxischer Wirkungen (Rutherford: Tantal). Auf dem US-amerikanischen Markt wird ca. 60% des Tantalverbrauchs zur Herstellung von Kondensatoren genutzt (USGS: Tantalum)

Tellur Te: Das Halbmetall Tellur wird vor allem als Legierungsbestandteil für Stähle, Kupfer, Blei und als Katalysator für Gummierstellung verwendet. Anwendungen in EE-Bauteilen finden sich in Fotozellen und termoelektrischen Bauteilen. Cadmium-Tellurid wird auch für Solarzellen im kleineren Maßstab eingesetzt (Lauer mann 1998). Gleichfalls wird für optische Speichermedien (CD-RW) verwendet. Tellur kann auch in Peltier-Elementen zur Kühlung von IC's verwendet werden.

Terbium Tb: Das Metall wird nur in geringem Umfange genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Terbium findet aber Verwendung in der Lasertechnologie und als Leuchtstoff. Terbium wird in Form von Tb-Fe-Co-Legierungen für magneto-optischen 'Mini-Discs' eingesetzt. Für wiederbeschreibbare CD's wird die Magnetisierung von einem Laser durch Überschreiten der Curie-Temperatur gelöscht (s.a. Ruby o.J.). Siehe auch seltene Erden.

Thallium Tl: Thallium wird in Hochtemperatur-Supraleiter, in Filter für die kabelloser Kommunikation, für Strahlungsmesser für Spezialgläser für Infrarot und zur Lichtbrechung in der Akkusto-Optik verwendet. Weitere Anwendung findet Thallium in Medizinprodukten (USGS: Thallium).

Thulium Tm: Das Metall wird nur in geringem Umfange genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Es wird nur in Spezialbereichen eingesetzt z.B. als Strahlenquelle für transportable Röntengeräte (Rutherford: Thulium). Siehe auch seltene Erden.

Titan Ti: Titan wird vor allem wegen seiner chemischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften in Metalllegierungen in sehr vielen konstruktiven und verkehrstechnischen Bereichen eingesetzt. Sehr große Mengen werden auch als Färbemittel (Titanweiß) verwendet. In IuK-Produkten ist es vermutlich nur sehr selten vorhanden. NTC-Heißeleiter (temperaturabhängige Halbleiterwiderstände) können Zink-Titanate und PTC-Kaltleiter Titan-Keramik enthalten (Elko: NTC-Heißeleiter). Titanoxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas.

Vanadium V: Vanadium wird vor allem zur Herstellung hochfester Stähle verwendet. Auf dem US-amerikanischen Markt werden hierfür ca. 94 % des Vanadiums verwendet.

Wismut Bi: Wismut wird auf dem US-amerikanischen Markt vor allem zur Legierung von Stählen (46%), zur Herstellung von Additiven (29%) sowie in der Chemie und Pharmazie (24%) eingesetzt (USGS 2006: Bismuth). In der IuK-Produkten wird auch als Oxid in Keramiken oder Gläsern eingesetzt. In EE-Bauteilen wird es als Bleilegierung in Drosseln eingesetzt. Wismut wird auch bei den Leuchtstoffen für Fernsehgeräte verwendet (Behrendt et al. 1998).

Wolfram W: Wolfram wird vor allem in Form von Carbiden zur Herstellung von Schneidwerkzeugen eingesetzt. Auf dem US-amerikanischen Markt werden hierzu ca. 50% verwendet (USGS: Tungsten). Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld ist die Herstellung von hochfesten und hitzebeständigen Stählen. Wolfram wird auch für Glühdrähte in Lampen eingesetzt (Rutherford: Wolfram). Weitere Anwendungen sind Elektroden, Kabel und Elektrokomponenten (USGS: Tungsten). Wolframoxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas.

Ytterbium Yb: Das Metall wird nur in geringem Umfange genutzt und hergestellt mit weniger als 100 t pro Jahr. Es wird für rostfreie Spezialstähle genutzt. (Rutherford: Ytterbium). Ytterbium wird auch bei den Leuchtstoffen für Fernsehgeräte verwendet (Behrendt et al. 1998). Siehe auch seltene Erden.

Yttrium Y: Es ist als Legierung für Dauermagneten sehr gut geeignet. Andere Anwendungen von Yttrium Sauerstoffsensoren für KFZ, Signalkontrolle für Mikrowellenradar, Laser für digitale Kommunikation und nichtlinearer Optik. Yttrium-haltige Werkstoffe zeigen Supraleitfähigkeit schon bei Temperaturen von -180°C (Rutherford: Yttrium). Eu-dotiertes Y_2O_3 wird für Energiesparlampen eingesetzt und als Eu-dotiertes $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$ dient es als roter Leuchtstoff in Monitoren und Fernsehern (Ruby o.J.).

Zink Zn: Das Metall wird vor allem beim Verzinken zur Oberflächenbehandlung von Eisen genutzt. Als Messing (Legierung mit Kupfer) findet es breite Anwendungsfelder im Maschinen-, und Apparatebau sowie in Kraftfahrzeugen und in Armaturen. Zink-Kohle-Batterien sind wichtige Trockenbatterien (Rutherford: Zink). Auf dem US-amerikanischen Markt werden zur Galvanisierung 55%, für Zink-Legierungen 16% und für Messing und Bronze 8% des Zinks eingesetzt. In Elektroprodukten und EE-Bauteilen ist es sehr häufig vorhanden und gehört hierbei zu den mengenmäßig relevanten Metallen. Zinkoxid findet sich als Zusatz in Bildröhrenglas und bei den Leuchtstoffen (Behrendt et al. 1998).

Zinn Sn: Zinn wird vor allem für die Herstellung von Weißblech (Dosen), Bronze und Stanniol verwendet. Im IuK-Bereich dient es als Lötzinn (Legierung) (Rutherford: Zinn). Auf dem US-

amerikanischen Markt werden für Behälter ca. 27%, für den Elektrobereich ca. 23%, für konstruktive Zwecke ca. 10% und im Transportbereich ca. 10% des eingesetzten Zinns verwendet (USGS: Tin).

Zirkon Zr: Wichtige Anwendungsfelder sind Schmuck und Keramik sowie feuerfeste Erzeugnisse (USGS: Zirkon). Zirkon wird vor allem auch in der Reaktortechnik eingesetzt (Brennstabumhüllungen). Das Metall wird häufig als Legierungsmetall für korrosionsfeste Stähle und zusammen mit Niob für supraleitfähige Leiter eingesetzt. Als Füllstoff ist es in Blitzlichtern vorhanden (Rutherford: Zirkon). In Fernsehgeräten ist es als Oxid im Bildröhrenglas vorhanden.

Anhang 3: Abkürzungsverzeichnis

DRK	Demokratische Republik Kongo
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
ECA	Electronic Components, Assemblies & Materials Association
EE	Elektro- und Elektronikgeräte
EITI	Extractive Industries Transparency Initiative
EICC IG	Electronic Industry Code of Conduct Implementation Group
EU	Europäische Union
FFI	Flora and Fauna International
GeSI	Global e-Sustainability Initiative
IICM	International Council on Mining and Metals
IAG	International Advisory Group
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IUCN	World Conservation Union
NE	Nichteisen-Metalle
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
T.I.C.	Tantalum-Niobium International Study Center
UN	Vereinte Nationen
WWF	World Wide Fund For Nature

Anhang 4: Teilnehmerliste

Workshop am 30.11.2006 in Berlin

Strategische Metalle - Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems der konfliktverschärfenden Rohstoffausbeutung bei strategischen Metallen

Angrick, Dr. Michael	Umweltbundesamt, Dessau
Behrendt, Siegfried	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin
Bleischwitz, Prof. Dr. Raimund	Wuppertal-Institut Klima, Umwelt und Energie, Wuppertal
Feil, Moira	Adelphi Research gGmbH, Berlin
Franken, Dr. Gudrun	BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
Fuhr, Lilia	Heinrich-Böll-Stiftung
Gernuks, Dr. Marko	Volkswagen, Wolfsburg
Henseling, Dr. Karl-Otto	Umweltbundesamt, Dessau
Hermann, Hans-Joachim	Umweltbundesamt, Dessau
John, Dr. Mathias	Amnesty International
Johnson, Dominic	Pole Institut
Kahlenborn, Walter	Adelphi Research gGmbH, Berlin
Karcher, Dr. Silke	Umweltbundesamt, Dessau
Kayser, Christiane	Fachberaterin im Auftrag des EED, Berlin
Marmon, Tangmar	gtz Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
Martin, Dr. Ernst-Joachim	HC Starck, Goslar
Oberthür, Dr. Thomas	BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
Oley, Michael	Deutsche Telekom AG, Berlin
Pfahl, Dr. Stefanie	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
Reller, Prof. Dr. Arnim	Universität Augsburg
Scharp, Dr. Michael	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin
Schüler-Hainsch, Dr. Eckard	DaimlerChrysler AG
Tabbert, Klaus	Wirtschaftsvereinigung Metalle
Verlinden, Julia	Umweltbundesamt, Dessau
Wotroba, Hermann	RWTH Aachen