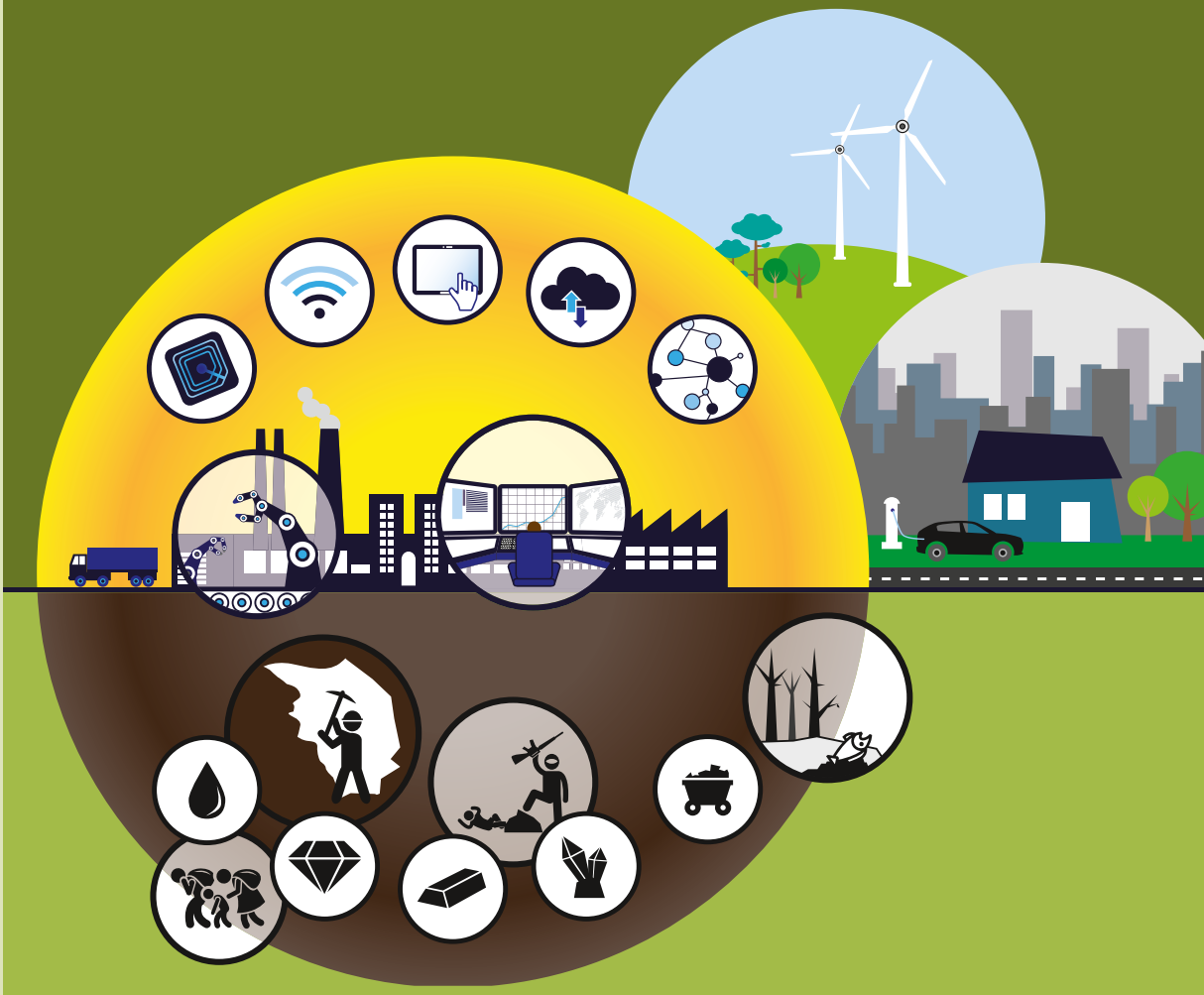

Ressourcenfluch 4.0

Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor

PowerShift
ROSA LUXEMBURG STIFTUNG
STOP MAD MINING

Impressum

Ressourcenfluch 4.0
Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor

Herausgeber

PowerShift – Verein für eine ökologisch-solidarische Energie- & Weltwirtschaft e. V.
Greifswalder Str. 4 (Haus der Demokratie & Menschenrechte), 10405 Berlin
Tel.: +49-(0)30-42805479
Email: Michael.Reckordt@power-shift.de
Twitter: @MichaelReckordt
http://power-shift.de

Autor*in: Hannah Pilgrim (Kapitel 3, 4 und Infoxbox 1), Merle Groneweg (Kapitel 3.2, 3.3 und Infobox 2 und 3), Michael Reckordt (Kapitel 1, 2, 5 und 6)
Layout, Satz und Reinzeichnung: Tilla Balzer | balzerundkoeniger.de
nach einer Layoutvorlage von Monika Brinkmöller
Titelgraphik: Tilla Balzer
Redaktion: Merle Groneweg, Hannah Pilgrim, Michael Reckordt

Berlin, Februar 2017
© **PowerShift e. V.**

ISBN: 978-3-9814344-9-1
Gedruckte Exemplare können kostenlos über bestellung@rosalux.de bezogen werden.

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG

Gefördert durch die Rosa Luxemburg Stiftung aus Mitteln des Auswärtigen Amts.

STOP MAD MINING

Die Veröffentlichung wurde mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Union ermöglicht. Für den Inhalt dieser Veröffentlichung ist allein PowerShift e. V. im Rahmen der Stop Mad Minnig Kampagne verantwortlich; der Inhalt kann in keiner Weise als Standpunkt der Europäischen Union angesehen werden.

Gefördert von ENGAGEMENT GLOBAL im Auftrag des.

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

Für den Inhalt dieser Publikation ist allein PowerShift e. V. verantwortlich;die hier dargestellten Positionen geben nicht den Standpunkt von Engagement Global gGmbH und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung wieder.

Ressourcenfluch 4.0

Die sozialen und ökologischen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Rohstoffsektor

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung S. 5

2. Was ist Industrie 4.0? S. 9
- 2.1. Die politischen Treiber der Industrie 4.0
- 2.2. Die technologischen Treiber der Industrie 4.0

3. Rohstoffbedarf für Zukunftstechnologien S. 12
- 3.1. Technologien der Industrie 4.0
- 3.2. Elektromobilität
- 3.3. Energiewende

4. Rohstoffe – Abbau und Herausforderungen S. 18
- 4.1. Aluminiumerz Bauxit / Aluminium / Gallium
- 4.2. Germanium / Indium / Zink
- 4.3. Kobalt
- ***Informationsbox # 1: Tiefseebergbau***
- 4.4. Kupfer
- 4.5. Lithium
- ***Informationsbox # 2: Graphit für Batterien***
- 4.6. Palladium und Platin (Platin-Gruppen-Metalle; PGM)
- 4.7. Seltenerdmetalle
- 4.8. Silber
- 4.9. Tantal (Coltan)
- 4.10. Zinn
- ***Informationsbox # 3: Konfliktmineralien***

5. Alter Wein aus neuen Schläuchen S. 37
- 5.1. Falsche rohstoffpolitische Forderungen der Industrie
- 5.2. Dematerialisierung – uneinlösbares Versprechen der Industrie 4.0
- 5.3. Ressourceneffizienz
- 5.4. Grünes Internet und Datensicherheit

6. Politisches Umsteuern notwendig S. 43
- 6.1. Absolute Senkung der Rohstoffverbrauchs
- 6.2. Menschenrechte schützen

Literaturverzeichnis S. 46

Abkürzungsverzeichnis S. 54

1. Einleitung

In den letzten Jahren kommt kaum ein industriepolitischer Artikel ohne den Begriff *„Industrie 4.0"* aus. *„Industrie 4.0"* soll deutlich machen, dass wir unmittelbar vor der vierten industriellen Revolution stehen und die voranschreitende Digitalisierung Lösungen für die Herausforderungen unserer Zeit bietet. Internet 2.0 war gestern, der Einsatz von Elektrotechnik und Informationstechnologie zur Automatisierung der Produktion seit den 1970ern nur der Anfang (vgl. Abbildung 3, Seite 10). In einer Zeit, in der das globale Wirtschaftswachstum gedämpft ist und sich Staaten in der Rezession befinden, scheint Industrie 4.0 das helle Licht am Ende des Krisentunnels zu sein. Mit zunehmender Digitalisierung, so das Credo, würde das Wirtschaftswachstum wieder anziehen und gleichzeitig einige der drängenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Krisen gelöst.

Das herrschende Wirtschaftsmodell steckt in einer tiefen Krise. Viele Staaten sind überschuldet, die (Jugend-) Arbeitslosigkeit ist in vielen Regionen konstant hoch, die Krisenanfälligkeit nach Finanz- und Wirtschaftskrisen, platzenden Blasen (Immobilien, New Economy, etc.) und des sich nicht einstellenden Erfolgs einer Niedrigzinspolitik gestiegen. Die neoliberale Deregulierung durch sogenannte Freihandelsabkommen und institutionalisierten Schutz von ausländischen Investoren[1] hat die globale Wirtschaft nicht stabilisieren können. Genau im Gegenteil: Handelsabkommen stehen stärker denn je in der Kritik, wie momentan die geplanten Abkommen zwischen der EU und den USA bzw. Kanada. In ihnen wird politische Regulierung zu Gunsten von Einflussnahme der Industrie aufgegeben. Schiedsgerichte und zukünftig reformierte Investitionsgerichte geben einseitige Klage- und Entschädigungsmöglichkeiten an ausländische Investoren (Jaeger 2016, Reckordt 2017). Regulative Kooperation gibt multinationalen Konzernen Möglichkeiten zur Intervention, bevor Gesetze oder Regulierungen zu Umweltschutz, Sozialstandards, Verbraucher*innen-Rechten oder Arbeitsrechten erlassen werden können. Schutzklauseln für die heimische Wirtschaft, Exportzölle auf Rohstoffe[2] und andere

Rohstoffe. Protestgemälde von philippinischen Künstler*innen für mehr Menschenrechte
(Foto: Michael Reckordt)

wirtschaftspolitische Maßnahmen stehen unter Dauerfeuer. Einhellig fordern Wirtschaftsverbände und konservative, liberale sowie sozialdemokratische Parteien die Fortführung dieser Politik. Die Ausrichtung der nationalen Wirtschaft auf die Herausforderungen der Digitalisierung der Produktion gibt ihnen eine Vision, in der sie die negativen Begleiterscheinungen der neoliberalen Deregulierung ignorieren können.

Gleichzeitig wird immer deutlicher, dass die planetaren Grenzen durch das globale Wirtschaftssystem noch häufiger überschritten werden. Der Klimawandel, ausgelöst durch die zu hohen Treibhausgasemissionen (v. a. CO2- und Methangase), die überdünkten Felder und Wiesen, das Abholzen von (Primär-) Wäldern, die Überfischung der Meere und die Übernutzung der Rohstofflagerstätten sind Zeugnisse dessen. Wir legen eine imperiale Lebensweise (Brand und Wissen 2011) an den Tag, die die Kosten unseres Lebensstils immer weiter in die rohstoffreichen Länder verlagert. Die negativen ökologischen und sozialen Kosten sind externalisiert und bleiben häufig an den lokalen Gemeinschaften vor Ort hängen. Derweil dreht sich in Europa und Deutschland der Diskurs von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft vor allem um das ***„Rennen um die noch vorhandenen Rohstoffe"*** (Klare 2012). Das, was noch da ist, muss

1 Bei Worten wie *„Investor"* verwenden wir nicht die sonst geschlechtergerechte Formulierung (Investor*innen), wenn es nicht um Personen, sondern um Unternehmen oder Körperschaften geht.

2 In der vorliegenden Publikation konzentrieren wir uns vor allem auf die abiotischen Rohstoffe und hier wiederum überwiegend auf die metallischen und mineralischen Rohstoffe.

Abbildung 1: Konflikte um den Abbau von metallischen (orange) und fossilen Rohstoffen (schwarz). (Quelle: http://ejatlas.org)

„fair und frei" verteilt werden, fordert unter anderem der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI). Die Übernutzung der Welt und die (post-) kolonialen Ausbeutungsschemata fallen nicht weiter ins Gewicht, wenn es darum geht, *„unsere Interessen"* durchzusetzen. Schon 2007 brachte dies der damalige hessische Ministerpräsident der CDU, Roland Koch, auf den Punkt:

„Manche unserer Verhandlungspartner in den sich gerade entwickelnden Staaten werden uns darauf hinweisen, dass die Ausbeutung ihrer Rohstoffe und Arbeitskräfte in den letzten beiden Jahrhunderten unter Beteiligung der Europäer so edel und sozial verantwortungsvoll nun auch nicht gewesen sei. Das ist richtig. Wir werden das Selbstbewusstsein entwickeln müssen, trotz dieser geschichtlichen Verantwortung – teilweise auch Schuld – einzufordern, dass heute Regeln gefunden werden, die unsere Interessen am Erhalt unseres Wohlstandes angemessen berücksichtigen" (Koch 2007).

Abbildung 2: Bergbau und die Ziele zur Nachhaltigen Entwicklung. (Quelle: E-M).com)

Gegen das Durchsetzen dieser Interessensdurchsetzung am *„Erhalt unseres Wohlstandes"* protestieren verstärkt Menschen in Abbauregionen auf der ganzen Welt (vgl. Abbildung 1). Dieser Abbau geschieht nicht selten auf Kosten von Umwelt und Menschenrechten. Vor allem die Proteste gegen Bergbau fordern in den letzten Jahren immer mehr Menschenleben. Die britische Organisation Global Witness berichtet, dass im Jahr 2015 185 Umweltschützer*innen ihren Protest mit ihrem Leben bezahlten (Global Witness 2016). Allein 42 von ihnen wandten sich gegen Bergbauprojekte. Kein anderer Industriesektor war in so viele Morde verwickelt. Das unterstreichen auch Zahlen der UN: In den letzten 60 Jahren standen 40 Prozent aller Konflikte mit Rohstoffen in Verbindung, wobei die UN auch Konflikte um die Gewinnung energetischer Rohstoffe mit einschließt (UNEP 2009).

Ambivalent ist auch die Rolle der Rohstoffgewinnung und Aufbereitung für die Ziele der nachhaltigen Entwicklung, den Sustainable Development Goals (SDGs) (Abbildung 2). An einigen Stellen kann der Bergbau direkt, zum Beispiel durch die Schaffung von guten Arbeitsplätzen, sowie indirekt, etwa durch die Möglichkeiten des Ausbaus von Erneuerbarer Energie

			2000	2010	2017	2020	2030
Metalle	Aluminium	*in 1000 t*	31.000	40.000	66.000	74.674	112.698
	Kupfer	*in 1000 t*	13.000	15.000	21.000	25.138	33.808
	Gold	*in t*	2.540	2.460	3.250	3.640	5.311
	Rohstahl	*in 1000 t*	848.000	1.140.000	1.720.000	1.873.863	2.493.270
	Palladium	*in kg*	173.000	209.000	236.000	259.259	354.657
	Platin	*in kg*	153.000	210.000	248.000	281.090	426.736
	Zinn	*in t*	279.000	299.000	256.000	260.019	273.875
	Blei	*in t*	3.200.000	3.470.000	5.679.412	6.229.124	9.372.461
	Zink	*in t*	8.770.000	10.000.000	17.010.798	18.657.280	28.072.104
	Silber	*in t*	18.100	20.800	32.109	35.217	52.988
	Chrom	*in t*	3.260.000	6.910.000	10.476.364	11.413.531	15.186.283
	Magnesium	*in t*	428.000	622.000	1.032.191	1.127.837	1.500.644
Fossile Brennstoffe	Erdöl	*1000 Barrels/ Tag*	74.955	83.272	91.955	95.437	99.525
	Erdgas	*Mrd. m3*	2.411	3.192	3.735	3.957	4.646
	Kohle	*in Mio. Tonnen*	4.701	7.252	8.352	8.644	9.007

Tabelle 1: Jährliche Produktionsmengen verschiedener Rohstoffe (2017, 2020, 2030 geschätzt) (Quelle: UBA 2015)

oder *„Urban Mining"*, der Rückgewinnung von Rohstoffen aus Abfallstoffen, beitragen, die Ziele zu erreichen. Gleichzeitig gefährdet aber der Abbau viele SDGs, da er Landkonflikte auslösen, Öko-Systeme, Wasserversorgung, Luftqualität oder die Gesundheit gefährden oder durch Korruption die nachhaltige Entwicklung verhindern kann. Die Gefahren bestehen jedoch nicht nur an Land. Durch unkalkulierbare Risiken des Tiefseebergbaus (s. Informationsbox #1), die unsachgemäße Errichtung oder den fehlerhaften Betrieb von Rückhaltebecken für toxische Schlämme, gefährdet der Bergbau massiv das maritime Leben.

Wie Bergbau grundsätzlich die Umsetzung der Menschenrechte unterlaufen kann, hat die Max Planck Foundation im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) untersucht. Die Grundlagenstudie zeigt, dass selbst anhand einer konservativen Definition von Menschenrechten – ohne die Beachtung von extra-territorialen Staatenpflichten und der Verantwortung der Unternehmen entlang der Lieferkette, Menschenrechte zu achten – eine Vielzahl an Rechtsverletzungen bei der Erkundung, der Errichtung, des Betriebs und der Schließung einer Mine auftreten können (Max Planck Foundation 2016).

Neben den menschenrechtlichen Auswirkungen unseres Rohstoffkonsums sind auch die ökologischen groß. Der Verbrauch an metallischen und mineralischen Rohstoffen, wie auch an fossilen Energieträgern, steigt weiter an. Viele Länder des Globalen Südens orientieren sich in ihrer Entwicklung an den Staaten des Globalen Nordens, dessen Wirtschaftswachstum bis heute nicht vom Rohstoffverbrauch entkoppelt werden konnte. Selbst mit erhöhter Rohstoffeffizienz steigt der Verbrauch weiterhin. So verursacht zum Beispiel allein das Gold in einem Smartphone bis zu 100 Kilogramm Abraum, also nicht genutztes Gestein und Material. Gleichzeitig häufen sich – trotz scheinbarer besserer Technologie im Abbau – die Unglücke. Im Jahr 1996 wurde ein Großteil des Ökosystems der Insel Marinduque (Philippinen) durch das Brechen eines Rückhaltebeckens zerstört; durch den Unfall in Baia Mare (Rumänien) wurde im Jahr 2000 das Trinkwasser von 2,5 Millionen Ungar*innen verseucht. Zuletzt zerstörte der Bruch des Rückhaltebeckens in der brasilianischen Eisenerzmine Samarco das Flusssystem des Doce Flusses und somit die Lebensgrundlage von zehntausenden von Menschen. Allein 19 starben durch die Schlammlawine, 700 Menschen wurden obdachlos und 8.000 Fischer*innen klagen momentan gegen das verantwortliche Unternehmen BHP Billiton aufgrund der Verlustes ihrer Lebensgrundlage (The Telegraph 2016).

Nachdem auf dem Klimagipfel in Paris im Jahr 2015 beschlossen wurde, den globalen Temperaturanstieg auf maximal 1,5 Grad Celsius zu begrenzen, ist ein schneller Ausstieg aus der Verstromung von fossilen Energieträgern unumgänglich geworden. Rohstoffabbau und die Weiterverarbeitung verbrauchen in der Regel große Mengen an Elektrizität – allein die energieintensivste Industrie, die Herstellung

von Aluminium, hatte 2013 einen Anteil von drei Prozent am globalen Stromverbrauch und sogar 7,4 Prozent am industriellen Stromverbrauch (Ruettinger et al. 2016b). In Island benötigen allein drei Aluminiumhütten 70 Prozent des Energieverbrauchs. Das Land verzeichnet daher den höchsten elektrischen Energieverbrauch pro Kopf und Jahr (World Bank 2016). Deshalb wird ein sehr schnelles Umdenken auch bei dem Verbrauch von metallischen Rohstoffen nötig sein, um die globalen Klimaziele zu erreichen (vgl. Tabelle 1).

Der Club of Rome geht davon aus, dass bei einigen Rohstoffen (z. B. Kupfer, Zink, Nickel, Gold und Silber) in den nächsten Jahren und Jahrzehnten das Fördermaximum erreicht sein wird (Bardi 2012). Während sich an Land also bereits stark sinkende Rohstoffkonzentrationen und immer schwieriger zu erreichende Lagerstätten verzeichnen lassen, sorgt der Hunger nach weiteren Rohstoffen dafür, dass selbst nahezu unerforschte Gebiete wie die Tiefsee, die Arktis, das Weltall oder entlegene Gebiete des Regenwaldes immer stärker in das rohstoffpolitische Interesse rücken. Gleichzeitig gibt es eine Unternehmenskonzentration beim Abbau, die Rohstoffpreise unterliegen Schwankungen und je nach Rohstoff spielt die Preisspekulationen an Börsen eine gewisse Rolle.

Zunehmend kritisieren Menschen im Globalen Norden diese Art von Wachstum. Auf einem begrenzten Planeten ist ein unendliches Wachstum, das vor allem auf der materiellen Produktion von Dingen basiert, unmöglich. Die Postwachstumsbewegung hat immer mehr Anhänger*innen. Auch der Glaube daran, für die globalen Herausforderungen und lebensbedrohlichen Probleme – vor allem für Menschen, die sich den neuen klimatischen und ökologischen Gegebenheiten nicht so einfach anpassen können – technische Lösungen zu finden, wird immer stärker angezweifelt (Fatheuer et al. 2015). Gleichzeitig sind einige dieser Diskussionen, wie jene um CCS-Technologien (Carbon Capture and Storage, also die Versprechung, CO2-Emission in der Tiefe einzulagern) immer noch nicht gestorben, obwohl CCS unklare Risiken birgt und bisher nicht umsetzbar war. Auch die vermehrte Digitalisierung in den letzten zwei Jahrzehnten hat den materiellen Verbrauch an Rohstoffen nicht gesenkt. Im Gegenteil – wir verbrauchen von allem immer mehr: mehr fossile Energieträger, mehr Metalle und Mineralien (vgl. Tabelle 1), mehr Baumaterialien und mehr Biomasse.

Doch während sich Graswurzelorganisationen, globale Zivilgesellschaft und auch ein immer größer werdender Teil der Wissenschaft mit Alternativen zu dem herrschenden Paradigma auseinandersetzt, orientieren sich die wirtschaftspolitischen Diskurse der Industrie, der Finanzwirtschaft und der Politik an einem neuen Versprechen, das sich am Horizont abzeichnet: Industrie 4.0.

Daher beschäftigen wir uns in dieser Publikation detaillierter mit der Industrie 4.0. Wir setzen uns im zweiten Kapitel mit den Fragen auseinander, was Industrie 4.0 eigentlich ist und welche Hoffnungen vor allem die deutsche Regierung damit verbindet. Im Kapitel drei widmen wir uns vertiefend den Rohstoffbedarfen von Industrie 4.0 sowie der Elektromobilität und der Umstellung auf Erneuerbare Energien. Beide sind eng mit der Industrie 4.0-Diskussion verwoben und haben aus rohstoffpolitischer Sicht noch einmal spezifische Auswirkungen. Unser Fokus liegt dabei auf den gesteigerten Bedarfen an metallischen Rohstoffen, denn hier sind aus menschenrechtlicher und ökologischer Perspektive die größten Herausforderungen zu erwarten. Wir untersuchen daher die Fragen, welche Zukunftstechnologien für Industrie 4.0 gebraucht werden und welche Metalle und Mineralien wiederum maßgeblich für diese Zukunftstechnologien sind. Im vierten Kapitel werfen wir dann einen Blick auf die ökologischen, menschenrechtlichen und sozialen Herausforderungen beim Abbau der Rohstoffe anhand von zehn kompakten Rohstoffsteckbriefen. Im Kapitel fünf analysieren wir einige der Versprechungen von Industrie 4.0, um schlussendlich im letzten Kapitel politische Forderungen für eine zukunftsfähige Rohstoffpolitik zu formulieren.

2. Was ist Industrie 4.0?

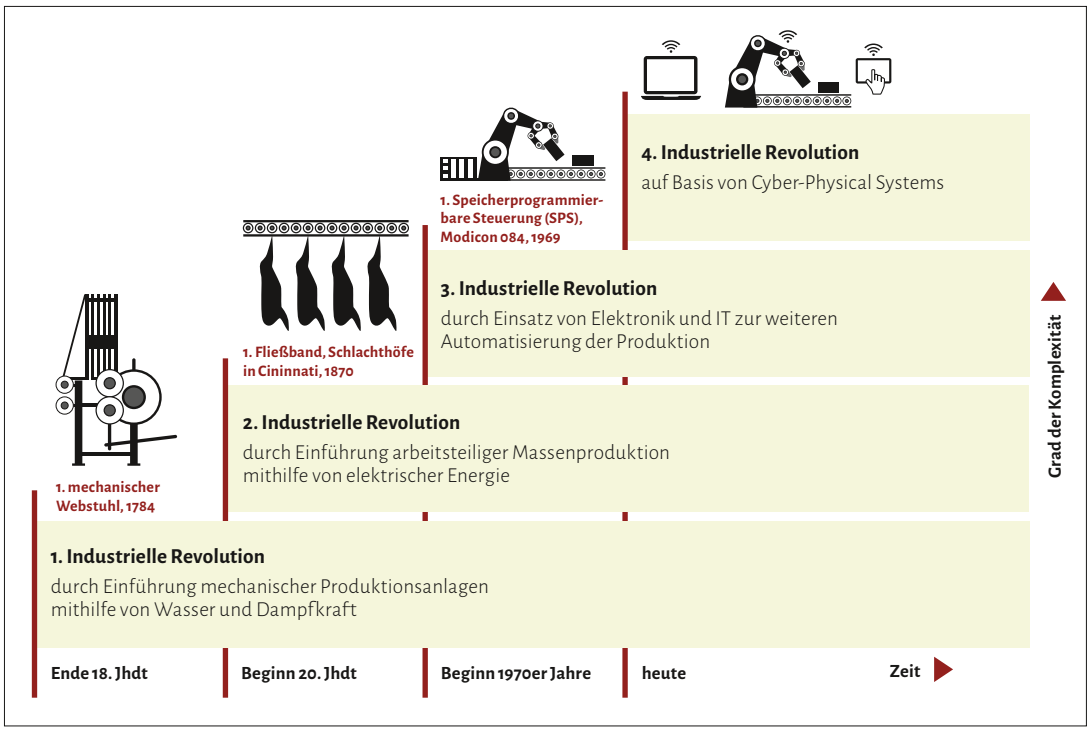

Abbildung 3: Die vier Stufen der industriellen Revolution (Quelle: Eigene Darstellung nach Plattform Industrie 4.0)

Seit einigen Jahren versprechen Wirtschaft, Politik und Forschungsinstitute die vierte Welle der industriellen Revolution. Im angelsächsischen Raum wird von dem Internet der Dinge (*„Internet of Things"*) gesprochen. In Deutschland firmiert die Digitalisierung der Fertigung und des Vertriebs unter dem Begriff *„Industrie 4.0"*. *„Wenn Bauteile eigenständig mit der Produktionsanlage kommunizieren und bei Bedarf selbst eine Reparatur veranlassen – wenn sich Menschen, Maschinen und industrielle Prozesse intelligent vernetzen, sprechen wir von Industrie 4.0"*, schreibt das Wirtschaftsministerium (BMWi) auf seiner Webseite (BMWi 2016). Für den Wirtschaftsverband BDI ist Industrie 4.0 ein radikaler Strukturwandel: *„Neue Daten, Vernetzung, Automatisierung und die digitale Kundenschnittstelle sprengen bestehende Wertschöpfungsketten"* (Roland Berger / BDI 2015). Industrie 4.0 sei die Neukonfigurierung des globalen Produktionssystems oder gar eine *„Reindustrialisierung"* (ebd.). Industrie 4.0 ist nicht nur die Digitalisierung der horizontalen und vertikalen Wertschöpfungsketten der Unternehmen, sondern wird auch große Veränderungen im Produkt- und Dienstleistungsportfolio der Unternehmen nach sich ziehen (PWC 2014).

2.1. Die politischen Treiber der Industrie 4.0

Es sind vor allem große Wirtschaftsverbände und einzelne Unternehmen aus dem Bereich Elektronikindustrie (ZVEI), Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) sowie der Verband der digitalen Industrie (BITKOM), die, unterstützt von der Bundespolitik, den Diskurs der Industrie 4.0 und entsprechende Prozesse vorantreiben. Alle drei Verbände sind wichtige Mitglieder im BDI. Wie deutlich der Schwerpunkt der Wirtschaftsverbände auf Industrie 4.0 liegt, zeigt sich auch an den Personalentscheidungen im BDI. So löste Dieter Kempf, ehemaliger Vorsitzender von BITKOM, Ulrich Grillo als Vorsitzenden des BDI zum 1. Januar 2017 ab. Kempf gilt als Experte im Bereich Digitalisierung und Industrie 4.0. Sein Vorgänger Grillo, der aus der rohstoffverarbeitenden Industrie kommt, lobt Kempf. Dieser habe die Expertise und Erfahrung, *„die notwendig ist, um unsere Industrien und den Industriestandort Deutschland insgesamt beim Weg durch die vierte industrielle Revolution zu unterstützen"* (zitiert nach: Jahberg 2016).

Die drei Verbände ZVEI, VDMA und BITKOM haben ebenfalls die Plattform Industrie 4.0 initiiert. *„Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel und Bundesforschungsministerin Prof. Dr. Johanna Wanka steuern und leiten die Plattform*

Die EU will die Industrie wieder stärken (Foto: Michael Reckordt)

gemeinsam mit hochrangigen Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gewerkschaften. In themenspezifischen Arbeitsgruppen erarbeiten Expertinnen und Experten aus Unternehmen, Wissenschaft, Verbänden und Gewerkschaften gemeinsam mit Vertreterinnen und Vertretern verschiedener Bundesministerien operative Lösungsansätze" (Plattform Industrie 4.0 o.J.a). Das Ziel der Plattform ist, gemeinsame Handlungsempfehlungen für einheitliche und verlässliche Rahmenbedingungen auszuarbeiten. Zwar arbeitet das von der Industrie dominierte Bündnis in der Plattform mit einigen Forschungsinstituten und der Gewerkschaft IG Metall zusammen, eine Beteiligung von Umwelt- oder Entwicklungsverbänden findet aber nicht statt. Das verwundert wenig, da auch das Bundesumweltministerium (BMUB) oder das Umweltbundesamt (UBA) nicht in der Plattform aktiv sind (Plattform Industrie 4.0 o.J.b). Der Bund flankiert diese Plattformen und Netzwerke durch eine Hightech-Strategie, Forschungsprojekte und politische Projekte, wie den Ausbau der Breitband-Infrastruktur, um die großen Datenmengen irgendwann auch transportieren zu können.

Auch in anderen Ländern wird zu diesem Thema gearbeitet: In den USA ist es das von der Industrie initiierte Industrial Internet Consortium (vgl. Roland Berger / BDI 2015), in Südkorea die Korea Industrial Technology Association (KOITA). Laut Roland Berger und BDI gibt es in Südkorea sogar ein eigenes Ministerium, dass sich um Industrie 4.0 und die vierte industrielle Revolution kümmert. Auch in Europa treiben die Regierungen die Industrie 4.0 voran. So wurde in Frankreich die Alliance Industrie du Futur gegründet, die britische Regierung hat 2015 die Initiative IoTUK (Internet of Things UK) ins Leben gerufen und in Schweden hat die dortige Regierung einen Handlungsplan mit 45 Maßnahmen beschlossen (GTAI 2016f). Zuletzt bekam auch die Strategie der chinesischen Regierung, Made in China 2025, eine stärkere mediale Aufmerksamkeit. Das Land bereitet sich vor allem durch die Mehrheitssicherung von Aktien ausländischer Technologiekonzerne, unter anderem dem Industrieroboter-Hersteller Kuka, aber auch mit großen Investitionen in den Ausbau der Internetinfrastruktur, auf Industrie 4.0 vor.

In einer vom BMWi (2015) erarbeiteten Zukunftsvision geht die Bundesregierung von Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen aus: Dazu gehören neue Marktchancen und Exportmöglichkeiten, eine nachhaltigere Wirtschaft inklusive Ressourcenschonung und Energieeffizienz, Entstehung von qualitativ hochwertigen Arbeitsplätzen, neue Freiräume und soziale Teilhabe sowie eine steigende Lebensqualität, *„weil die Digitalisierung zum Nutzen der Menschen eingesetzt wird*" (BMWi 2015). Auch eine durch die vierte industrielle Revolution ausgelöste Erhöhung der Industrieproduktion zählt zu den Hoffnungen der deutschen Politik und Wirtschaft. Vor allem aufgrund der Krisenanfälligkeit des globalen Finanzsystems, setzen Bundesregierung und Europäische Union verstärkt auf die Produktion von Gütern. *„Schließlich ist es im Interesse der Wiederbelebung der Wirtschaft in der EU erforderlich, die Reindustrialisierungsbemühungen im Einklang mit dem Anspruch der Kommission, den Beitrag der Industrie zum BIP bis 2020 auf 20 % zu steigern, mitzutragen*" (EU-Kommission 2014).

Während es zu den gesamtgesellschaftlichen Chancen keine verlässlichen Studien gibt und die Chancen für den Arbeitsmarkt unterschiedlich bewertet werden (vgl. Matuschek 2016), sind bisher vor allem die industriepolitischen Auswirkungen dominant in der Diskussion. PWC rechnet damit, dass allein die europäische Industrie im Jahr 2020 140 Milliarden Euro in *„industrial internet applications*" investieren wird (PWC 2014). Roland Berger und der BDI gehen sogar davon aus, dass ein Zuwachs von 1,25 Billionen Euro an industrieller Bruttowertschöpfung bis 2025 möglich ist, warnen aber auch vor möglichen Verlusten in Höhe von 605 Milliarden Euro in der Wertschöpfung, wenn nicht die passenden Weichen gestellt werden (Roland Berger / BDI 2015). Mit solchen Zahlenspielen wird indirekt auch eine Warnung an die Bundesregierung ausgesprochen: Wenn ihr die gigantischen Chancen nicht nutzt, drohen große Verluste.

2.2. Die technologischen Treiber der Industrie 4.0

Das Bundeswirtschaftsministerium identifiziert vor allem vier technologische Treiber, die so genannten Enablertechnologien, als bedeutsam für die Industrie 4.0. Erst diese Technik ermöglicht (English: enable) die vierte industrielle Revolution. An erster Stelle sind dies die Cyber-Physische-Systeme (CPS). *„CPS sind Netzwerke kleiner mit Sensoren und Aktoren ausgestatteter Computer, die als sogenannte Eingebettete Systeme in Materialien, Gegenstände, Geräte und Maschinenteile eingebaut und über das Internet miteinander verbunden werden“* (BMBF 2013). In diesen Systemen stehen vernetzte Geräte, Maschinen und bewegliche Gegenstände (z. B. Autos, Trucks, Gabelstapler) mittels IT in einem kontinuierlichen Datenaustausch. *„Durch die Vernetzung können Planung und Steuerung von Fertigungs- und Logistik-Prozessen automatisiert und autonomisiert werden“* (BMWi 2015). Vertikal bedeutet das für Unternehmen, dass sie Unternehmensprozesse permanent nachverfolgen und dezentral in Produktionsprozesse und Lieferketten eingreifen können. Gleichzeitig können theoretisch Neukonfigurationen von außerhalb vorgenommen werden. Horizontal werden so auch Unternehmen in der Lieferkette vernetzt. *„Das Internet ermöglicht diese ständige Koordinierung auch zwischen weltweit verteilten Standorten und über Unternehmensgrenzen hinweg“* (ebd.).

Das Bildungs- und Forschungsministerium sah schon 2013 in ihrem *„Zukunftsbild Industrie 4.0“* die knappen Rohstoffe und die steigenden Energiepreise (BMBF 2013) als die größten Herausforderungen. Cyber-physische Systeme begreift das BMBF dabei als zentralen Lösungsansatz, weil sie theoretisch zu einer Verbrauchsreduzierung aufgrund besserer Vernetzung beitragen könnten. Hier gehen die Zukunftstechnologien der autonomen Mobilität bzw. Elektromobilität und Industrie 4.0 ineinander über. Ein Beispiel für diese Automatisierung sind selbstfahrende Trucks in einer australischen Mine von Rio Tinto. Die Steuerung findet in einem 15 Kilometer entfernten Kontrollzentrum statt (vgl. George 2016).

Als zweite Enablertechnologie gelten integrierte Daten, Datenströme und Big Data. *„Zum Erfolgsfaktor wird künftig, dass im Sinne einer horizontalen und vertikalen Integration alle verfügbaren Daten miteinander verknüpft werden“* (BMWi 2015). Das bedeutet, dass zeitgleich sowohl zwischen verschiedenen Akteuren der Zulieferkette als auch auf einer Stufe der Wertschöpfungskette Daten und Datenströme ausgetauscht werden können. *„Die Kombination und die Auswertung dieser Daten durch innovative Analysetools sind die Basis für ein optimales und ganzheitliches Management des Produktlebenszyklus von der Entwicklung und Produktion über den Betrieb bis hin zur Demontage und dem Recycling“* (BMWi 2015).

Cloud-Technologien werden als dritter technologischer Treiber genannt. Die Besonderheit ist, dass durch das Internet schon heute von jedem Ort zu jeder Zeit auf die gesammelten Daten zurückgegriffen werden kann. Produktionsabläufe und -fortschritte können so zeitnah kontrolliert und von verschiedenen Stellen abgefragt werden. Auch Bergbaukonzerne nutzen vermehrt diese Technologie, um unternehmensinterne Ablaufprozesse besser zu gestalten. So sollen nun laut gemeinsamer Presseerklärung mit dem Service-Anbieter Box allein bei Anglo American 10.000 Angestellte mit über 9.000 konzerneigenen Laptops Zugang zur Cloud haben. In dieser werden Daten gespeichert und verarbeitet. Anglo American benötigte laut eigener Aussage die externe Unterstützung vor allem für das erweiterte Content-Management, den mobilen Zugang zu Informationen und die betriebseigene soziale Plattform (Box 2014).

Als vierte und letzte Enablertechnologie nennt das BMWi die additiven Fertigungsverfahren. Bisher waren vor allem substraktive Verfahren angewandt, zum Beispiel beim Stanzen, Zerspanen oder Fräsen. Von einem Ausgangsmaterial wurde also per Reduktion ein Teil gewonnen. Jetzt können unter anderem 3D-Drucker *„Bauteile Schicht für Schicht aus Materialien wie Metallen, Kunststoffen und Verbundwerkstoffen“* (BMWi 2015) quasi aus- bzw. aufdrucken. Von dem additiven Verfahren, das heute schon in Gießereien eingesetzt wird, werden sich Materialeinsparungen und die effizientere Rohstoffnutzung erhofft.

Die Maschinen agieren vernetzt untereinander, ohne Einfluss der Poltik?
(Foto: Michael Reckordt)

3. Rohstoffbedarf für Zukunftstechnologien

Windfarm in Neuseeland (Foto: Nicola Jaeger)

3.1 Technologien der Industrie 4.0

Laut BMBF ermöglicht Industrie 4.0 den Unternehmen eine höhere Flexibilität, um etwa *„auf Marktentwicklungen, auf kurzfristig geänderte Produktanforderungen oder auf schwankende Rohstoff- und Energiepreise“* (BMBF 2013) zu reagieren. Durch die hohe Spezialisierung und Verwendung von spezifischen Rohstoffen mit bestimmten Charakteristiken – hohe Dichte, Leitfähigkeit, Schwere, Elastizität, etc. – sind allerdings Rohstoffe für diese Technologien nicht einfach zu substituieren. Spezifische Technologien schaffen spezifischen Rohstoffbedarf. Das zeigt auch die Studie der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) *„Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016“*, die das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI für die BGR und die DERA erstellt hat (DERA 2016).

In der Studie werden 42 Zukunftstechnologien betrachtet und ihre zukünftigen Rohstoffbedarfe für das Jahr 2035 erarbeitet.[3] Für 16 Rohstoffe ergibt sich daraus eine besondere Relevanz für den zukünftigen Bedarf.[4] Diese Relevanz ist sowohl von politischen Faktoren – u. a. Exporteinschränkungen von Seltenen Erden – als auch von wirtschaftlichen Entwicklungen – Digitalisierung, Entwicklung neuer Produkte und Prozesse, etc. – abhängig. Die Studie analysiert allerdings keine Gesamtnachfrage nach Rohstoffen; es handelt sich ausschließlich um eine Prognose für die 42 ausgewählten Zukunftstechnologien. Wurden 2009 noch Gallium, leichte Seltenerdmetalle (Neodym), Indium und Germanium am relevantesten eingeschätzt, so prognostizieren die Wissenschafter*innen in der aktuellen Studie der DERA vor allem für Lithium, leichte und schwere Seltenerdmetalle (Neodym/Praseodym, Dysprosium/Terbium), Rhenium und Tantal einen großen Nachfrageanstieg (Angerer et al. 2009, DERA 2016). Um die wichtigsten Rohstoffe hinsichtlich Industrie 4.0 herauszuarbeiten, kann der Blick auf die notwendigen Technologien hilfreich sein. Dabei ergibt sich nochmals eine veränderte Rohstoff-Relevanz, die in Kapitel 4 vertieft wird.

Sensoren: Um die Daten aus dem Produktionsprozess selbstständig auswerten, nutzen und schlussendlich durch Algorithmen wieder reduzieren zu können, werden intelligente Sensoren als zentral für die Umsetzung der Industrie 4.0 erachtet. Sie werden bspw. zur Messung der Position oder Temperatur der Maschine, für die Qualitätskontrolle innerhalb des Produktionsprozesses oder die automatische Bildverarbeitung verwendet. Es existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Sensoren, und ihre Verwendung steigt (DERA 2016). So stecken zum Beispiel Smartphones voller Sensoren, die Daten über die Nutzer*innen sammeln. *„Entsprechende Programme können damit sehen, hören und fühlen, was in der Umgebung des Gerätes geschieht“* (Biermann 2014). Gleichzeitig hat sich die Zahl der verkauften Smartphones in den letzten Jahren vervielfacht. Wurden im Jahr 2010 weltweit über 300 Millionen Smartphones verkauft, waren es fünf Jahre später mehr als 1,4 Milliarden (Statista 2016c). Ansteigend ist ebenfalls die Anzahl der in den Smartphones integrierten Sensoren (Buzinga App Development 2016). In einem Auto sind etwa 100 unterschiedliche Sensoren eingebaut; bei Elektroautos mit Autopilotfunktion werden es noch einmal mehr sein (DERA 2016, Electrek). Schwierigkeiten bestehen darin, den weiteren Bedarf an Sensoren sowie wissenschaftlich valide Aussagen über den genauen Rohstoffbedarf von Sensoren zu treffen. Fest steht aber, dass in den Sensoren zahlreiche in ihrem Abbau kritische Metalle wie Zinn, Wolfram, Platin oder Tantal genutzt werden (DERA 2016). So besteht

3 Zu diesen 42 Technologien gehören u.a.: Elektrische Traktionsmotoren für Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge, Indium-Zinn-Oxide für die Displaytechnik, Glasfaserkabel oder Hochleistungspermanentmagnete (DERA 2016).

4 Diese 16 Rohstoffe sind: Gallium, Germanium, Indium, Kobalt, Kupfer, Lithium, Palladium, Platin, Rhenium, Scandium, leichte Seltenerdmetalle (Neodym und Praseodym), schwere Seltenerdmetalle (Dysprosium und Terbium), Silber, Tantal, Titan und Zinn (DERA 2016)

beispielsweise ein Wärmetönungssensor, der in Katalysatoren integriert ist, aus einer Keramik-Perle, die in Platin eingewickelt ist (ebd.).

Unter **Energy-Harvesting** versteht man eine Technologie, die es ermöglicht, kabelfrei und ohne Batterie aus der Umwelt Energie zu gewinnen. Sie stellt eine Schlüsseltechnologie dar, die in vielen Bereichen Anwendung findet (DERA 2016). Bekannte Einsatzgebiete sind zum Beispiel die Bremskraftrückgewinnung beim Auto oder die Energiegewinnung durch Sonne, Wasser und Wind im Bereich Erneuerbare Energien. Bei **Micro-Energy-Harvesting-Technologien** funktioniert dies im kleineren Maßstab: Speziell für Anwendungen mit drahtlosen Sensoren gewinnen Mikrosysteme kleinere Mengen elektrischer Energie aus der Umgebung (z. B. durch Temperatur oder Vibration). Diese Technologie wird zukünftig vor allem bei der Zustandsüberwachung von Transportmitteln oder der Echtzeitaufnahme von Daten in der Industrie 4.0 verwendet. Die DERA spricht von einem *„signifikanten"* Anstieg der Nutzung dieser Technologie in der zukünftigen industriellen Produktion. Dabei wird angenommen, dass bis 2035 rund zehn Prozent der weltweiten Dysprosium-Produktion in diese Zukunftstechnologie fließen wird. Neben Dysprosium bestehen sie zudem aus Neodym, Kobalt und Kupfer.

Radio **F**requency **ID**entification-Tags **(RFID)**: Das Unternehmen Siemens bezeichnet sie als die *„Augen und Ohren der IT"* (Siemens 2015) oder Digitalcourage e. V. als *„Schnüffelchips"* (Digitalcourage 2013), denn die Transponder-Technologien bieten die Möglichkeit, Objekte im Raum über Funk zu orten. Sie bestehen aus einem Transponder (*„Tag"*) als mobilem Datenträger, einem Lesegerät, welches mit einem weiteren Datengerät verbunden ist, und einem integrierten Mikrochip (DERA 2016). Dadurch können *„Dinge"* und Menschen miteinander kommunizieren. In der Produktion kann analysiert werden, wann und wo etwas hergestellt wurde. RFID-Tags befinden sich zudem an diversen alltäglichen Gegenständen. So kann die Leitung eines Kleidungsgeschäfts durch die Funkchips exakt nachvollziehen, wo sich gerade ihre Ware befindet (Wall Street Journal 2014). Erklärtes Ziel der Industrie ist es, *„in den kommenden Jahren alles, jede Steckdose, jede Hose, jeden Schuh und jeden Joghurtbecher mit RFID auszustatten"* (Digitalcourage 2013). Unterschiedliche Berechnungen geben an, dass 2035 jährlich 2,1 bis 85 Billionen RFID-Tags verkauft werden, was im Vergleich zu den 2014 verkauften 6,3 Milliarden RFID-Tags eine enorme Steigerung darstellt (DERA 2016). Um die Daten zu analysieren braucht es ebenso RFID-Lesegeräte. Je nach Technik können diese passiven RFID-Chips, die keine Batterie besitzen und selbst Daten senden, von Lesegeräten aus größerer Entfernung abgelesen werden (Digitalcourage 2003). Die benötigten Rohstoffe sind vor allem Silber, Kupfer und Aluminium (DERA 2016).

Bleifreie Lote: Um metallische Stoffe zu verbinden, sind Lote notwendig. Ob Datenspeicher, Smartphone oder Laptop, nahezu jedes elektronische Gerät enthält eine gelötete Leiterplatte. Bis 2002 wurden Lote aus Blei hergestellt, doch aufgrund der gesundheits- und umweltgefährdenden Produktion legte die EU den Blei-Grenzwert von 0,1 Prozent in Werkstoffen von elektronischen Geräten fest. Aufgrund dessen bestehen sie seitdem vor allem aus Silber und Zinn. Es wird prognostiziert, dass die vernetzte Produktionstechnik der Industrie 4.0 den Marktanteil bleifreier Lote bis 2025 von 73 auf 89 Prozent steigen lassen wird. Dennoch wird der Bedarf an Zinn für diese Technologie laut DERA zurückgehen (DERA 2016).

Displays: Die Digitalisierung der Produktion ist maßgeblich auf Flachbildschirme und Touchscreens angewiesen. Indium-Zinn-Oxide, die hauptsächlich aus Indiumoxid bestehen, werden für die Herstellung von Bildschirmen in einer Vielzahl von elektronischen Geräten benötigt. Hinsichtlich des Rohstoffs Indium wird davon ausgegangen, dass 2035 bis zu 34 Prozent der weltweiten Indium-Produktion in Displays verbaut sein wird (ebd.).

Hochleistungsmikrochips werden vorwiegend in Mobiltelefonen und WLAN-Chips verbaut (ebd.). Für diese Nutzung gibt es tendenziell ein hohes Wachstum, da zum Beispiel WLAN-Chips immer häufiger in Geräte integriert werden. Auch der im Rahmen von Industrie 4.0 geplante Ausbau der drahtlosen Kommunikation in weitläufigen Produktionsanlagen setzt auf diese Hochleistungsmikrochips. Sie sind wesentlich

Leiterplatten von Smartphones (Quelle: hollandrecycling)

kleiner als herkömmliche Mikrochips und gelten im Vergleich zu diesen als leistungsstärker und energieeffizienter. Außerdem können sie bei hohen Temperaturen und im ultrahochfrequenten Bereich verlässlicher arbeiten. Sie bestehen hauptsächlich aus Gallium.

Industrie-Roboter: Dabei handelt es sich um programmierbare Maschinen, die in der Lage sind, Produktionsschritte autonom auszuführen. Sie bestehen aus einem Manipulator (dem Roboterarm), der Steuerung und dem Effektor (dem Werkzeug oder Greifer). Auch sie werden zunehmend mit Sensoren ausgestattet. Ergebnisse einer Studie der International Federation of Robotics (IFR) zeigen, dass der Absatz von Industrie-Robotern seit mehreren Jahren voran schreitet: Waren es 2005 noch 120.000, so wurden im Jahr 2015 schon Absatzzahlen von über 250.000 Robotern erreicht. Dabei entfielen auf Deutschland etwa 20.000 (IFR 2016a). Südkorea, Japan, China, USA und Deutschland machen drei Viertel des weltweiten Absatzes aus. Bis 2018 sollen weltweit 2,3 Millionen Roboter in der Produktion arbeiten. Vor allem in der Metall-, Kunststoff- und Elektronikbranche wird zunehmend auf automatisierte Produktion gesetzt (IFR 2016b). Roboter bestehen hauptsächlich aus Stahl, Kupfer, Zinn und Silizium, hinzukommen die verwendeten Rohstoffe für die Sensorik.

3.2 Elektromobilität

Die heutige Automobilität stellt Mensch und Umwelt vor zahlreiche Herausforderungen: Verkehrswege und Stellplätze für Pkws und Lkws verbrauchen viel Fläche, während CO2- und Feinstaubemissionen sowie der Verbrauch fossiler Rohstoffe Gesundheit und Umwelt gefährden. Elektromobilität scheint da – zumindest in Bezug auf Emissionen und Verbrauch fossiler Rohstoffe – eine Lösung zu versprechen. Würden die Batterien mit Strom aus Erneuerbaren Energien aufgeladen, so führen Elektrofahrzeuge *„praktisch ohne Schadstoffausstoß“*, heißt es auf der Website der deutschen Bundesregierung. So ist es ihr erklärtes Ziel, bis 2020 eine Million und bis 2030 gar sechs Millionen Elektrofahrzeuge auf die Straßen zu bringen. Um dies zu erreichen, hat der Bundesrat Steuervergünstigen zugestimmt, etwa der Befreiung von der Kfz-Steuer für zehn Jahre ab Erstzulassung. Darüber hinaus wurden im Juli 2016 Fördergelder in Höhe von 1,2 Milliarden Euro bereitgestellt, um den Kauf eines rein elektrisch betriebenen Fahrzeugs mit einer Prämie von 4.000 Euro zu unterstützen. Doch einen Monat nach Verkündung der Prämie wurden nicht einmal 1.800 Anträge gestellt – bei gleichbleibendem Tempo wäre die Fördersumme so erst in 14 Jahren ausgeschöpft (SPIEGEL Online 2016).

Ein Grund dafür sind die höheren Anschaffungskosten. Die von VW und Daimler angebotenen Elektrovarianten bekannter Modelle (z. B. der e-Golf) sind deutlich teurer als ihre Benzin- und Dieselvorbilder. Der Aufpreis wird von der Kaufprämie nicht gedeckt. BMW ist derzeit der einzige deutsche Autohersteller, der ein von vornherein als Elektroauto konzipiertes Modell anbietet. Grundsätzlich ist die deutsche Automobilindustrie der Idee von Elektroautos nicht abgeneigt, da sie den bisherigen Status des Autos in einer zukünftigen Mobilität aufrecht erhält: *„Als Automobilhersteller bietet uns die Digitalisierung der*

Heute werden für Elektroautos Parkplätze eingerichtet. Doch die Idee zu Elektromobilität ist über 100 Jahre alt (Foto: Glenn Wallace / Insomnia Cured Here)

Gesellschaft die Chance, auch in Zukunft dem Auto einen Platz in der Stadt zu sichern", sagt Rupert Stadler, Vorstandsvorsitzender von Audi (zitiert nach: Roland Berger / BDI 2015).

Branchenvertreter*innen hoffen, dass Deutschland nicht nur Produktionsstandort für Elektroautos, sondern auch für die Batterie- und Zellproduktion werden kann. Laut McKinsey könnten bis zu 75 Prozent der Wertschöpfungskette in Deutschland stattfinden, die restlichen 25 Prozent entfielen lediglich auf den Einkauf von im Land nicht vorhandenen Rohstoffen. Aus entwicklungspolitischer Perspektive ist dies höchst bedenklich, da die Wertschöpfung nicht in den Ländern stattfindet, in denen die Rohstoffe abgebaut werden. Stattdessen werden sie auf die Rolle des Rohstofflieferanten reduziert und müssen die sozialen wie ökologischen Kosten des Abbaus alleine tragen (vgl. PowerShift 2012).

Erzeugt neue Zukunftstechnologie weitere Altlasten in der Gegenwart, wie hier in Rosia Montana, Rumänien? (Foto: Michael Reckordt)

Auch aus rohstoffpolitischer Sicht ist das Heilsversprechen E-Auto Besorgnis erregend. Der Bergbaukonzern BHP Billiton rechnet vor, dass in einem konventionellen Verbrennungsmotor knapp 20 Kilogramm Kupfer verbaut sind. In einem Hybrid-Auto wird bereits die doppelte Menge verwendet und in einem elektrischen Auto 80 Kilogramm. So erwartet das Unternehmen, dass 2035 die Kupfernachfrage um 8,5 bis 12 Millionen Tonnen pro Jahr steigen wird. Dass das weltweit größte Bergbauunternehmen BHP Billiton elektrische Fahrzeuge als *„wichtigen Verbündeten"* begreift, verwundert bei diesem Ausblick nicht mehr (BHP Billiton 2016).

Die Produktion von Elektro-Fahrzeugen führt also mitnichten zu einer grundsätzlichen Reduktion des Materialverbrauchs in der PKW-Produktion, sondern erhöht ihn sogar. Das lässt sich anhand von aktuellen Modellen mit schlichten Zahlen untermauern: Ein Renault Clio wiegt ca. 1.100 bis 1.280 Kilogramm, während die Variante mit Elektro-Antrieb, der Renault Zoe, über 1.500 Kilogramm wiegt. Das ab Ende 2016 verfügbare Modell des VW-e-Golf bringt 1.605 Kilogramm auf die Waage, ein Golf GTE mit Plug-in-Hybrid 1.599 Kilogramm. Die Werte für die verschiedenen Modelle mit Diesel- oder Benzinmotoren liegen mit 1.280 bis maximal 1.540 Kilogramm zum Teil deutlich darunter. Der 1974 auf den Markt gekommene VW Golf 1 hat sogar nur 750 bis 800 Kilogramm gewogen.

Für die in der Elektro-Motortechnik verwendeten Permanentmagnete werden Kobalt, Neodym und Dysprosium genutzt, da sie im Vergleich zu anderen Materialien eine höhere Energiedichte aufweisen. Die Magnete sind somit leichter. Würde die Motortechnik zukünftig vermehrt auf Elektro- statt Permanentmagnete setzen, würde dies zwar den Verbrauch Seltener Erden reduzieren, zugleich jedoch den Kupferverbrauch erhöhen. Auch der Lithium-Verbrauch würde durch die Produktion von Großbatterien für Elektroautos um ein Vielfaches steigen. Während der Bedarf für Lithium-Ionen-Hochleistungs-Elektrizitätsspeicher 2013 bei etwa zwei Prozent der Lithium-Förderung lag, könnte diese Menge bis 2035 laut einer DERA-Studie um den Faktor 200 ansteigen. Die zukünftige Nachfrage von Kobalt und Graphit hängt ebenfalls stark von der Entwicklung der Akkus ab, denn beide Rohstoffe werden bislang überwiegend für die Kathoden und Anoden genutzt.

Rohstoffpolitisch führt die eins-zu-eins-Ersetzung von Diesel und Benzin betriebenen PKWs durch Elektroautos in eine Sackgasse. Der Status Quo eines hohen Rohstoffverbrauchs und der damit einhergehenden Umwelt- und menschenrechtlichen Folgen wird beibehalten, profitieren wird davon wohl nur die Automobilindustrie. Stattdessen sollten neue Konzepte von Mobilität erforscht und umgesetzt werden. Vor allem in den urbanen Ballungsgebieten muss der ÖPNV gestärkt sowie auf Fahrrad- und Fußverkehr gesetzt werden.

3.3 Energiewende

„Ohne Wenn und Aber" startet Deutschland *„ins Zeitalter der Erneuerbaren Energien"* – so stellt die Bundesregierung ihr Energiekonzept vor (Bundesregierung 2016a). Die am 1. Januar 2012 in Kraft getretene Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) soll *„die Markteinführung*

Großer Energieverbraucher in den Philippinen, Goldabbau von OceanaGold
(Foto: Michael Reckordt)

zukunftsfähiger Technologien" fördern und so mithelfen, den Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2035 auf 55 bis 60 Prozent auszubauen. Nicht nur Biogas und Biomasse sollen vermehrt energetisch genutzt werden, auch die Geothermie-Forschung in mehreren Kilometern Tiefe wird vorangetrieben, um Erdwärme nutzbar zu machen. Darüber hinaus setzt die Bundesregierung auf den Ausbau der Wind-, Wasser- und Sonnenenergie.

Eine *„zentrale Rolle"* wird dabei der Windenergie zugeschrieben; ein Schwerpunkt liegt auf der Offshore-Windenergienutzung. Fünf Milliarden Euro stehen zur Finanzierung von Windparks auf dem Meer zur Verfügung. Die Bundesregierung sieht *„große wirtschaftliche Chancen für die deutschen Küstenregionen, für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau und für die maritime Wirtschaft"* (Bundesregierung 2016e).

So überrascht es nicht, dass sich die DERA und die BGR dem Thema annehmen. In ihrem im Juli 2016 erschienenen Kurzbericht *„Mineralische Rohstoffe für die Energiewende"* identifizieren sie einen *„spezifischen Rohstoffbedarf für Erneuerbare-Energietechnologien"* und *„die damit verbundenen Herausforderungen auf den internationalen Rohstoffmärkten"* (BGR und DERA 2016). Der prognostizierte erhöhte Bedarf spezifischer Rohstoffe könne aufgrund der gleichzeitigen Angebotskonzentration auf wenige Produktionsländer zu *„Lieferrisiken"* führen. Dies gelte insbesondere für Rohstoffe *„mit kleinen Märkten, wie z. B. Indium, Gallium, Tellur und schwere Seltene Erden"* (ebd.). Produzenten und verarbeitendes Gewerbe stünden in Hinblick auf die Rohstoffsicherung bereits jetzt vor neuen Herausforderungen.

Tatsächlich werden für den Anlagen- und Netzausbau Erneuerbarer Energien eine große Menge an Baurohstoffen und Basismetallen wie Aluminium und Kupfer benötigt. Der *„Repowering"*-Ansatz der Bundesregierung, *„alte, kleinere [Windräder-] Anlagen durch moderne und leistungsstärkere Anlagen"* zu ersetzen, um die Energieeffizienz zu steigern, soll die *„negativen Umwelteinwirkungen auf Mensch und Natur"* reduzieren (Bundesregierung 2016e). Dabei wird außer Acht gelassen, dass die Erzeugung von Primärstahl und Beton selbst mit einem erheblichen Energieverbrauch verbunden ist (vgl. Fatheuer et al. 2015). Darüber hinaus erhöht sich der Bedarf an Spezialmetallen, die aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften in der Hightech-Branche genutzt werden. Dazu zählen beispielsweise die Seltenen Erden Neodym, Praseodym und Dysprosium, die als Bestandteile von Permanentmagneten für die Generatoren von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich zum Einsatz kommen. Permanentmagnetisch angetriebene Direct-Drive-Windkraftanlagen (PM-DD) benötigen *„deutlich höhere Magnetmassen als andere Antriebstechnologien. Die eingesetzte Menge von Neodym liegt zwischen 194 und 201 Kilogramm pro Megawatt, die von Dysprosium zwischen 13 und 29 Kilogramm pro Megawatt"* (BGR und DERA 2016).

Auch die Photovoltaikproduktion erhöht den Rohstoffverbrauch, beispielsweise durch die zur Stromspeicherung genutzten Lithium-Ionen-Akkus. Während derzeit noch rund 90 Prozent der ausgelieferten Module Dickschichtsolarzellen sind, sprechen BGR und DERA von dem hohen Potential der Dünnschichttechnologie. Diese Dünnschichtsolarzellen nutzen für die Beschichtungsmaterialien amorphes Silizium (a-Si), Kupfer-Indium(Gallium-)Diselenid (CIGS) oder Kadmium-Tellurid (CdTe). Bereits jetzt ist dies das mit 40 Prozent Anteil größte Anwendungsgebiet für Tellur (ebd.).

Die genannten, für die Herstellung der *„grünen"* Technologien verwendeten Rohstoffe werden überwiegend in Ländern des Globalen Südens abgebaut. Dies geht oft mit Menschenrechtsverletzungen und hohen Umweltschäden einher. Die Behauptung, dass mit Erneuerbaren Energien *„die Energieversorgung umweltfreundlich"* würde (Bundesregierung 2016c), ist deshalb nicht richtig. Sie träfe nur dann zu, wenn hohe Umweltstandards bei Abbau und Verarbeitung der Erze eingehalten würden und ein Großteil der Rohstoffe aus Recyclingmaterial gewonnen würde.

Solange dies nicht der Fall ist, tritt ein weiterer verzerrender Effekt ein: Die Rohstoffindustrie taucht als negativer Faktor in den Bilanzen der fördernden Länder auf, auch wenn deren Bevölkerung selbst durch ihren Lebensstandard eher wenig zu hohem Energieverbrauch und CO_2-Ausstoß beiträgt. So gilt die Volksrepublik

China nicht zuletzt deshalb als einer der größten Umweltverschmutzer der Welt, weil sie zugleich als ihre Produktionsbank dient.

Diese Verzerrung trifft auch auf andere Länder zu. So ist in der unten angeführten Tabelle zu sehen (vgl. Tabelle 2), dass Sambias elektrischer Energieverbrauch pro Kopf im Jahr um ein Vielfaches höher ist als jener des Nachbarlandes Tansania. Dieser höhere Verbrauch ist vor allem dem Verbrauch der Kupferindustrie Sambias zuzuschreiben, die von ausländischen Konzernen dominiert wird. Mehr als 54 Prozent des Stromverbrauchs des Landes geht in den Bergbausektor (GIZ 2016).

Dazu besteht die Gefahr, dass Erneuerbare Energien in Zukunft gar zu einem Greenwashing von Abbauvorhaben dienen können. Gleichzeitig stellt sich auch die Frage, ob zum Beispiel Großstaudämme ebenfalls zu der Erneuerbaren Energie gezählt werden. In Chile ist zum Beispiel das Wasserkraftprojekt Alto Maipo in den Fokus der Kritik gerückt. Lokale Initiativen fürchten um die Wasserversorgung der Hauptstadtregion von Santiago de Chile (Siegner o. J.).

Staat	Elektr. Energieverbrauch in Kilowattstunden pro Kopf	
	(1992)	(2013)
Argentinien	1.405	3.093
Bolivien	291	705
Chile	1.474	3.879
China	605	3.762
Demokratische Republik Kongo	114	110
Deutschland	6.446	7.019
Frankreich	6.476	7.374
Großbritannien	5.452	5.407
Indien	305	765
Malaysia	1.404	4.152
Peru	476	1.270
Polen	2.961	3.938
Russland	6.107	6.539
Sambia	725	731
Tansania	53	89
Usbekistan	2.128	1.637
USA	12.015	12.988

Tabelle 2: Elektrischer Energieverbrauch im Vergleich: von der Rio-Konferenz bis heute (World Bank 2016)

Angesichts dieses hohen elektrischen Energieverbrauchs in Deutschland ist es grundsätzlich zu begrüßen, dass sich die Bundesregierung zumindest rhetorisch zu den Erneuerbaren Energien bekennt. Um die 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris beschlossenen Ziele zu realisieren, ist ein rascher Ausstieg aus fossilen Energieträgern notwendig. Zugleich jedoch bedeutet eine bloße Umstellung von fossiler auf Erneuerbare Energie eine Fortführung der imperialen Lebensweise (Brand und Wissen 2011) und des darin inhärenten Machtverhältnisses, wenn sich die Bedingungen des Rohstoffabbaus nicht ändern.

Darüber hinaus jedoch gilt das Prinzip: Die umweltfreundlichste Kilowattstunde ist stets jene, die gar nicht erst verbraucht wird. Zwar spricht auch die Bundesregierung von einer bis 2050 zu erzielenden Reduktion des Primärenergiebedarfs um 50 Prozent, scheint politisch jedoch eher Programme zur Energieeffizienz zu fördern. Die angekündigten Maßnahmen zur Reduktion sind vor allem auf der individuellen Ebene angesiedelt, obwohl nur 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs in den Privathaushalten anfällt. Sie zielen nicht auf Industrieregulierung beziehungsweise konkrete Einsparvorgaben der Wirtschaft ab. Stattdessen geht es um Energieeinsparverordnungen für Neubauten, Investitionszuschüsse für Wärmedämmung und moderne Heizungsanlagen für Gebäude sowie Elektro-Produkte, deren Stromverbrauch für Konsumierende gekennzeichnet werden soll (Bundesregierung 2016b).

Es ist fraglich, ob diese Maßnahmen reichen, um die notwendige Reduktion des Energieverbrauchs zu erreichen. Anstelle von Effizienz und Erneuerbaren Energien muss diese unbedingte Reduktion eine zentrale Forderung sein, um einen global gerechteren Verbrauch zu erreichen.

4. Rohstoffe – Abbau und Herausforderungen

Metall	Bedarf Zukunftstechnologien (in Tonnen)		Metallbedarf im Verhältnis zur Weltproduktionsmenge		End-of-Life Recyclingrate (in Prozent)
	2013	2035	2013	2035	
Lithium	610	110.000	0,0	3,9	< 1
Schwere SE	2.000	7.400	0,9	3,1	< 1
Leichte SE	29.000	64.000	0,8	1,7	< 1
Tantal	500	2.100	0,4	1,6	< 1
Kobalt	5.000	120.000	0,0	0,9	> 50
Germanium	60	120	0,4	0,8	< 1
Platin	0	110	0,0	0,6	> 50
Zinn	180.000	150.000	0,6	0,5	> 50
Palladium	20	100	0,1	0,5	> 50
Indium	230	360	0,3	0,5	< 1
Gallium	90	130	0,3	0,4	< 1
Silber	5.800	8.300	0,2	0,3	> 50
Kupfer	120.000	300.000	0,0	0,3	> 50

Tabelle 3: Schätzungen des Bedarfs unterschiedlicher Metalle für 42 Zukunftstechnologien und ihre heutigen Recyclingquoten (Quelle: nach DERA 2016, UNEP 2011)

Als noch Stahl und Kohle dominierten. Die Hinterlassenschaften der Schwerindustrie im Landschaftspark Nord in Duisburg (Foto: Michael Reckordt)

Wie das vorherige Kapitel gezeigt hat, benötigen der technologische Wandel und die Enabler-Technologien für Industrie 4.0 unterschiedliche Rohstoffe. Einige Technologien benötigen dabei besonders viele spezifische Rohstoffe. Die DERA unterscheidet hier noch einmal zwischen rohstoffintensiven und rohstoffsensiblen Technologien. Als rohstoffintensive Technologien gelten jene, bei *„denen vermutet wird, dass sie bei mindestens einem Rohstoff eine Nachfragesteigerung von mehr als 25 Prozent der heutigen Weltproduktion dieses Rohstoffs auslösen“* können (DERA 2016). Andere Technologien gelten als rohstoffsensibel. Das bedeutet, dass diese bei mindestens einer Rohstoffspezialität – also Rohstoffen mit einer Weltproduktion von bis zu einigen 1.000 Tonnen pro Jahr – eine Nachfragesteigerung von mehr als 100 Prozent der heutigen Weltmarktproduktion dieses Rohstoffs bewirken (ebd.). Um die benötigten Rohstoffmengen für die ausgewählten 42 Zukunftstechnologien der DERA zu verdeutlichen, wird in Tabelle 3 der Metallbedarf aus dem Jahr 2013 mit dem für 2035 in Beziehung gesetzt.

4.1. Aluminiumerz Bauxit / Aluminium / Gallium

Kritischer Rohstoff der EU* (Stand 2014)	Bauxit: nein, Gallium: ja
Abbau und Produktion	
Bauxit	
wichtigste Bergbauländer 2013:	Australien (29 Prozent der weltweiten Förderung), Indonesien (15 Prozent), China (14,9 Prozent) (BGR 2013b)
Lieferländer nach Deutschland:	Deutschland bezog 2010/11 80 Prozent des Bauxits aus Guinea (Ruettinger et al. 2016a)
Aluminium	
größte Produktion:	China, Russland, Kanada, Vereinigte Arabische Emirate, Indien (UGS 2016)
Gallium	
	keine validen Erkenntnisse
Verwendung in Zukunftstechnologien	Hochleistungs-Mikrochips, weiße LEDs, Automobilbranche. Knapp 10 Prozent der verarbeiteten Materialien eines Autos bestanden 2012 aus Aluminium (Statista 2016a).

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Aufgrund geringer Mengenströme, weniger Produzenten und der Geheimhaltung ihrer Daten können keine genauen Angaben zu Produktion und Raffination von Gallium gemacht werden (DERA 2016). In der Natur kommt es nicht eigenständig vor, sondern ist vergesellschaftet ***„in Aluminium-, Zink- oder Germanium-Erzen wie zum Beispiel in Bauxiten, Zinkblende-Erzen oder Germaniten. Seine Vorkommen liegen hauptsächlich in Kasachstan, Australien, Tschechien, Indien sowie Guinea“*** (Walch Recycling o. J.). Auf Zink und Germanium wird im nächsten Kapitel eingegangen (Kapitel 4.2), an dieser Stelle liegt der Fokus auf der globalen Bauxit-Gewinnung.

Mehr als Dreiviertel der Bauxit-Importe nach Deutschland kommen aus Guinea und dessen Boke-Bauxit-Gürtel (Ruettinger et al. 2016a). Volkswirtschaftlich ist der Abbau sehr wichtig für das Land, wenn auch vor Ort keine Weiterverarbeitung des Bauxits zu Aluminium stattfindet. Die Gewinnung ist durch einen hohen Flächenverbrauch gekennzeichnet, der zu weiträumigen Rodungen führt. Die umweltschädlichen Bergbauabfälle, auch Rotschlamm genannt, führen bei der lokalen Bevölkerung zu gesundheitlichen Problemen. Die im Rotschlamm enthaltenen Schwermetalle und die ätzende Natronlauge gefährden zudem die Umwelt und die spezifische Biodiversität in der tropischen Region. Wie groß die Gefährdung tatsächlich ist, wurde 2010 in Kolontár, im Westen Ungarns, deutlich. Durch den Dammbruch eines Deponiebeckens für Rotschlamm der Aluminiumhütte MAL liefen knapp eine Million Kubikmeter toxischen Schlamms in die Umgebung. Zehn Menschen verloren ihr Leben, mehr als 150 wurden verletzt. Über 250 Wohnhäuser sowie etwa 400 Hektar Ackerland wurden durch die ätzende Schlammlawine zerstört (Greenpeace Hungary 2011).

Eine Forschungsarbeit im Auftrag des UBA zeigt am Beispiel Guineas schlechte Arbeitsbedingungen in den Minen, soziale Konflikte zwischen Minenarbeiter*innen und den Unternehmen sowie Umsiedlungen auf (Ruettinger et al. 2016a). Von ähnlichen sozialen und ökologischen Negativfolgen wird aus Pará in Brasilien berichtet, wo das drittgrößte Bauxitwerk und die energieintensive Weiterverarbeitung in Aluminium der Bevölkerung zu schaffen machen (Ruettinger et al. 2016b). Hierbei wird ein Großteil des Amazonasgebiets im Norden des Landes stark beansprucht. Die Errichtung von Mega-Staudamm-Projekten, unter anderem des Belo Monte-Staudamms für den immensen Energiebedarf der Aluminiumhütten, führen zu weiteren Rodungen und sozialen Konflikten mit den Bewohner*innen (GegenStrömung 2014). Vergleichbare Berichte im Zusammenhang mit der Bauxit-Gewinnung und der Weiterverarbeitung zu Aluminium gibt es ebenfalls aus Indien (Südwind 2011) und Borneo (Rusdi 2013).

* Der Stand der Liste der kritischen Rohstoffe der EU ist aus dem Jahr 2014.

Informationsbox # 1

Tiefseebergbau

Original-Manganknolle aus über 4.000 Meter Tiefe im Pazifik vor Peru
(Foto: Laszlo Maraz)

Wenn wir über den zukünftigen Kobalt-Bedarf reden, so ist es angebracht, auf die Bergbauinteressen in der Tiefsee zu achten. Denn besonders Manganknollen und Kobaltkrusten, die sich in über 3.000 Meter Tiefe im Indischen- und Pazifischen Ozean befinden, weisen einen vergleichsweise hohen Anteil an Kobalt auf (Misereor 2015; Seib 2015). Die weltweit größten Kobalt-Reserven befinden sich somit in den Tiefen der Ozeane. Das USGS spricht von 120 Millionen Tonnen, die dort lagern. Zum Vergleich: Die größten Kobalt-Reserven an Land befinden sich in der DR Kongo und werden auf 3,4 Millionen Tonnen geschätzt (USGS 2016). Um sich aus der Abhängigkeit des kongolesischen Kobalts zu befreien, investieren Staaten und Unternehmen zunehmend in Erkundungen und Technologien, um den noch nicht stattfindenden Tiefseebergbau Realität werden zu lassen. Auch Deutschland erwarb bereits zwei Lizenzen zur Erkundung von Tiefseerohstoffen, eine davon für Manganknollen im Pazifischen Ozean (BGR 2016).

Was auf den ersten Blick nach einer Möglichkeit der Minimierung der negativen sozialen Folgen aussieht, ist auf dem zweiten Blick eine große Gefahr für die maritime Flora und Fauna und somit über die Nahrungskette auch für den Menschen. Zivilgesellschaftliche Organisationen fordern daher einen Verzicht des maritimen Bergbaus, da die Folgen für Mensch und Natur, aufgrund mangelnder Informationen über die Tiefsee momentan nicht einzuschätzen sind (AK Rohstoffe 2016, BfdW 2016).

Gleichzeitig kann die Weiterverfolgung und -entwicklung von Industrie 4.0 auf unterschiedliche Arten Einfluss auf den Bergbau in der Tiefsee haben. Zum einen könnte die wachsende Nachfrage nach Kobalt den Abbau in der Tiefe ökonomisch lukrativ(er) machen, zum anderen könnte die fortschreitende Verbesserung des technologischen Wissens, vor allem im Bereich der Robotik, die Kosten und den hohen Aufwand für maritimen Abbau von Ressourcen senken.

Die Berichte machen deutlich, dass es sich bei der Primärproduktion von Aluminium aus Bauxit um einen sehr energieintensiven und durch die Entstehung des Rotschlamms umweltschädlichen Produktionsprozess handelt. So fallen in Brasilien pro Tonne Aluminium mehr als 830 Kilogramm Rotschlamm an (Muster 2007). Auch wenn es sich bei der Verwendung von Gallium um kleinere Mengen handelt, müssen diese sozialen und ökologischen Negativfolgen mitgedacht werden.

Eine Alternative zum Bauxitabbau wäre das stärkere Recycling von Aluminium, bei dem nur fünf Prozent der Energie aufgewendet wird, die für die Primärproduktion notwendig ist (Rusdi 2013). Welche Einflüsse das Recycling auf den Gallium-Bedarf haben wird, ist unbekannt. Forscher*innen von der Universität Freiberg haben im Jahr 2015 den Rohstoffeffizienzpreis gewonnen, da sie mit einer Membran Gallium zurückgewinnen konnten. Insgesamt zwei bis drei Tonnen pro Jahr wollen sie so recyceln (Deutschlandfunk 2016). Im Hinblick auf die geschätzte, benötigte Menge an Gallium für die von der DERA ausgewählten Technologien im Jahr 2035, stellen diese zwei bis drei Tonnen pro Jahr allerdings nur knapp zwei Prozent der Nachfrage dar (vgl. Tabelle 2).

4.2. Germanium / Indium / Zink

Kritischer Rohstoff der EU	Germanium: ja, Indium: ja, Zink: nein
Abbau und Produktion	
Germanium	
wichtigste Bergbauländer 2013:	unklar
wichtigste Raffinadeländer 2013:	China (68 Prozent), Kanada (14 Prozent), Finnland (12 Prozent) (DERA 2016); Länderkonzentration kritisch
Lieferländer nach Deutschland 2011–2014:	Russische Föderation (42,4 Prozent), China (23,7 Prozent), USA (18,6 Prozent) (BGR 2015b)
Indium	
wichtigste Bergbauländer:	unklar
wichtigste Raffinadeländer 2015:	China (49 Prozent), Südkorea (19,9 Prozent), Japan (8,6 Prozent) (USGS 2016); Länderkonzentration kritisch
Lieferländer nach Deutschland 2013:	Großbritannien (43,2 Prozent), Republik Korea (21,8 Prozent), Taiwan (14,7 Prozent) (BGR 2015b)
Zink	
größte Bergbauländer 2015:	China (36,6 Prozent), Australien (11,8 Prozent), Peru (10,2 Prozent) (USGS 2016)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Indium-Zinn-Oxide in der Display-Technologie (Mobiltelefone, Notebooks, Fernseher, Digitalkameras), Dünnschicht-Photovoltaik, Glasfaserkabel

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Die Technologiemetalle Indium und Germanium finden erst seit wenigen Jahrzehnten Anwendung in der Industrie. Sie werden aufgrund ihres kleinen Marktes, einer steigenden Nachfrage, geringen Recyclingquoten und einer hohen Länderkonzentration in der Raffination als kritisch eingestuft (vgl. Exner et al. 2016). Das verdeutlichen die tendenziell deutlich steigenden Weltmarktpreise (BGR 2015b, DERA 2016). Prinzipiell sind keine Informationen über die Abbaugebiete bekannt, da die wenigen Produzenten ihre Daten streng vertraulich behandeln (ebd.).

Laut einer Pressemitteilung der TU Clausthal befinden sich auch im Bollrich-Teich am ehemaligen Zink-Bergwerk Rammelsberg bei Goslar *„geschätzte 100 Tonnen Indium, 180 Tonnen Gallium, 1000 Tonnen Kobalt sowie weitere wirtschaftsstrategische Metalle“* (TU Clausthal 2015). Momentan prüfen Unternehmen, ob sie diesen Schatz heben können. Wie zukünftig unter Umständen auch in Niedersachsen, werden Germanium und Indium in der Regel als Beiprodukte der Zink-Produktion gewonnen. Durch die relativ geringen Fördermengen von Indium und Germanium bei der Zink-Gewinnung sind auch die im Folgenden beschriebenen Umweltbelastungen

Seit 25 Jahren keine Schachtarbeiten mehr im Rammelsberg, Deutschland, früher aber rohstoffreich (Foto: Michael Reckordt)

Betreten verboten! Auch in Deutschland ist der Umgang mit Altlasten, wie hier in Goslar, zum Teil ungeklärt (Foto: Michael Reckordt)

überwiegend auf das Hauptelement Zink zurückzuführen. Nahezu 100 Prozent des Indiums wird aus Aufbereitungs- und Verhüttungsresten der Zink-Gewinnung gewonnen. Aus einer Tonne indiumhaltigen Zink-Erz können nur 50 Gramm Indium gewonnen werden (Wuppertal Institut 2011). Germanium wird zusätzlich beim Kupferabbau gewonnen (s. Kapitel 4.4.) (DERA 2016).

Der Produzenten-Markt ist stark konzentriert. Dabei spielt neben chinesischen Staatskonzernen vor allem Glencore Plc. nach der Fusion mit dem damals weltgrößten Zink-Produzenten Xstrata im Jahr 2013 eine führende Rolle (BGR 2015a). In China, Australien und Peru werden die größten Mengen Zink abgebaut, zumeist in Untertageminen. Die Minen reichen teils bis unter das Grundwasserniveau, was eine ständige Entwässerung nötig macht und zur Absenkung des Grundwasserspiegels führt. Die negativen Einwirkungen auf die Landschaft werden dadurch verstärkt, dass zusammen mit Zink häufig Blei abgebaut wird und es somit zu einer hohen Schwermetallbelastung kommt. Dies stellt ein hohes Gesundheitsrisiko für die lokale Bevölkerung dar und beeinträchtigt die Umwelt langfristig (Wuppertal Institut 2011). So wurden in China, das mehr als ein Drittel des weltweiten Zinks abbaut, in nächster Umgebung der Minen erhebliche Schwermetallkontaminationen gemessen (Zhang et al. 2012). Auch in Australien, immerhin zweitgrößter Zink-Produzent, wurden für die Bevölkerung gesundheitsgefährdende Schwermetallbelastungen dokumentiert. Seit 2008 wurden mehrfach erhöhte Blei-Werte im Blut von Kindern gemessen. Der damalige Minen-Betreiber Xstrata führte dies auf die natürlichen Bleivorkommen in der Region zurück (Multiwatch 2016a).

Seit mehreren Jahren kommt es im Zusammenhang mit der von Glencore Plc. betriebenen McArthur River Zinc Mine im Norden Australiens zu erheblichen Protesten. Nachdem 2005 ohne Konsultation der lokalen Bevölkerung, der Untertagebau in einen Tagebau verwandelt und dafür der angrenzende McArthur Fluss umgeleitet wurde, begannen die vier ansässigen Aborigines-Gemeinschaften sowie Umweltgruppen Alarm zu schlagen (Multiwatch 2016b). Zuletzt forderten sie bei einem internationalen Protest gegen Glencore Plc. die Schließung der weltgrößten Zink-Mine sowie die Wiederherstellung der stark beeinträchtigen Natur (ABC-News 2016). Auch in der peruanischen Antamina, weltweit die drittgrößte Zinkmine, häufen sich die negativen Schlagzeilen: Niederschlagung von Protesten bei Umsiedlungen, Umweltzerstörung oder Proteste der Minenarbeiter*innen, zuletzt im Juli 2016 (Multiwatch 2016c).

Die zukünftige Verfügbarkeit von Indium und Germanium lässt sich nur schwer einschätzen, da ihr Abbau stets in Abhängigkeit mit dem Abbau ihres Primärerzes (Zink, Kupfer) steht (Exner et al. 2016,161). So wird die Minenproduktion von Zink nicht zwangsläufig ausgebaut werden, wenn die Nachfrage nach Indium oder Germanium steigt. Die Versorgungssicherheit der beiden Metalle wird daher als unsicher beschrieben. In der EU ist Deutschland der größte Verbraucher von Zink (BGR 2015b). Die größte deutsche Zinkhütte ist die Nordenhamer Zinkhütte GmbH, die zu Glencore gehört. Außerdem spielen die international aufgestellten Grillo-Werke, Miteigentümer ist der ehemalige BDI-Präsident Ulrich Grillo, eine bedeutende Rolle in der Zink-Verarbeitung (vgl. Grillo o. J.).

4.3. Kobalt

Kritischer Rohstoff der EU	ja
Abbau und Produktion	
vorwiegend Nebenprodukt aus Nickel-und Kupfererzen	
wichtigste Bergbauländer 2014:	Demokratische Republik Kongo (DR Kongo) / Kinshasa (50 Prozent), China (6,4 Prozent), Kanada (6,25 Prozent); Länderkonzentration kritisch (USGS 2016, SOMO 2016)
wichtigste Raffinadeländer 2013:	China (42 Prozent), Finnland (12 Prozent), Kanada (6 Prozent) (DERA 2016)
Lieferländer nach Deutschland 2011–2014:	USA (51,4 Prozent), Kanada (24,5 Prozent), Belgien (18,3 Prozent) (BGR 2014)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Lithium-Ionen-Hochleistungs-Elektrizitätsspeicher/Batterien und Superlegierungen (beides rohstoffintensiv), Carbon, Capture & Storage, Synthetische Kraftstoffe, medizinische Implantate

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Neben Lithium enthalten die in elektronisch betriebenen Fahrzeugen, Smartphones oder Laptops integrierten Lithium-Ionen-Batterien auch Kobalt (vgl. Südwind 2012). Bereits heute gehen mehr als 40 Prozent des weltweiten Kobalts in die Batterieproduktion (DERA 2016). Die Hälfte der weltweiten Produktion stammt aus der DR Kongo, vorwiegend aus der im Süden gelegenen Provinz Katanga. In dem zentralafrikanischen Land werden weitere Rohstoffe, wie Zinn, Tantal, Wolfram, Gold, Kupfer oder Diamanten gewonnen. Insgesamt sind eine halbe Millionen Menschen im Bergbau tätig und der Sektor erwirtschaftet elf Prozent des Bruttoinlandsprodukts (SOMO 2016). Anders als Zinn, Tantal, Wolfram und Gold zählt Kobalt nicht zu den sogenannten Konfliktmineralien (vgl. Informationsbox # 3). Dies erweckt den Anschein, dass die Kobalt-Gewinnung weniger konfliktbehaftet sei. Doch im Jahr 2016 deckten Studien von Amnesty International (Fokus auf informellen Kobalt-Bergbau in Katanga) und SOMO (Fokus auf industriellen Abbau) sowie Recherchen der Washington Post Missstände vor Ort auf (AI 2016, SOMO 2016, Washington Post 2016). Auch wenn die Minen nicht von bewaffneten Konfliktparteien kontrolliert werden, zeigen die Recherchen in Katanga verschiedene Probleme auf: Im informellen Bergbau, der 20 Prozent des exportierten Kobalts ausmacht, sowie im industriellen Bergbau wird unter extrem gesundheitsgefährdenden Arbeitsbedingungen der weltweit begehrte Rohstoff per Hand und ohne Schutzvorkehrungen abgebaut. Weder Helm noch Atemmasken schützen die Minenarbeiter*innen unter Tage vor herabfallendem Geröll oder dem toxischen Kobalt-Staub. Es wird von Unfällen und durch den Bergbau verursachte Krankheiten, wie der sogenannten *„hard metal lung disease"*, Asthma, Hautentzündungen und Geburtsfehlern berichtet (ebd.). Die Arbeiter*innen schuften häufig mehr als zwölf Stunden pro Tag für einen Lohn, der teils nicht einmal für das tägliche Überleben reicht. Hinzu kommt die hohe Anzahl an arbeitenden Kindern in den Minen. UNICEF sprach 2014 von rund 40.000 Kindern in den informellen Minen in den südlichen Provinzen der DR Kongo (AI 2016).

Bei der industriellen Produktion wird zudem von Konflikten mit der örtlichen Bevölkerung, Landenteignungen und erheblichen Umweltbelastungen berichtet. Verschmutzung der Flüsse durch toxische und radioaktive Rückstände aus dem Bergbau, Abholzungen und Luftverschmutzung sind an der Tagesordnung (SOMO 2016). Folgen wir der Lieferkette, so findet die Weiterverarbeitung des Kobalts zum größten Teil in Asien statt. 77 Prozent des gewonnen Kobalts aus der DR Kongo wird nach China exportiert. China wiederum bezieht 90 Prozent des gesamten Kobaltimports, der hauptsächlich in die Produktion von Batterien geht, aus dem afrikanischen Binnenstaat (ebd.). Die dort hergestellten Batterien landen dann in den Produkten zahlreicher Global Player, wie Apple, Sony, Microsoft und VW (AI 2016). Diese wiederum geben weiterhin an, die komplexe Lieferkette des Kobalts nicht nachvollziehen zu können. Eine Aussage über eine tatsächliche Verwendung des kongolesischen Kobalts möchten sie nicht treffen. Im Gegensatz zu den Konzernen gelang es den genannten NGOs sowie Journalist*innen die komplexe Lieferkette nachzuzeichnen. Fest steht, dass mit einer weiteren Bedarfssteigerung elektronischer Kommunikationsprodukte und elektronisch betriebenen Fahrzeugen die Nachfrage nach Kobalt steigen wird.

4.4. Kupfer

Kritischer Rohstoff der EU	nein
Abbau und Produktion	
wichtigste Bergbauländer 2015:	Chile (30,5 Prozent), China (9,4 Prozent), Peru (8,6 Prozent) (USGS 2016)
wichtigste Raffinadeländer 2013:	China (32 Prozent), Chile (13 Prozent), Japan (7 Prozent) (DERA 2016)
Lieferländer nach Deutschland 2010:	Peru (25,4 Prozent), Argentinien (17,9 Prozent), Chile (16,8 Prozent) (BGR 2013a)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Basis für nahezu alle elektrischen und elektronischen Technologien, Gebäude, Maschinen und Autos. Im Spezifischen: Elektrische Traktionsmotoren für Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellen-fahrzeuge (rohstoffintensiv- und sensibel), RFID-Tags

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Ohne Kupfer ist unser Alltag nicht mehr bestreitbar und lässt sich auch Industrie 4.0 nicht umsetzen. Das Metall, das seit Beginn der Menschheitsgeschichte genutzt wird, findet in Zukunftstechnologien eine breite Anwendung, da es die Basis nahezu aller elektronischen Geräte darstellt. So rechnen Expert*innen damit, dass die weltweite Kupfer-Nachfrage in den nächsten Jahren weiterhin stark steigen wird: Bis 2050 um 213 bis 341 Prozent (Elshkaki et al. 2016, Müller 2017). Durch einen zukünftig noch umfangreicheren Kupferabbau sinkt jedoch tendenziell die Kupferintensität im Erz, was folglich noch größere Abbaumengen erfordert, um die Kupfer-Produktion zu decken. So steigen mit der weltweiten Nachfrage zwangsläufig auch die CO_2-Emissionen pro Tonne Kupfer.

Das Dorf Datal Aliung müsste dem Kupfer-Bergbau weichen
(Foto: Michael Reckordt)

Kupfer ließe sich generell sehr gut ohne Qualitätsverlust recyceln (BGR 2013b). So war die Raffination von Kupfer mit 21,45 Tonnen im Jahr 2013 höher als die Bergwerksproduktion mit 18,45 Tonnen (DERA 2016, 261). Dennoch scheint eine Ausweitung der Minenproduktion fast unabwendbar, denn das weltweite Angebot an recyceltem Kupfer alleine wird die heutige und in Zukunft weiter steigende Nachfrage nicht decken können (ebd.).

Die Bergwerksproduktion findet zu 90 Prozent im Tagebau statt. Dabei spielen die südamerikanischen Länder Chile, Peru und Argentinien als Zulieferer für Deutschland eine herausragende Rolle. Es sind auch diese drei Länder, die noch vor Australien, Mexiko, USA, China, Russland, Sambia und der DR Kongo, die größten Reserven besitzen (USGS 2016). Doch auch bei den negativen Konsequenzen des Kupferabbaus stehen diese Länder im Zentrum; Umweltzerstörungen und Menschenrechtsverletzungen gehen mit dem Abbau einher. Beispielhaft kann dies in großangelegten Bergbauprojekten, wie Tia Maria, Antamina, Las Bambas oder La Oroya in Peru beobachtet werden (Misereor 2013, Kampagne Bergwerk Peru 2016): Mangelnde Einbeziehung der Anwohner*innen, Gesundheitsgefährdung durch erhöhte Bleiwerte in Luft und Wasser, Versiegen von Quellen und Bächen durch den immensen Wasserbedarf im Bergbau, Landkonflikte, Umsiedlung von Gemeinden, Niederschlagung von sozialen Protesten, Kriminalisierung von Bergbaugegner*innen, und Nicht-Einhaltung von Vereinbarungen, wie der Schaffung von Arbeitsplätzen oder regionaler Entwicklung. Trotz lokalen und zivilgesellschaftlichen Widerstands setzt die peruanische Regierung weiterhin verstärkt auf Kupfer. Ziel ist es den Nachbarn Chile innerhalb von 15 Jahren als größten Kupferproduzenten abzulösen (Misereor 2013).

Deutschland spielt hier als größter Kupfer-Verbraucher in der EU und Drittgrößter in der Welt eine wichtige Rolle (Müller 2017). So hat die deutsche Bundesregierung 2014 eine Rohstoffpartnerschaft mit Peru verabschiedet, bei der ***„[d]ie Einhaltung von Menschenrechten, der Schutz der indigenen Bevölkerung und die Berücksichtigung von Umwelt- und Sozialstandards“*** als wesentliche Bestandteile des Abkommens dargestellt wurden (BMWi 2014). Zivilgesellschaftliche Organisationen, wie das Netzwerk AK Rohstoffe, haben diese Art der Partnerschaft kritisiert, da diese einseitig auf die Versorgungsinteressen der deutschen Wirtschaft ausgerichtet sind und einen Beitrag zu vermehrtem Rohstoffabbau leisten. Sie berücksichtigen nicht in ausreichendem Maße die Gefährdung von Mensch und Umwelt in den Abbauregionen (vgl. AK Rohstoffe 2014b).

Kupferbergbau im Allgemeinen kann als typisches Beispiel gelten, inwiefern lokale Gemeinden die sozialen Kosten und die negativen Umwelteinwirkungen der Rohstoffausbeutung zu tragen haben (Heinrich-Böll-Stiftung / Wuppertal Institut 2012). Die Kupfer-Lieferkette ist – wie auch andere Rohstofflieferketten – durch mangelnde Transparenz geprägt. So kommen transnational agierende Unternehmen, im Kupfer auch das deutsche Unternehmen Aurubis und deren Abnehmer, ihrer menschenrechtlichen Sorgfaltspflicht nicht nach (Müller 2017).

4.5. Lithium

Kritischer Rohstoff der EU	nein
Abbau und Produktion	
wichtigste Förderländer 2013:	Australien (39 Prozent), Chile (38 Prozent), Argentinien (8 Prozent); Länderkonzentration Förderung kritisch (DERA 2016)
Lieferländer nach Deutschland 2011–2014:	Chile (78,8 Prozent), USA (14,7 Prozent) (BGR 2015b)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Lithium-Ionen-Hochleistungs-Elektrizitätsspeicher/Batterien

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Lithiumkarbonat, das als Grundstoff zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien dient, wird aus der lithiumreichen Sole von Salzseen gewonnen. Durch Bohrungen in die Salzoberfläche wird die Lauge in offene Becken befördert, wo sie verdunstet beziehungsweise sich konzentriert. Mithilfe chemischer Prozesse entsteht aus der nun stark konzentrierten Substanz Lithiumkarbonat (UBA 2011). Der lokalen Bevölkerung bereiten vor allem der hohe Wasserbedarf in der Produktion sowie die Angst vor Landenteignungen und negativen Folgen für die Umwelt große Sorge. Großangelegte Firmenaktivitäten, beispielsweise in Ländern Südamerikas, machen nicht den Anschein, die Interessen und Sorgen der lokalen Bevölkerung miteinzubeziehen (HBS 2016).

Dennoch verkünden Wirtschaftsmagazine einen *„Lithium-Boom“* (Manager Magazin 2016) oder sprechen vom *„Weißen Erdöl“* (GTAI 2016e). Auch die DERA prophezeit hinsichtlich zukünftiger Technologien vor allem bei Lithium bis 2035 einen enormen Nachfrageanstieg (vgl. Informationsbox #2). Wurde 2013 für Lithium-Ionen-Batterien nur zwei Prozent der weltweiten Lithium-Förderung verwendet, prognostiziert die DERA bis 2035 eine Steigerung auf 385 Prozent. So fällt diese Technologie unter die Kategorie *„rohstoffintensiv“*, da sie für Lithium eine Nachfragesteigerung von mehr als 25 Prozent der Weltproduktion auslösen würde. Einige Expert*innen prophezeien schon eine baldige Knappheit (Topf 2016). Diese Stimmung spiegelt sich bereits im Lithium-Preis wieder, der sich in den letzten Jahren, trotz ansonsten tendenziell fallenden Rohstoffpreisen, vervielfacht hat. Dadurch hat sich auch die weltweite Bergwerksförderung seit 2006 erhöht (DERA 2016). Allein in Argentinien steigerte sich diese im Jahr 2015 um 17 Prozent (USGS 2016). Wie sich diese Zahlen weiterentwickeln, hängt neben der Forcierung der Elektromobilität (s. Kapitel 3.2) auch von dem ebenso wachstumsorientierten Markt für vernetzte mobile Geräte, in die die Batterien und Akkus ebenfalls verbaut sind, ab. Ohne diese Technologien ist Industrie 4.0 jedoch nicht umsetzbar.

Lithium ist „nur“ das Salz für Nickel-Graphit-Batterien, behauptet Tesla. Im Bild die rötliche Suppe eines nicht abgesicherten Absetzbecken für Nickel
(Foto: Michael Reckordt)

Da die Recycling-Quoten von Lithium weiterhin gering sind (Linde 2016) und im Inland keine Lithium-Förderung betrieben wird, ist das Interesse an ausländischem Lithium groß. Deutschland bezog zwischen 2011 und 2014 mehr als 78 Prozent des Lithiums aus Chile. In Zukunft könnte die Nachfrage noch stärker auf das *„Lithium-Dreieck“* Argentinien, Bolivien und Chile gelenkt werden. So forderte Sigmar Gabriel beim fünften BDI-Rohstoffkongress im Juli 2016 die Industrie auf, sich wieder mehr in Abbauprojekte in Argentinien einzubringen (Reckordt 2016b). Eine Forderung, die im Hinblick auf aktuelle Entwicklungen in Argentinien kritisch zu bewerten ist, denn der Widerstand gegen (neue) Bergbauprojekte, vor allem bezüglich der wasserintensiven Lithium-Förderung, ist gewachsen. Ende des Jahres 2015 wurden die Proteste offiziell in einer nationalen Resolution anerkannt (Community Protocol Argentinien 2015, Kraus 2016,

Natural Justice 2016). Das Community Protocol, welches von lokalen Gemeinschaften erarbeitet wurde und sehr deutlich ihre (inter)nationalen Rechte formuliert, muss nun bei nationalen Entscheidungen über große Bergbau-und Infrastrukturprojekte miteinbezogen werden. Eine Herausforderung für die Industrie könnte es werden, dass die Belange der lokalen Bevölkerung noch vor dem Projektstart angemessen eingebunden werden müssen (ebd.).

Dennoch scheint Gabriels Hoffnung auf argentinische Bergbauprojekte nicht zu schwinden, denn erst im September sprach er auf dem Argentina Business & Investment Forum dem Land große Potentiale zu, unter anderem eben auch im Bergbau (Handelsblatt 2016b). Während des Besuchs in Argentinien begleitete ihn Siemens-Chef Joe Kaeser, der im Beisein des argentinischen Präsidenten Macris einen Milliarden-Auftrag im Bereich Erneuerbare Energien unterzeichnete.

In Argentinien selbst werden zeitgleich mehrere staatliche Maßnahmen ergriffen, um die inländische Bergwerksförderung wiederzubeleben. Darunter auch die Errichtung eines neuen Ministeriums für Energie und Bergbau. Inwieweit das unter Leitung eines ehemaligen Shell-Mitarbeiters geführte Ministerium die legitimen Interessen der Anwohner*innen vertreten wird, ist offen (GTAI 2016a). Ganz im neoliberalen Stil soll zukünftig auf öffentlich-private Partnerschaften und private Investoren gesetzt werden (GTAI 2016b). Ein Kurs, den auch Chiles Präsidentin Bachelet einschlägt. Sie versprach die Lithium-Förderung zu intensivieren und öffnete kurz darauf den stark unter staatlicher Kontrolle liegenden Bergbau für ausländische Akteure (GTAI 2016c). Auch in Bolivien, das dritte Land des ***„Lithium-Dreiecks"***, wird der Rohstoff als Heilsbringer gesehen und zunehmend versucht, ausländische Investoren ins Land zu locken. Expert*innen sehen aufgrund der langen Geschichte von Ressourcenkonflikten in dem Land jedoch erhebliches, neues Konfliktpotential (UBA 2011). Auch deutsche Unternehmen sind als Investoren im Technologiebereich für Produktion von Lithium-Ionen-Batterien aktiv (Linde 2016). Es scheint, als stünden in den Ländern die wirtschaftlichen Interessen an der Lithium-Förderung den lokalen Interessen und den Rechten der Menschen vor Ort diametral gegenüber.

Informationsbox # 2:

Graphit für Batterien

Ab Ende 2016 möchte Tesla jährlich 500.000 Elektro-Autobatterien in einer Fabrik in der Wüste Nevadas produzieren. Auf die Frage, ob die derzeitige Lithium-Versorgung für die Massenproduktion von großen Lithium-Ionen-Batterien ausreiche, antwortete CEO Elon Musk, man müsse stattdessen von Nickel-Graphit-Batterien sprechen: *„Denn die Kathode besteht aus Nickel und die Anode aus Graphit mit Silikonoxid."* Die Batterie würde zwar eine geringe Menge Lithium enthalten, aber dies sei *„eher das Salz auf dem Salat"* (Benchmark Minerals 2016). Tatsächlich macht allein Graphit zehn bis 15 Prozent der Produktionskosten einer Lithium-Ionen-Batterie aus. Smartphones, Laptops und vor allem Elektroautos lassen die Graphitnachfrage steigen; die EU zählt Graphit zu den kritischen Rohstoffen.

In der Provinz Cabo Delgado im Norden Mosambiks wurden die aktuell größten Graphitvorkommen der Welt erforscht. Mindestens 25 Millionen Tonnen des Minerals sollen dort lagern. Fünf australische Minengesellschaften verfügen über Konzessionen, doch auch ein deutsches Unternehmen ist dabei: Das zur niederländischen Advanced Metallurgical Group (AMG) gehörende Graphit Kropfmühl betreibt die Ancuabe-Mine in Mosambik. Unterstützt wurde die Investition von einem 8,5 Millionen Euro-Kredit der zur KfW-Gruppe gehörenden Deutschen Investitions- und Entwicklungsgesellschaft sowie von Mitteln aus dem Explorationsförderprogramm der Bundesregierung im Jahr 2013. Ende 2016 soll die Graphitproduktion in Ancuabe beginnen. Der Konzern plant ebenfalls in der nahen Nipacue-Mine zu investieren. Weil die Graphitproduktion auf absehbare Zeit sehr profitabel sein wird, hat Kropfmühl auch den 2005 stillgelegten Graphitbergbau im Bayerischen Wald wiedereröffnet.

Wie bei vielen Rohstoffen ist China bei der Graphitproduktion global gesehen am bedeutendsten. In der Provinz Heilongjiang im Nordosten des Landes lagern große Vorkommen. Allein das chinesische Unternehmen BTR bedient derzeit 75 Prozent der Graphitnachfrage für die Batterieproduktion. Bevor es für Batterien verwendet werden kann, muss der Rohstoff zu hochgradig purem Graphit raffiniert werden. Dies ist ein lukratives Geschäft, denn die Raffination steigert den Preis des rohen Graphits um das Zehnfache. Doch Abbau und Raffination gehen oft mit hoher Luft- und Wasserverschmutzung einher. Ohne geeignete Lüftungs- und Abfangsysteme gerät Graphitpulver rasch als feiner Staub in die Luft, der noch tausende Kilometer weiter Atemwegsprobleme und Lungenschäden verursachen kann. Die für die Raffination verwendete Fluorwasserstoffsäure kann in lokale Gewässer durchsickern.

Inwieweit Nachhaltigkeit, Umweltschutz und die Rechte der lokalen Bevölkerung beachtet werden, darüber kann noch keine Aussage getroffen werden. In der Unternehmensphilosophie von AMG und Graphit Kropfmühl sind die Themen zwar verankert, doch ob die auf der Internetpräsenz des Konzerns dokumentierte *„Leitlinie Umwelt und Energieeffizienz"* ausreicht, muss beobachtet werden. *„Die Eingriffe und die Auswirkungen auf die Natur [werden] so gering wie möglich gehalten"* behauptet der Konzern dort. Es gelte *„auch nachfolgenden Generationen das Recht auf uneingeschränkte Lebensweise zu ermöglichen"* – als wäre dieses Recht gleichrangig mit anderen Menschenrechten auf Gesundheit, Wasser und Ernährung (AMG und Graphit Kropfmühl 2015).

4.6. Palladium und Platin (Platin-Gruppen-Metalle; PGM)

Kritischer Rohstoff der EU	ja
Abbau und Produktion	
Palladium und Platin gehören zusammen mit Nickel zu der Platingruppe, nicht zu verwechseln mit den Platinmetallen (im Englischen PGM für Platin-Group-Metals). Zu PGM zählen: Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und Platin.	
Palladium	
wichtigste Bergbauländer 2013:	Russland (41 Prozent), Südafrika (37 Prozent), Kanada (8 Prozent); Länderkonzentration kritisch (DERA 2016)
Lieferländer nach Deutschland 2011–2014:	Großbritannien (20,4 Prozent), Belgien (19 Prozent), Schweiz (16,7 Prozent), Russische Föderation (16,2 Prozent) (BGR 2015b)
Platin	
wichtigste Bergbauländer 2013:	Südafrika (73,2 Prozent), Russland (12,9 Prozent), Simbabwe (6,2 Prozent), Kanada (6,1 Prozent) (Angerer 2016); Länderkonzentration kritisch
Lieferländer nach Deutschland 2013:	Südafrika (36 Prozent), Großbritannien (21,9 Prozent), Schweiz (10,9 Prozent) (DERA 2014)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Weltweit ist der Automobilsektor der Hauptverwendungsbereich: 75 Prozent des Palladiums und 36 Prozent des Platins werden zur Herstellung von Autoabgaskatalysatoren verwendet. Wachstumsstärkste palladiumhaltige Zukunftstechnologie: mikroelektrische Kondensatoren und Meerwasserentsalzung. Wachstumsstärkste platinhaltige Zukunftstechnologie: Brennstoffzellen von Elektrofahrzeugen (rohstoffintensiv!) und synthetische Kraftstoffe

Lonmin präsentiert auf Plakate seine Werte (Foto: Maren Grimm)

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Im Allgemeinen ist der Abbau von PGM, der schwerpunktmäßig in Südafrika/Bushveld-Komplex, Russland/Norilsk-Talnakh und Kanada/Sudbury stattfindet, mit einer aufwendigen Gewinnung und Aufbereitung verbunden. Meist im Untertagebau stattfindend, greift der Abbau großflächig in das Landschaftsbild ein und führt dadurch zu negativen Umwelteinwirkungen. Es entstehen große Mengen ungenutzten Abraums und bei der Erschließung neuer Lagerstätten wird umfangreich gesprengt. So attestiert das Wuppertal Institut der PGM-Gewinnung einen besonders großen ökologischen Rucksack, unter anderem durch die Freisetzung großer Mengen an Schwefeldioxid und Feinstaub (Wuppertal Institut 2011). Zuletzt wurde im September 2016 in einem Betrieb von Norilsk Nickel die Produktion heruntergefahren, nachdem sich der nahegelegene Fluss Daldykan rot gefärbt hatte. Das russische Umweltministerium vermutet einen Rohrbruch, die Firma selbst stritt dies ab. Umweltverschmutzungen durch Bergbauaktivitäten sind in der Gegend um Norilsk keine Seltenheit (Greenpeace Magazin 2016). Ein Viertel der global produzierten PGM werden von Deutschland importiert, das damit der zweitgrößte Importeur der Welt hinter den USA und noch vor Japan ist (DERA 2014). Bei der Gewinnung spielen einzelne Unternehmen eine besondere Rolle: So produzierte allein Norilsk Nickel im Jahr 2013 40 Prozent der weltweiten Palladium-Förderung. Der Konzern plant darüber hinaus, in der Transbaikal-Region zu investieren und bis 2018 die Erschließung neuer Erzlagerstätte im arktischen Gebiet im Norden Russland abzuschließen. Außerdem soll die Erzeugung modernisiert und ältere umweltschädliche Produktionsstätten in Norilsk geschlossen werden (GTAI 2016d). Nach Norilsk Nickel ist Anglo American (Großbritannien) mit 16,6 Prozent wichtiger Palladiumproduzent. Anglo American wiederum fördert knapp ein Drittel des weltweiten Platins (31,4 Prozent), gefolgt vom südafrikanischen Konzern Impala Platinum mit 18,7 Prozent und Lonmin aus Großbritannien mit 11,9 Prozent.

Russlands und Südafrikas Rolle ist die des Rohstofflieferanten. Die Weiterverarbeitung von Platin findet dann zum Beispiel in Deutschland bei Heraeus Holding oder BASF statt, die diese unter anderem zu Katalysatoren in der Automobilindustrie weiter verarbeiten (BGR 2014). Neben den enormen Umweltbelastungen bleiben auch die sozialen Folgen des Abbaus vor Ort. Eines der bekanntesten Beispiele für massive Menschenrechtsverletzungen im Rohstoffsektor war

Lonmins Arbeiterunterkünfte waren Ausgangspunkt des Streiks
(Foto: Maren Grimm)

das Massaker von Marikana in Südafrika im Jahr 2012. Dabei wurden 34 für bessere Arbeits- und Wohnbedingungen streikende Minenarbeiter vor laufender Kamera von der Polizei erschossen (Krameritsch 2013, vgl. iz3w 2015). Die Platinmine in Marikana wird von Lonmin betrieben. Dem Konzern konnte im Jahr 2015 eine Mitschuld an dem Massaker nachgewiesen werden. Die Einhaltung der vor dem Abbau gegebenen Versprechen, unter anderem adäquate Behausungen für die Arbeiter und deren Familien zu errichten, lassen weiterhin auf sich warten (AI 2016a). Die direkten Hauptabnehmer von Lonmins Platin sind Mitsubishi und der deutsche BASF-Konzern (Krameritsch 2013). Auch wenn es sich hierbei um eine vergleichsweise überschaubare Lieferkette handelt, schiebt BASF jede Verantwortung von sich. Sie zeigen weder Bereitschaft, in einen Fond für die Hinterbliebenen einzuzahlen, noch üben sie öffentlich Druck auf Lonmin aus, etwa durch eine Ankündigung den Platin-Lieferanten zu wechseln, sollte dieser nicht die Situation vor Ort grundlegend verbessern (vgl. Kritische Aktionäre 2015, NDR 2016).

4.7. Seltenerdmetalle

Kritischer Rohstoff der EU	ja
Abbau und Produktion	
Seltenerdmetalle bestehen aus insgesamt 17 Elementen und werden in Leichte Seltenerdmetalle (z. B. Lanthan, Praseodym und Neodym) und Schwere Seltenerdmetalle (z. B. Terbium, Dysprosium, und Ytterbium) aufgeteilt.	
wichtigste Bergbauländer 2013:	China (96 Prozent), Russland (2 Prozent), Indonesien (0,7 Prozent) (DERA 2016)
wichtigste Raffinadeländer 2013:	China (93 Prozent), USA (4 Prozent), Russland (2 Prozent) (ebd.)
Lieferländer nach Deutschland 2011–2014:	China (92,8 Prozent) (BGR 2015b)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Energy-Harvesting-Technologien, Windkraftanlagen, Hochleistungs-Permanentmagnete, elektrische Traktionsmotoren für Hybrid-Elektro und Brennstoffzellenfahrzeuge

Proteste gegen Seltenerdmetall-Aufarbeitung in Malaysia (Foto: Stephen Nah)

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Auch wenn der Name anderes erwarten lässt: Seltenerdmetalle sind nicht zwangsläufig selten. Doch aufgrund der mit dem Abbau und der Weiterverarbeitung verbundenen kritischen Aspekte werden sie nur an wenigen Orten gewonnen. Die Elemente beider Gruppen sind ein Beiprodukt der Eisenerz-, Schwermineralien-und Zinnerz-Förderung und nur gemeinsam abbaubar (DERA 2016). Durch Erhitzung und dem Einsatz giftiger Chemikalien sowie Salz-und Schwefelsäure werden die Seltenerdmetalle aus dem Erz gewonnen. Bei der wasserintensiven Aufbereitung werden radioaktive Substanzen freigesetzt (Wübbeke 2012, Wübbeke 2013, Ruettinger et al. 2014c). Ein enorm umweltbelastender Prozess, der die Nutzung von Seltenerdmetallen in den nächsten Jahren eher reduzieren als forcieren sollte. Doch durch die Verwendung in zahlreichen Zukunftstechnologien steigt die Nachfrage stetig (DERA 2016). Zeitgleich liegen die Recyclingquoten unter einem Prozent, was den Primärrohstoffbedarf sowie Explorationen neuer Lagerstätten, die häufig in sensiblen Gebieten liegen, ankurbelt. Hinzu kommt die Monopolstellung Chinas im Abbau und der Raffination, worin Vertreter*innen aus Politik und Industrie eine Gefährdung der globalen

Versorgungssicherheit sehen. Aufgrund dieser Angst vom Nachschub abgeschnitten zu werden, wird die Suche nach neuen Abbaumöglichkeiten intensiviert. So wurden Forscher*innen auf Kvanefjeld in Grönland fündig. Unweit der Arktis lagern die mitunter größten Reserven an Seltenerdmetallen. Derzeit wird eine sogenannte Multi Element-Lagerstätte exploriert, die neben Seltenerdmetalle auch radioaktives Uran umfasst. Umwelt-NGOs befürchten erhebliche Belastungen für Mensch, Tier und Umwelt (Ruettinger et al. 2015, Elsner et al. 2014).

Welche Negativfolgen der Abbau und die Weiterverarbeitung impliziert, ist exemplarisch in Bayan Obo in China, der weltweit größten Seltenerdmetall-Lagerstätte, zu beobachten. Durch geringe Umwelt-und Sozialstandards führen giftige Abgase, toxisch belastete Schlämme und radioaktive Rückstände aus der Aufbereitung zu enormer Luft- und Wasserverschmutzung in der Region. Die gesundheitlichen sowie sozioökonomischen Beeinträchtigungen der lokalen Bevölkerung sind dabei immens. Neben Abwanderungen ganzer Dörfer wird zudem von Konflikten berichtet, die aus Umsiedlungen von Gemeinschaften resultierten. Die Lebensgrundlage der lokalen Bevölkerung scheint im Vergleich zum Abbau des begehrten Rohstoffs nicht zu zählen (Wübbeke 2012, Wübbeke 2013, Ruettinger et al. 2014c).

Auch in der Stadt Kuantan in Malaysia stößt eine als Prestigeprojekt angekündigte Aufbereitungsanlage von Seltenerdmetallen auf Widerstand (Lee 2012, Ruettinger et al. 2014a). Die australische Firma Lynas Advanced Materials Plant verarbeitet dort aus Australien importierte Seltenerdmetalle in umweltschonend erzeugtes Neodym. Was unter *„umweltschonend“* auch immer verstanden werden mag: ***„Das Lynas-Werk liegt in der Nähe von Fischerdörfern und Siedlungen. Lynas weiterhin zu erlauben unsere Luft zu verunreinigen, unser Wasser und unser Land steuerbefreit zu kontaminieren, ist dumm. Es ist eine Verletzung der Menschenrechte auf saubere Luft, sauberes Wasser und an einem sicheren Ort zu leben“***, erklärte Haji Ismail Abu Bakar, einer der Sprecher der Kampagne Save Malaysia, Stop Lynas (SMSL) in einer Pressemitteilung vom 3. Juli 2013 (SMSL 2013). Das Freiburger Öko-Institut, beauftragt von der lokalen Umweltbewegung SMSL, bestätigte bereits 2013, dass durch eine mangelhafte Abfallorganisation in großen Mengen radioaktive Rückstände entstehen (Öko-Institut 2013a). Durch Kosteneinsparungen wird somit nicht nur die Raffination ausgelagert, sondern auch die damit verbundenen Umweltbelastungen. Während SMSL versucht, weiterhin juristisch gegen die Anlage vorzugehen, hält Lynas an dem Projekt fest. Einige der Seltenerdmetalle sollten nach Deutschland exportiert werden. Noch vor fünf Jahren kündigte Siemens ein Joint Venture mit dem australischen Unternehmen an (Siemens 2011) und auch BASF war an den Rohstoffen interessiert (vgl. Fuchs und Reckordt 2013). Aber nicht nur die deutsche Wirtschaft begrüßte die Diversifizierung des Rohstoffbezugs in Richtung Malaysia, sondern auch Vertreter*innen deutscher Forschungseinrichtungen. *„Unwägbarkeiten“* bei der Ausbeutung der Seltenen Erden durch Lynas sahen Forscher*innen des Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie vor allem in Verbindung mit den lokalen Protesten in Kuantan, Malaysia, da diese den Beginn der Förderung hinauszögern oder gar verhindern könnten. Sollte aber ***„die Produktion wie geplant Mitte 2012 anlaufen“*** und sich die Protestierenden nicht durchsetzen, so die Forscher*innen, dann ***„könnte für BASF und Siemens ein wichtiger Meilenstein in der Absicherung zukünftiger Rohstoffströme mit einem Lieferanten außerhalb Chinas erreicht worden sein“*** (Gutzmer et al. 2012). Aus den anfänglichen Protesten wurde der Zeit die größte Umweltbewegung des Landes. Dies führte dazu, dass sich die deutschen Unternehmen zurück ziehen mussten.

4.8. Silber

Kritischer Rohstoff der EU	nein
Abbau und Produktion	
wichtigste Bergbauländer 2015:	Mexiko (19,8), China (15), Peru (13,9) (USGS 2016)
Lieferländer nach Deutschland 2011–2014:	Erz und Konzentrate: Mexiko (49), Argentinien (42,2) (BGR 2015b)
Verwendung in Zukunftstechnologien	RFID-Tags, bleifreie Lote, Silber-Zink-Akkumulatoren in mobilen Informations- und Kommunikationstechnologien, Nanosilber und Silber-Katalysatoren in alkalihaltigen Brennstoffzellen

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Die Verwendungsgeschichte von Silber reicht bis ins alte Ägypten um 4100 v. Chr. zurück. Silber ist somit eines der am längsten genutzten Metalle der Menschheitsgeschichte und in altbekannten Produkten, wie Schmuck oder Münzen, aber auch in modernen Technologien (Elektronik, Katalysatoren, Photovoltaik, RFID-Tags usw.) zu finden (Renner et al. 2009). Das breite Anwendungsfeld hat die Nachfrage nach Silber und somit auch die weltweite Bergwerksproduktion in den letzten Jahren ansteigen lassen (USGS 2016). Wurden 2008 noch 21.000 Tonnen im Jahr gefördert, so waren es in 2015 bereits 27.300 Tonnen (ebd., Wuppertal Institut 2011). Auch für die Zukunft wird ein steigender Bedarf prognostiziert. Gegenwärtig benötigen die untersuchten Zukunftstechnologien der DERA (insgesamt sieben, u. a. RFID-Tags, bleifreie Lote und Nanosilber) knapp 20 Prozent der weltweiten Bergwerksproduktion. Für 2035 wird angenommen, dass der Bedarf auf knapp ein Drittel steigt (DERA 2016). Vor allem die ausgezeichnete Leitfähigkeit von Silber wird die Nachfrage im Elektronik-Bereich weiter ankurbeln. Gewonnen wird das Edelmetall einerseits in Bergwerken mit Silber als Hauptprodukt (29 Prozent), andererseits auch als Nebenprodukt in der Blei-/Zink-Gewinnung (38 Prozent), in der Kupfer-Gewinnung (20 Prozent) und der Gold-Gewinnung (13 Prozent) (DERA 2016).

Neben den bereits beschriebenen negativen ökologischen und sozialen Auswirkungen in der Zink- und Kupfer-Gewinnung wird auch bei Silber- und Goldminen von schwerwiegenden Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörungen berichtet. Zum einen zählt Gold zu den vier Konfliktmineralien (s. Informationsbox # 3), zum anderen werden beim Abbau, der einen hohen Anteil an Abraum produziert, hochgiftige Stoffe wie Quecksilber oder Zyanid ein- beziehungsweise freigesetzt. Dadurch werden Gewässer und Böden langfristig vergiftet und die Gesundheit der Anwohner*innen enorm beeinträchtigt. Die Lebensgrundlage der lokalen Bevölkerung ist zudem durch die Zerstörung landwirtschaftlicher Nutzfläche stark gefährdet (Exner et al. 2016; Kampagne Bergwerk Peru 2015). Auch von unfreiwilligen Umsiedlungen in Bolivien und Indonesien wird berichtet (Terminski 2012). Versuche, gegen den Bergbau beziehungsweise die Umweltzerstörung und Intransparenz großer Bergbaufirmen Widerstand zu leisten, enden meist in Anfeindungen, Verfolgungen, öffentlicher Kriminalisierung oder auch mit dem Tod, wie Global Witness in seinem letzten Report alarmierend verdeutlichte (Global Witness 2016).

Recycling von Silber-Produkten, wie Münzen, Besteck und Schmuck, ist gut erprobt und etabliert. Bei modernen industriell gefertigten Produkten von Silber, wie RFID-Tags und Nanosilber, sieht dies jedoch anders aus. Das Wuppertal Institut fordert erhebliche Verbesserung in diesem Bereich, um den hohen Silberverlust zu reduzieren (Wuppertal Institut 2011).

4.9. Tantal (Coltan)

Kritischer Rohstoff der EU	seit 2014 nicht mehr auf der Liste, da neue Lagerstätten eröffnet wurden und die Tantal-Reserven als ausreichend angesehen werden. Konfliktmineral.
Abbau und Produktion	
wichtigste Bergbauländer 2013:	Ruanda (50), DR Kongo (16), Brasilien (12) (USGS 2016). Länderkonzentration Bergbau kritisch.
Verwendung in Zukunftstechnologien	Mikroelektrische Kondensatoren, Superlegierungen (rohstoffintenstiv!)

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Columbit-Tantalit, auch Coltan genannt, ist das wichtigste Tantalerzmineral. Der seltene Rohstoff wird hauptsächlich in Ruanda, Brasilien, DR Kongo, Äthiopien und Nigeria abgebaut und gilt als eines der vier Konfliktmineralien, da er im Zusammenhang mit der Finanzierung bewaffneter Konflikte im Osten der DR Kongo steht (s. Informationsbox # 3).

In den letzten Jahren hat vor allem die Finanzierung des blutigen Bürgerkriegs in der DR Kongo immer wieder den Coltan-Abbau in die Diskussion gebracht. In den 1990er und 2000er Jahren herrschte in dem zentralafrikanischen Land ein blutiger Bürgerkrieg, dem mehrere Millionen Menschen zum Opfer fielen. Verschiedene zivilgesellschaftliche Organisationen und Journalist*innen haben immer wieder auf die Verwendung des Rohstoffes in unseren modernen High-Tech-Produkten wie Smartphones oder Tablet-Computern verwiesen. Vor Ort haben der Abbau von schwer zugänglichen Lagerstätten und undurchsichtige Handels- und Lieferwege eine Finanzierung von bewaffneten Gruppen vereinfacht (vgl. u. a. Weed 2015, Flohr 2014, AK Rohstoffe 2014a). Die steigende Nachfrage nach High-Tech-Produkten hat sowohl die Bergwerksförderung als auch den Preis seit 2006 steigen und den Rohstoff knapp werden lassen (DERA 2016, Hütz-Adams 2012).

Die Erze werden unter schwierigen und gesundheitsgefährdenden Arbeitsbedingungen hauptsächlich durch Kleinschürfer*innen gewonnen. Die Bezahlung reicht häufig nicht einmal für die alltäglichen Nahrungsmittel (Wuppertal Institut 2013). Zudem geht mit dem Abbau eine enorme Umweltzerstörung einher, wie beispielsweise in Santa Cruz in Bolivien, wo in sensiblen Trockengebieten nach dem begehrten Metall gesucht wird. Coltan wird dabei zusammen mit Gold gewonnen, was häufig zum Einsatz des hochgiftigen Zyanids führt. Hinzu kommen die Freisetzung von Schwermetallen und der hohe Treibstoffverbrauch für die Pumpanlagen, was weitere Verschmutzungen der Böden, Gewässer und Luft zur Folge hat. Wälder werden gerodet, Flächen durch die bergbaulichen Aktivitäten umstrukturiert und dadurch die Biodiversität in der Region gefährdet. Die negativen Auswirkungen für die lokale Bevölkerung in Santa Cruz sind deutlich zu spüren, da ihnen ihre Lebensgrundlage durch die Zerstörung von landwirtschaftlich nutzbarer Fläche genommen und ihre Gesundheit gefährdet wird. Zudem leben in der Region viele Familien unterhalb der Armutsgrenze. Dadurch sind auch Kinder gezwungen im Bergbau mitzuarbeiten. In der Produktion von Tantal-Pulver, welches vorwiegend in der Elektronikindustrie genutzt wird, dominieren Cabot (USA) und das deutsche Unternehmen H. C. Starck mit 80-90 Prozent das weltweite Angebot (Küblböck et al. 2016).

Informationsbox # 3:

Konfliktmineralien

Der internationale Handel mit Mineralien, Edelsteinen und anderen Rohstoffen finanziert etwa in Afghanistan, Burma, der Zentralafrikanischen Republik, Kolumbien, der Demokratischen Republik Kongo oder Zimbabwe illegale, bewaffnete Gruppierungen. Auch korrupte Strukturen staatlicher Streit- und Sicherheitskräfte sowie Beamte werden verdeckt mit Finanzmitteln versorgt. So tragen internationale genutzte und gehandelte Rohstoffe global zur Finanzierung von Kriegen, Konflikten und Menschenrechtsverletzungen bei.

Seit 2010 stehen Unternehmen die von der OECD entwickelten Leitlinien zur Sorgfaltspflicht zur Verfügung *(OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas)* (OECD 2013). Dieses international anerkannte, fünfstufige Rahmenwerk sollten Unternehmen verwenden, wenn sie Rohstoffe aus Konflikt- und Hochrisikogebieten beziehen.

Sie basieren auf der zweiten Säule der UN-Leitprinzipien zur unternehmerischen Verantwortung. Diese besagt, dass alle Unternehmen entlang der Lieferkette ihrer Sorgfaltspflicht (engl.: due diligence) nachkommen müssen und über ihr Vorgehen öffentlich Bericht erstatten sollten. Auch der UN-Sicherheitsrat hat mit den OECD-Vorgaben nahezu identische Sorgfaltspflichtstandards für Unternehmen verabschiedet, die Mineralien aus der DR Kongo beziehen.

Die OECD-Standards geben einen internationalen Rahmen, an dem sich unter anderem auch die Chinesische Handelskammer der Importeure und Exporteure von Metallen, Mineralien und Chemikalien orientiert und aktiv in einem OECD-Forum über verantwortungsvolle Mineralienlieferketten mitgewirkt hat. So hat die Handelskammer unter anderem die chinesische Übersetzung der OECD-Leitlinien mitinitiiert und inzwischen eigene „Guidelines for Social Responsibility in Outbound Mining Investments" erarbeitet.

Gesetzlich verbindlich ist hingegen Artikel 1502 des im Juli 2010 verabschiedeten US-amerikanischen Dodd Frank-Gesetzes zur Reform der Wall Street und zum Verbraucherschutz. In dem Dodd-Frank-Act (DFA) verpflichtet die Regierung US-börsennotierte Unternehmen zu Offenlegungs- und Berichtspflichten bezüglich der Verwendung bestimmter Rohstoffe. Alle Unternehmen innerhalb der Lieferkette müssen überprüfen, ob ihre Produkte Zinn, Tantal, Wolfram oder Gold enthalten, die in der DR Kongo oder ihren neun Nachbarstaaten zur Finanzierung bewaffneter Gruppierungen beitragen. Diese Sorgfaltspflicht ist im Einklang mit einem national oder international anerkannten Due-Diligence-Rahmen zu erfüllen. Die OECD-Leitlinien sind der dafür derzeit verfügbare internationale Standard. Da diese Anforderungen des Herkunftsnachweises der 3TG (für die englischsprachigen Initialen für: Tin, Tantalum, Tungsten and Gold) innerhalb der Lieferkette weitergegeben werden, sind auch Zulieferer – beispielsweise europäische Unternehmen – von der Regulierung betroffen.

Auch auf europäischer Ebene begannen 2014 Verhandlungen zur Regelung von Rohstoffimporten aus Konfliktgebieten. Zwar hatte sich die EU im Mai 2011 beim OECD-Ministerrat dazu verpflichtet, die Einhaltung der OECD-Leitlinien zu fördern, doch zunächst schlug die EU-Kommission eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Selbstzertifizierung vor. So könnte von allen Importeuren, die sich für die Selbstverpflichtung entscheiden, verlangt werden, den Due-Diligence-Rahmen der OECD einzuhalten. Doch eine 2013 in Auftrag gegebene Analyse der Europäischen Kommission zeigte, dass nur vier Prozent der 330 analysierten Unternehmen freiwillig öffentlich darlegen, wie sie in ihren Lieferketten dem Risiko der Finanzierung von Konflikten oder Menschenrechtsverletzungen begegnen (Europäische Kommission 2013).

Nachdem das Europäische Parlament im Mai 2015 für Nachbesserungen des Kommissions-Vorschlags gestimmt hat, wurde am 22. November 2016 der Trilog mit EU-Kommission, Parlament und Rat über eine Konfliktrohstoff-Verordnung abgeschlossen. Die Verordnung deckt alle EU Importe der Rohstoffe Zinn, Wolfram, Tantal und Gold ab und hat damit einen globalen Geltungsanspruch. Das Modell der freiwilligen Selbstverpflichtung wurde durch eine verbindliche Verpflichtung ersetzt. Schmelzbetriebe oder Metallimporteure müssen nun ihrer Sorgfaltspflicht nachkommen und den Fünf-Schritte-Ansatz der OECD anwenden. Es ist allerdings nicht gelungen, wie im DFA und in den OECD-Standards vorgesehen, die gesamte Lieferkette einzubinden. Die Verordnung erfasst lediglich Unternehmen, die Rohstoffe in ihrer unverarbeiteten Form importieren und damit nur einen Teil der Wertschöpfungskette. Gerade die Abnehmer der geschmolzenen Rohstoffe, der sogenannte Downstream-Bereich, haben nahezu keinerlei Pflichten. Die Automobil-, Maschinenbau- und Elektronikindustrie etwa bleiben von der EU-Verordnung erst einmal gänzlich unberührt. Der Artikel 1502 des Dodd Frank-Gesetzes ist in dieser Hinsicht weitreichender, da alle an der Produktion beteiligten Unternehmen die Herkunft der Rohstoffe nachweisen müssen (vgl. AK Rohstoffe 2014a, Flohr 2014).

Einige Kritiker*innen behaupten, dass dieser Herkunftsnachweis zu einem de facto Embargo auf Rohstoffe aus der DR Kongo und ihren Nachbarstaaten geführt habe (New York Times 2011; Öko-Institut 2013b). Um die Wahrscheinlichkeit des Imports von Konfliktmineralien zu reduzieren, würden US-Firmen nun überhaupt keine Rohstoffe aus dem Kongo beziehen. Dieses de facto Embargo konnte statistisch nicht nachgewiesen werden, eine Länderliste widerspricht aber den OECD-Standards und der Idee der prozessualen Verbesserung durch die Anwendung von Sorgfaltspflichten. Als „Konflikt- und Hochrisikogebiete" sollten alle „(a) Gebiete [gelten], in denen Gewalt weit

verbreitet ist und (b) Verletzungen des nationalen Rechts und des Völkerrechts weit verbreitet sind“ (AK Rohstoffe 2014a).

Ebenso problematisch – sowohl im DFA als auch in der EU-Verordnung – ist die Beschränkung auf nur vier Metalle (Wolfram, Tantal, Zinn und Gold), da auch der Abbau und Handel mit anderen Rohstoffen Konflikte finanzieren kann (AK Rohstoffe 2014a). Die OECD-Standards, die in die grundsätzlichen „Guidelines for Multinational Enterprises“ eingebettet sind – haben ebenfalls keinen besonderen Rohstofffokus und besitzen eine Allgemeingültigkeit, die alle global produzierenden Unternehmen und ihre Lieferketten betreffen (OECD 2016).

Die EU-Verordnung weist noch andere Schlupflöcher auf: So werden durch in Bezug auf Importvolumen geltende Schwellenwerte weitere Unternehmen von der Einhaltung ausgenommen. Auch die Anerkennung der Standards von privaten Industrieinitiativen, mit denen Pflichten der Überprüfung von Lieferketten ausgelagert werden können, ist problematisch. Diese akkreditierten Industrieinitiativen, ebenso wie die auf einer Liste aufgeführten „verantwortungsvollen“ Schmelzen und Raffinerien werden nur begrenzt kontrolliert. Die Chance, die Regulierung in ein Bündel an Begleitmaßnahmen „zur Förderung von Demokratie, Rechtsstaatlichkeit, zur Friedenssicherung und zur Verbesserung der wirtschaftlich-sozialen Situation der lokalen Bevölkerungen“ einzubinden, wurde verpasst (AK Rohstoffe 2013).

Unsere Telefone und ihre Verbindung zu den blutigen Bürgerkriegen.
(Quelle: Stop Mad Mining)

4.10. Zinn

Kritischer Rohstoff der EU	Ja. Konfliktmineral.
Abbau und Produktion	
wichtigste Bergbauländer 2015:	China (34 Prozent), Indonesien (17 Prozent), Myanmar (10 Prozent) (USGS 2016)
wichtigste Raffinadeländer 2013:	China (45 Prozent), Indonesien (18 Prozent), Malaysia (9 Prozent); Länderkonzentration in der Raffination kritisch (DERA 2016)
Lieferländer nach Deutschland2011–2014:	Rohmetall Zinn: Peru (27,7 Prozent), Belgien (23,4 Prozent), Indonesien (20,5 Prozent) (BGR 2015b)
Verwendung in Zukunftstechnologien	Bleifreie Lote und Windkraftanlagen (beides rohstoffintensiv)

Auswirkungen des Abbaus und aktuelle Entwicklungen

Das Mineral Kassiterit, auch Zinnstein genannt, ist das bedeutendste Zinnerz in der weltweiten Zinn-Gewinnung (DERA 2016). Das Metall Zinn zählt zu den vier Konfliktmineralien, da durch seinen Abbau bewaffnete Konflikte in einigen Abbauregionen gefördert werden (s. Informationsbox # 3). Wie auch bei der Gewinnung von Kobalt, Tantal oder Wolfram ist die Zinn-Gewinnung hauptsächlich von Kleinbergbau und den damit verbundenen prekären Arbeitsverhältnissen geprägt (Exner et al. 2016,25). Gerade der illegale Kleinstbergbau hat aufgrund mangelnder Umwelt- und Sozialstandards negative Folgen für Mensch und Natur. Ein Beispiel für diesen Kleinstbergbau ist Bangka Belitung in Indonesien. Als zweitgrößtes Förderland und bedeutender Lieferant für Deutschland wird rund die Hälfte des geförderten Zinns von kleineren Unternehmen produziert. Deutschland importiert jährlich etwa 22.000 Tonnen raffiniertes Zinn und verarbeitet sechs Prozent des weltweit hergestellten Metalls. Damit ist es viertgrößter Verbraucher des Rohstoffs. Rund 18 Prozent wurden jährlich aus Indonesien importiert. In den letzten Jahren wuchs zudem der Anteil des geförderten Zinns aus dem marinen Bergbau. Dabei werden in Küstennähe mit Schwimmbaggern die Zinnerze aus dem Meer gewonnen. Das staatliche Unternehmen PT Timah Tbk plant zukünftig in bis zu 70 Metern Tiefe zu fördern. Meeresverschmutzung und Korallensterben sind dabei schon heute die Folge (Ruettinger et al. 2014b).

Bei der Umweltzerstörung an Land spielt der Abbau von Zinnerz in Indonesien eine große Rolle. Der hohe Flächenverbrauch des Abbaus führt zu großflächigen Rodungen, Bodendegradation und Gewässerverschmutzung. Durch eine mangelhafte Nachsorge der Bergbaugebiete wird langfristig die regionale Flora und Fauna gestört. Außerdem sind die Minenarbeiter*innen, vor allem im informellen Sektor, großen Gesundheitsrisiken, durch Schwermetallbelastungen und Hangrutschen ausgesetzt. Des Weiteren verbreitet sich in der Region der Malariaerreger, da die Wasserrückstandsbecken des Bergbaus einen optimalen Brutplatz für Mücken darstellen (FOE 2012).

Ein neuer Förderproduzent ist Myanmar. Durch die politische und wirtschaftliche Öffnung wurden Sanktionen der EU und der USA gegen das Land abgebaut. In kürzester Zeit wuchs die Produktion um 4.900 Prozent. Waren es im Jahr 2009 noch 600 Tonnen pro Jahr, stieg die Produktion auf 30.000 Tonnen im Jahr 2014 (Gardiner et al. 2015). Begleitet wird dieser gesteigerte Zinnabbau aber von erheblichen Umweltzerstörungen, wie Gewässerverschmutzung oder Zerstörung landwirtschaftlicher Anbaufläche (Myanmar Times 2016). Da das Land auch in vielen Gesetzgebungsverfahren, Kontrollmöglichkeiten sowie Implementierung und Durchsetzung von Regeln, gerade im Bereich sozialer und ökologischer Standards, noch weit hinterher hinkt, ist das Risiko der Förderung für Mensch und Umwelt in Ländern wie Myanmar besonders hoch.

Weltweit wird aufgrund zurückgehender Reserven eine Reduzierung des geförderten Primärzinns erwartet; schon heute führt der immer geringere Zinngehalt im Erz zu Lieferengpässen (Ruettinger et al. 2014c). Dennoch prognostiziert die DERA für Windkraftanlagen eine Bedarfssteigerung des verwendeten Zinns. Für bleifreie Lote wiederum wird von einer Reduzierung ausgegangen (DERA 2016).

5. Alter Wein aus neuen Schläuchen

Das BMBF kommt zu dem euphorischen Entschluss, dass Industrie 4.0 *„Antworten auf eine ganze Reihe aktueller Herausforderungen“* bietet. Dazu zählt es unter anderem *„die Verknappung natürlicher Ressourcen und Rohstoffe“* (BMBF 2013, 10). Doch gerade in diesem Bereich drohen Industrie 4.0, die Digitalisierung und die neuen Zukunftstechnologien neue und weitere Probleme aufzuwerfen, statt Antworten zu geben. Sie erzeugen neue Rohstoffbedarfe, die nicht über Recycling, Kreislaufwirtschaft oder gar einen heimischen Rohstoffabbau gedeckt werden können. Stattdessen liegt der Großteil der Abbaulasten auf den Bevölkerungen in den rohstoffreichen Ländern.

Wird hier die Zukunft der Bewohner*innen von Didipio dematerialisiert?
(Foto: Michael Reckordt)

5.1. Falsche rohstoffpolitische Forderungen der Industrie

Die deutsche Industrie knüpft derweil an die jüngste Geschichte ihrer rohstoffpolitischen Forderungen an. Sie hat einzig und allein ihre eigene Versorgungssicherheit im Blick. Diese treibt die Industrieverbände seit gut fünfzehn Jahren um. Anfang der 2000er-Jahre gründete sich der *„Ausschuss für Rohstoffpolitik“* im BDI. Das Ziel war, die vorher nur in Fachgremien der Industrie diskutierte Rohstoffpolitik auf die bundespolitische Tagesordnung zu setzen. In dem Interessensverband der Industrie ist traditionell die rohstoffverarbeitende Industrie stark vertreten. Es begann eine kontinuierliche Lobbyarbeit mit mittlerweile fünf BDI-Rohstoffkongressen, um den politischen Forderungen Nachdruck zu verleihen (Reckordt 2016a).

Dieter Ameling, damaliger Präsident der Wirtschaftsvereinigung Stahl, kritisierte auf dem ersten Kongress im Jahr 2005 öffentlich, dass in der deutschen Politik in der Vergangenheit *„der zentralen Bedeutung der Rohstoffversorgung nicht ausreichend Rechnung getragen“* wurde. Außenhandelspolitik sei vor allem als *„Instrument zur Öffnung von Absatzmärkten“*, aber nicht als *„Beitrag zur Rohstoffsicherung“* verfolgt worden. Doch Deutschland könne nur *„dann Exportweltmeister bleiben, wenn die Unternehmen freien und fairen Zugang zu den internationalen Rohstoffmärkten“* erhielten (zitiert nach: Fuchs und Reckordt 2013). Die zentrale Forderung wurde deutlich: der ungehinderte Zugang zu den globalen Rohstoffmärkten zur Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie.

Auf dem zweiten BDI-Rohstoffkongress 2007 wurden nicht nur die *„Elemente einer Rohstoffpolitik“* von der damaligen großen Koalition vorgestellt, sondern auch ein Interministerieller Ausschuss (IMA) Rohstoffe gegründet. Darin tauschen sich alle beteiligten Ressorts unter Federführung des Wirtschaftsministeriums zur aktuellen Rohstoffpolitik aus. Mit dabei der BDI als *„Sachverständiger“*, aber keine Vertreter*innen von Gewerkschaften oder Umwelt- und Menschenrechtsorganisationen.

Im Oktober 2010 präsentierte die Bundesregierung dann die *„Rohstoffstrategie der Bundesregierung“* auf dem dritten BDI-Rohstoffkongress. Während die Industrie eng eingebunden war, wurden die Betroffenen in den Abbaugebieten oder die deutsche Zivilgesellschaft weder konsultiert noch einbezogen (Reckordt 2016a).

Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung liest sich wie der Forderungskatalog der Industrieverbände: Diese beanspruchen weitere Freihandelsabkommen (vgl. Jaeger 2016), eine kohärente Rohstoffdiplomatie und Streitschlichtungsklagen im Rahmen der Welthandelsorganisation. Vor allem handelspolitische Maßnahmen anderer Länder, wie Exportzölle oder -quoten sowie Importvergünstigungen, sollen als Wettbewerbsverzerrungen mit harten Instrumenten (Klagen) und einer Rohstoffdiplomatie beschnitten werden. Die Strategie verspricht darüber hinaus eine stärkere Unterstützung der Industrie bei der Diversifizierung der Rohstoffquellen, etwa über staatliche Kredite und Investitionsgarantien,

Bergbauromantik in Rosia Montana, Rumänien (Foto: Michael Reckordt)

geologische Vorerkundungen und eine verbesserte Datenbereitstellung. Zur Beratung wurde die Deutsche Rohstoffagentur unter dem Dach der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe gegründet, die als Dienstleister der Industrie fungiert (Reckordt 2016a).

Es wurden weder Maßnahmen entwickelt, die den Rohstoffverbrauch absolut und deutlich senken oder die Recyclingquoten von Metallen erhöhen, noch grundlegende Menschenrechte und Rechte der vom Abbau Betroffenen geschützt und gestärkt. Stattdessen wurde versucht, die deutsche Industrie dazu zu bewegen, selbst stärker in den Abbau zu investieren. Dafür wurde unter anderem das Explorationsförderprogramm aufgesetzt. Mit ihm sollten Unternehmen angeregt werden, in die Erkundung von Rohstofflagerstätten und später in die Ausbeutung selbiger einzusteigen (vgl. Informationsbox #2). Doch aufgrund der geringen Nachfrage wurde das Förderprogramm klamm heimlich im Jahr 2015 eingestellt. Auch weitere Rohstoffpartnerschaften scheinen momentan weder von der Regierung noch von der Industrie angestrebt zu werden. Die bisherigen Abkommen mit der Mongolei (2011), Kasachstan (2012), Chile (2013) und Peru (2015) standen deutlich in der Kritik der Zivilgesellschaft (vgl. AK Rohstoffe 2014b, Deutschlandfunk 2014a, Deutschlandfunk 2014b, Hartmann 2016).

Das gleiche Schicksal wie das Explorationsförderprogramm erfuhr der Zusammenschluss von verschiedenen deutschen Industriekonzernen: der Rohstoffallianz. Im Jahr 2012 mit viel Brimborium aus der Taufe gehoben, schafften es Konzerne wie Bayer, BASF, Bosch, ThyssenKrupp oder Volkswagen nicht, Beteiligungen an Abbauprojekten zu gewinnen. Folgerichtig wurde die Rohstoffallianz zum Ende des Jahres 2015 leise und von der Öffentlichkeit unbemerkt aufgelöst. Doch all diese Entwicklungen und das Scheitern von diversen Politikinstrumenten halten Wirtschaftsminister Gabriel nicht davon ab, auf dem fünften BDI-Rohstoffkongress im Sommer 2016 in Berlin erneut die Industrie aufzufordern, sich stärker in den rohstoffreichen Ländern zu engagieren (Reckordt 2016b).

Die Industrie war allerdings erfolgreich, die stärkere Verankerung von Rohstoff- und Energiethemen in den Handelsabkommen der Europäischen Union durchzusetzen. In diesen Abkommen wurde der Zugang zu den Rohstoffmärkten verankert, indem zum Beispiel Exportzölle verboten wurden oder über den Investitionsschutz Bergbaukonzernen weitreichende Möglichkeiten gegeben wurde, gegen staatliche Regulierungen im Bereich Umweltschutz oder sozialen Standards zu klagen (vgl. Jaeger 2016, Reckordt 2017).

Dennoch betont zum Beispiel Ulrich Grillo, Präsident des BDI von 2013 bis 2016: *„Digitalisierung und Energiewende werde die Nachfrage nach Rohstoffen wie etwa seltenen Erden oder Lithium deutlich verstärken“* (BDI 2016a). Daher fordert er, die Politik müsse *„das Thema Rohstoffsicherheit wieder auf die politische Agenda setzen und sich aktiv für den Abbau staatlicher Handelsbeschränkungen auf Rohstoffe einsetzen“* (BDI 2016c). So gelten laut BDI Ausfuhrbeschränkungen wie Zölle, Quoten oder Exportverbote bei Seltenen Erden, Antimon oder Wolfram für mehr als 90 Prozent der Produktion. Die OECD kommt in ihrer Analyse auf weitaus geringere Zahlen, selbst die höchsten Exportrestriktionen vor allem für Antimon, Seltenerdmetalle und Wolfram betreffen maximal ein Drittel bis die Hälfte der Weltproduktion (OECD 2014).

Doch in eine ähnliche Richtung wie der BDI äußern sich andere relevante Industrieverbände, wie der Verband der Automobilindustrie (VDA). Schon im Jahr 2011 betonte er im Hinblick auf zukünftige Elektromobilität: *„Auch in Zukunft ist der sichere Zugang zu Rohstoffen wie Kobalt oder Neodym fundamental.“* Von der Politik forderten auch sie *„verlässliche Rahmenbedingungen durch eine integrierte nationale und europäische Energiestrategie, um die Versorgung mit kostengünstiger und umweltfreundlicher Energie für die Elektromobilität langfristig sicherzustellen“* (BDI 2011).

Die Politik unterstützt die Industrie gerne. So analysiert Forschungsministerin Prof. Dr. Johanna Wanka wie folgt: *„Neue Technologien und Produkte mit völlig neuer Rohstoffzusammensetzung führen so zu einem drastischen Anstieg der Nachfrage nach bestimmten wirtschaftsstrategischen Rohstoffen, die für die Hightech-Industrie unverzichtbar sind, sei es Indium für Flachbildschirme, Lithium für Akkus oder Germanium für Glasfaserkabel"* (Wanka 2016). Auch wenn das Bildungs- und Forschungsministerium die knappen Rohstoffe als Herausforderung erkennt, wird von der Politik und Wirtschaft vollkommen außer Acht gelassen, dass für die Herstellung der laut BMWI *„wichtigsten Komponenten"* der CPS – *„intelligente Maschinen, hochflexible Roboter, Positions- und Bewegungssensoren, Automatisierungstechnik und Leistungselektronik"* (BMWi 2015) – wiederum Rohstoffe benötigt werden.

„Freier und fairer" Zugang zu den Rohstoffmärkten bleibt so weiterhin die zentrale Forderung der Verbände. Obgleich sich ein Teil der Industrie damit abfindet, in Zukunft weniger fossile Rohstoffe, wie Kohle und Erdöl, zu nutzen, drängen die Industrieverbände darauf, den Fluss der Rohstoffe weiter zu gewährleisten, nur dass diese jetzt Seltenerdmetalle, Lithium, Kupfer oder Kobalt heißen.

Gleichzeitig wehren sich deutsche Unternehmen gegen eine gesetzliche Verankerung von verbindlichen Standards zum Schutz von Menschenrechten oder der Umwelt. Sie verweigern sich unter anderem der Festlegung von menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten entlang der Lieferkette, obwohl es bereits Vorreiterunternehmen gibt, die Sorgfaltspflichten umsetzen – in der IT-Branche haben das Fairphone und die Computer-Maus von Nager IT eine Diskussion angeregt – und sich verstärkt Einzelunternehmen für verbindliche Standards einsetzen (vgl. AK Rohstoffe 2015).

5.2. Dematerialisierung – uneinlösbares Versprechen der Industrie 4.0

Ein Versprechen der Industrie 4.0 ist, dass durch die Entwicklung von neuen Technologien gewisse Krisen bekämpft werden können. So sollen Wertschöpfungsketten ressourceneffizienter neu organisiert werden können. Industrie 4.0 hat im Kern ein ähnliches Versprechen wie die Grüne Ökonomie. *„Mit mehr technologischer Innovation schaffen wir die Effizienzrevolution und die Entkopplung der Wirtschaftsleistung vom Energie- und Materialverbrauch"*, fassen Thomas Fatheuer, Lili Fuhr und Barbara Unmüßig in ihrer *„Kritik der Grünen Ökonomie"* die Ziele der selbigen zusammen (Fatheuer et al. 2015). Beiden Narrativen kann man eine Technologiegläubigkeit unterstellen, die blind ist *„für Fragen der Macht und Politik und für Fragen von Gerechtigkeit und Demokratie"* (ebd.).

Der Glaube – stellenweise grenzt er schon an Wahnsinn – an den technologischen Fortschritt führt dazu, dass Vertreter*innen der Wirtschaft und Politik eine Dematerialisierung durch die Industrie 4.0 prognostizieren. Luis Neves, stellvertretender Vorsitzender der deutschen Telekom und zudem Konzernbeauftragter für Klimawandel und Nachhaltigkeit, äußerte sich im November 2015 auf der Rohstoffkonferenz der Bundesregierung dahingehend, dass einige Probleme der Lieferkette in Zukunft dadurch gelöst würden, dass es einfach eine starke Dematerialisierung durch die Industrie 4.0 und Internet- und Kommunikationstechnologie (ITK) geben würde. In einer vom Konzern finanzierten Publikation rechnet die Telekom vor, dass im Bereich der E- Paper – durch elektronische Zeitungen und Bücher – ein Einsparpotential von 9,5 Millionen Tonnen Papier bestünde. Dies würde einem theoretischen Reduktionspotenzial der Treibhausgase um 4,5 Megatonnen CO_2-Emissionen entsprechen (GeSI o. J.). Nun fehlt in dieser Rechnung scheinbar die Einberechnung der E-Reader und Computer, die man benötigt, um in Zukunft die Daten zu lesen. Auch der elektrische Strom, den diese Geräte in Produktion und Betrieb benötigen sowie der für Recycling aufgewendet wird, müssten mit den Einsparzielen verglichen werden. Und selbst wenn diese mit berechnet werden würden, bleibt Holz ein nachwachsender Rohstoff, was für metallische Rohstoffe nicht gilt. Zumal diese häufig in so kleinen Mengen (als Legierungen, Lötpunkte, etc.) in den Elektronikprodukten aufgetragen und deshalb nicht zurückgewonnen werden können, dass sie de facto verbraucht werden.

Die Potenziale der Dematerialisierung sind bisher nur an Einzelbeispielen analysiert und noch nicht systematisch zusammengetragen worden. Doch schon jetzt scheint es auch in der Industrie eine Skepsis zu geben, ob die Dematerialisierung Wirklichkeit wird. *„Für die Technologien von morgen brauchen wir mehr Rohstoffe – für ein Elektroauto zum Beispiel 60 Kilogramm mehr Kupfer, 50 Kilogramm mehr Aluminium, 20 Kilogramm mehr Stahl und zehn Kilogramm mehr Nickel als für einen herkömmlichen Verbrenner. Bei Erneuerbaren Energien und der Telekommunikation spielen Aluminium, Kupfer, Magnesium, Nickel, Zink, Blei und andere Metalle ebenfalls eine wichtige Rolle"*, schreibt zum Beispiel die Wirtschaftsvereinigung Metalle auf ihrer Homepage (WVM 2016). Der BDI wird noch deutlicher: *„Ohne Rohstoffe keine Energiewende,*

keine Elektromobilität, keine schnellen Breitbandnetze, und keine Industrie 4.0" (BDI 2016b).

Bei vielen Entwicklungen wird es also nicht um eine Dematerialisierung gehen, sondern um einen Wechsel der Rohstoffströme. Fossile oder nachwachsende Rohstoffe werden durch metallische Rohstoffe ersetzt. Eine Dematerialisierung findet nicht statt. *„Innovation macht unsere Produkte energieeffizienter – aber dann konsumieren wir soviel mehr Produkte, dass wir keine De-Materialisierung von irgendetwas haben*" (zitiert nach Fatheuer et al. 2015), schrieb der Umweltwissenschaftler Vaclav Smil im Jahr 2014.

5.3. Ressourceneffizienz

Noch stärker als die Dematerialisierung wird die höhere Effizienz bei der Nutzung von Rohstoffen und Energie durch die Industrie 4.0 hervorgehoben. Die Wirtschaftswoche sprach schon vor drei Jahren von allgemeinen Effizienzgewinnen in Höhe von 30 Prozent für jede Fabrik (Wirtschaftswoche 2013). Auch eine effizientere Nutzung von Rohstoffen und Energie wird durch Industrie 4.0 in Aussicht gestellt. Die DERA sieht gleich vier mögliche Lösungsansätze durch neue Technologien in Bezug auf Effizienz.

Der erste Lösungsvorschlag sei der *„Ausbau und Effizienzsteigerung von Erzabbau bzw. Metallgewinnung*" (DERA 2016). Sicherlich ist es im Interesse aller, dass Rohstoffabbau möglichst effizient und mit wenig Verlust an Material geschieht. Im freien Wettbewerb, in dem die Bergbaukonzerne stehen, heißt Effizienz aber gleichzeitig auch Kosteneinsparungen. Die Geschäftsführer des Zuliefer-Unternehmens MIRS (Mining and Heavy Industry Robotics), die auf einen Kundenstamm wie Anglo American, Codelco, BHP Billiton, KGHM und FreeportMacMoRan verweisen, schreiben dazu: *„Während das mobile Internet, Industrie 4.0, die Automatisierung von Wissen und Cloud Technolgien erwartbar die Produktivität von Minen dramatisch erhöhen, werden fortschrittliche Roboter-Systeme menschliche Arbeitskraft für einfach Tätigkeiten ersetzen*" (Elias und Espinoza 2016). Die Effizienz geht hier vor allem zu Lasten der wenigen Arbeitsplätze in der extraktiven Industrie. Der hochtechnologisierte Abbau wird die Länder des Globalen Südens weiterhin in der Rolle des Rohstofflieferanten verharren lassen, Abbautechnologie wird importiert werden müssen, große, multinationale Konzerne den Markt unter sich aufteilen. Vor allem für Kleinschürfer*innen wird der Zugang zum Markt in Zukunft weiterhin erschwert. Dabei sind es gerade ihre Einnahmen, die der lokalen Ökonomie zu Gute kommen. Der lokalen Bevölkerung bleibt kaum die Möglichkeit, von dem Ressourcenreichtum zu profitieren. In Zukunft könnten selbst die wenigen, einfachen Arbeitsplätze in die Kontrollzentren des Globalen Nordens verlagert werden. Etwaige ökologische Risiken wird aber weiterhin die Bevölkerung vor Ort tragen.

Die von der DERA als zweitens vorgeschlagene *„Substitution auf Material- und Technologieebene*" wird ebenso wie die als drittens vorgeschlagene *„Ressourceneffizienz in Produktion und Anwendung*" den Status Quo einfrieren (DERA 2016). In einer Studie von PWC haben die Unternehmen, die ihre Lieferkette stärker digitalisiert haben, schon heute eine durchschnittliche Erhöhung der Effizienz um 3,3 Prozent pro Jahr. Das führt zu einer Kosteneinsparung von 2,6 Prozent. Vor allem die Qualitätsverluste in der Produktion sollen deutlich reduziert werden, gleichzeitig werden unternehmensinterne Prozesse flexibler und kohärenter (PWC 2014). Ob dies aber zu einer dringend erforderlichen Reduktion des gesamten Rohstoffverbrauchs führt, darf bestritten werden. Der in der Wissenschaft vielfach nachgewiesen Rebound-Effekt gilt auch für die Produktion. Das heißt auch optimierte Produktionsprozesse können – durch die Mehrproduktion – dafür sorgen, dass in absoluten Zahlen sogar mehr verbraucht wird. Aus der Analyse von mehr als 100 Einzelstudien *„kann abgeleitet werden, dass Rebound-Effekte langfristig mindestens 50 Prozent des Einsparpotentials von Effizienzmaßnahmen aufzehren werden*" (Santarius 2013). Das heißt, viele Einsparungen im Bereich der Rohstoff- und Energieintensität werden aufgefressen dadurch, dass mehr produziert oder konsumiert wird.

Ebenfalls ist unklar, inwieweit der Stromverbrauch der großen Datenmengen in die Effizienz mit eingerechnet wird. Nach einer Studie von PWC fallen bei einem Automobilzulieferer allein an zusätzlichen Sensor-Daten mit 800 Milliarden Einträgen 50 Terabyte an Daten pro Jahr an. Wenn der Hersteller die Produktion und die Produkte umfassend kontrolliert und begleitet, um defekte Teile unter Umständen früher auszutauschen beziehungsweise gar nicht erst zu verbauen, könnte das massiv Rohstoffe einsparen, doch gleichzeitig müssten für die Produktion von Sensoren, Datenspeichern, Bildschirmen erstens neue Rohstoffe eingesetzt werden und zweitens benötigen diese Technologien Energie (PWC 2014).

Als viertes hofft die DERA auf verstärktes *„Recycling, gewährleistet durch recyclinggerechtes Design, Rückführungsstrategien und effiziente Recyclingtechnologie*" (DERA 2016). Industrie 4.0 lässt, so das Bildungs- und Forschungsministerium in

einer Zukunftsvision, kontinuierliche Optimierungen aller Prozesse zu. *„Die Optimierung erfolgt unter Berücksichtigung mehrerer Kennziffern gleichzeitig: Zeit, Qualität, Kosten, Ressourceneinsatz oder Energiekosten sind nur die wichtigsten“* (BMBF 2013). Dabei werden Daten aus allen Produktionszyklen erhoben, sodass laut BMBF auch Daten aus der Entsorgung mit in die Produkt- und Prozessoptimierung einfließen können. Ob und inwieweit das tatsächlich geschieht, liegt aber sicherlich auch am Gesetzgeber. Große Herausforderungen liegen immer noch im Bereich der Kleinelektronikgeräte, wo das Sammeln von alten Rasierern, Föhnen, Smartphones und anderer Kleinelektronik immer noch nicht ausreichend gut funktioniert.

Mehr Effizienz und Automatisierung, weniger Arbeitsplätze
(Foto: Michael Reckordt)

5.4. Grünes Internet und Datensicherheit

Die allumfassende Digitalisierung der Produktion und der Logistik lässt auch Fragen der Datensicherheit und nach dem *„grünen Internet“* aufkommen. Das BMWi geht davon aus, dass *„die Zahl der an das Internet angeschlossenen intelligenten Produkte“* schnell ansteigt (BMWi 2015). *„Es gibt Schätzungen, dass von weltweit rund 200 Milliarden Objekten bis zum Jahr 2020 rund 32 Milliarden über das Internet vernetzt werden können“* (ebd.). Schon bald, so prophezeit es das BMBF, könnten Objekte mit Sensoren versehen werden und in *„nahezu beliebig großer Zahl über das Internet miteinander vernetzt werden. Schlussendlich entsteht ein Internet der Dinge, in dem jedes technische Gerät mit jedem anderen Gerät in der Welt nahezu in Echtzeit Informationen austauscht“* (BMBF 2013,10). Das würde nicht nur bedeuten, dass knapp 80 Prozent der Deutschen online wären und sich vernetzen, sondern auch die Smartphones, T-Shirts, Mixer und Hauselektronik der 64 Millionen *„Online-Deutschen“*. Für viele Datenschützer*innen ist das wiederum eine sehr gruselige Vorstellung, die den gläsernen Menschen ermöglicht, wenn die Vielzahl der Daten einzelnen Personen zugeordnet werden kann (Digitalcourage 2003, 2013).

Auch wenn diese Geräte nicht Streaming-Dienstleistungen, Katzenvideos und Urlaubsbilder posten, dürfte die Datenmenge, die rund um die Uhr und an allen Wochentagen in die Cloud gegeben werden, die heutige Datenmenge deutlich übertreffen. Das unterläuft schlussendlich dem politischen Ziel, unseren Energieverbrauch auf ein global nachhaltiges und zukunftsfähiges Maß zu reduzieren.

Greenpeace hat in einer Studie 2011 errechnet, dass nur fünf Länder einen größeren Stromverbrauch für ihre digitale Infrastruktur haben als das globale Internet an sich. Viele Daten- Center und digitale Konzerne machen sich noch immer zu wenig Gedanken, wo der Strom für ihre digitalen Produkte her kommt. Apple ist in diesem Feld ein Vorreiter und bekommt nahezu 100 Prozent des Energieverbrauchs aus Erneuerbaren Energien. Auch Google und Facebook haben angekündigt, ihren Verbrauch möglichst bald auf 100 Prozent Erneuerbare umzustellen. Generell wächst aber weltweit die Menge an Daten jährlich um 20 Prozent. Industrie 4.0 könnte hier eine Beschleunigung auslösen. Auch dass sich der Zugang zum Internet von über drei Milliarden Menschen im Jahr 2014 auf über 7,5 Milliarden im Jahr 2020 mehr als verdoppeln könnte (Greenpeace 2015), ist rohstoffpolitisch eine bedenkliche Entwicklung, wenn dieser Prozess nicht mit einem massiven Ausbau an Erneuerbaren und einem Ausstieg aus den fossilen und nuklearen Energien verbunden ist. Gleichzeitig macht es das gigantische Wachstum sehr schwer, darüber nachzudenken, wie Verbräuche reduziert werden können – auch jenseits der technologischen Entwicklung, bei der Einzelgeräte in Zukunft weniger verbrauchen könnten.

Daran anschließend rücken viele Fragen zum Thema Datensicherheit ins Zentrum. Datensicherheit und Schutz vor Hackerangriffen sind im Rohstoffsektor häufig verbunden mit Fragen der Arbeitssicherheit, Umweltrisiken und Menschenrechtsverletzungen. Denn Industrie 4.0 ist schon heute an einigen Stellen Realität, die Schutzmechanismen aber werden häufig weder bei den Unternehmen aufgebaut noch die Politik dafür sensibilisiert. So berichtet die Bundesdruckerei von einem Hacker-Angriff aus dem Jahr 2014 gegen einen Stahlkonzern:

„Die Industrie 4.0 ist vielerorts Realität: Industrieanlagen werden heute schon über das Internet aus der Ferne gesteuert und gewartet. Damit sind sie aber immer häufiger Cyberangriffen ausgesetzt. 2014 brachten Hacker laut dem Lagebericht des BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) einzelne Steuerungskomponenten und Anlagen in einem Stahlwerk unter ihre Kontrolle. In der Folge konnte ein Hochofen nicht mehr heruntergefahren werden und wurde stark beschädigt. Die Angreifer hatten sich über Social Engineering und Phishing-Mails Zugang zum Büronetzwerk verschafft. Von dort aus drangen sie immer tiefer in das System ein, bis sie schließlich Zugriff auf die Steuerung der Produktionsanlagen hatten. Bekannt wurde der Vorfall nur, weil Betreiber von kritischen Infrastrukturen wie Wasserversorger, Energieunternehmen oder Telekommunikationsanbieter verpflichtet sind, derartige Vorkommnisse anonymisiert dem BSI zu melden. Bis heute ist nicht bekannt, welches Unternehmen betroffen war.“ (Bundesdruckerei 2016)

Es lässt sich leicht ausmalen, welche Risiken es birgt, wenn Hacker die Kontrolle über Minen und Schmelzbetriebe erlangen können. Gefährliche Substanzen können in die Umwelt und das Wassersystem gelangen, Arbeiter*innenschutz kaum mehr gewährleistet werden. Zu diesen Risiken gibt es bislang noch keine tiefgehenden Studien.

Dazu kommen die viele elektronischen Komponenten wie RFID-Tags und Sensoren, die den Datenschutz gefährden. Mit der Hilfe von RFID-Tags und Sensoren können private Unternehmen große Datenmengen über Gegenstände, aber auch Personen sammeln. *„So erlebt ein Joghurt die Industrie 4.0“*, betitelte im Jahr 2015 die Wirtschaftswoche einen Artikel über Lieferkettentransparenz. Schon heute ist es einigen Unternehmen, wie dem niederländischen Agrarkonzern Friesland-Campina, möglich, die Lieferkette vom Rohstoff (Milch) bis zum finalen Produkt (Joghurt) zu verfolgen, zu jeder Zeit wissend wo der Rohstoff (Milch) sich gerade befindet, inklusive Informationen über die milchgebende Kuh, der Logistik bis hin zum fertigen Produkt (Wirtschaftswoche 2015). Doch es sind nicht nur Agrarkonzerne, die sich mit dieser Lieferkettentransparenz in dem Artikel rühmen. *„Währenddessen setzt der Bosch-Konzern bereits Maßstäbe. Er hat gerade eine virtuelle Lieferkette nachgezeichnet“*, wissen die Journalist*innen der Wirtschaftswoche. *„Autozulieferer Bosch hat bereits die Lieferkette für ein Bauteil eines Dieselmotors nachgebildet“* (ebd.). Ob das Software-Lösungen beinhaltet, die Schadstoffemissionen verschleiern, ist nicht bekannt. Nur, dass mit RFID-Codes innerhalb des Konzerns, aber auch darüber hinaus, Produktions- und Logistik-Herausforderungen bearbeitet werden können (Bosch 2014). Bosch ist eben jener Konzern, der noch 2016 angekündigt hat, stärker auf dem afrikanischen Kontinent und auch im Bergbau aktiver zu werden (Handelsblatt 2016a). Ob das aber am Ende beinhaltet, einen Rohstoff von der Mine bis zum Endprodukt nach zu verfolgen, darf bezweifelt werden.

Heutzutage gibt es kaum noch einen Bereich, wo diese RFID-Tags nicht genutzt werden. Eintrittskarten, Personalausweise, Fahrkarten, Kleidung, Elektronik, überall finden sich die versteckten Datensammler und Übermittler. Nur selten wissen Kund*innen, Nutzer*innen oder Bürger*innen allerdings darüber Bescheid, da diese Tags nicht ausgewiesen werden müssen (Digitalcourage 2013).

Neben den vielen Risiken, gibt es auch Chancen. *„Der große Charme von Industrie 4.0 für die Unternehmen liegt auch darin, dass sie durch Mobilfunk, Internet und Datenfernübertragung künftig die totale Kontrolle über ihre Produkte vor und nach der Herstellung erlangen können“* (Wirtschaftswoche 2015). Mit dieser Chance geht die Verantwortung einher, dass Unternehmen reagieren müssen, wenn bei der Beschaffung der Rohstoffe oder der Entsorgung von Alt-Geräten etwas schief läuft. RFID-Tags könnten zum Beispiel genutzt werden, um giftige Inhaltsstoffe an ein Lesegerät in der Mülldeponie zu übermitteln. Auch weitere Hilfen, wie stoffliche Zusammensetzung, könnte es den Recycling-Unternehmen vereinfachen, ohne große Risiken Rohstoffe wieder zurückzugewinnen (Digitalcourage 2003). Doch während es eine zentralen Forderungen der Zivilgesellschaft im Rahmen der Entwicklung des Nationalen Aktionsplan zur Umsetzung der UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte war, genau diese Verantwortung zur Sorgfaltspflicht gesetzlich zu verankern, haben gerade die Industrieverbände dies torpediert (Monitor 2016).

6. Politisches Umsteuern notwendig*

Die rohstoffpolitischen Forderungen der Industrie, die weiterhin einseitig die Versorgungssicherheit in den Fokus stellen, werden die globalen Herausforderungen des Rohstoffabbaus nicht lösen. Genau im Gegenteil, Industrie 4.0 scheint die schon jetzt mit dem Rohstoffabbau einhergehenden Herausforderungen an vielen Stellen massiv zu verschärfen. Schon heute treibt der Verbrauch von Rohstoffen aller Art den Planeten an seine und stellenweise über seine Grenzen. Die geschilderten prognostizierten Rohstoffverbräuche sind daher eher eine zusätzliche Belastung. Es ist eben nicht so, wie das BMWi frohlockt, dass die *„deutsche Wirtschaft nachhaltiger [wird], da [Industrie 4.0] erheblich zu Ressourcenschonung und Energieeffizienz beiträgt“* (BMWi 2015). Im Gegenteil: Die große Gefahr besteht, dass ein Pfad eingeschlagen wird, der nicht-nachhaltig, ressourcenintensiv und am Ende nur ein Irrweg ist, an dessen Wegesrand regelmäßig Menschenrechtsverletzungen und ökologische Katastrophen zu finden sind. Ein Ressourcenfluch 4.0 bahnt sich für viele Gemeinschaften an, die noch heute auf den Rohstofflagerstätten leben, dort Landwirtschaft betreiben oder das knapper werdende Gut Wasser nutzen.

Wie gezeigt werden konnte, erzeugen die Veränderungen durch Industrie 4.0 neue Nachfragen nach Rohstoffen und damit verbunden neue Gefahren für ökologische Katastrophen und massive Menschenrechtsverletzungen. Die Politik darf hier nicht einseitig im Sinne der Industrie einen Weg ebnen, sondern muss seiner ökologischen und sozialen Verantwortung gerecht werden. Doch gerade von dieser Verantwortung ist in den Diskursen von Industrie, Politik, Medien und Wissenschaft noch nicht viel zu hören. So sieht zum Beispiel die DERA in Industrie 4.0 selbst politische Lösungsansätze für die ökologischen Herausforderungen. Diese sind allerdings gekennzeichnet an einen großen Glauben an technologische Lösungen und dadurch an vielen Stellen wesentlich zu kurz gegriffen. Sie werden die imperiale Lebensweise im Globalen Norden nicht verändern. Im Gegenteil, die genannten Vorschläge werden den Status Quo eher weiter in die Zukunft tragen.

Gegenwärtig ist die Realisierung von Industrie 4.0 noch ein Zukunftsprojekt. Damit es nicht zu Lasten von späteren Generationen und der Bevölkerung in den rohstoffreichen Ländern geschieht, müssen nun Weichen gestellt werden, die eine gerechtere Verteilung von Einnahmen, aber auch Risiken ermöglichen. Die Politik ist gefragt, hier schnellst möglich zu handeln.

6.1. Absolute Senkung der Rohstoffverbrauchs

Anstatt weitere Verschiebungen der Rohstoffströme durch Industrie 4.0 oder andere Projekte zu forcieren, müssen wir eine absolute Senkung des Rohstoffverbrauchs auf ein nachhaltiges und damit auch global gerechtes Niveau erreichen. Die Bundesregierung muss dies als Ziel der deutschen und europäischen Rohstoffpolitik mit verbindlichen und absoluten Zahlen festlegen. Diese Ziele müssen unter Beteiligung der Zivilgesellschaft erarbeitet und Fortschritte kontinuierlich anhand eines aussagekräftigen Leitindikators überprüft werden (AK Rohstoffe 2016).

Durch die verstärkte Digitalisierung muss die Bundesregierung den Ausstieg aus der Verstromung von fossilen Energieträgern beschleunigen. Sie sollte dafür auf die Gewinnung und den Einsatz neuer fossiler Rohstoffe (insbesondere durch Fracking gewonnenes Gas und Öl) verzichten und einen schnellstmöglichen und zeitlich gestaffelten Ausstieg aus der Braun- und Steinkohleverstromung in Form eines Kohleausstiegsgesetzes beschließen (Heinrich-Böll-Stiftung 2015, AK Rohstoffe 2016). Darüber hinaus sollten auch Investitionen in weitere Erdgas-Infrastruktur ausbleiben, da *„Erdgas weder ein klimafreundlicher Ersatz für Kohle noch uneingeschränkter Partner beim Ausbau der Erneuerbaren Energien“* ist (Weis 2015).

Zeitgleich steigt durch die Produktion von Sensoren, Displays, Mikrochips und anderen Empfangs- und Sendegeräten die Gefahr, dass metallische Rohstoffe *„verbraucht“* werden, indem sie in Produkten nicht kenntlich gemacht und somit nicht zurückgewonnen werden. Daher sollte die Kreislaufwirtschaft gestärkt werden. Wichtig dazu wäre auch, Sammelsysteme zu verbessern und den Recyclinganteil sukzessive zu erhöhen (vgl. Öko-Institut 2016b, Statista 2016b und Abbildung 4).

* Viele der geforderten Maßnahmen basieren auf den Forderungen des AK Rohstoffe, einem Netzwerk von deutschen Menschenrechts-, Umwelt- und Entwicklungsorganisationen (vgl. AK Rohstoffe 2016).

Raus aus der Kohle, rein in die Zukunft (Foto: Ende Gelände, flickr mit cclicense)

Bindende Abfallvermeidungsziele und separate, verbindliche Wiederverwendungsziele beispielsweise für Elektrogeräte sind dringend erforderlich. Über das Produktdesign (bei Elektronik: Hardware und Software) muss die Wiederverwendung, Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit von Produkten gestärkt werden. Die Bundesregierung muss sich dafür einsetzen, die Potentiale der Ökodesignrichtlinie auf EU-Ebene dafür voll auszuschöpfen und Schadstoffe in Produkten zu reduzieren (AK Rohstoffe 2016).

Auch die Möglichkeit durch eine Steuer- und Zollpolitik, Rohstoffströme zu begrenzen, müssen genutzt werden. Das bedeutet, dass die europäische Handelspolitik nicht dazu beitragen darf, den Regierungen der Handelspartner politische Maßnahmen zu verwehren. Es braucht weiterhin die Möglichkeiten zum Beispiel Ausfuhrbeschränkungen auszurufen oder Exportsteuern zu erheben (vgl. Jaeger 2016).

Einen spannenden Ansatz schlägt das Öko-Institut bei der Verwendung von Neodym vor. Neodym, ein Seltenerdmetall, wird in Technologien wie modernen Windkrafträdern oder in der Elektromobilität genutzt und unter ökologisch sehr risikoreichen Bedingungen gewonnen. Beim Abbau können sowohl Schwermetalle als auch radioaktive Stoffe freigesetzt werden. Da die weltweite Produktion nahezu ausschließlich in China stattfindet, schlägt das Öko-Institut vor, die dortigen Minen zu zertifizieren. Wenn bis zu einem festgelegten Zeitpunkt zertifiziertes Neodym nicht genügend Marktanteile besitzt, sollten Importzölle auf nicht-zertifiziertes Material eingeführt werden. *„Die Importzölle sollen einen robusten Anreiz zur Förderung nachhaltiger Produkte im Sinne der Preiserhöhung darstellen. Dabei müssen die Preise genügend hoch sein, um dem nachhaltig gewonnenem Neodym eine realistische Chance zum Markteintritt und zur Marktdurchdringung zu geben“* (Öko-Institut 2016a). In einer dritten Stufe könnten, sollte auch dieser Schritt nicht den erwünschten Erfolg bringen, Importverbote ausgesprochen werden. Das Öko-Institut erhofft sich dadurch, bis zum Jahr 2049 80 Prozent des in Europa genutzten Rohstoffs nachhaltig gewonnen worden ist (Öko-Institut 2016a).

Zudem darf der Hunger nach neuen Ressourcen nicht dazu führen, dass ökologische Irrwege eingeschlagen werden. Daher sollte zum Beispiel auf Tiefseebergbau verzichtet werden. Die Folgen des Abbaus in der Tiefe sind für Natur und Mensch bisher absolut nicht abschätzbar und die politischen Prozesse zur Reglementierung vollkommen unzureichend (AK Rohstoffe 2016, vgl. Informationsbox #1).

6.2. Menschenrechte schützen

Viele deutsche Unternehmen waschen ihre Hände in Unschuld, obwohl sie über die Lieferkette und als Nutznießer der Rohstoffe in Menschenrechtsverletzungen direkt oder indirekt involviert sind. Daher braucht es dringend ein verpflichtendes Gesetz zu gebührender menschenrechtlicher Sorgfalt im globalen Geschäftsverkehr. Unternehmen müssen verpflichtet werden, die Auswirkungen ihrer Aktivitäten und Geschäftsbeziehungen auf Menschenrechte und Umwelt entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu untersuchen und negativen Auswirkungen entgegenzuwirken. Können sie entsprechende Risiko- und Folgenabschätzungen auf Anforderung der zuständigen deutschen Behörde nicht nachweisen, wird ein Bußgeld fällig. Im Falle vermeidbarer Schäden muss die Regierung Opfern die Möglichkeit geben, dafür mitverantwortliche Unternehmen vor deutschen Zivilgerichten auf Schadensersatz zu verklagen. Unternehmen, die ihren menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten nicht nachkommen, müssen für fünf Jahre von öffentlichen Aufträgen und der Außenwirtschaftsförderung (AWF) ausgeschlossen werden (AK Rohstoffe 2016).

Ganz besonders kritisch ist die mit Industrie 4.0 verbundene ansteigende Nutzung von sogenannten Konfliktrohstoffen. Die EU hat im Jahr 2016 eine Gelegenheit verpasst, eine verbindliche Verordnung zur verantwortlichen Beschaffung von Rohstoffen aus Hochrisiko- und Konfliktgebieten für den Upstream- und Downstream-Bereich zu verabschieden (s. Informationsbox #3). Daher muss die Bundesregierung bei der

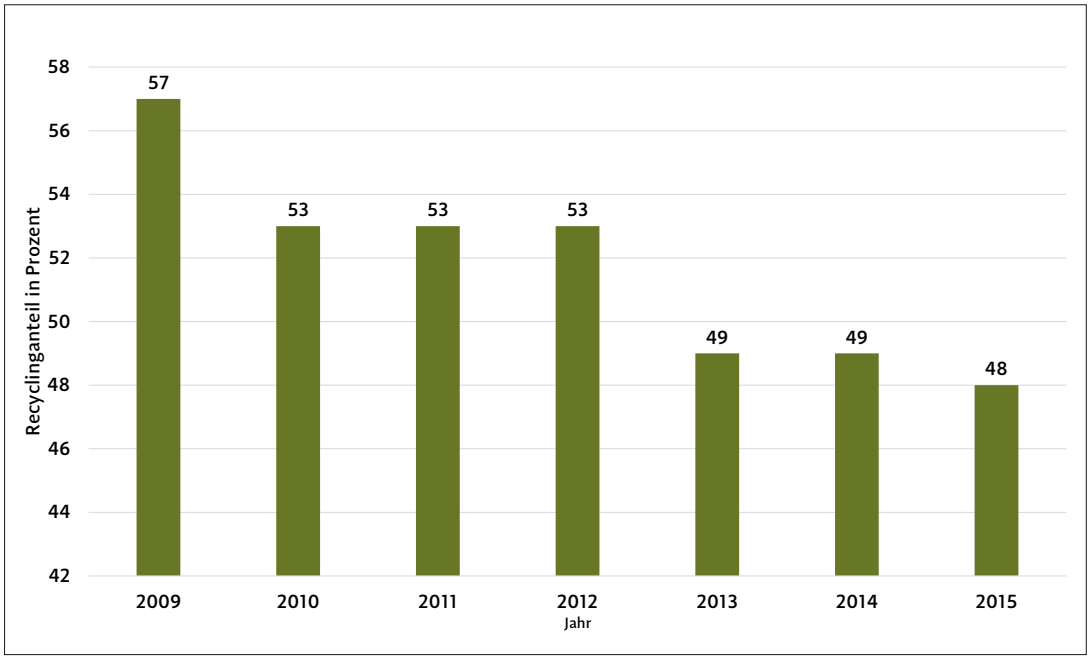

Abbildung 4: Recyclinganteil in der NE-Metallindustrie in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2015
(Quelle: Eigene Darstellung nach Statista 2016b)

Umsetzung der geplanten EU-Verordnung alle vorhandenen Spielräume nutzen, einschließlich Bußgeldstrafen, um die Einhaltung der Sorgfaltspflichten durch die betroffenen Unternehmen durchzusetzen. Bei der nach Inkrafttreten der Verordnung geplanten Überprüfung muss sie sich dafür einsetzen, dass die bisherigen Schlupflöcher geschlossen werden. Dazu müssen die Sorgfaltspflichten auch auf die weiterverarbeitende Industrie sowie den Einzelhandel (*„Downstream-Bereich“*) ausgedehnt, alle Rohstoffe einbezogen, Bußgeldstrafen bei Verstößen eingeführt und die Berichtspflichten gegenüber der Öffentlichkeit so ausgestaltet werden, dass die Methoden und konkreten Ergebnisse von Risiko- und Folgenabschätzungen nachvollziehbar und überprüfbar sind (AK Rohstoffe 2016).

Generell sollten auch Audits im Rahmen von menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten transparent und öffentlich zugänglich dokumentiert werden. Die Bundesregierung muss Unternehmen dazu verpflichten, ihre Menschenrechtsaudits samt Fragen und Ergebnissen nachvollziehbar für die Öffentlichkeit und Zivilgesellschaft zu dokumentieren und zu veröffentlichen. Zudem ist Betroffenen bzw. Rechtsbeiständen und Nichtregierungsorganisationen, die diese vertreten, uneingeschränkter Zugang zu Risikoprüfberichten und Folgeabschätzungen zu gewähren (AK Rohstoffe 2016).

Dazu sollte die Bundesregierung auch die Einhaltung menschenrechtlicher Sorgfaltspflichten als Grundvoraussetzung für Außenwirtschaftsförderung verbindlich festschreiben. Nicht nur im Falle einer *„hohen Wahrscheinlichkeit schwerer Menschenrechtsverletzungen“* muss die Bundesregierung eine eigene Prüfung zur menschenrechtlichen Sorgfalt der Projekte vornehmen. Grundsätzlich muss sie Unternehmen, die gegen ihre menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten erwiesenermaßen verstoßen haben, für fünf Jahre von der Außenwirtschaftsförderung ausschließen. Die Mandatare sollen zur Veröffentlichung der Umwelt- und Sozialpläne sowie eventueller Folgemaßnahmen verpflichtet werden, damit Betroffene überprüfen können, ob diese angemessen sind und umgesetzt werden. Die Bundesregierung muss bestimmte menschenrechtlich und ökologisch hochproblematische Bereiche wie den Kohlesektor von der Außenwirtschaftsförderung ausschließen (AK Rohstoffe 2016).

Grundsätzlich ist es wichtig, dass die Politik ihren Gestaltungsspielraum zurückgewinnt und auch nutzt. Dabei dürfen kurzfristige Interessen nicht langfristigen geopfert werden. Zusammen mit der Zivilgesellschaft, Gewerkschaften und anderen Akteur*innen muss die Politik sich für Regeln einsetzen, damit Industrie 4.0 nicht zum Schaden Vieler wird, sondern Menschenrechte geschützt und der Ressourcenverbrauch reduziert wird. Industrie 4.0 darf kein Ressourcenfluch 4.0 werden.

Literaturverzeichnis

(Alle Internet-Links letztmailig abgerufen im Dezember 2016.)

- **ABC News (2016):** Protesters call for Glencore to close McArthur River mine and clean-up the site; online unter: *http://www.abc.net.au/news/2016-05-19/protest-outside-glencore-calls-for-company-to-close-mrm/7428972*
- **AK Rohstoffe (2013):** Positionspapier des AK Rohstoffe für eine umfassende EU-Initiative zur Vermeidung von Konflikten beim Rohstoffabbau!; online unter: *https://power-shift.de/wordpress/wp-content/uploads/2014/04/20131223-PositionspapierKonfliktrohstoffe-final.pdf*
- **AK Rohstoffe (2014a):** Für eine wirksame EU-Gesetzgebung zu Konfliktrohstoffen; online unter: *http://alternative-rohstoffwoche.de/wp-content/uploads/2014/11/AK-Rohstoffe-wirksame-eu-gesetzgebung-zu-konfliktrohstoffen-web.pdf*
- **AK Rohstoffe (2014b):** Damit aus Rohstoffpartnerschaften keine Leidensgemeinschaften werden – Forderungen an die Bundesregierung; online unter: *http://alternative-rohstoffwoche.de/wp-content/uploads/2014/07/Rohstoffpartnerschaften_statt_Leidensgemeinschaften_Juli2014.pdf*
- **AK Rohstoffe (2015):** Verantwortung entlang der Lieferkette im Rohstoffsektor!; online unter: *http://alternative-rohstoffwoche.de/wp-content/uploads/2015/07/verantwortung-entlang-der-lieferkette_webversion.pdf*
- **AK Rohstoffe (2016):** Positionspapier AK Rohstoffe. Für eine demokratische und global gerechte Rohstoffpolitik; online unter: *http://alternative-rohstoffwoche.de/wp-content/uploads/2016/08/AK_Rohstoffe_demokratische_und_global_gerechte_rohstoffpolitik.pdf*
- **AMG und Graphit Kropfmühl (2015):** Leitlinie Umwelt und Energieeffizienz; online unter: *http://www.gk-graphite.com/fileadmin/user_upload/PDF/L01.RL.002_Leitlinie_Umwelt_und_Energieeffizienz_01.pdf*
- **Amnesty International (2016):** This is what we die for. Video: *https://www.amnesty.org/en/latest/news/2016/01/child-labour-behind-smart-phone-and-electric-car-batteries/*.
- **Amnesty International (2016a):** Smoke and mirrors. Lonmin's failure to address housing conditions at Marikana, South Africa.
- **Angerer et al. (2009):** Rohstoffe für Zukunftstechnologien; online unter: *http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/n/de/publikationen/Schlussbericht_lang_20090515_final.pdf*
- **Angerer et al. (2016):** Rohstoffe für die Energieversorgung der Zukunft. Geologie – Märkte – Umwelteinflüsse; online unter: *https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2016_ESYS_Analyse_Rohstoffe.pdf*
- **Bardi, Ugo (2013):** Der geplünderte Planet.
- **BDI (2011):** BDI und Deutsches Verkehrsforum zur Elektromobilität: „Deutschland soll Leitanbieter werden"; online unter: *http://www.presseportal.de/pm/6570/1750196*
- **BDI (2016a):** Digitalisierung erhöht Handlungsbedarf bei der Rohstoffsicherung; online unter: *http://bdi.eu/artikel/news/digitalisierung-erhoeht-handlungsbedarf-bei-der-rohstoffsicherung/*
- **BDI (2016b):** Ohne Rohstoffe keine Industrie 4.0; online unter: *http://bdi.eu/artikel/news/ohne-rohstoffe-keine-industrie-40/*
- **BDI (2016c):** Rohstoffversorgung in Gefahr; online unter: *http://bdi.eu/artikel/news/rohstoffversorgung-in-gefahr/*
- **Benchmark Minerals (2016):** Elon Musk: Our lithium ion batteries should be called nickel graphite, 5. Juni 2016; online unter: *http://benchmarkminerals.com/Blog/elon-musk-our-lithium-ion-batteries-should-be-called-nickel-graphite/*
- **BGR (2013a):** DERA Rohstoffinformation. Rohstoffrisikobewertung – Kupfer. Kurzbericht; online unter: *http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoff-informationen-16.pdf?__blob=publicationFile&v=2*
- **BGR (2013b):** Aluminium/Bauxit. Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe; online unter: *http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_al.pdf?__blob=publicationFile&v=8*
- **BGR (2014):** Platin. Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe; online unter: *http://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Downloads/steckbrief_platin.pdf?__blob=publicationFile&v=2*
- **BGR (2015a):** Zink. Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe; online unter: *http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_zn.pdf?__blob=publicationFile&v=2*
- **BGR (2015b):** Deutschland –Rohstoffsituation 2014; online unter: *https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/Rohsit-2014.pdf?__blob=publicationFile&v=3*
- **BGR (2016):** Manganknollen-Exploration im deutschen Lizenzgebiet; online unter: *http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/MarineRohstoffforschung/Meeresforschung/Projekte/Mineralische-Rohstoffe/Laufend/manganknollen-exploration.html*

- **BGR und DERA (2016):** Mineralische Rohstoffe für die Energiewende, Commodity TopNews, Ausgabe 50; online unter: *http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoff-wirtschaft/50_rohstoffe-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=1*
- **BHP Billiton (2016):** The bullish thesis for copper, 31.08.2016; Vicky Binns; online unter: *http://www.bhpbilliton.com/investors/prospects/the-bullish-thesis-for-copper*
- **Biermann, Kai (2014):** Mächtige Sensoren, in der „Zeit" vom 28. Mai 2014; online unter: *http://www.zeit.de/digital/mobil/2014-05/smartphone-sensoren-iphone-samsung*
- **BMBF (2013):** Zukunftsbild Industrie 4.0; online unter: *https://www.bmbf.de/pub/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf*
- **BMWi (2014):** Gemeinsame Pressemitteilung. Rohstoffpartnerschaft mit Peru abgeschlossen; online unter: *http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=646314.html*
- **BMWi (2015):** Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft – Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation; online unter: *https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf*
- **BMWi (2016):** Industrie 4.0: Digitalisierung der Wirtschaft; online unter: *https://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/industrie-4-0.html*
- **Bosch (2014):** Industrie 4.0 – virtuelle Abbildung von Lieferketten; online unter: *http://videoportal.bosch-presse.de/clip/_/-/-/Industrie-4-0-virtuelle-Abbildung-von-Lieferketten*
- **Box (2014):** Anglo American Deploys Box to 10,000 Employees Across Europe, Africa, Latin America and Australia; Pressrelease; online unter: *http://www.businesswire.com/news/home/20140227005126/en/Anglo-American- Deploys-Box-10000-Employees-Europe*
- **Brand, Ulrich und Markus Wissen (2011):** Sozial-ökologische Krise und imperiale Lebensweise. Zu Krise und Kontinuität kapitalistischer Nutzungsverhältnisse". In: Demirovic, Alex, Julia Dück, Florian Becker und Pauline Bader (Hg.): Vielfach-Krise im finanzdominierten Kapitalismus, S. 78-93, Hamburg.
- **Brot für die Welt (2016):** Nein zum Tiefseebergbau im Südpazifik; online unter: *http://info.brot-fuer-die-welt.de/blog/nein-zum-tiefseebergbau-suedpazifik*
- **Bundesdruckerei (2026):** Hacker-Angriffe auf deutsche Unternehmen; online unter: *https://www.bundesdruckerei.de/id-kompass/content/hacker-angriffe-auf-deutsche-unternehmen*
- **Bundesregierung (2016a):** Das Energiekonzept: Deutschlands Weg zu einer bezahlbaren, zuverlässigen und umweltschonenden Energieversorgung; online unter: *https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/auftakt.html*
- **Bundesregierung (2016b):** Energieeffizienz wird gefördert; online unter: *https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Energiesparen/energieeffizienz_gef/_node.html;jsessionid=0CD2E9420EBDF81CC229C6EEE2F6AB78.s5t1*
- **Bundesregierung (2016c):** Energiewende im Überblick; online unter: *https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html*
- **Bundesregierung (2016d):** Mobilität der Zukunft – sauber und kostengünstig; online unter: *https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/mobilitaet_zukunft/_node.html*
- **Bundesregierung (2016e):** Wind; online unter: *https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/ErneuerbareEnergien/wind/_node.html*
- **Buzinga App Development (2016):** Sensor Growth in Smartphones.
- **Community Protocol, Argentinien (2015):** Kachi Yupi. Huellas de la sal; online unter: *http://naturaljustice.org/wp-content/uploads/2015/12/Kachi-Yupi-Huellas.pdf*
- **Chathamhouse.org (o. J.):** Resourcefutures; online unter: *https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy,%20Environment%20and%20Development/1212r_resourcesfutures.pdf*
- **Deutschlandfunk (2014a):** Umstrittener Kupferabbau in Peru; online unter: *http://www.deutschlandfunk.de/rohstoffe-umstrittener-kupferabbau-in-peru.697.de.html?dram:article_id=290688*
- **Deutschlandfunk (2014b):** Peru – Gewalttätige Konflikte wegen Bergbauprojekten; online unter: *http://www.deutschlandfunk.de/peru-gewalttaetige-konflikte-wegen-bergbauprojekten.697.de.html?dram:article_id=291735*
- **Deutschlandfunk (2016):** Vorbild Niere – Recycling von Seltenerdmetallen; online unter: *http://www.deutschlandfunk.de/recycling-von-seltenerdmetallen-vorbild-niere.676.de.html?dram:article_id=343100*

- **DERA (2014):** Rohstoffrisikobewertung. Platingruppenmetalle; online unter: *https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/studie_Platin_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=2*
- **DERA (2016):** Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016; online unter: *https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_Zukunftstechnologien-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3*
- **Digitalcourage (2003):** Positionspapier über den Gebrauch von RFID auf und in Konsumgütern; online unter: *https://digitalcourage.de/blog/2003/positionspapier-ueber-den-gebrauch-von-rfid-auf-und-in-konsumguetern*
- **Digitalcourage (2013):** Wo gibt es RFID; online unter: *https://digitalcourage.de/themen/rfid/wo-gibt-es-rfid*
- **Electrek (2016):** Tesla Autopilot 2.0: next gen Autopilot powered by more radar, new triple camera, some equipment already in production; online unter: *https://electrek.co/2016/08/11/tesla-autopilot-2-0-next-gen-radar-triple-camera-production/*
- **Elias, Igor und Javier Espinoza (2016):** Disrupting technologies and their impact in the Mining & Metals sector; online unter: *http://mirs.cl/wp-content/uploads/2016/07/disrupting_technologies_and_their_impact_in_the_mining_metals_sector.pdf*
- **Elshkaki et al. (2016):** Copper demand, supply, and associated energy use to 2050; online unter: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016300802*
- **Elsner et al. (2014):** Das mineralische Rohstoffpotential der Arktis. Commodity TopNews; online unter: *http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/41_mineralisches-rohstoffpotenzial-arktis.pdf?__blob=publicationFile&v=5*
- **EU-Kommission (2013):** Assessment of due diligence compliance cost, benefit and related effects on selected operators in relation to the responsible sourcing of selected minerals.
- **EU-Kommission (2014):** For a European Industrial Renaissance; Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions; online unter: *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0014*
- **Exner, Andreas, Martin Held und Klaus Kümmerer (Hrsg.) (2016):** Kritische Metalle in der Großen Transformation, Springer Spektrum, Heidelberg.
- **Fatheuer, Thomas, Lili Fuhr und Barbara Unmüßig (2015):** Kritik der Grünen Ökonomie, oekom Verlag, München.
- **Flohr, Annegret (2014):** Vertane Chance – Warum die EU-Regulierung zu Konfliktrohstoffen nicht freiwillig bleiben darf; online unter: *http://www.hsfk.de/fileadmin/HSFK/hsfk_downloads/standpunkt0214.pdf*
- **Friends of the Earth (2012):** Mining for smartphones: the true cost of tin; online unter: *https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/tin_mining.pdf*
- **Fuchs, Peter und Michael Reckordt (2013):** Rohstoffsicherung in Deutschland und zivilgesellschaftliche Antworten; In: Peripherie Nr. 132, S. 501-510, Münster
- **Gardiner, Nicholas J., John P. Sykes, Allan Trench und Laurence J. Robb (2015):** Tin mining in Myanmar: Production and potential; online unter: *http://www.burmalibrary.org/docs22/Tin_Mining_in_Myanmar.pdf*
- **GegenStrömung (2014):** Der Belo-Monte-Staudamm und die Rolle europäischer Konzerne; online unter: *http://www.gegenstroemung.org/web/wp-content/uploads/2014/07/GegenStr%C3%B6mung_Belo-Monte-und-Europ-Konzerne_2014.pdf*
- **George, Katja (2016):** Ein neues Wirtschaftsprogramm: Industrie 4.0; online unter: *http://power-shift.de/?p=6779*
- **GeSI (o. J.):** SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz.
- **GIZ (2016):** Subsector Analysis: Zambia – The power crisis and its consequences for solar energy in the Zambian mining sector; online unter: *https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2016-en-pep-ssa-market-analysis-pv-extractive-industry-zambia.pdf*
- **Global Witness (2016):** On Dangerous Ground; online unter: *https://www.globalwitness.org/documents/18482/On_Dangerous_Ground.pdf*
- **Greenpeace (2015):** Clicking Clean: A Guide to Building the Green Internet; online unter: *http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/planet3/PDFs/2015ClickingClean.pdf*
- **Greenpeace Hungary (2011):** The Kolontár Report. Causes and lessons from the red mud disaster; online unter: *http://engineeringfailures.org/files/Kolontar-report.pdf*
- **Greenpeace Magazin (2016):** Ein Fluss in Sibirien hat sich wahrscheinlich durch giftige Abwässer blutrot verfärbt; online unter: *https://www.greenpeace-magazin.de/nachrichtenarchiv/ein-fluss-sibirien-hat-sich-wahrscheinlich-durch-giftige-abwaesser-blutrot*
- **Grillo (o. J.):** grillo.de; online unter: *http://grillo.de/?page_id=14*
- **GTAI (2016a):** Argentiniens Bergbau erhält neue Impulse; online unter: *https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=argentiniens-bergbau-erhaelt-neue-impulse,did=1429968.html*

- **GTAI (2016b):** Argentinien präsentiert sein neues Investitionspanorama; online unter: *https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=argentinien-praesentiert-sein-neues-investitionspanorama,did=1533380.html*
- **GTAI (2016c):** Chiles Bergbau setzt jetzt auf Lithium; online unter: *https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=chiles-bergbau-setzt-jetzt-auf-lithium,did=1452734.html*
- **GTAI (2016d):** Russland investiert in Nickel, Palladium, Kupfer und Gold; online unter: *https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=russland-investiert-in-nickel-palladium-kupfer-und-gold,did=1490028.html*
- **GTAI (2016e):** Chiles Bergbau setzt jetzt auf Lithium; online unter: *https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=chiles-bergbau-setzt-jetzt-auf-lithium,did=1452734.html*
- **GTAI (2016f):** Schweden will sich als Testfeld für Industrie 4.0 positionieren; online unter: *https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=schweden-will-sich-als-testfeld-fuer-industrie-40-positionieren,did=1492188.html?channel=alert_channel_gtai_3*
- **Gutzmer, Jens, Andreas Klossek und Polina Marakulina (2012):** „Deutsche Strategien des Rohstoffbezugs aus dem Ausland". In: Rohstoff-Bote, Bd. 3, Nr. 1, S. 4.
- **Handelsblatt (2016a):** Bosch: Deutscher Konzern setzt auf Afrikas Bergbausektor; Erschienen am 08.02.2016; online unter: *http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/bosch-deutscher-konzern-setzt-auf-afrikas-bergbau-sektor/12933148.html*
- **Handelsblatt (2016b):** Siemens. Kaeser erwartet Milliardenaufträge in Argentinien; online unter: *http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/siemens-kaeser-erwartet-milliardenauftraege-in-argentinien/14549476.html*
- **Hartmann, Kathrin (2016):** Alles andere als Gold; In: Frankfurter Rundschau vom 27. Oktober 2016; online unter: *http://www.fr-online.de/wirtschaft/rohstoffe-alles-andere-als-gold,1472780,34890896.html*
- **Heinrich-Böll-Stiftung (2015):** Kohleatlas – Daten und Fakten über einen globalen Brennstoff; online unter: *https://www.boell.de/sites/default/files/kohleatlas2015.pdf*
- **Heinrich-Böll-Stiftung (2016):** Die Würde des Menschen. Ein Heft über Menschenrechte; online unter: *https://www.boell.de/sites/default/files/boell_thema_1-16.pdf*
- **Heinrich-Böll-Stiftung / Wuppertal Institut (2012):** International Resource Politics. New challenges demanding new governance approaches for a green economy; online unter: *https://www.boell.de/sites/default/files/2012-06-International-Resource-Politics.pdf*
- **Hütz-Adams, Friedel (2012):** Kongo, Krieg und unsere Handys. Aktion saubere Handys. Hintergrundpapier; online unter: *http://www.suedwind-institut.de/fileadmin/fuerSuedwind/Publikationen/2012/2012-20_Kongo__Krieg_und_unsere_Handys.pdf*
- **IFR (2016a):** Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots; online unter: *http://www.ifr.org/fileadmin/user_upload/downloads/World_Robotics/2016/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2016.pdf*
- **IFR (2016b):** The International Federation of Robotics. Weltrekord: 248.000 Industrie-Roboter revolutionieren globale Wirtschaft; online unter: *http://www.presseportal.de/pm/115415/3359256*
- **Industrie-4-0.org (o. J.):** Die vier Stufen der industriellen Revolution; online unter: *http://www.industrie-4-0.org/dies-academicus-i40/img/Die_vier_Stufen_der_industriellen_Revolution.jpg*
- **iz3W (2015):** Film zum Massaker von Marikana: Bitter enttäuscht; online unter: *https://www.iz3w.org/zeitschrift/ausgaben/346_meere/marikana*
- **Jaeger, Nicola (2016):** Alles für uns – der globale Einfluss der europäischen Handels- und Investitionspolitik auf Rohstoffausbeutung; online unter: *https://power-shift.de/alles-fuer-uns-der-globale-einfluss-der-europaeischen-handels-und-investitionspolitik-auf-rohstoffausbeutung/*
- **Jahberg, Heike (2016):** Wechsel an der Spitze des BDI IT-Experte Dieter Kempf löst Ulrich Grillo ab; in Tagesspiegel vom 13.06.2016; online unter: *http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/wechsel-an-der-spitze-des-bdi-it-experte-dieter-kempf-loest-ulrich-grillo-ab/13726182.html*
- **Kampagne „Bergwerk Peru – Reichtum geht, Armut bleibt" (2015):** Factsheet Gold; online unter: *http://www.infostelle-peru.de/web/wp-content/uploads/2015/02/factsheet-Gold0215.pdf*
- **Kampagne „Bergwerk Peru – Reichtum geht, Armut bleibt" (2016):** Fallbeispiele; online unter: *http://www.kampagne-bergwerk-peru.de/index.php/themen-mainmenu-4/fallbeispiele-mainmenu-20*
- **Klare, Michael T. (2012):** The Race for What's Left. The Global Scramble for the World's Last Resources, New York.
- **Koch, Roland (2007):** Die neuen Herausforderungen der Marktwirtschaft: Wie wir uns wappnen sollten um fairen internationalen Wettbewerb zu sichern; In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 28. Juni 2007.
- **Krameritsch, Jakob (Hrsg.) (2013):** Das Massaker von Marikana. Widerstand und Unterdrückung von Arbeiter_innen in Südafrika. Wien: Mandelbaum kritik & utopie, Seite 7-17.

- **Kraus, Annette (2016):** Community Protocols zur Stärkung der Rechte lokaler Gemeinschaften beim Rohstoffabbau; online unter: *http://klima-der-gerechtigkeit.de/2016/05/27/community-protocols-zur-staerkung-der-rechte-lokaler-gemeinschaften-beim-rohstoffabbau/*
- **Kritische Aktionäre (2015):** BASF-Vorstand weicht den Vorwürfen des Bischofs aus; online unter: *http://www.kritischeaktionaere.de/fileadmin/Dokumente/BASF/Pm_deutsch_nach_BASF_HV_2015-05-01.pdf*
- **Küblböck, Karin, Isabella Radhuber und Gloria Huamán Rodriguez (2016):** Faire Verbindung? Tantal für die High-Tech-Industrie und die Folgen seines Abbaus in Bolivien; online unter: *https://www.dka.at/fileadmin/download/themen/rohstoffe/Faire_Verbindung_Tantal_Bolivien_Report_DKA_2016_WEB.pdf*
- **Lee, Jade (2012):** Seltene Erden – Fluch oder Segen für Malaysia?; online unter: *http://www.asienhaus.de/public/archiv/bergbau-nr3_malaysia.pdf*
- **Linde, Evelyn (2016):** Akku aufladen für die Zukunft. Lateinamerika Nachrichten.
- **Manager Magazin (2016):** Schlüssel-Rohstoff für Batterien boomt Lithium – ein Rausch in Weiß; online unter: *http://www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/lithium-batterien-fuer-elektroautos-heizen-nachfrage-an-a-1113304-2.html*
- **Matuschek, Ingo (2016):** Industrie 4.0, Arbeit 4.0 – Gesellschaft 4.0?; online unter: *https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Studien/Studien_02-2016_Industrie_4.0.pdf*
- **Max Planck Foundation (2016):** Human Rights Risks in Mining – A Baseline Study; online unter: *http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Downloads/human_rights_risks_in_mining.pdf?__blob=publicationFile&v=2*
- **Misereor (2013):** Menschenrechtliche Probleme im peruanischen Rohstoffsektor und die deutsche Mitverantwortung; online unter: *https://www.misereor.de/fileadmin/publikationen/studie-rohstoffe-menschenrechte-in-peru.pdf*
- **Misereor (2015):** Tiefseebergbau. Unkalkulierbares Risiko für Mensch und Natur; online unter: *https://www.misereor.de/fileadmin/publikationen/diskussionspapier-tiefseebergbau-pazifik-2015.pdf*
- **Monitor (2016):** Lobbyismus auf Regierungsebene: Profit statt Menschenrechte. Sendung vom 8.9.2016; online unter: *http://www1.wdr.de/daserste/monitor/sendungen/lobbyismus-104.html*
- **Müller, Melanie (2017):** Deutsche Kupferimporte: Komplexe Lieferketten und Unternehmensverantwortung. GLOCON Policy Paper, Nr. 1, Berlin, 2017.
- **Multiwatch (2016a):** Mount Isa Australien; online unter: *http://www.multiwatch.ch/de/p97001426.html*
- **Multiwatch (2016b):** McArthur River Australien; online unter: *http://www.multiwatch.ch/de/p97001430.html*
- **Multiwatch (2016c):** Antamina Peru; online unter: *http://www.multiwatch.ch/de/p97001412.html*
- **Muster, Frank (2007):** Rotschlamm. Reststoff aus der Aluminiumoxidproduktion – Ökologischer Rucksack oder Input für Produktionsprozesse? Entwicklungsperspektiven Nr. 88. Universität Kassel; online unter: *http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-359-5.volltext.frei.pdf*
- **Myanmar Times (21. July 2016):** Two controversial tin mines suspended in southern Myanmar; online unter: *http://www.mmtimes.com/index.php/business/21501-two-controversial-tin-mines-suspended-in-southern-myanmar.html*
- **Natural Justice (2016):** Argentinian National Ombudsman Issues Resolution Recognizing Kachi Yupi Community Protocol; online unter: *http://natural-justice.blogspot.de/2016/05/argentinian-national-ombudsman-issues.html*
- **NDR (2016):** Ausbeutung in Afrika: Welche Verantwortung hat BASF?; online unter: *http://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2016/Ausbeutung-in-Afrika-Welche-Verantwortung-hat-BASF,basf102.html*
- **New York Times (2011):** How Congress Devastated Congo, von David Aronsonaug, 07.08.2011; online unter: *http://www.nytimes.com/2011/08/08/opinion/how-congress-devastated-congo.html*
- **OECD (2013):** OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas; online unter: *https://www.oecd.org/corporate/mne/GuidanceEdition2.pdf*
- **OECD (2014):** Export Restriction in Raw Materials Trade: Facts, fallacies and better practices; online unter: *http://www.oecd.org/trade/benefitlib/export-restrictions-raw-materials-2014.pdf*
- **OECD (2016):** OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas; online unter: *http://mneguidelines.oecd.org/mining.htm*
- **Öko-Institut (2013a):** Description and critical environmental evaluation of the REE refining plant LAMP near Kuantan/Malaysia. Radiological and non-radiological environmental consequences of the plant's operation and its wastes; online unter: *https://www.oeko.de/oekodoc/1628/2013-001-en.pdf*
- **Öko-Institut (2013b):** Conflict minerals – An evaluation of the Dodd-Frank Act and other resource-related measures; online unter: *http://www.ressourcenpolitik.de/2013/09/studie-des-oko-instituts-zum-dodd-frank-act-und-anderen-masnahmen-zum-umgang-mit-konfliktminieralien/*
- **Öko-Institut (2016a):** Policy Paper 2: Deutschland 2049 – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft; online unter: *https://www.oeko.de/oekodoc/2600/2016-607-de.pdf*

- **Öko-Institut (2016b):** Policy Paper 3: Rohstoffspezifische Ziele Deutschland 2049 – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft; online unter: *https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/D2049_Policy_Paper_3.pdf*
- **Plattform Industrie 4.0 (o. J. a):** Hintergrund zur Plattform Industrie 4.0; online unter: *http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html;jsessionid=472F25993E1ED3503F5D8AC6D96EB4CC*
- **Plattform Industrie 4.0 (o. J. b):** Leitung der Plattform Industrie 4.0; online unter: *http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation-gesamt/zusammensetzung_plattform.pdf?__blob=publicationFile&v=5*
- **PowerShift (2012):** Rohstoffe für die Elektromobilität: Lithium – Ein Stoff, nicht nur zum Träumen; online unter: *https://power-shift.de/wordpress/wp-content/uploads/2013/07/Rohstoffsteckbrief_Lithium.pdf*
- **PWC (2014):** Industry 4.0 – Opportunities and challenges of the industrial internet; online unter: *https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/study.pdf*
- **Reckordt, Michael (2016a):** Deutschlands globale Rohstoffpolitik: Für immer Exportweltmeister?; In: politische ökologie #144, oekom Verlag.
- **Reckordt, Michael (2016b):** »Rohstoffsicherung 4.0« – Zu Gast beim BDI; online unter: *https://power-shift.de/rohstoffsicherung-4-0-zu-gast-beim-bdi/*
- **Reckordt, Michael (2017):** Wenn Konzerne klagen können – Internationale Wirtschaftsabkommen schränken demokratische Rechte ein; in IZ3W #358 Januar / Februar 2017.
- **Renner, Hermann et al. (2009):** Silver, Silver Compounds, and Silver Alloys. In: Ullmann´s Encyclopedia of Industrial Chemistry.
- **Roland Berger / BDI (2015):** Die digitale Transformation der Industrie – Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist.
- **Ruettinger et al. (2014a):** Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Gewinnung Seltener Erden in Mount Weld, Australien und der Raffination in Kuantan, Malaysia. Berlin: adelphi; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_fallstudie_seltene_erden_malaysia_westaustralien.pdf*
- **Ruettinger et al. (2014b):** Umwelt- und Sozialauswirkungen der Zinngewinnung in Bangka-Belitung, Indonesien. Berlin: adelphi; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_fallstudie_zinn_indonesien_finale_version.pdf*
- **Ruettinger et al. (2014c):** Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Gewinnung Seltener Erden in Bayan Obo, China. Berlin: adelphi; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_fallstudie_seltene_erden_china_bayan_obo.pdf*
- **Ruettinger et al. (2015):** Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Gewinnung Seltener Erden in Grönland, Kvanefjeld. Berlin: adelphi; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_fallstudie_seltene_erden_groenland_kvanefjeld_neubearbeitung2015_final.pdf*
- **Ruettinger et al. (2016a):** Umwelt- und Sozialauswirkungen der Bauxitgewinnung und –weiterverarbeitung in der Boké und Kindia-Region, Guinea. Berlin: adelphi; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_fallstudie_bauxit_guinea_finale_version.pdf*
- **Ruettinger et al. (2016b):** Umwelt- und Sozialauswirkungen der Bauxitgewinnung und Aluminiumherstellung in Pará, Brasilien. Berlin: adelphi; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsoress_fallstudie_bauxit_brasilien_finale_version.pdf*
- **Rusdi, Nurdwiansyah (2013):** Bauxitabbau: Zwischen Hoffnung und sozio-ökologischer Krise. Asienhaus.
- **Santarius, Tilman (2013):** Rebound Effekte vereiteln eine hinreichende Entkoppelung; online unter: *http://www.postwachstum.de/rebound-effekte-vereiteln-eine-hinreichende-entkoppelung-20131021*
- **Seib, Roland (2015):** „If there is no ocean, there is no life" – Fakten und Schlussfolgerungen zum Tiefseebergbau; online unter: *http://www.asienhaus.de/uploads/tx_news/2015-05_Paper-Tiefseebergbau__web-1_01.pdf*
- **Siegner, Meike (o. J.):** Energie in Chile: Wofür und für wen? Der Konflikt um das umstrittene Wasserkraftprojekt Alto Maipo; online unter: *https://www.gbw.at/oesterreich/artikelansicht/beitrag/energie-in-chile-wofuer-und-fuer-wen-der-konflikt-um-das-umstrittene-wasserkraftprojekt-alto-maipo/*
- **Siemens (2011):** Siemens und Lynas wollen Joint Venture zur Produktion von Magneten gründen; online unter: *http://www.siemens.com/press/de/pressemitteilungen/?press=/de/pressemitteilungen/2011/industry/i20110742.htm*
- **Siemens (2015):** RFID-Tags: Auf dem Weg zum Minicomputer; online unter: *http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-rfid-in-der-industrie.html*
- **SMSL (2013):** Lynas' breached licensing condition – TOL should be suspended!; online unter: *http://savemalaysia-stoplynas.blogspot.de/2013/07/press-statement-of-savemalaysia-stop.html*
- **SOMO (2016):** Cobalt blues. Environmental pollution and human rights violations in Katanga's copper and cobalt mines; online unter: *https://www.somo.nl/cobalt-blues/*

- **SPIEGEL Online (2016):** Kaufprämie für Elektroautos floppt; erschienen am 04.08.2016; online unter: *http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/kaufpraemie-fuer-elektroautos-floppt-a-1106201.html*
- **Statista (2016a):** Anteil an Aluminium an der Gesamtmasse eines PKW in den Jahren 2000 bis 2012; online unter: *https://de.statista.com/statistik/daten/studie/285141/umfrage/aluminiumanteil-im-pkw-bis-2012/*
- **Statista (2016b):** Recyclinganteil in der NE-Metallindustrie in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2015; online unter: *https://de.statista.com/statistik/daten/studie/238100/umfrage/recyclinganteil-in-der-ne-metallindustrie-in-deutschland/*
- **Statista (2016c):** Prognose zum Absatz von Tablets, PCs und Smartphones weltweit von 2010 bis 2020 (in Millionen Stück); online unter: *https://de.statista.com/statistik/daten/studie/256337/umfrage/prognose-zum-weltweiten-absatz-von-tablets-pcs-und-smartphones/*
- **Südwind (2011):** Im Boden der Tatsachen.
- **Südwind (2012):** Von der Mine bis zum Konsumenten. Die Wertschöpfungsketten von Mobiltelefonen; online unter: *http://www.suedwind-institut.de/fileadmin/fuerSuedwind/Publikationen/2012/2012-41_Von_der_Mine_bis_zum_Konsumenten._Die_Wertschoepfungskette_von_Mobiltelefonen.pdf*
- **Terminski, Bogumil (2012):** Mining-induced Displacement and Resettlement: Social Problem and Human Rights Issue (a Global Perspective); online unter: *http://indr.org/wp-content/uploads/2013/04/B.-Terminski-Mining-Induced-Displacement-and-Resettlement.pdf*
- **The Telegraph (2016):** One year on, Brazil battles to rebuild after the Samarco mining disaster; online unter: *http://www.telegraph.co.uk/business/2016/10/15/one-year-on-brazil-battles-to-rebuild-after-the-samarco-mining-d/*
- **Topf, Andrew (2016):** Rare metals expert predicts North American shortage of lithium for EVs; online unter: *http://www.mining.com/rare-metals-expert-predicts-north-american-shortage-lithium-evs/*
- **TU Clausthal (2015):** Pressemitteilungen: Probebohrungen in Goslarer Bergeteichen angelaufen; online unter: *https://www.tu-clausthal.de/presse/nachrichten/details/1940.html*
- **UBA (2011):** Rohstoffkonflikte nachhaltig vermeiden. Risikoreiche Zukunftsrohstoffe? Fallstudie und Szenarien zu Lithium in Bolivien; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4102.pdf*
- **UBA (2015):** Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus – Analyse und Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungspfade auf der Ebene von Haushalten; online unter: *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_99_2015_global_nachhaltige_materielle_wohlstandsniveaus.pdf*
- **UNEP (2009):** From Conflict to Peacebuilding. The Role of Natural Resources and the Environment, Geneva; online unter: *http://postconflict.unep.ch/publications/pcdmb_policy_01.pdf*
- **UNEP (2011):** Recycling Rates of Metals. A Status Report. Graedel, T. E.; Allwood, J.; Birat, J.-P.; Buchert, M.; Hagelüken, C.; Reck, B.; Sibley, S.; Sonnemann, G.; online unter: *http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs/Metals_Recycling_Rates_110412-1.pdf*
- **USGS (2016):** Mineral Commodity Summaries 2016; online unter: *http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/mcs2016.pdf*
- **Walch Recycling (o. J.):** Gallium; online unter: *http://www.walch-recycling.de/de/edelmetalle/seltene-erden-strategische-metalle/gallium*
- **Wall Street Journal (2014):** RFID-Chips: Zara lässt die Kleidung funken; online unter: *http://www.wsj.de/nachrichten/SB11828383211784233876504580158931538687318*
- **Wanka, Prof. Dr. Johanna (2016):** Rede auf dem 5. BDI-Rohstoffkongress am 5. Juli 2016; online unter: *http://bdi.eu/artikel/news/prof-dr-johanna-wanka/*
- **Washington Post (2016):** The Cobalt Pipeline; online unter: *https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/congo-cobalt-mining-for-lithium-ion-battery/*
- **Weed e. V. (2015):** Die Handy-Connection; online unter: *http://www2.weed-online.org/uploads/weed_broschuere_detektivtour.pdf*
- **Weis, Laura (2015):** Erdgas, Fracking, Klimawandel – Gas ist keine Lösung, sondern Teil des Problems; online unter: *https://power-shift.de/erdgas-fracking-klimawandel-gas-ist-keine-loesung-sondern-teil-des-problems/*
- **Wirtschaftswoche (2013):** Hannover Messe: „Industrie 4.0" – Die Revolution fällt vorerst aus; online unter: *http://www.wiwo.de/technologie/forschung/hannover-messe-industrie-4-0-die-revolution-faellt-vorerst-aus/8058304-all.html*
- **Wirtschaftswoche (2015):** So erlebt ein Joghurt die Industrie 4.0; Autor*innen: Lothar Schnitzler, Mario Brück und Rebecca Eisert, erschienen am: 08.03.2015.
- **World Bank (2016):** Electric power consumption (kWh per capita); online unter: *http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?end=2013&name_desc=false&start=1992*
- **Wübbeke, Jost (2012):** Bergbau in der Inneren Mongolei: Umweltverschmutzung und Konflikte; online unter: *http://www.asienhaus.de/public/archiv/bergbau-nr2_china.pdf*

- **Wübbeke, Jost (2013):** Entwicklungshemmnis Rohstoffreichtum!? Bergbau in Südost-/Ostasien: Probleme, Proteste und Alternativen; online unter: *http://www.asienhaus.de/uploads/tx_news/TAZ_Entwicklungshemmnis_Rohstoffreichtum.pdf*
- **Wuppertal Institut (2011):** Umweltrelevante Rohstoffe. Meilensteinbericht des Arbeitsschrittes 2.1 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung" (MaRess). Teil 2: Untersuchung zu ausgewählten Metallen: Gallium, Gold, Indium, Mangan, Nickel, Palladium, Silber, Titan, Zink, Zinn; online unter: *http://ressourcen.wupperinst.org/downloads/MaRess_AP2_2.pdf*
- **Wuppertal Institut (2013):** 18 Factsheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit; online unter: *http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf*
- **WVM (2016):** Zugang zu internationalen Rohstoffmärkten gewährleisten und Handelsprotektionismus vermeiden; online unter: *http://www.wvmetalle.de/geschaeftsfelder/handels-und-rohstoffpolitik/?L=%252525252525252525252Fproc%25252525252525252525252Fself%25252525252525252525252Fenviron*
- **Zhang, X. et al. (2012):** Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China.

Abkürzungsverzeichnis

AI	Amnesty International
AWF	Außenwirtschaftsförderung
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CCS	Carbon Capture and Storage / CO2-Abscheidung und –Speicherung
CPS	Cyber-Physische-Systeme
DERA	Deutsche Rohstoffagentur
DR	Kongo Demokratische Republik Kongo
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
GDP	Gross Domestic Product
IFR	International Federation of Robotics
IMA	Interministerieller Ausschuss (hier: Rohstoffe)
IoTUK	Internet of Things UK
ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
ITK	Internet- und Kommunikationstechnologie
KOITA	Korea Industrial Technology Association
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development /Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
SDG	Sustainable Development Goals / Ziele der nachhaltigen Entwicklung
SE	Seltenerdmetalle
SMSL	Save Malaysia, Stop Lynas
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations / Vereinte Nationen
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

© **PowerShift e. V.**
ISBN: 978-3-9814344-9-1