

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Rohstoffprofile: Trends und Vergleiche für die in r⁴ behandelten Rohstoffe



**Innovative Technologien
für Ressourceneffizienz**
Bereitstellung wirtschafts-
strategischer Rohstoffe



Arbeitspapier im Rahmen des r⁴-Integrations- und Transferprojektes

Luis TERCERO ESPINOZA

Martin ERDMANN

Januar 2018



Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033R124 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Cover Foto: Gallium-Kristalle, PPM Pure Metals GmbH. Foto: Andre Bertram, CUTEC.

Karlsruhe & Hannover, Januar 2018

Kontakt

Dr.-Ing. Luis A. TERCERO ESPINOZA

Leitung Geschäftsfeld Systemische Risiken

luis.tercero@isi.fraunhofer.de

Tel. +49 721 6809-401

Competence Center Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Str. 48, D-76139 Karlsruhe

Dr. Martin ERDMANN

martin.erdmann@bgr.de

Tel. +49 511 643 3559

Arbeitsbereich Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffe

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Stilleweg 2, D-30655 Hannover

Inhaltsverzeichnis

Hintergrund und Einleitung	5
Antimon.....	10
Bismuth.....	13
Blei	16
Flussspat.....	19
Gallium	22
Germanium	25
Graphit	28
Indium	31
Kobalt	34
Kupfer.....	37
Lithium	40
Molybdän.....	43
Nickel.....	46
Niob	49

Platin	52
Seltene Erden	55
Silber	58
Tantal	61
Vanadium.....	64
Wolfram	67
Zink	70
Zinn	73

Hintergrund und Einleitung

Im Rahmen der BMBF Fördermaßnahme "r⁴ – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe" werden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Rohstoffgewinnung aus primären (Bergbau) und sekundären Quellen (Recycling) durchgeführt (BMBF 2013; CUTEC 2014). Diese vor allem technologischen aber auch sozialwissenschaftlichen Arbeiten werden vom r⁴ Integrations- und Transferprojekt (r⁴-INTRA) flankiert.

Eine der Aufgaben von r⁴-INTRA ist es, die Arbeiten der Verbände in den Kontext der aktuellen Versorgungslage zu setzen und deren Beitrag zur Verbesserung der Versorgungssicherheit Deutschlands und Europas aufzuzeigen. Hierfür sind viele Hintergrundinformationen notwendig, die sowohl für die einzelnen Verbände zur Darstellung ihrer individuellen Beiträge sowie für die Allgemeinheit von Interesse sind. Deshalb werden im Folgenden die gesammelten Informationen in standardisierten Steckbriefen („Rohstoffprofile“) bereitgestellt. Alle Rohstoffprofile folgen demselben Muster und zielen darauf, möglichst vollständige und vergleichbare Informationen für alle Rohstoffe komprimiert und vorrangig grafisch darzustellen (vgl. Tercero Espinoza et al. 2015). Dabei liegt der Fokus auf zeitliche Trends und die Schaffung wichtiger Vergleichsgrößen.

Die Elemente der Rohstoffprofile im Einzelnen sind:

- Vergleich eines Rohstoffs mit anderen bzgl. Menge („Rohstofflineal“, Vergleich): Hier liegt das Augenmerk auf der **Größenordnung der jährlichen Produktionsmenge** (Primärproduktion), da sie ein entscheidender Faktor für die Veränderung der Stoffflüsse und deren relative Relevanz ist.
- Die Darstellung der **weltweiten und europäischen Vorräte** („sicher und wahrscheinlich“, Vergleich) erlaubt eine grobe Einschätzung der aktuell bekannten Potenziale zur Rohstoffgewinnung durch Bergbau. Diese sind vor allem für die Verbände bedeutsam, die sich mit der Exploration beschäftigen. Wird der Rohstoff ausschließlich als Beiprodukt gewonnen (Ga, Ge, In), werden die Vorräte der wichtigsten Hauptprodukte gezeigt. Die Daten basieren auf Angaben des U.S. Geological Survey (2017) und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit (insb. Daten aus europäischen Ländern werden gar nicht oder nur unter „Sonstige“ gelistet), sondern sollen in erster Linie einen einheitlichen Überblick geben, in welchen Ländern für den jeweiligen Rohstoff die größten Potenziale liegen.
- **Mengen und Konzentration** der (Primär-)Produktion (Trend): Hier liegt der Fokus auf den jeweiligen Trends sowohl in der Produktionsmenge (nicht immer steigend) und Länderkonzentration des weltweiten Primärangebots. Dadurch wird ersichtlich, in welchen Zeiträumen welche Veränderungen v. a. hinsichtlich Marktmacht der Hauptproduzenten in den jeweiligen Rohstoffmärkten geschehen sind. Ein Vergleich der

Dynamik in diesen Graphiken mit der Größenordnung im “Rohstofflineal” lässt erkennen, dass schnelle Marktveränderungen häufiger in “kleinen” Rohstoffmärkten zu finden sind, wobei sich “größere” Märkte, zumindest bzgl. Länderkonzentration des Angebots, nur langsam verändern. Darüber hinaus gibt der Vergleich der aktuellen Produktionsmengen mit den bekannten Vorräten (oben) einen Hinweis auf die Dringlichkeit von Investitionen in Exploration für die jeweiligen Rohstoffe. Wird der Rohstoff hauptsächlich als Beiprodukt gewonnen, wird zusätzlich die Konzentration der Bergwerksförderung der wichtigsten Hauptprodukte gezeigt, da hier eine direkte Abhängigkeit besteht.

- Rohstoffproduktion in unterschiedlichen **Wertschöpfungsstufen** (Trend; Darstellung abhängig von der Datenverfügbarkeit): Hier liegt der Fokus auf den globalen Wertschöpfungsketten für Metalle und Industrieminerale. Insbesondere von Interesse sind Veränderungen der Hauptproduzenten zwischen den unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen. Ziel ist die Offenlegung von Abhängigkeiten, die anhand von Bergbaudaten bzw. Hütten- und Raffinadeproduktionsdaten allein nicht ersichtlich sind. Wird der Rohstoff hauptsächlich als Beiprodukt gewonnen, wird die Bergwerksförderung der wichtigsten Hauptprodukte gezeigt, da hier eine direkte Abhängigkeit besteht.
- Beitrag des **Recyclings** zur Versorgung (Vergleich): Sekundärquellen, sofern sie sich im Inland befinden, tragen zur heimischen Rohstoffversorgung bei, da sie die Abhängigkeit von sich meist im Ausland befindenden Primärrohstoffen reduzieren. Beim Recycling ist es wichtig, zwischen Neu- und Altschrotten zu unterscheiden. Neuschrotte entstehen bei der Produktion von Gütern und sind im Allgemeinen leichter zu sammeln und von bekannter Zusammensetzung, was deren Recycling begünstigt. Altschrotte (oder End-of-Life, EoL, Schrotte) werden aus Altprodukten gewonnen, die zunächst gesammelt werden müssen und deren Zusammensetzung sowohl komplex als auch im Detail unbekannt ist. Im Folgenden werden beide getrennt dargestellt.
- **Deutsche Nachfrage** als Anteil der Weltnachfrage (Vergleich; nur bei entsprechender Datenverfügbarkeit): Das Potenzial der r⁴-Technologien ist nicht auf eine Umsetzung in Deutschland beschränkt. Die Kenntnis über den Anteil Deutschlands an der Weltnachfrage ist jedoch für die Formulierung realistischer Erwartungen sowohl für den möglichen deutschen Beitrag zum effizienteren Umgang mit Metallen und Mineralen als auch fürs Erkennen von Exportpotenzialen notwendig.
- Die Aufmerksamkeit, die die Rohstoffversorgung in den letzten Jahren erfahren hat, ist eng mit einem starken Preisanstieg im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrhunderts gekoppelt. Da es jedoch erhebliche Verzögerungen zwischen Preissignalen und physischen Anpassungen v. a. des Angebots geben kann (DERA 2013), ist es sinnvoll, langfristige **Preistrends** statt lediglich aktuelle Preise zu betrachten.
- **Verwendungsstruktur und Substitutionsmöglichkeiten** (Perspektive): Die Verfügbarkeit zufriedenstellender Material- bzw. Technologie-Substitute ist ein wichtiger Aspekt zur Minderung der Verwundbarkeit einer Industrienation ggü. Versorgungsgeng-

pässen. Beiträge zum erhöhten Angebot sowohl aus Primär- als auch aus Sekundärquellen sind umso wichtiger, wenn gegenwärtig keine Substitute verfügbar sind (vgl. NRC 2008).

- Die breite Markteinführung von sog. **Zukunftstechnologien** kann zu einem ungewöhnlich stark steigenden Bedarf an bestimmten Rohstoffen führen (Marscheider-Weidemann et al. 2016). Soweit verfügbar, wird die Verwendung der in r⁴ behandelten Rohstoffe in Zukunftstechnologien dargestellt, die Technologien benannt und der damit gekoppelte erwartete Anstieg der Nachfrage beziffert.
- Rohstoffmärkte sind sehr verschieden und es lassen sich nicht alle wichtige Eigenschaften für die jeweiligen Rohstoffe in einfachen Grafiken darstellen. Es werden deshalb **Besonderheiten** bzgl. Datenlage, Einschätzungen bzw. Eigenarten der jeweiligen Rohstoffmärkte in Stichpunkten angegeben.

Soweit in den Darstellungen auf einzelne Länder Bezug genommen wird, werden diese mit ihrem „Governance rating“ dargestellt (Abbildung 1), die auf den „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbankgruppe beruhen (World Bank 2016). Die Weltbank bewertet jährlich in einem Set von sechs Indikatoren (Voice and Accountability, Political Stability and Lack of Violence, Government Effectiveness, Regulatory Quality, Rule of Law, and Control of Corruption) die Regierungsführung von über 200 Staaten. Durch Aggregation und Mittelung der Einzelindikatoren ergibt sich ein Gesamtwert in einem Intervall zwischen +2,5 (bestmögliche Regierungsführung) und -2,5 (sehr schlechte Regierungsführung).



Abbildung 1: Farbcode zur Bewertung der Regierungsführung einzelner Staaten („Governance rating“). Staaten mit schwacher Regierungsführung haben einen negativen, Staaten mit einer guten Regierungsführung einen positiven Wert (für Details zur Berechnung siehe Text).

Insgesamt werden 22 Rohstoffprofile vorgestellt für Rohstoffe, die in mindestens drei Vorhaben behandelt werden bzw. die zentral für die Aufgabenstellung von mindestens einem Vorhaben sind (Abbildung 2). Diese sind im Einzelnen: Antimon, Bismut, Blei, Flussspat, Gallium, Germanium, Graphit, Indium, Kobalt, Kupfer, Lithium, Molybdän, Nickel, Niob, Platin, Seltene Erden, Silber, Tantal, Vanadium, Wolfram, Zink und Zinn.

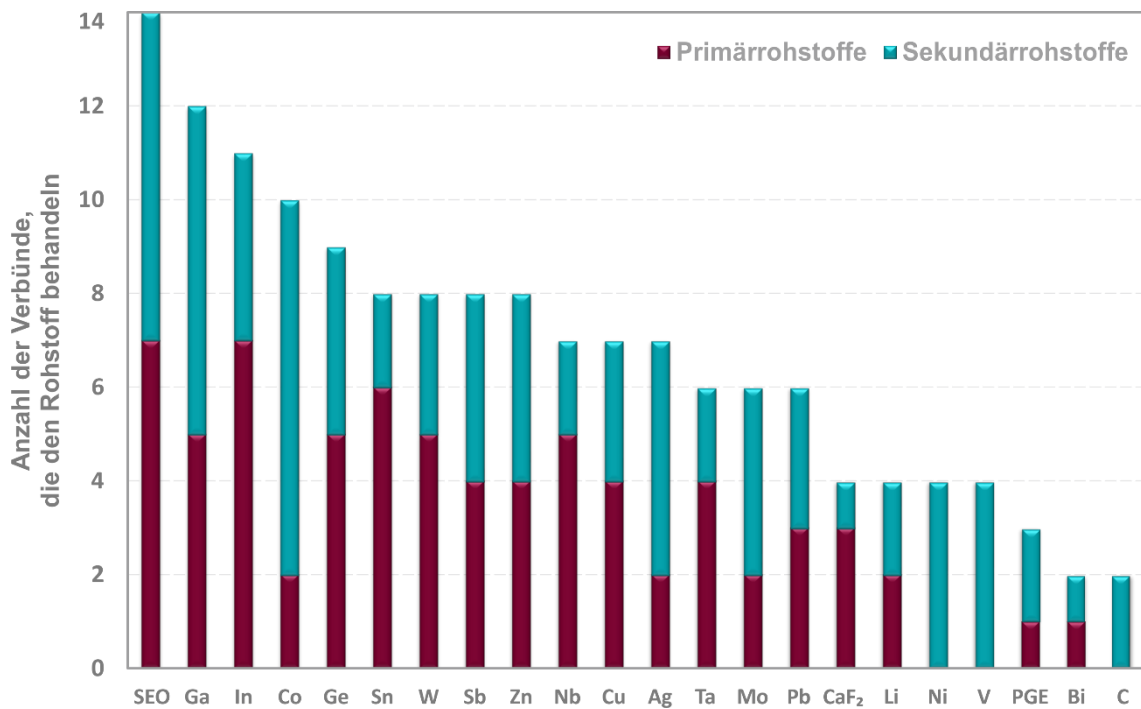


Abbildung 2: Darstellung der in r⁴-Projekten behandelten Rohstoffe, unterteilt in Primärrohstoff- und Sekundärrohstoffprojekte. Dargestellt sind alle Rohstoffe, die von mindestens drei Vorhaben als Zielrohstoff genannt sind. Zudem wurden für Bismut (Bi) und Graphit (C) Rohstoffprofile angefertigt, da sie in je einem Vorhaben wichtigster Zielrohstoff sind. (Stand 30.11.2017)

Die einzelnen Rohstoffprofile werden unter www.r4-innovation.de ebenfalls verfügbar gemacht.

Quellen

BMBF (2013): Bekanntmachung des Bundesministeriums von Richtlinien zur Fördermaßnahme „r4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe“ für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-870.html>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2013, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

CUTEC (2014): r4 Innovative Technologien für Ressourceneffizienz. Online verfügbar unter <https://www.r4-innovation.de/>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

DERA (2013): Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen. Auftragstudie. Unter Mitarbeit von Michael Bräuninger, Leon Leschus, Anja Rossen, David Ailabouni, Stefan Kruse und Corinna Neubach. Hg. v. Deutsche Rohstoffagentur (DERA). Berlin (DERA Rohstoffinformationen, 17). Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-17.pdf.

Marscheider-Weidemann, Frank; Langkau, Sabine; Hummen, Torsten; Erdmann, Lorenz; Tercero Espinoza, Luis; Angerer, Gerhard et al. (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. Hg. v. Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Berlin (DERA Rohstoffinformationen, 28). Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_Zukunftstechnologien-2016.pdf, zuletzt geprüft am 12.11.2016.

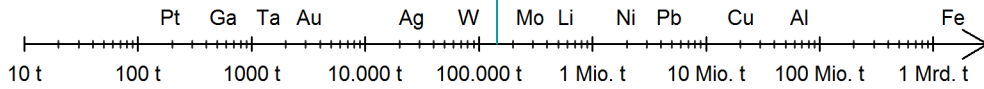
NRC (2008): Minerals, critical minerals and the U.S. economy. Committee on Critical Mineral Impacts on the U.S. Economy; Committee on Earth Resources; National Research Council. Online verfügbar unter http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12034.

Tercero Espinoza, Luis; Erdmann, Martin; Szurlics, Michael; Wilken, Hildegard (2015): Rohstoffprofile. Trends und Vergleiche für die in r3 behandelten Rohstoffe. Arbeitspapier im Rahmen des r3-Integrations- und Transferprojektes. Fraunhofer ISI; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Karlsruhe, Hannover. Online verfügbar unter http://www.fona.de/mediathek/r3/pdf/Fraunhofer_ISI_BGR_Rohstoffprofile.pdf.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Antimon



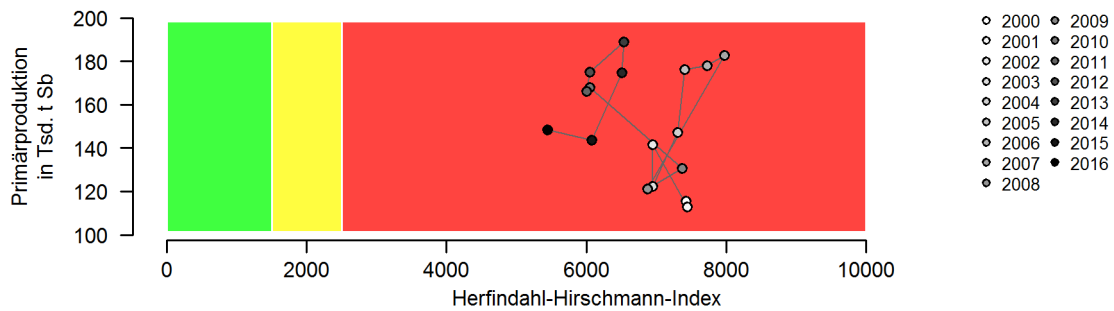
- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

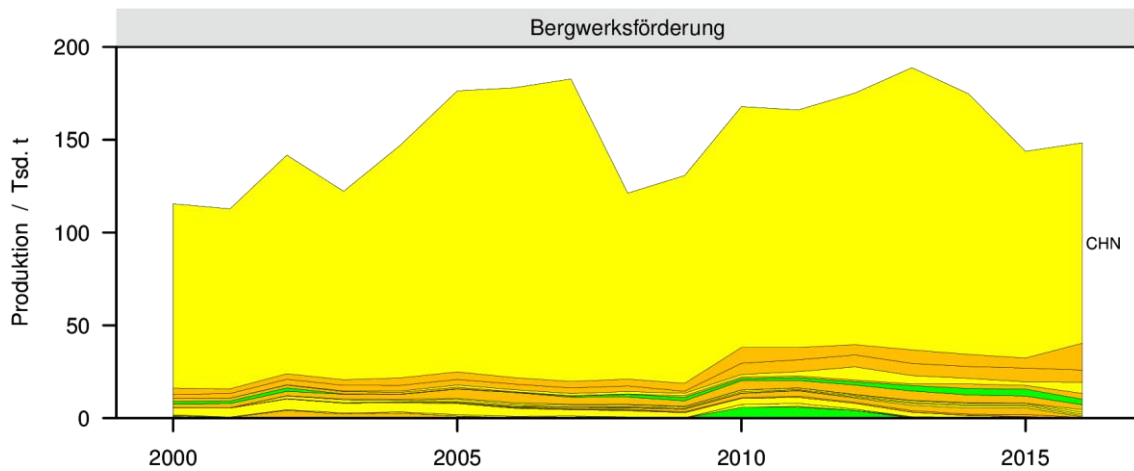


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



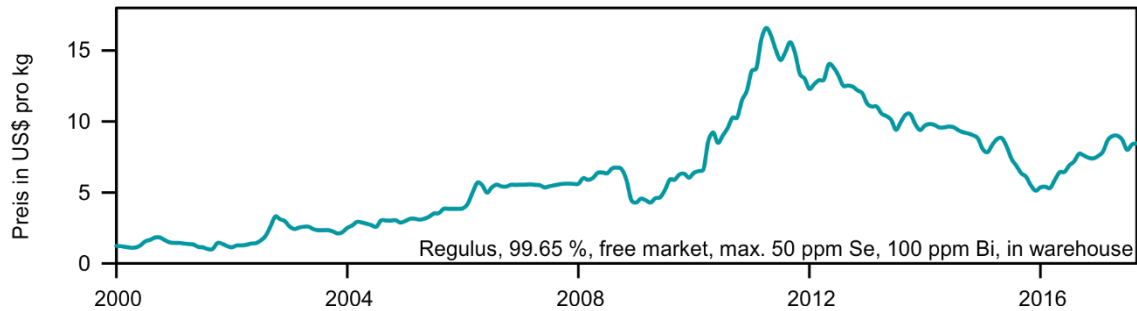
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



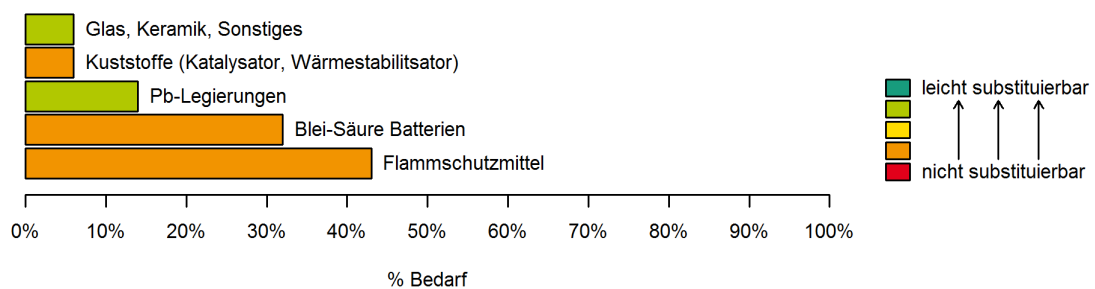
Recycling



Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Stetig steigende Preise bis 2011 durch Exportrestriktionen Chinas.

Rückgewinnung aus Kunststoffen und Flammenschutzmitteln aufgrund der dissipativen Verteilung z.Zt. nicht wirtschaftlich. Rückgewinnung hauptsächlich aus Blei-Säure Batterien.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

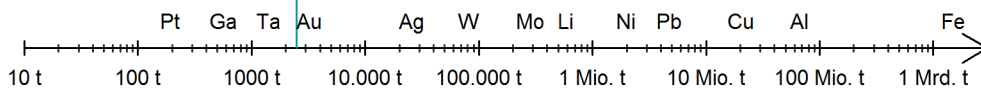
Tercero Espinoza et al. (2015): *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report*.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

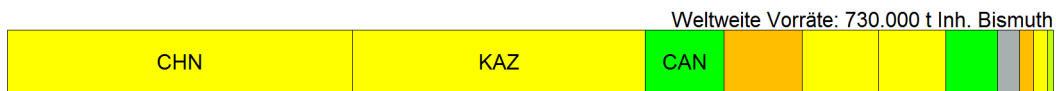
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Bismut



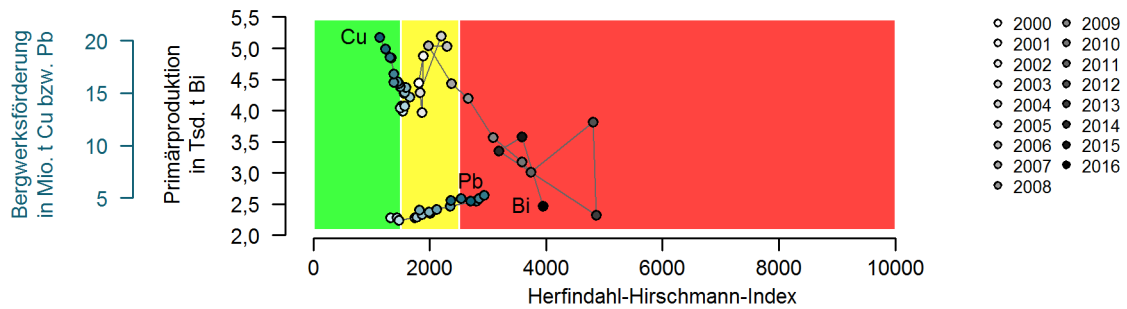
- Kritischer Rohstoff für die EU (2017)
- Hauptsächlich Beiprodukt der Kupfer- und Bleigewinnung

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

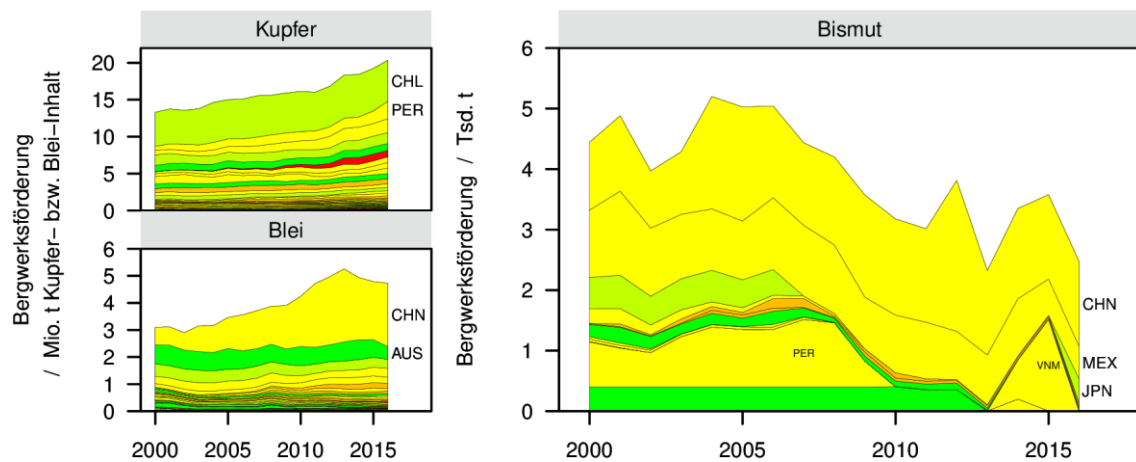


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



Recycling

Angebot gesamt

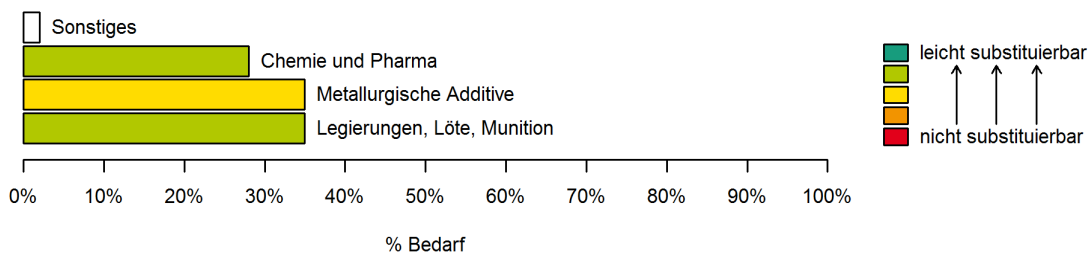
nicht genügend Daten fürs Angebot aus Recycling (gesamt)

nicht genügend Daten fürs Angebot aus EoL-Recycling

Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Größtenteils (>90 %) Beiprodukt bei der Aufbereitung von Cu- und Pb-Erzen. Die Aufbereitung von Bismuterzen aus Minen mit Bismut als Hauptprodukt zu eigenständigen Bismutkonzentraten findet aktuell nur noch in Bolivien, China und Tadschikistan statt.

2005/2006 starker Preispeak durch gestiegene Nachfrage bei geringer Produktion sowie Spekulationen von Investoren. In 2013/2014 künstliche Angebotsverknappung durch die Fanya Metal Exchange aus China, wodurch riesige Bi-Vorräte aufgebaut wurden, die aufgrund der anschließenden, langfristigen Vermarktung, ab 2015 zu drastischen Preissenkungen geführt haben.

Stark unterschiedliche Verwendungsstrukturen in den großen Verbrauchsländern (Deutschland: ~71 % für Gelbpigmente; USA: ~60 % für Pharmaindustrie)

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

DERA (2013): *Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen*. Auftragsstudie. DERA Rohstoffinformationen 17: 124 S., Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-17.pdf.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

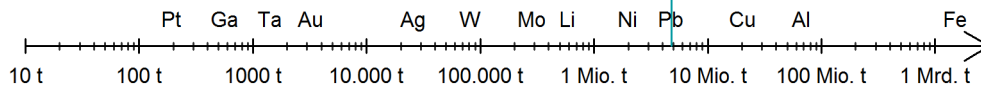
Elsner (2015): *Bismut - ein typisches Sondermetall*. - DERA Rohstoffinformationen 27: 177 S., Berlin. Online Verfügbar unter https://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Downloads/Studie_bismut.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Graedel et al. (2015) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **112** (20), 6295–6300.

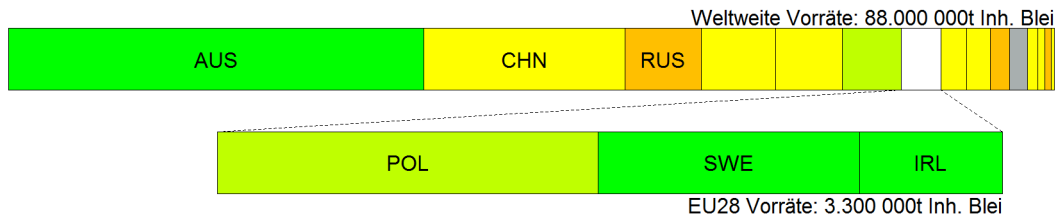
U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

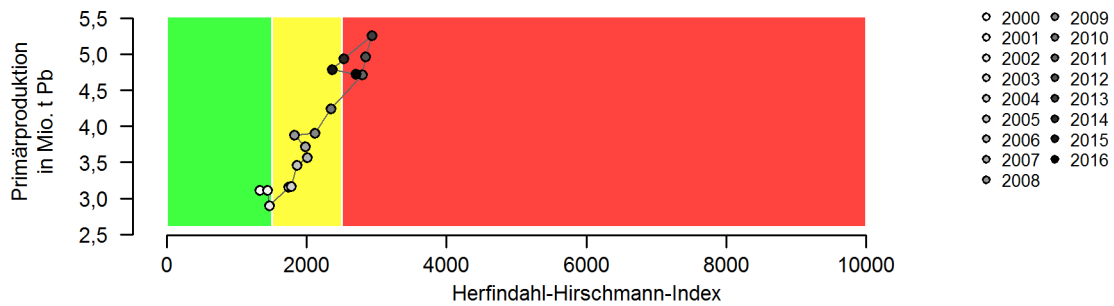
Blei



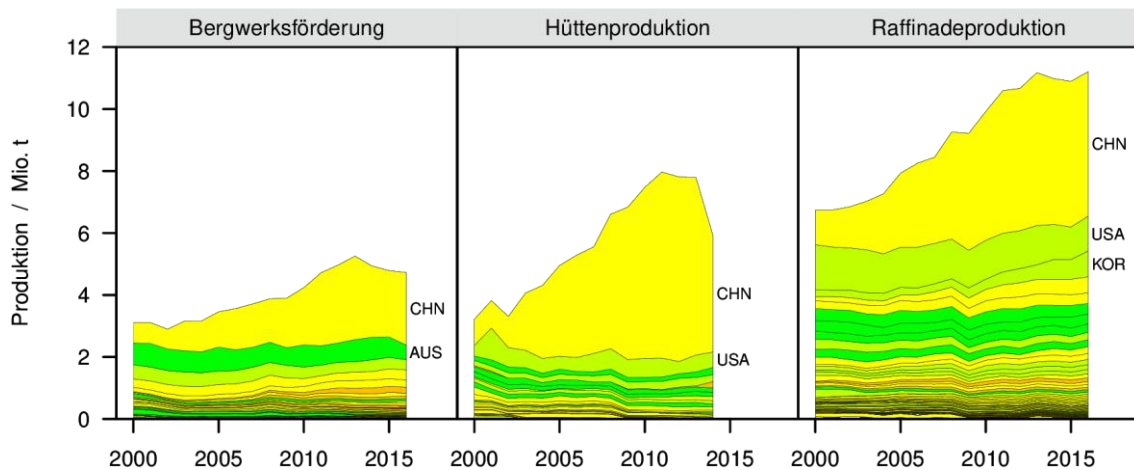
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



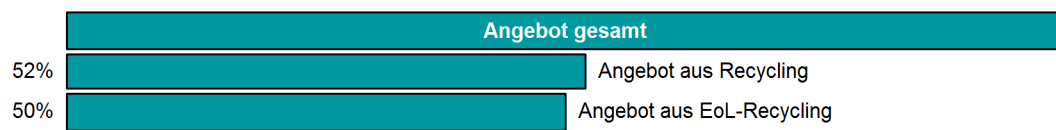
Mengen und Konzentration der Produktion



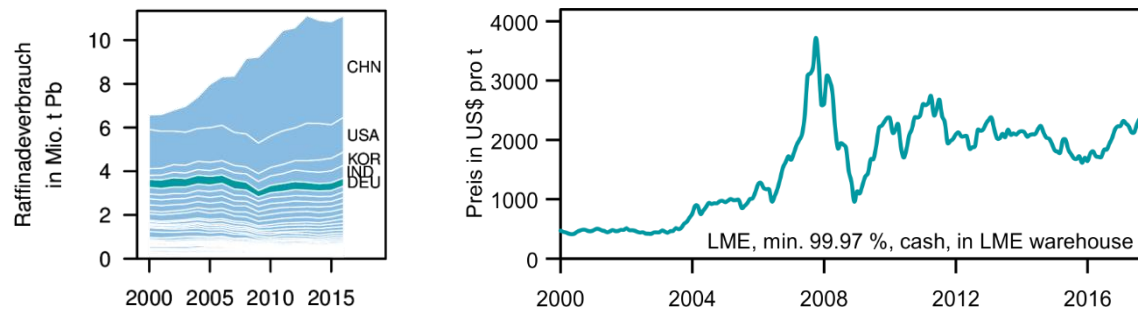
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



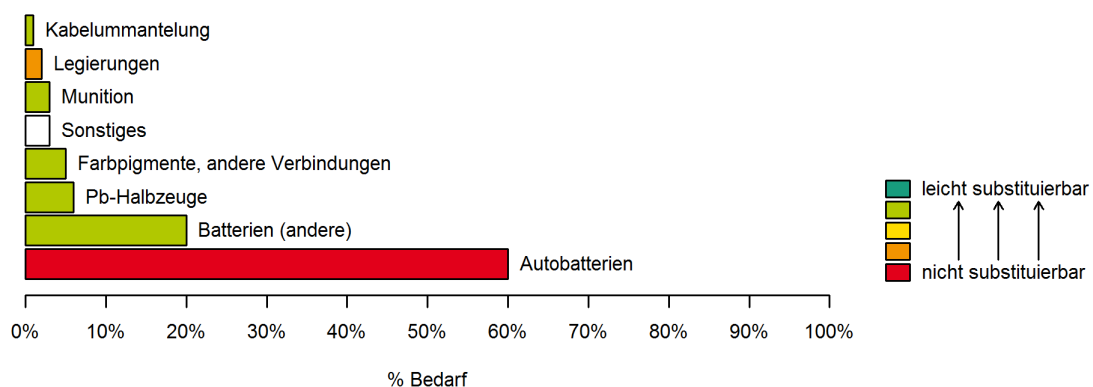
Recycling



Historische Nachfrage und Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Starker Preisanstieg bis 2007 durch Wirtschaftswachstum Chinas und einhergehender Minenschließungen.

Anteil der Sekundärraffinadeproduktion in den Industriestaaten teilweise bei 100 % (Gesamt EoL-Recycling bei 50 %). Die Bereitstellung von Primärrohstoffen konnte dadurch bereits zurückgefahren werden.

Quellen

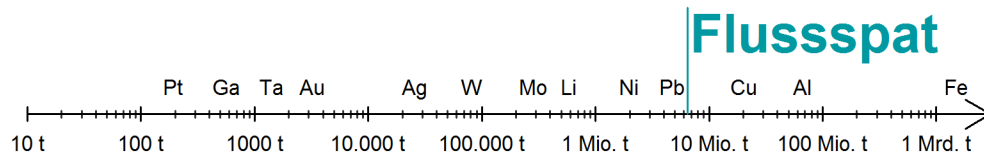
BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

ILZSG (2017): *End uses of lead*. <http://www.ilzsg.org/static/enduses.aspx>

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report*.

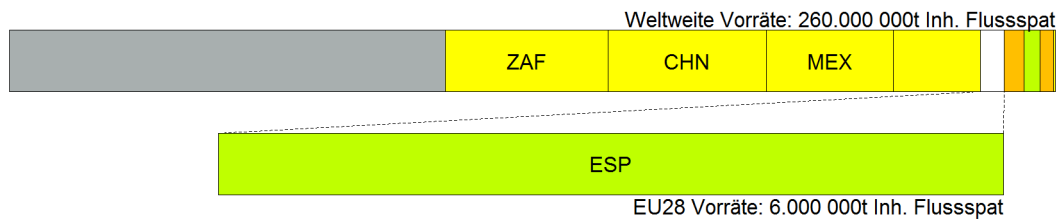
U.S. Geological Survey (2017): *Mineral commodity summaries 2017*: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

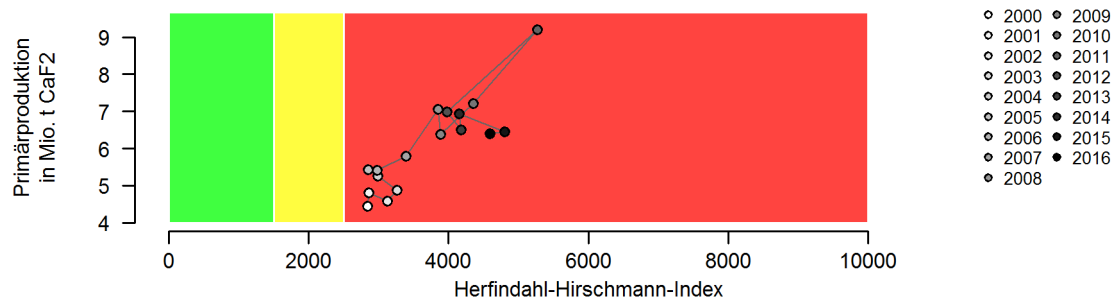


- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)

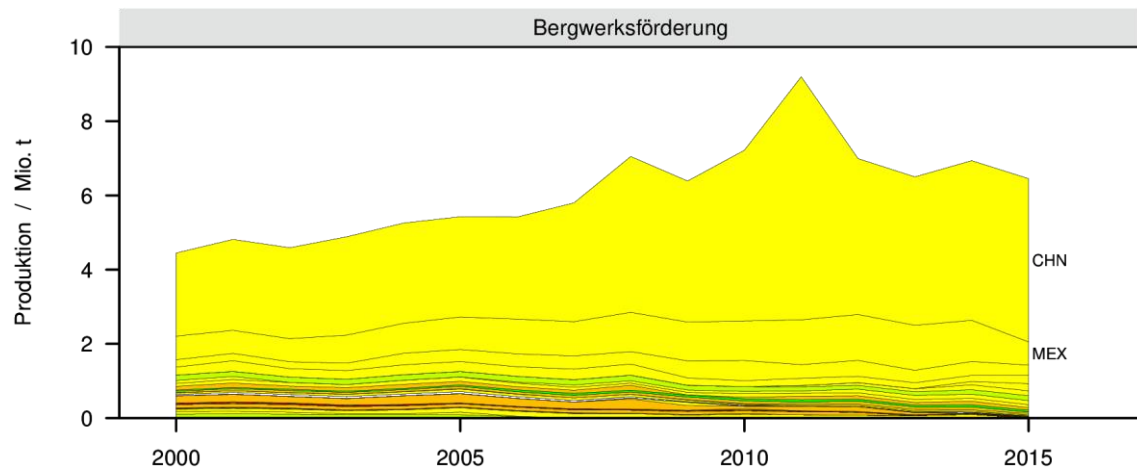
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



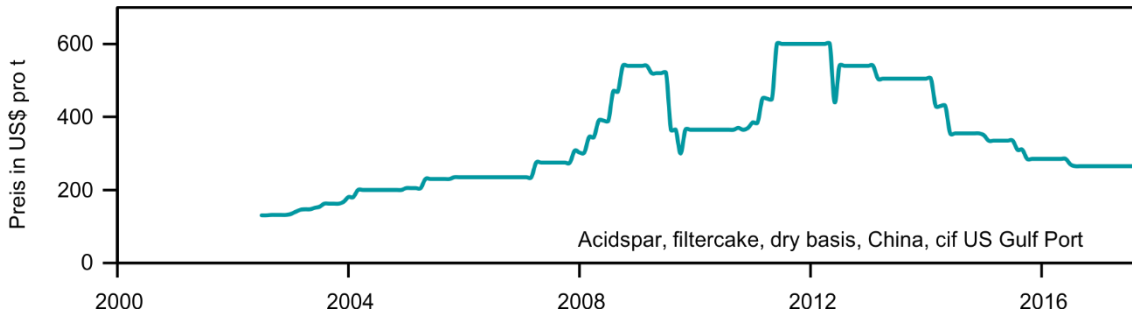
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



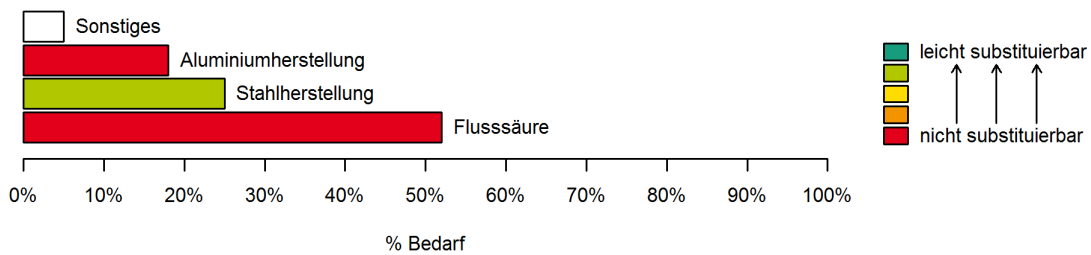
Recycling



Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Flussspatvorräte finden sich in vielen Ländern (geschätzte Gesamtsumme in grau dargestellt), auch u.a. in DEU und GBR. Allerdings sind die genauen Mengen größtenteils nicht bekannt bzw. vertraulich.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

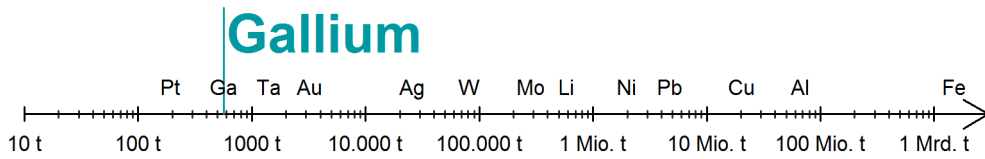
EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report*.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

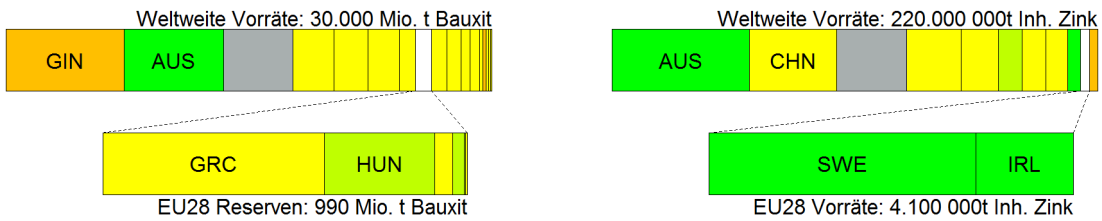
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.



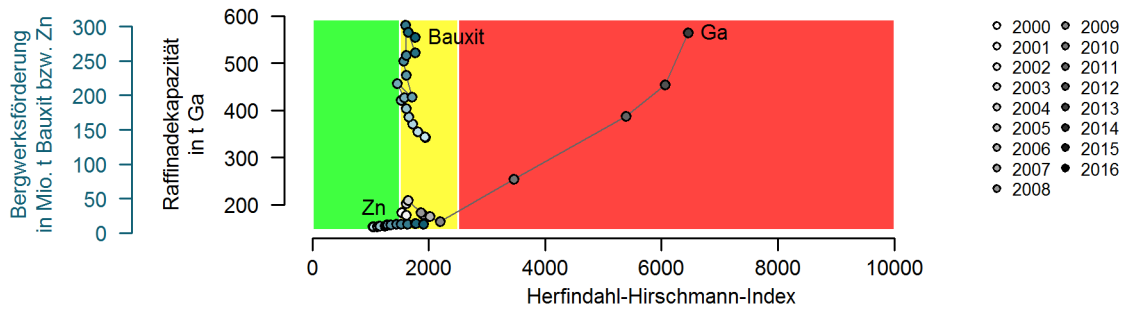
➤ Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)

➤ Beiprodukt der Zink- und Bauxit/Aluminium-Gewinnung

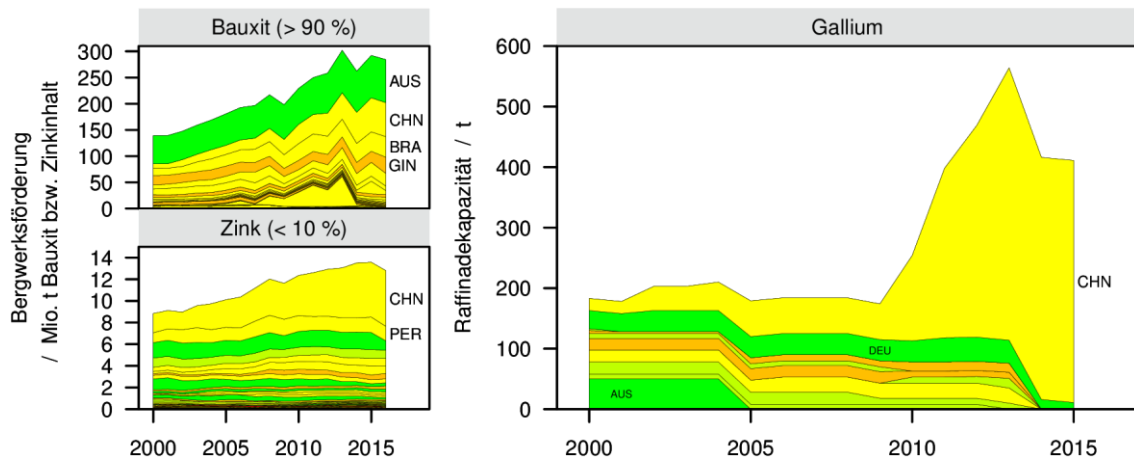
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



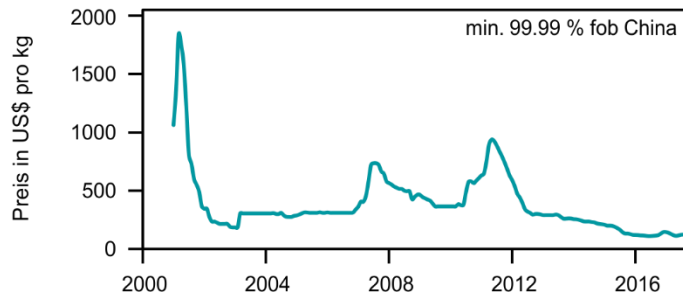
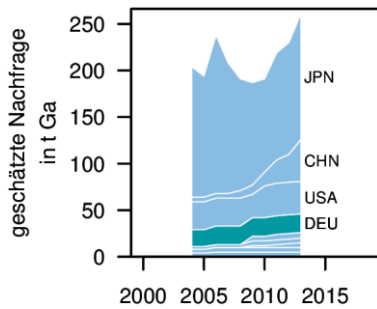
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



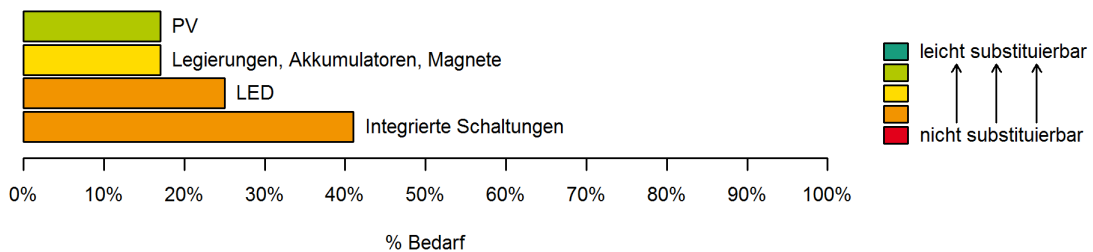
Recycling



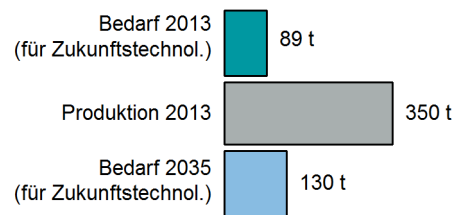
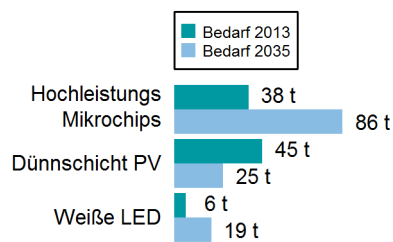
Historische Nachfrage und Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Die weltweite Raffinadekapazität von Gallium übertrifft die erwartete Nachfrage der kommenden Jahre deutlich, sodass nicht mit einer Versorgungslücke zu rechnen ist. Zudem hat Deutschland nach China die zweitgrößte Raffinadekapazität. Allerdings kann die Galliumgewinnung aus Bauxit und Zink bei einer veränderten Nachfrage nicht kurzfristig hochgefahren werden, da Gallium als Beiprodukt nur eine untergeordnete wirtschaftliche Rolle spielt. Somit sind trotz vorhandener Raffinadekapazitäten (kurzfristige) Preisschwankungen möglich.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

Licht et al. (2015): *Journal of Industrial Ecology* **19** (5), 890–903.

Lovik et al. (2016): *Environmental science & technology*. **50** (16), 8453–8461.

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

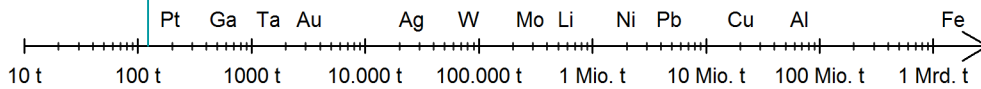
Roskill – Roskill Information Services Ltd. (2014): *Gallium: Global Industry Markets and Outlook*. Ninth Edition, 121. London.

Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

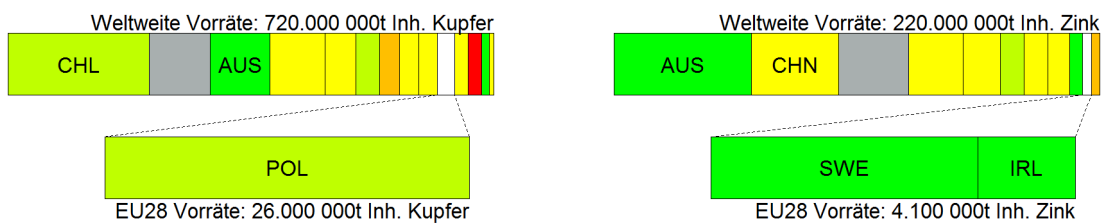
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Germanium

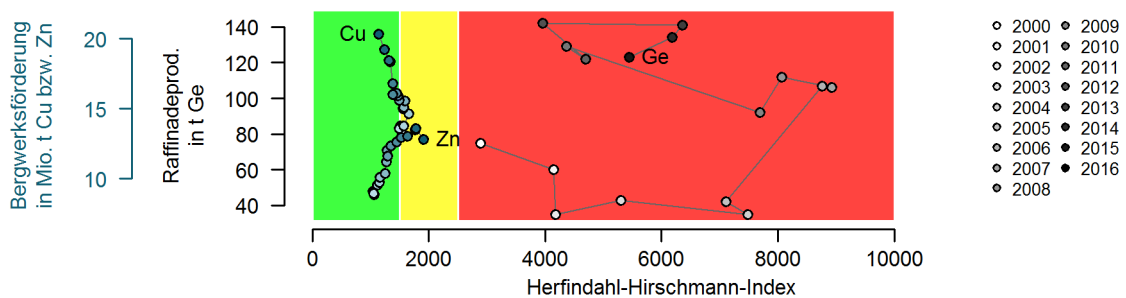


- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)
- Beiprodukt der Zinkergewinnung sowie aus der Flugasche von der Kohleverbrennung. Potenziale in Kupfererzen.

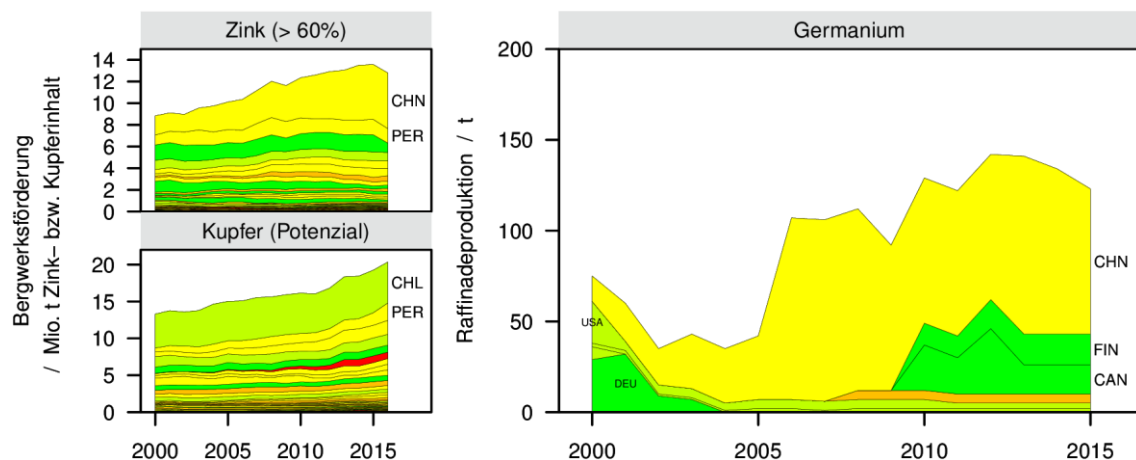
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



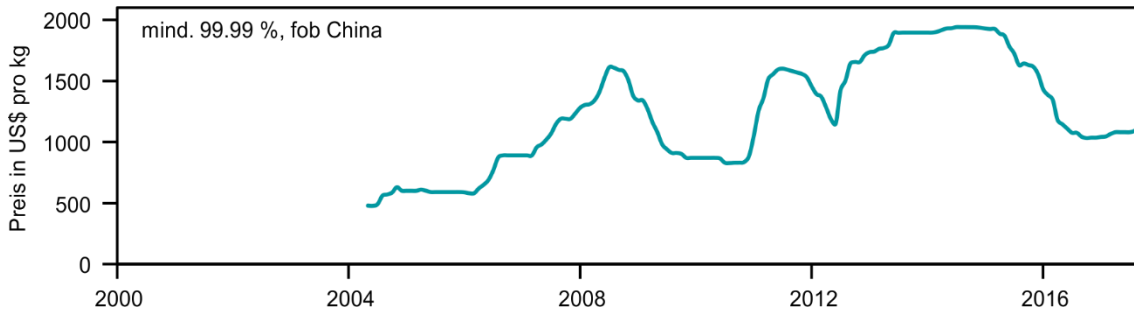
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



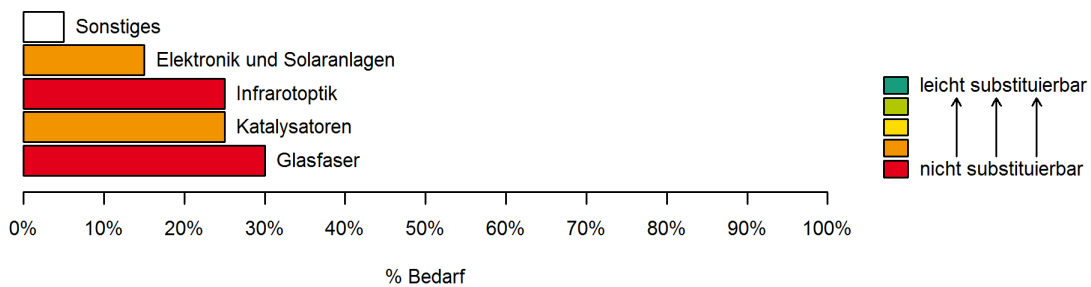
Recycling



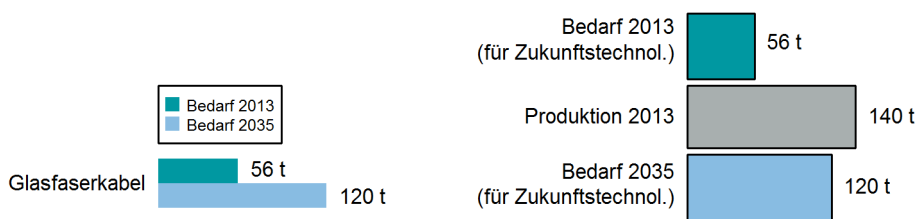
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

In den Jahren 2000 und 2001 war Deutschland Weltmarktführer in der Raffinadeproduktion (als Beiprodukt der Cu-Gewinnung).

Das Potenzial von Germanium allein in Zinkerzen lag 2012 bei 760 Tonnen Inh. Allerdings wurde davon nur ein geringer Anteil tatsächlich gewonnen.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

Licht et al. (2015): *Journal of Industrial Ecology* **19** (5), 890–903.

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

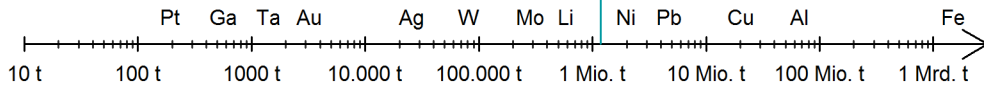
Meylan et al. (2015): *Comprehensive Global and United States Cycles of Gallium, Germanium, Rhenium, and Tungsten in 2008*. U.S. Geological Survey.

Tercero Espinoza et al. (2015): *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

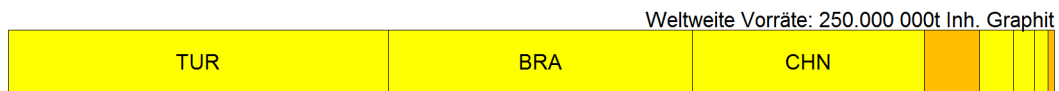
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Graphit



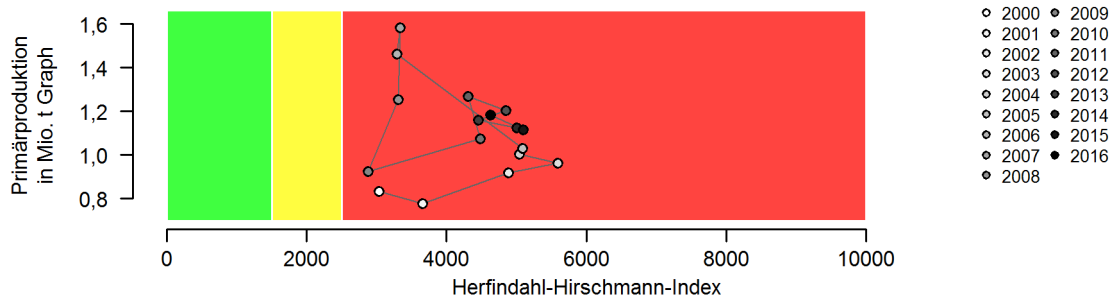
- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

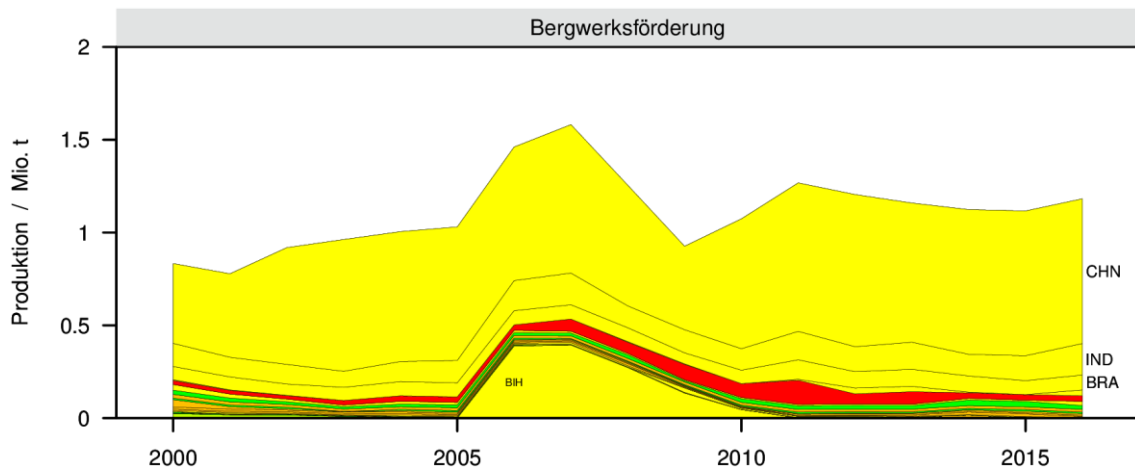


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



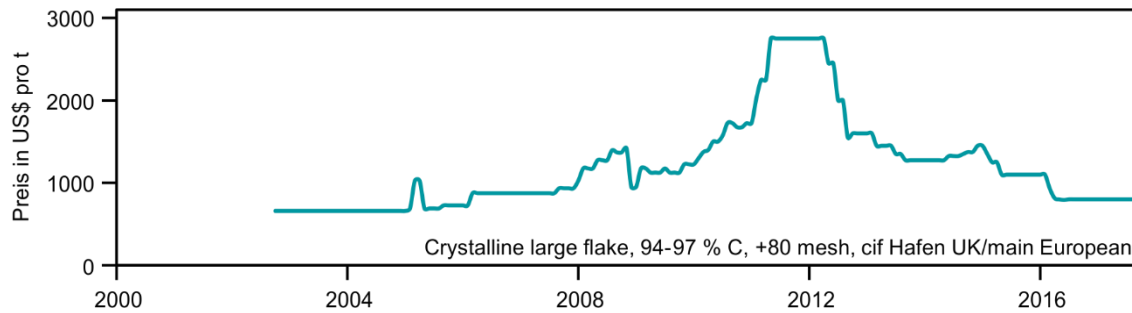
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



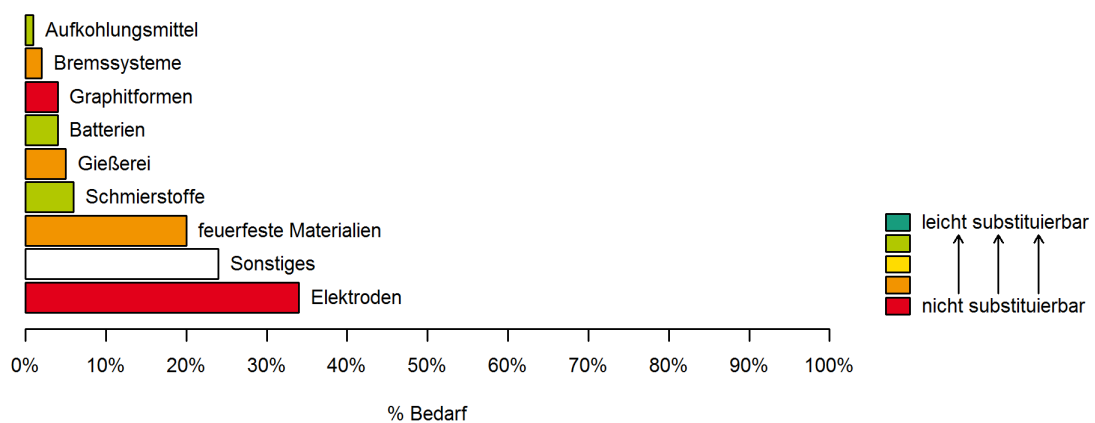
Recycling



Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Tschechien besitzt große Graphit-Potenziale, allerdings mit noch nicht bekanntem Wertstoffinhalt.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

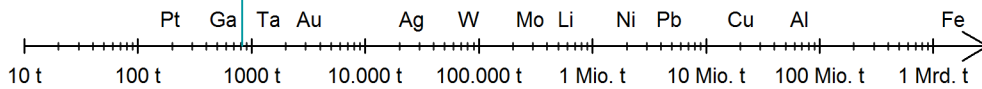
EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

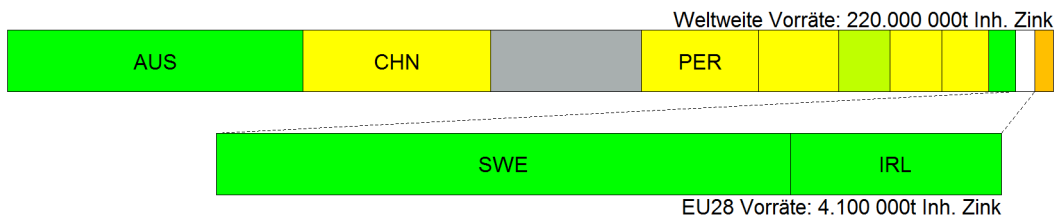
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Indium

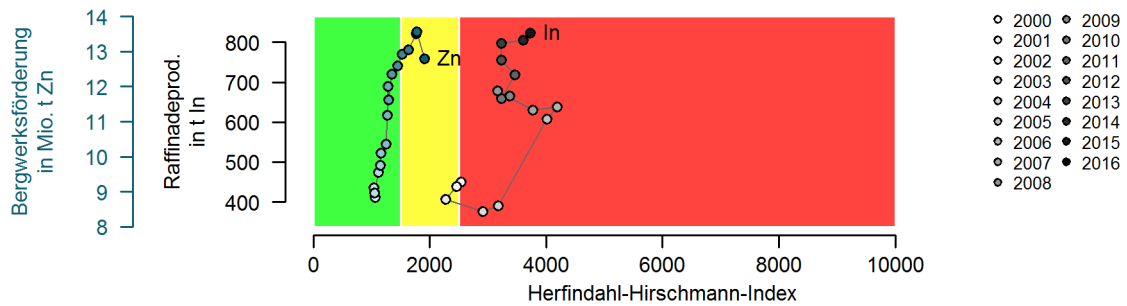


- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)
- Beiprodukt der Zink-Gewinnung

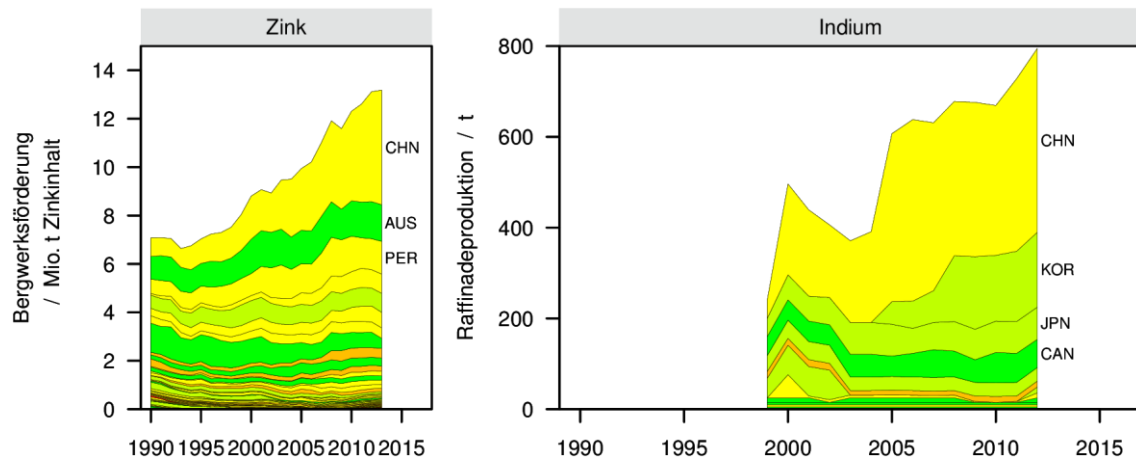
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



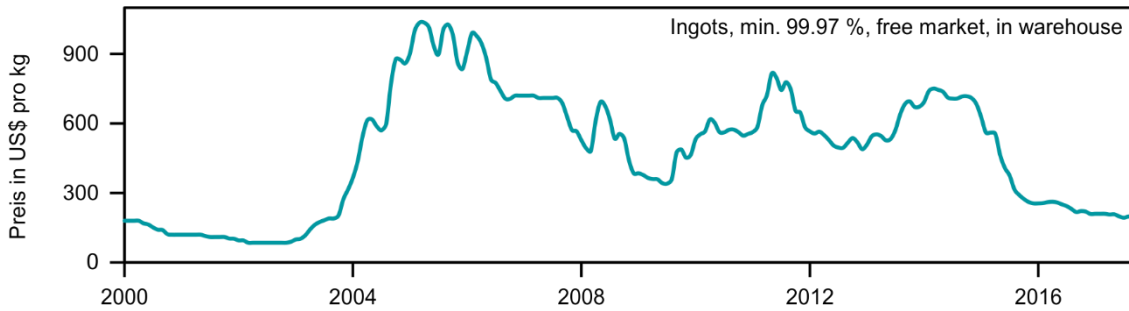
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



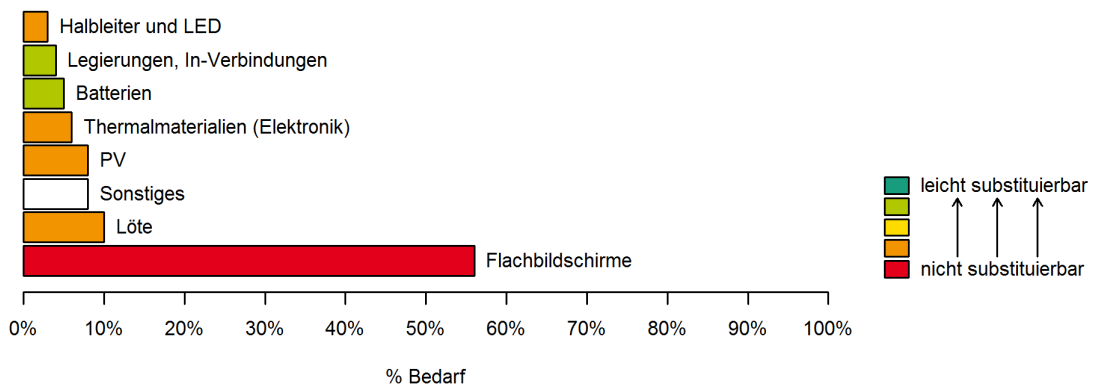
Recycling



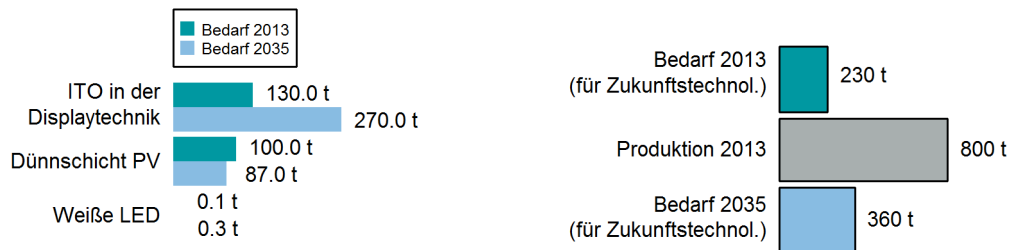
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Hauptsächlich Beiprodukt der Zinkgewinnung, wodurch nur begrenzt auf eine veränderte Nachfrage reagiert werden kann. Dieses kann zu Preisschwankungen führen.

Verzehnfachung des Preises zwischen 2003 und 2005, u.a. durch verstärkte Nachfrage nach Flachbildschirmen (darin enthalten: Zinn-dotiertes Indiumoxid, ITO) sowie aufgrund von Schließung von Indium-Hütten.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

DERA (2013): *Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen*. Auftragsstudie. DERA Rohstoffinformationen 17: 124 S., Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-17.pdf.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

Licht et al. (2015) *Journal of Industrial Ecology* **19** (5), 890–903.

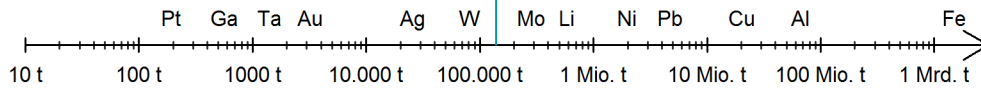
Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Kobalt



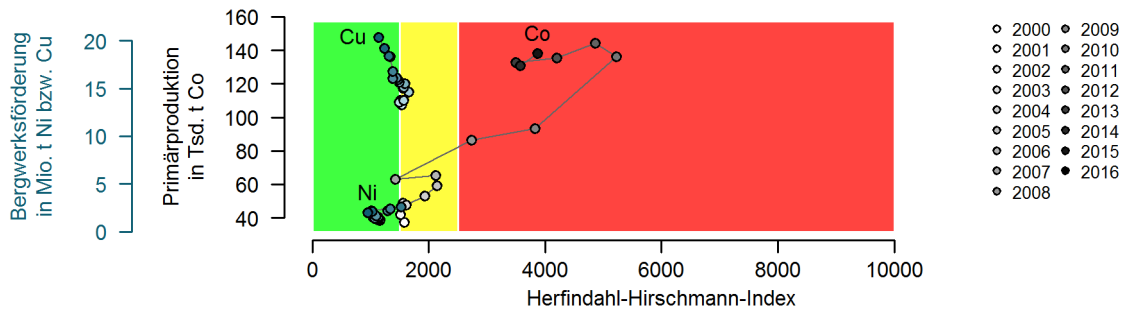
- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)
- Hauptsächlich (>90 %) Beiprodukt der Kupfer- und Nickel-Gewinnung

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

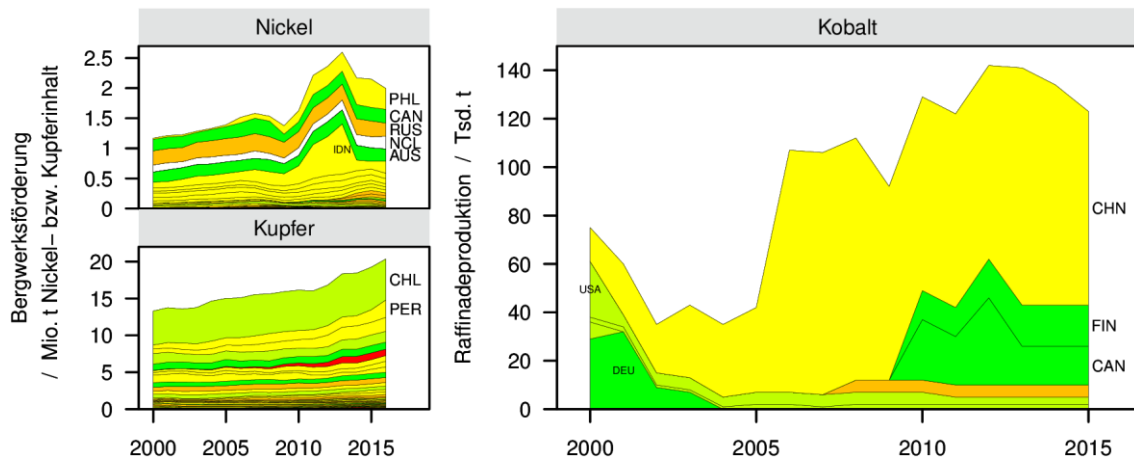


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



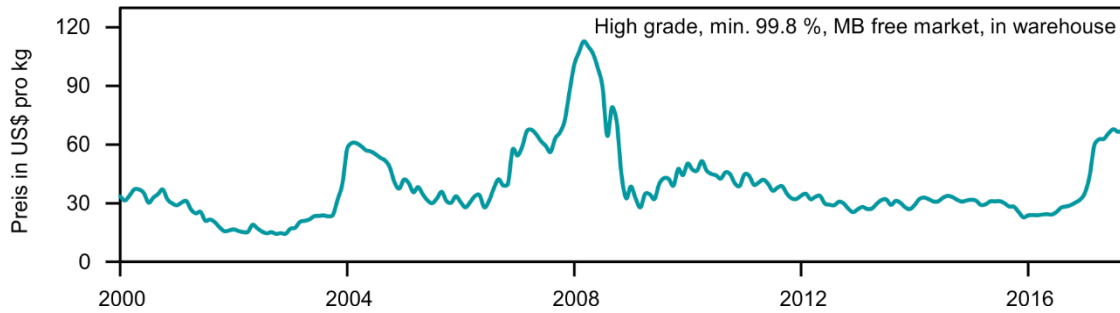
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



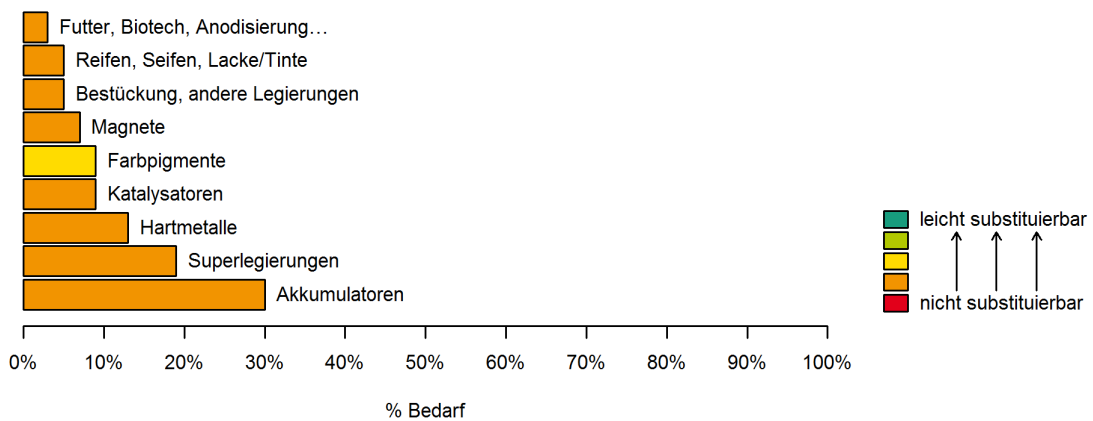
Recycling



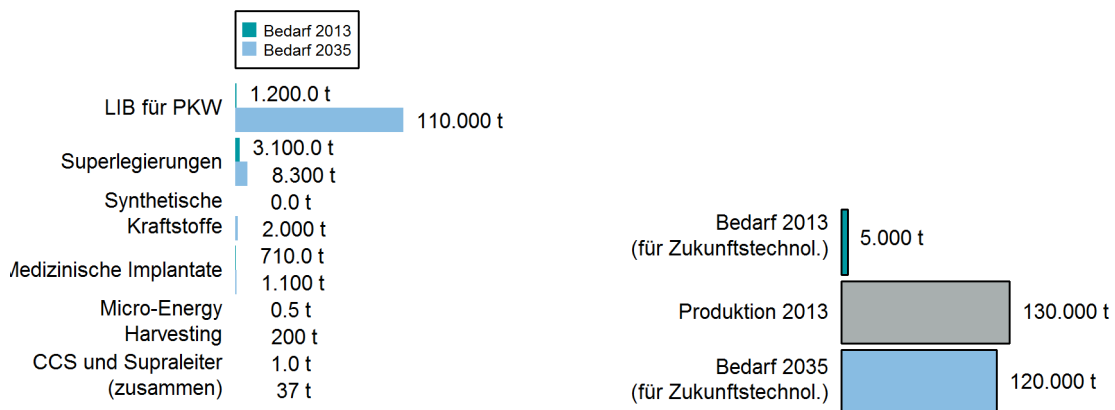
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Kobalt wird als Konfliktrohstoff eingestuft, da die Gewinnung insb. in der Demokratischen Republik Kongo teilweise zur Finanzierung bewaffneter Konflikte dient. Es werden diverse Anstrengungen unternommen, um die in diesen Regionen gewonnen Rohstoffe aus den Handelsketten zu halten (z.B. durch Nachweispflicht für Unternehmen).

Die Datenlage zur Produktion ist teilweise schlecht, da unklar ist in welcher Wertschöpfungsstufe die Produktion stattfindet (gilt insb. für die DR Kongo und angrenzende Staaten). Zudem ist die Ausbringung von Kobalt bei der Bergwerksförderung gering (~30 %). Dadurch liegt die tatsächliche primäre Bergwerksförderung bei nur ~50 % der dargestellten Raffinadeproduktion. Die Raffinadeproduktion ist höher, da Kobalt hauptsächlich als Beiprodukt der Ni- und Cu-Förderung gewonnen wird und insgesamt nur ca. 10 % von primären Kobaltlagerstätten stammt.

Viele Handelsprodukte (Kobalterze und ihre Konzentrate, Kobaltmatte und andere Zwischenerzeugnisse der Kobaltmetallurgie, Kobalt in Rohform sowie Pulver aus Kobalt) weisen ein sehr hohes gewichtetes Länderrisiko auf, da die DR Kongo mit Abstand größter Nettoexporteur ist (~85-99 %).

Kobalt ist ein wichtiger Bestandteil von Lithium-Ionen-Batterien (LIB). Mit dem Ausbau der Elektromobilität wird ein starker Anstieg der Kobalt-Nachfrage bis 2035 erwartet.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

DERA (2017): *DERA-Rohstoffliste 2016*. DERA-Rohstoffinformationen 32: 116 S., Berlin. Online verfügbar unter https://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Downloads/rohstoffliste-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=4

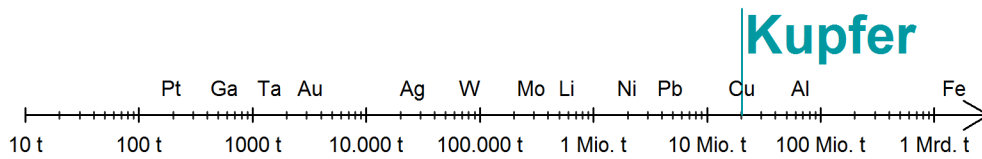
Harper et al. (2012): *Environmental science & technology* **46** (2), 1079–1086

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

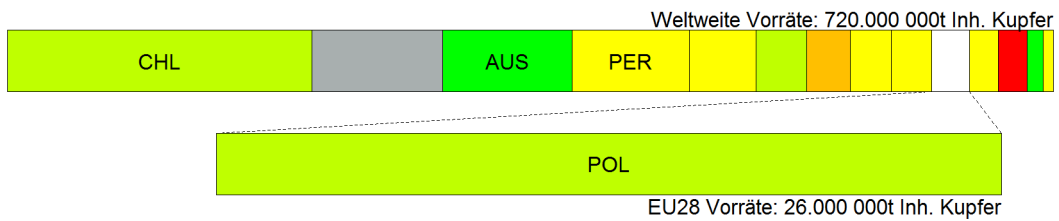
Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

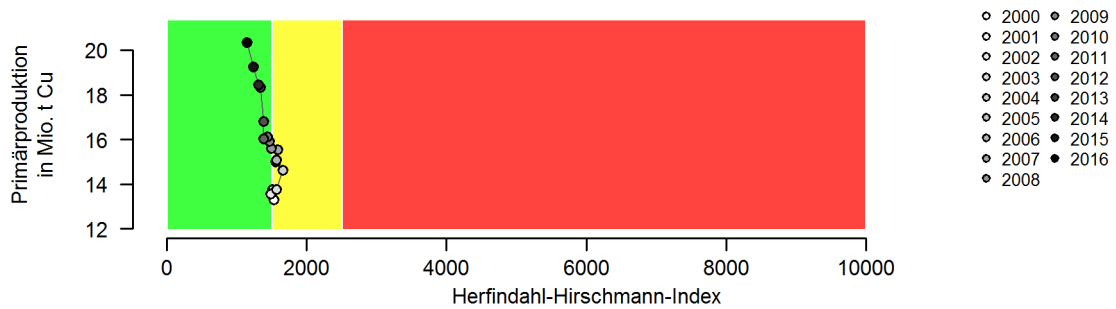
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.



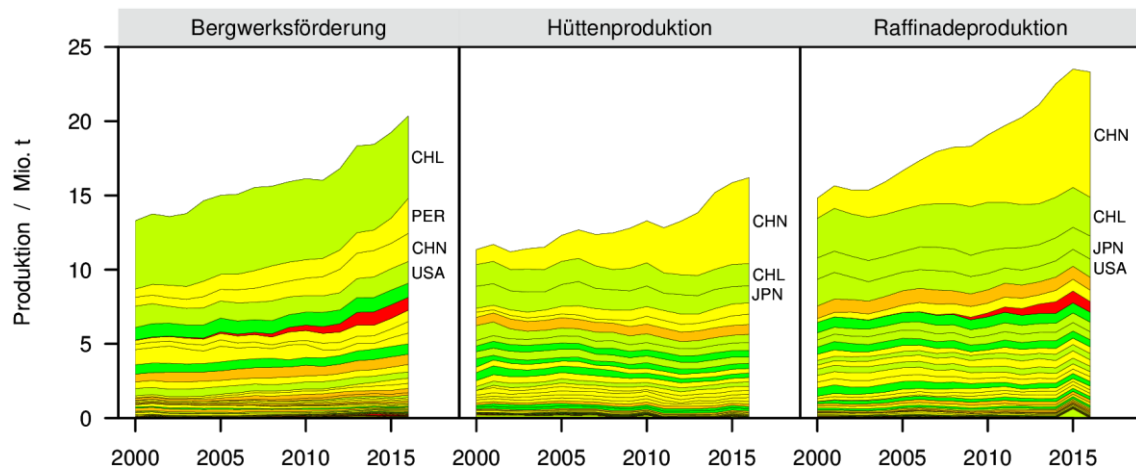
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



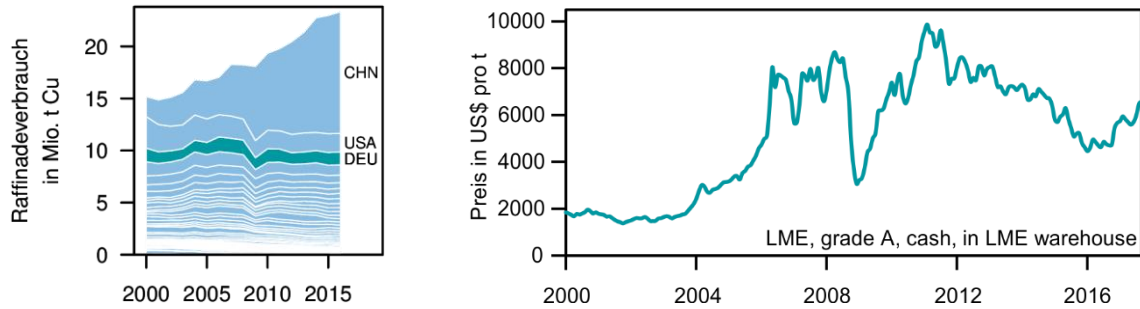
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



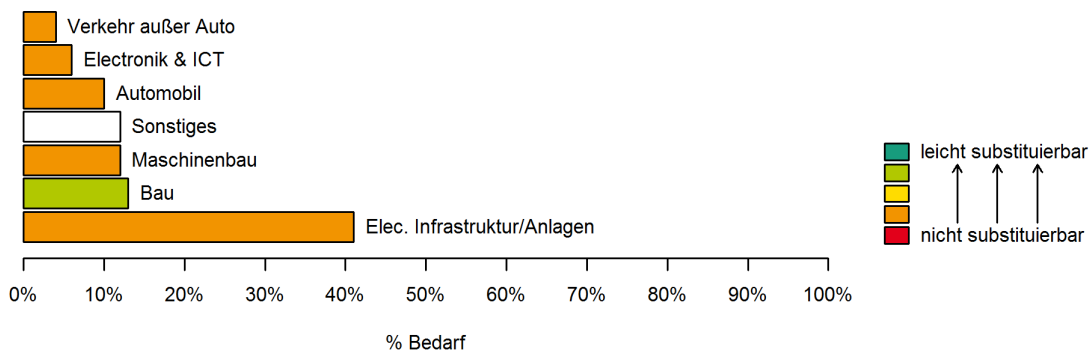
Recycling



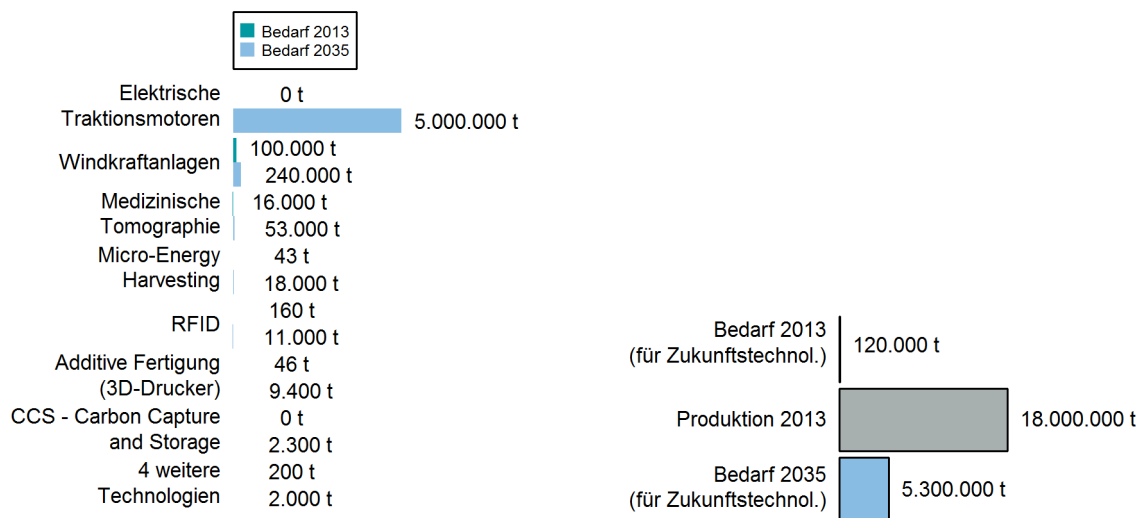
Historische Nachfrage und Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Zahlreiche Kupfer-Vorkommen befinden sich neben Polen in weiteren Ländern der EU28. Diese sind allerdings nicht einzeln ausgewiesen und mit weiteren nicht EU-Staaten zusammengefasst.

Die ausgewiesene Hüttenproduktion ist geringer als die Bergwerksförderung, da die Dokumentation nicht vollständig ist. Die Raffinadeproduktion ist aufgrund der relativ hohen Recyclingquoten erhöht.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*

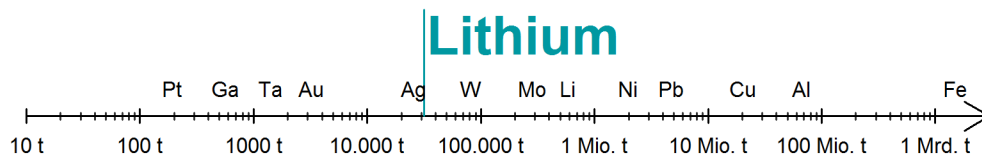
Glöser et al. (2013): *Environmental Science & Technology*, **47**, 6564–6572

ICSG (2017): *The World Copper Factbook 2017.*

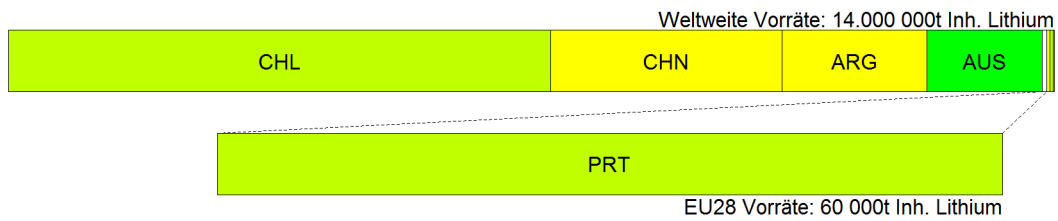
Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

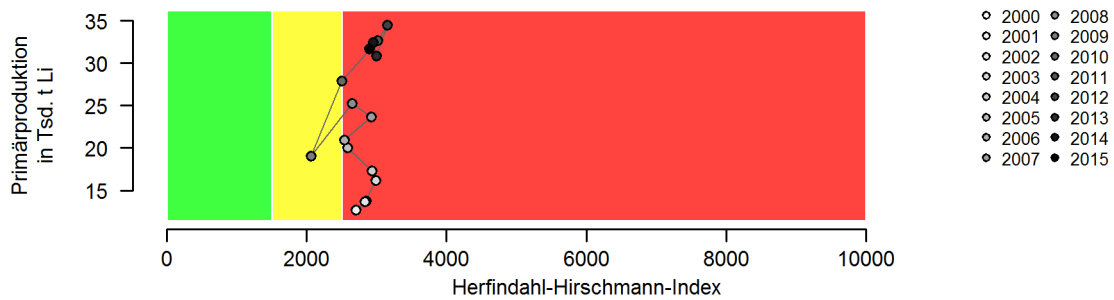
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators.*



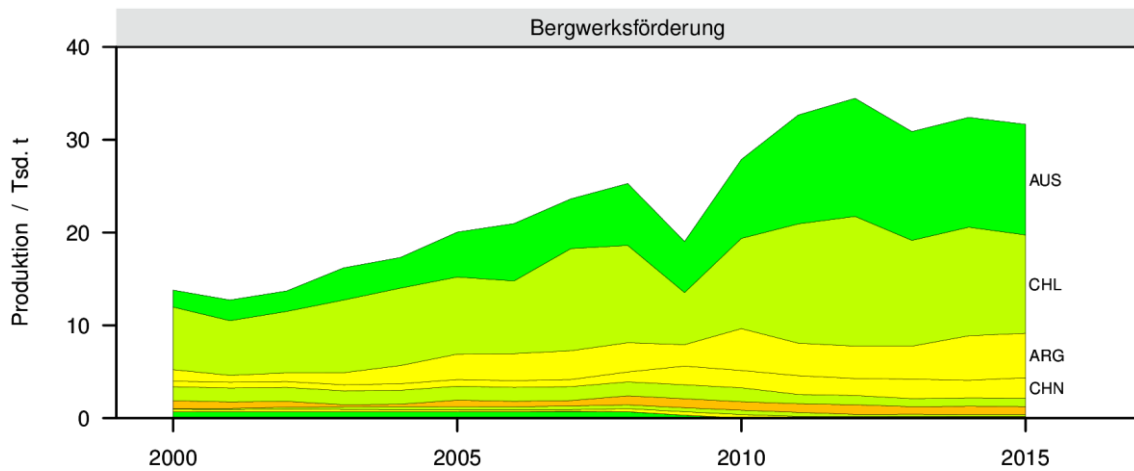
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



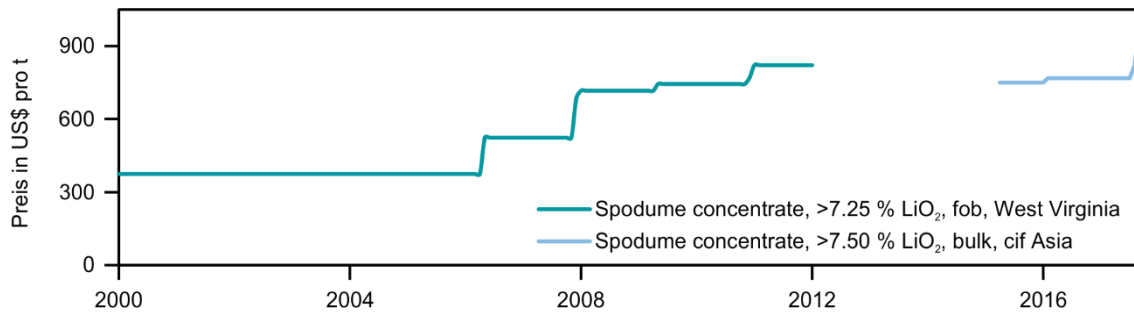
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



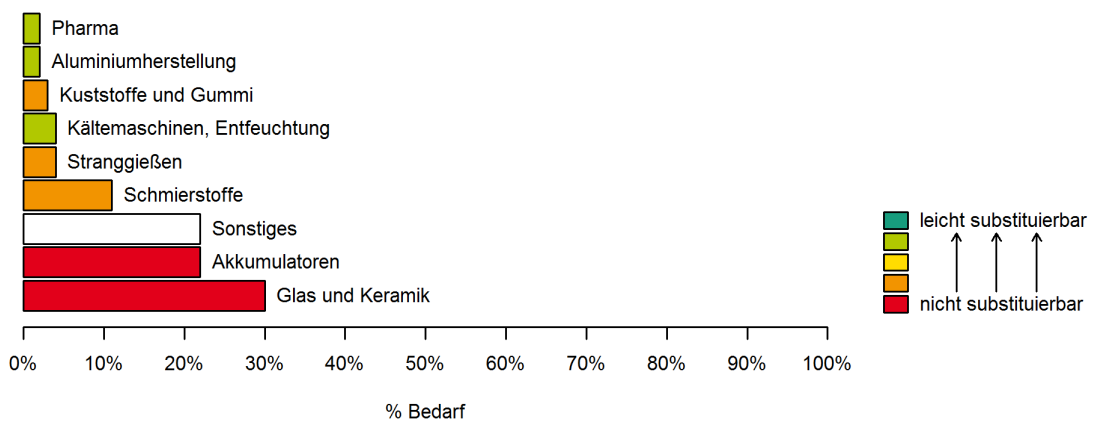
Recycling



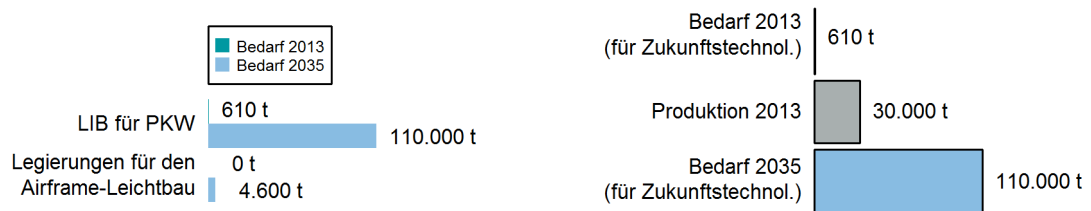
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Neben den aufgeführten zahlreiche weitere bedeutende Vorkommen, z.B. in Bolivien, die zurzeit allerdings noch nicht wirtschaftlich sind. Ein deutsches Vorkommen im Erzgebirge (Zinnwald) wird derzeit in einer Feasibility Study bewertet (Ressourcen > 100.000 t Li-Inh.; measured + indicated + inferred).

Das Recycling von Batterien zielt derzeit nicht auf Lithium ab, sondern größtenteils auf Kobalt. Lithium verbleibt häufig in der Schlacke.

Seit 2005 stetiger Preisanstieg durch erhöhte Nachfrage, insbesondere für Batterien. Diese wird mit dem Ausbau der Elektromobilität bis 2035 weiter dramatisch ansteigen.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*

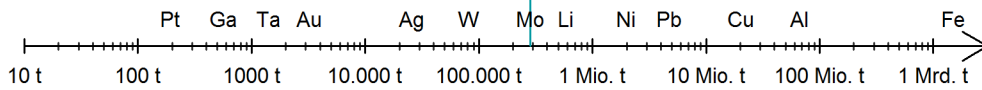
Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report.*

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators.*

Molybdän



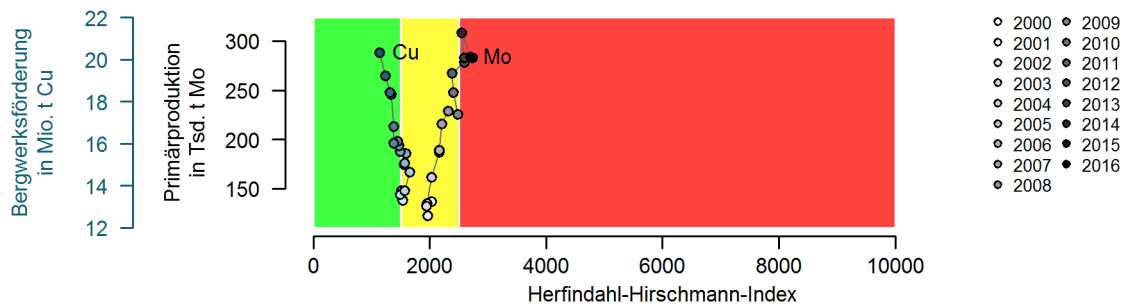
➤ Zu ~55 % Beiprodukt der Kupfer-Gewinnung und des Wolfram-Minerals Scheelit

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

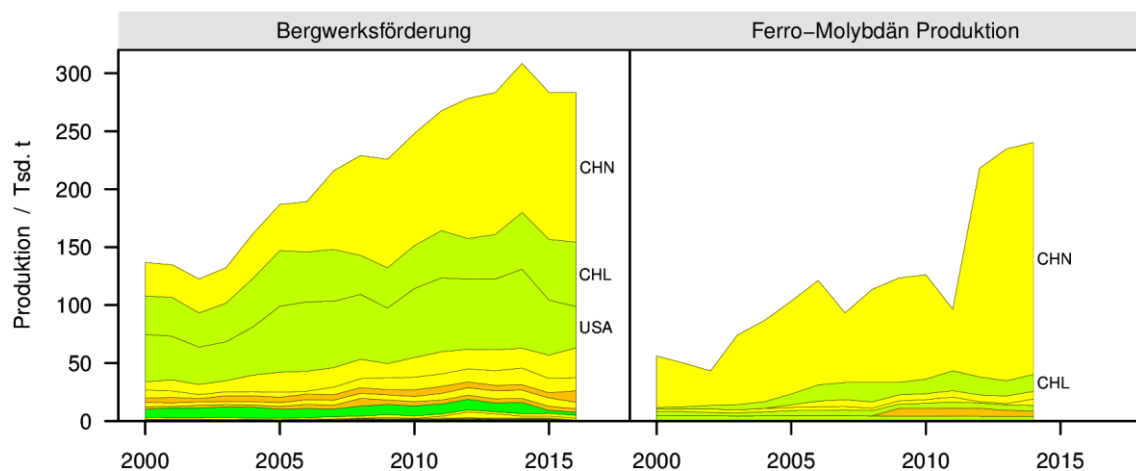


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



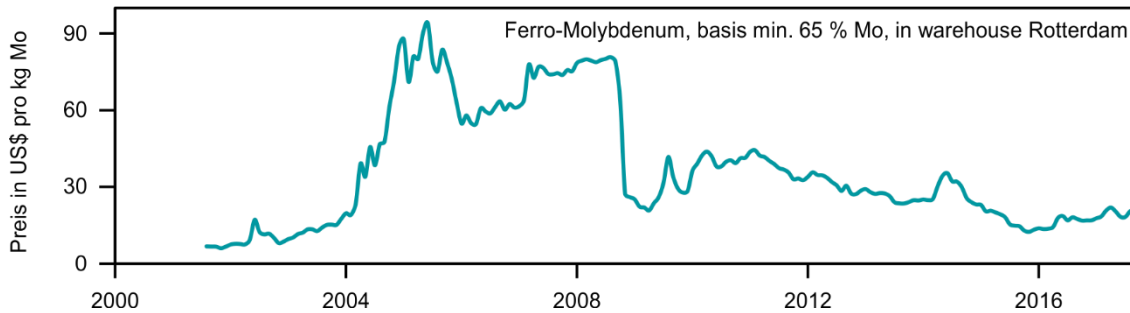
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



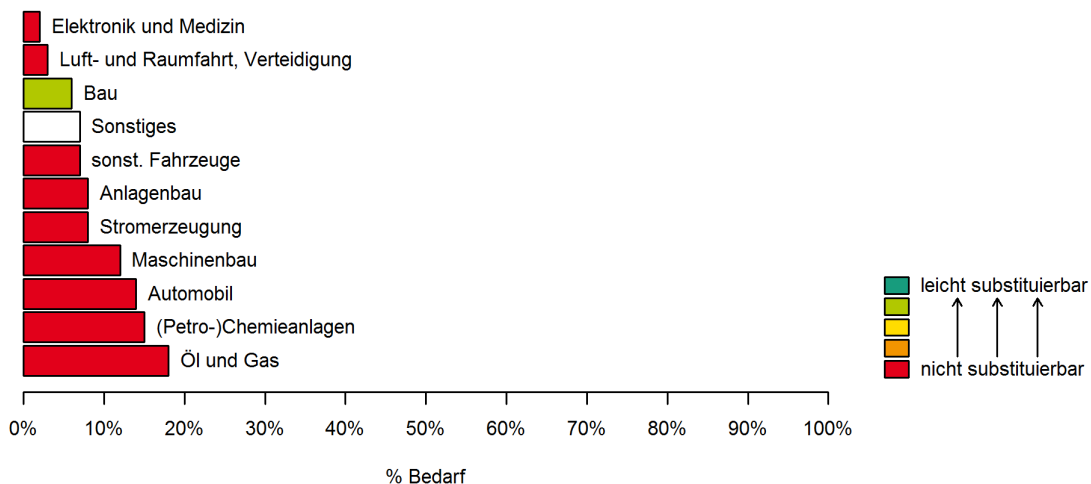
Recycling



Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Ca. 40 % des für die Wirtschaft wichtigen Stahlveredlers Molybdän stammen aus der Primärproduktion, rund 55 % werden als Beiprodukt von Kupfer- und Wolfram-Minen gewonnen.

Schlechte Datenlage für die Hüttenproduktion, da es hier keine Nachweispflicht gibt und die Daten häufig vertraulich sind.

Starker Preisanstieg 2004/2005 aufgrund von Produktionsverzögerungen auf dem europäischen Markt bei gleichbleibend hoher Nachfrage.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

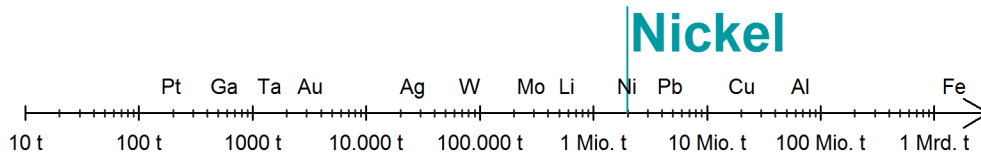
DERA (2013): *Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen*. Auftragsstudie. DERA Rohstoffinformationen 17: 124 S., Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-17.pdf.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*.

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report*.

U.S. Geological Survey (2017): *Mineral commodity summaries 2017*: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

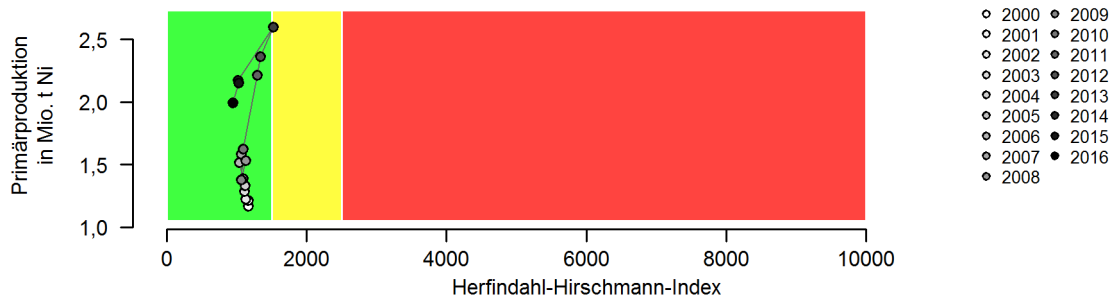


Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

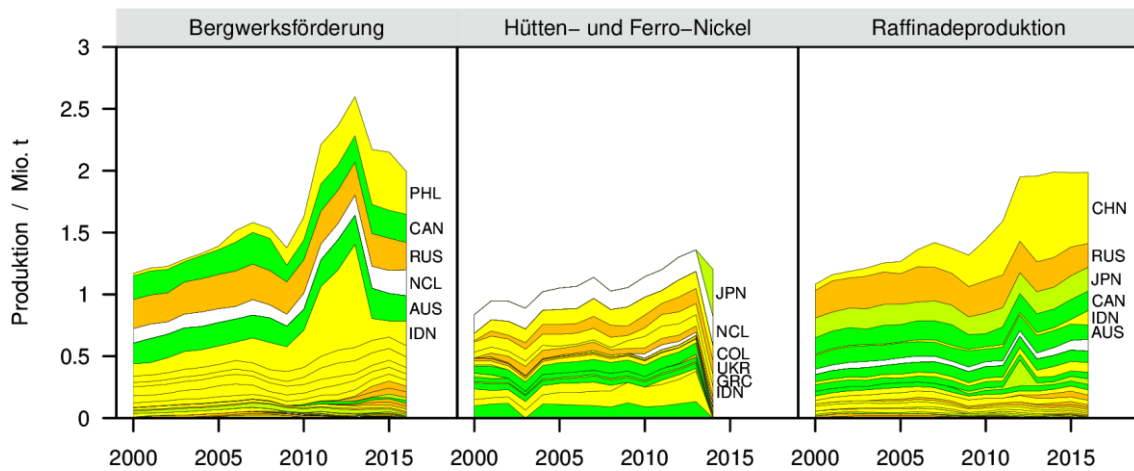


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



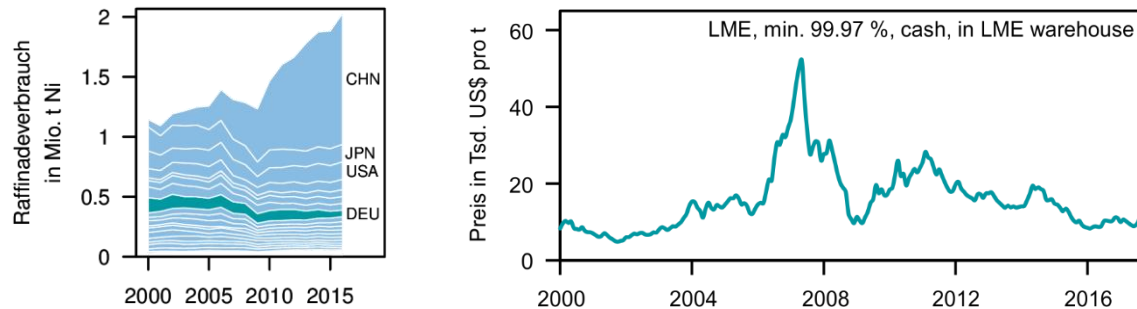
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



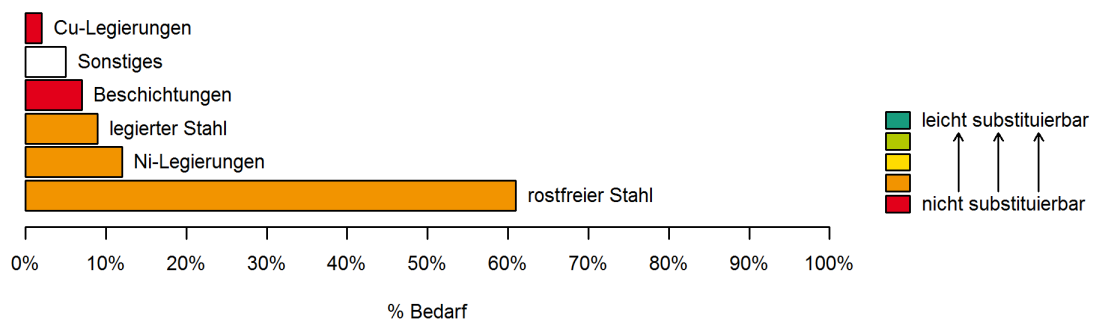
Recycling



Historische Nachfrage und Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Gewinnung aus sulfidischen Erzen sowie Lateriten.

Starke Überproduktion von 2011 bis 2013 durch Indonesien, die 2014 mit einem Exportverbot endete.

Geringere ausgewiesene Hüttenproduktion, da es zum einen für Bergwerksförderung eine bessere Dokumentation(spflicht) gibt, zum anderen in der Hütte hauptsächlich Sulfiderze behandelt werden, während Laterite (Limoniterze) z.T. direkt von der Förderung in die Raffinade gehen und dort hydrometallurgisch behandelt werden.

Die Verfügbarkeit von Edelstahlscrotten ist durch eine stark ansteigende Nachfrage sowie Exporten aus der EU teils eingeschränkt.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

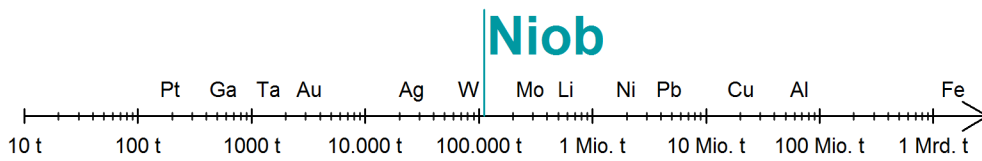
EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*

Elshkaki et al. (2017): *Resources, Conservation and Recycling*, **125**, 300–307.

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report.*

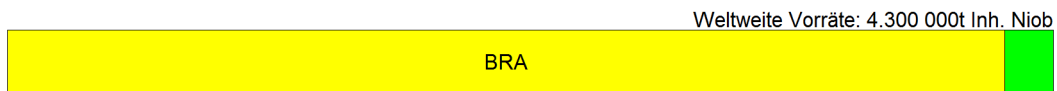
U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators.*



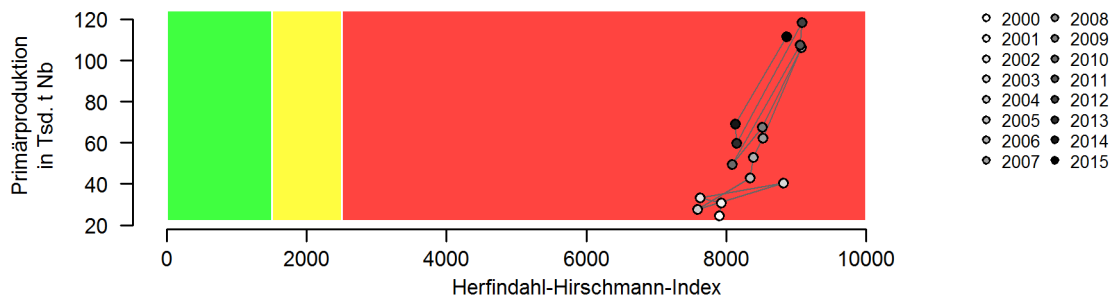
- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

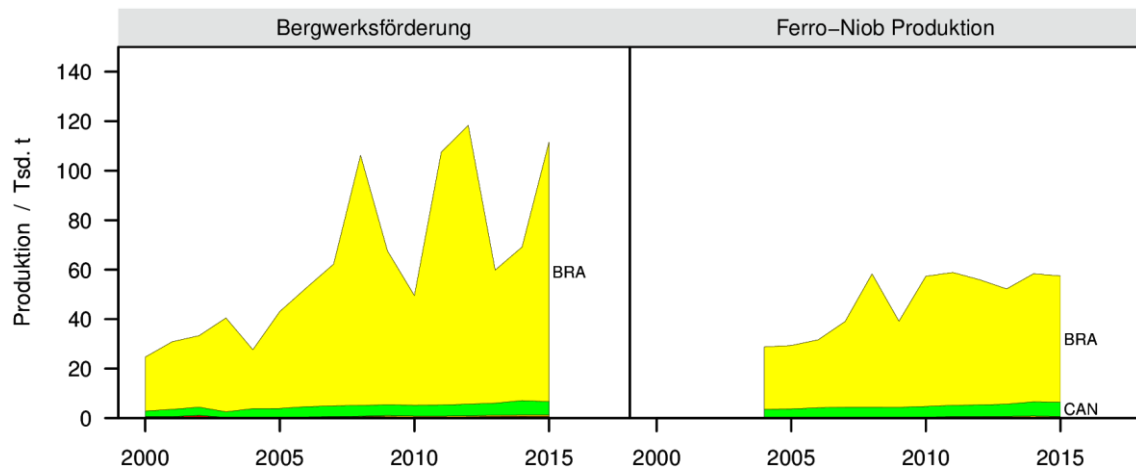


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



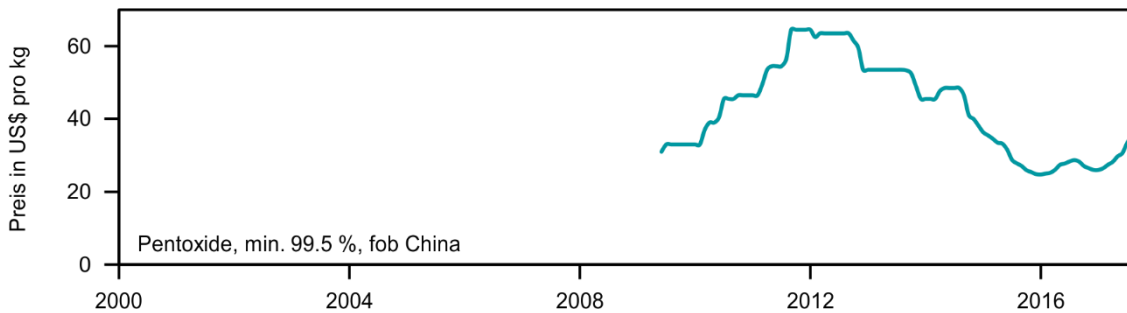
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



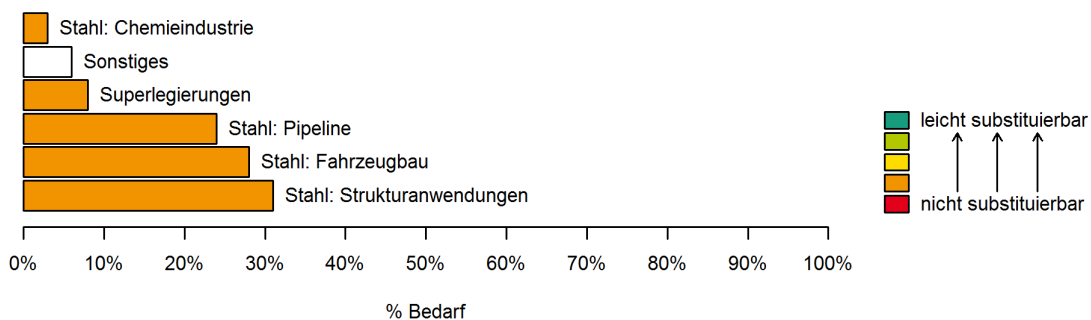
Recycling



Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Niob-Vorräte befinden sich auch in weiteren Ländern, allerdings sind die Daten vertraulich. Europäische Explorationsprojekte fokussierten hauptsächlich auf Grönland, Portugal und Irland.

Stark schwankende Bergwerksförderung im dominierenden Produktionsland Brasilien.

Ferro-Niob Produktion findet u.a. auch in Deutschland, Österreich, China und den USA statt, allerdings sind die Daten nicht bekannt.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

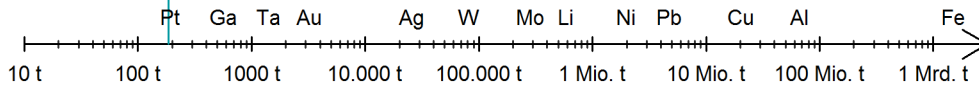
Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report*.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Platin



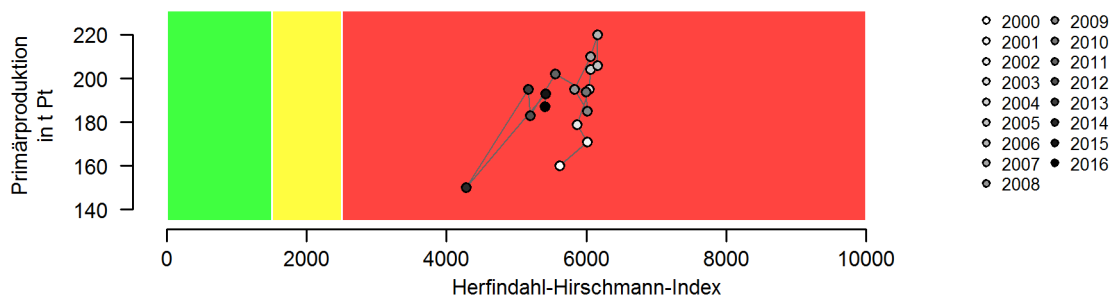
- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)
- Auch ein Beiprodukt der Nickel-Förderung

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

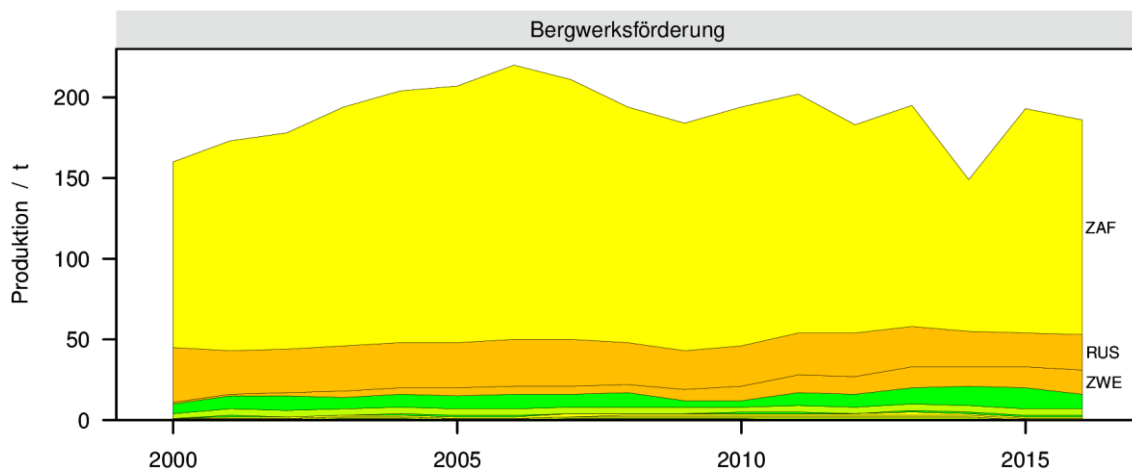


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

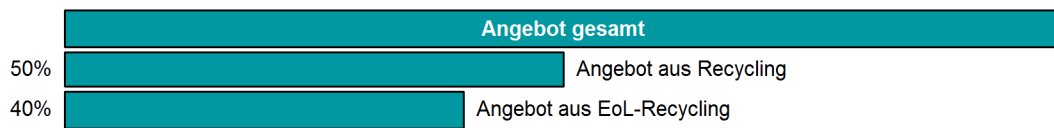
Mengen und Konzentration der Produktion



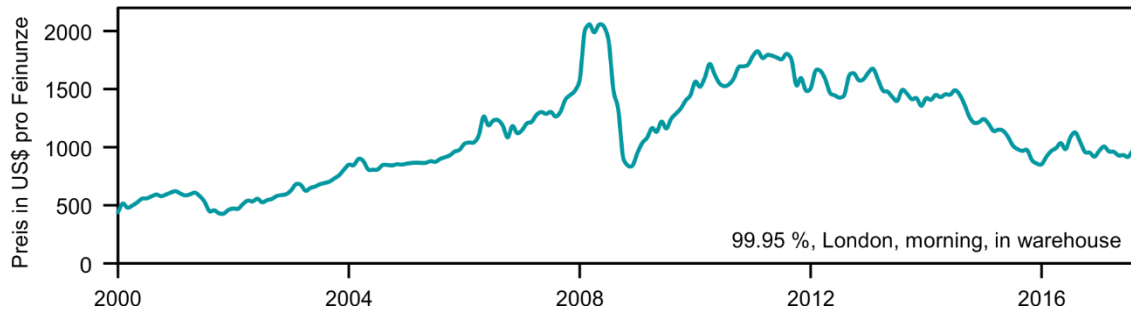
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



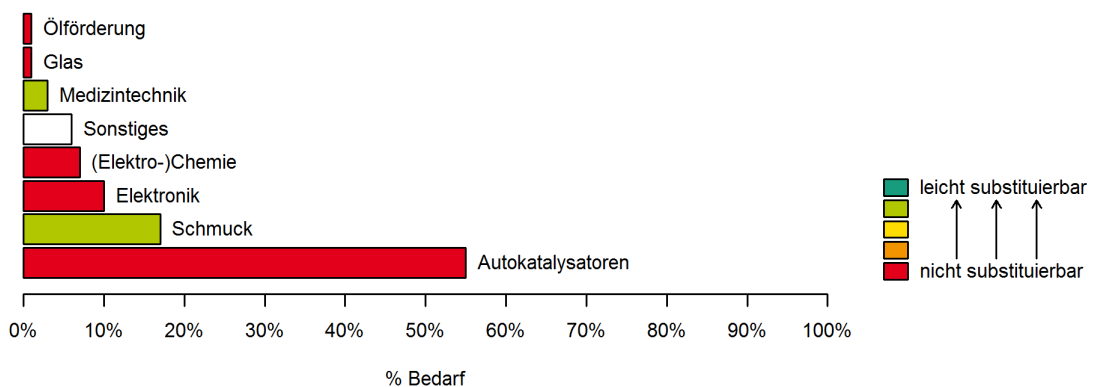
Recycling



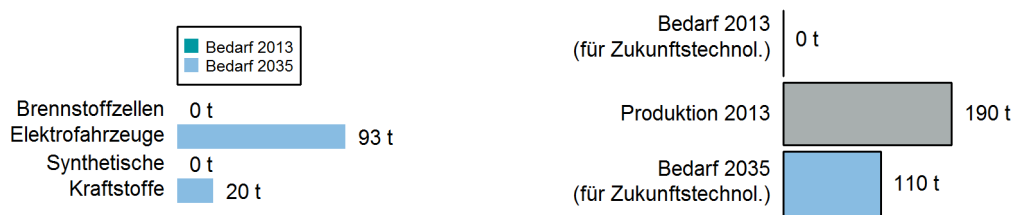
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Hohe EoL-Recyclingrate, besonders von Autokatalysatoren, die einen erheblichen Einfluss auf die PGM Versorgung haben. Durch Altfahrzeugexporte werden Katalysatoren dem Recyclingkreislauf temporär entzogen.

Palladium, das zu den Platingruppenmetallen (PGM) gehört und in Lagerstätten in variablen Verhältnissen immer gemeinsam mit Platin vorkommt, dient als Substituent für Platin. Dadurch kommt es immer wieder zu gegenläufigen Preisentwicklungen.

PGM mit hohem Palladiumanteil werden in Russland hauptsächlich als Beiprodukte der Nickelproduktion gewonnen, sodass auf veränderte Nachfrage nur begrenzt reagiert werden kann.

Platin wird, insbesondere nach der Weltwirtschaftskrise 2008/2009, als Wertanlage gesehen und der Preis so von Spekulationen beeinflusst.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe.*

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

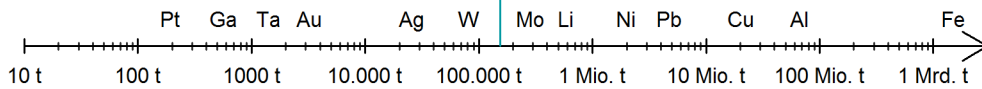
Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report.*

U.S. Geological Survey (2017): *Mineral commodity summaries 2017*: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

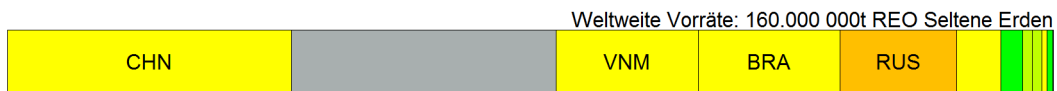
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators.*

Seltene Erden (Oxide)



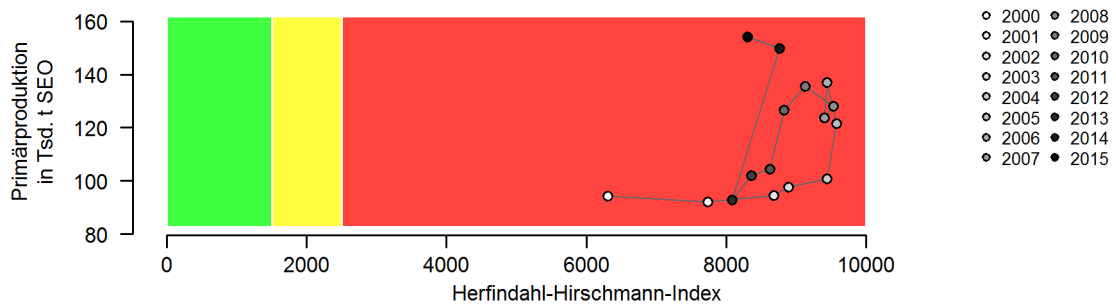
- Kritische Rohstoffgruppe für die EU (2010, 2014 & 2017)

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

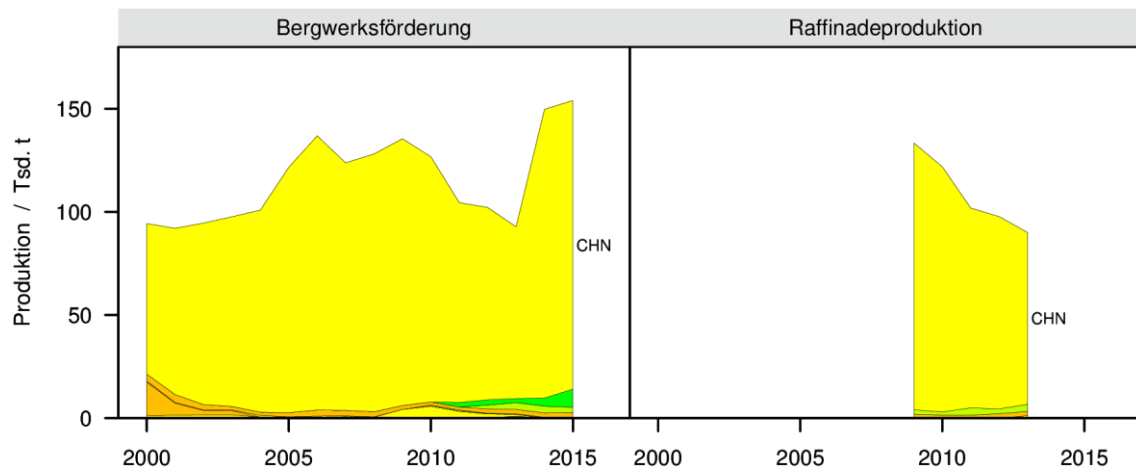


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



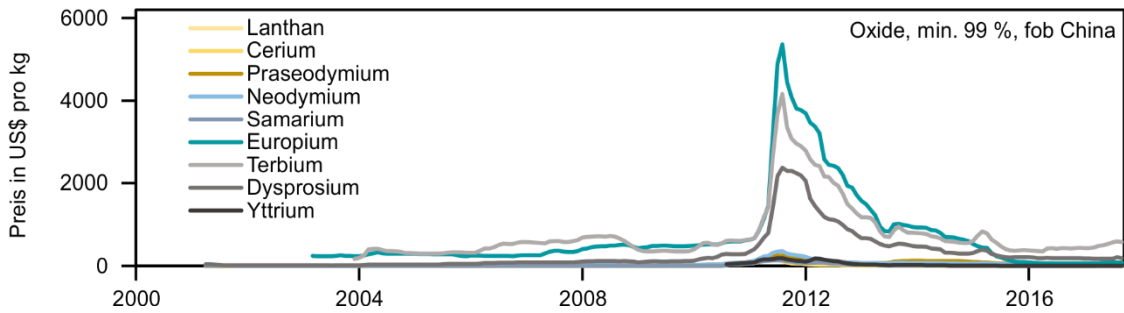
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



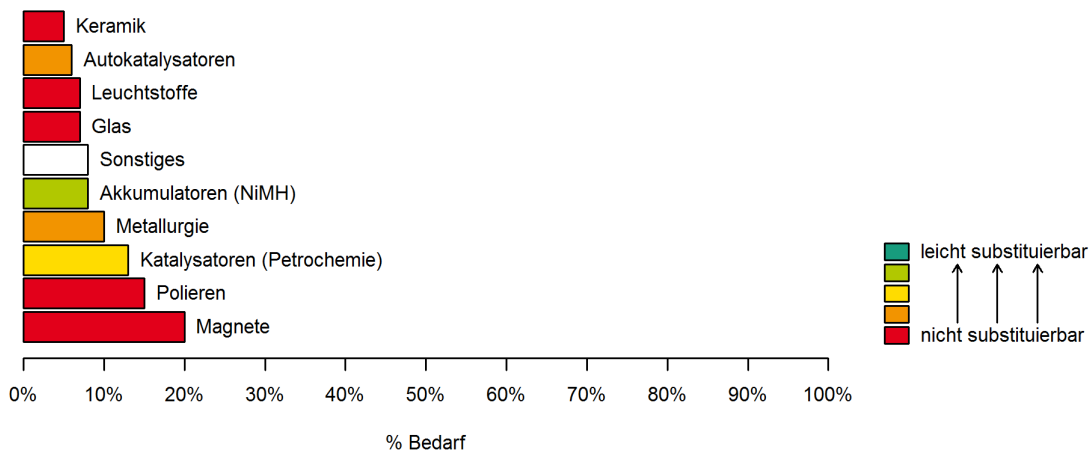
Recycling



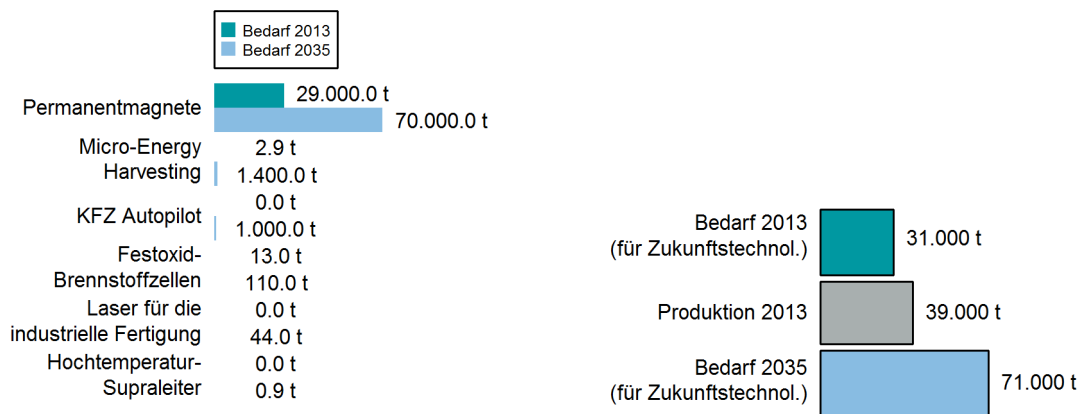
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Seltene Erden Vorkommen neben den vom USGS gelisteten u.a. auch in Deutschland (Storkwitz; 20.000 t) und in Skandinavien. Diese werden derzeit allerdings nicht ausgebeutet.

Die Elemente der Seltenen Erden treten, in unterschiedlicher Zusammensetzung, immer zusammen auf (wobei die leichten Seltenen Erden dominieren) und müssen aufwendig getrennt werden.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

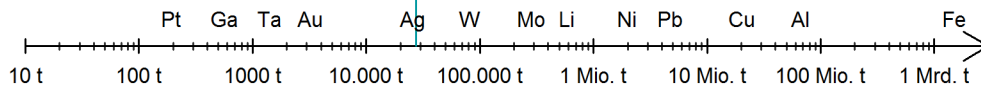
Schüler et al (2011): *Study on Rare Earths and Their Recycling*. The Greens/ European Free Alliance.

Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

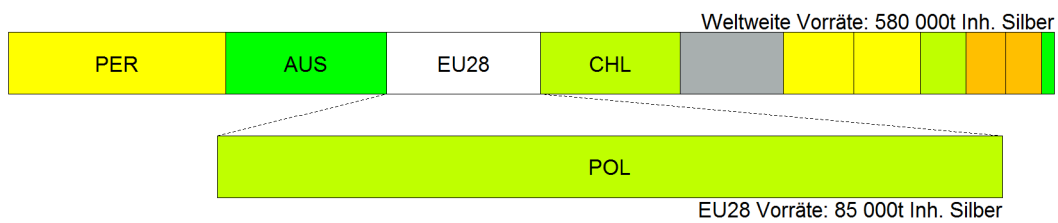
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Silber

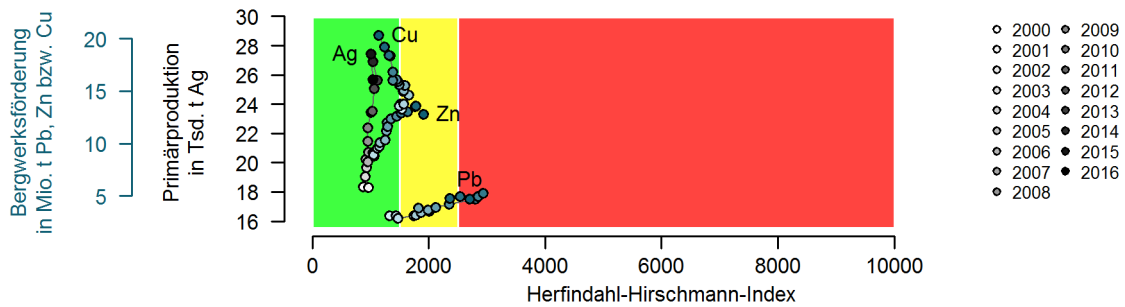


➤ Beiprodukt der Blei/Zink- (37 %), Kupfer- (21 %) und Gold- (13 %) Gewinnung

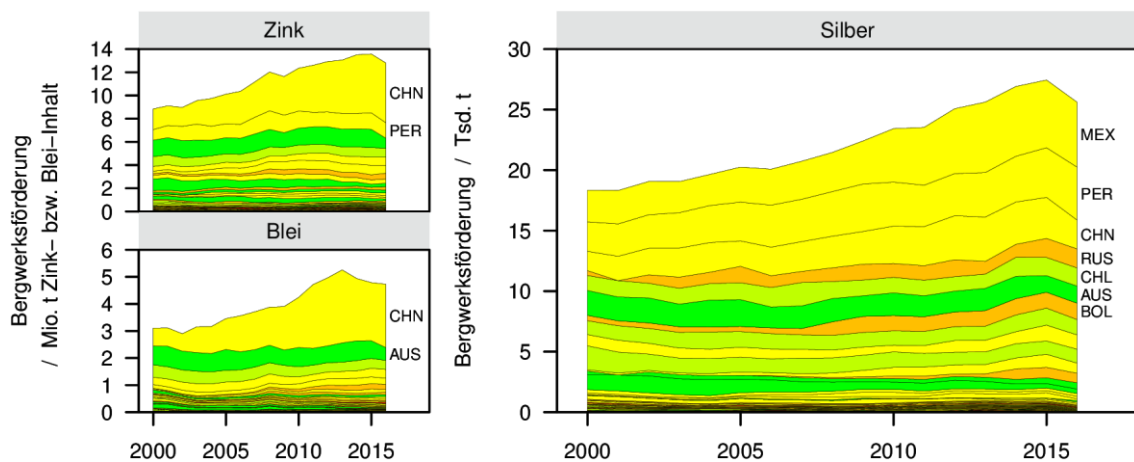
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



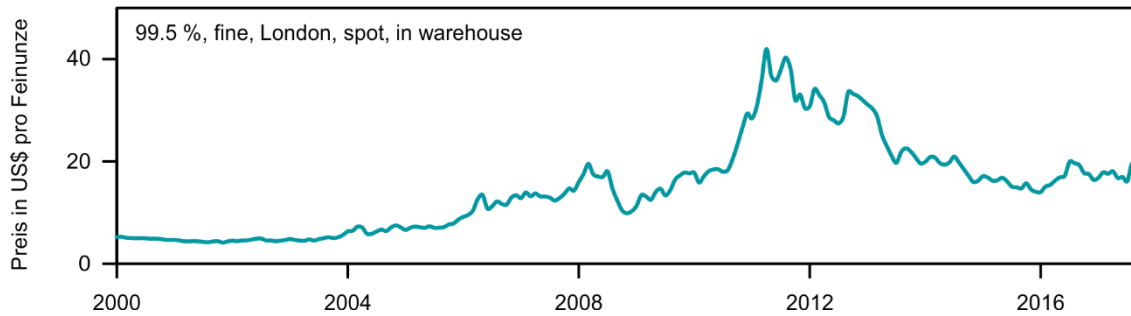
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



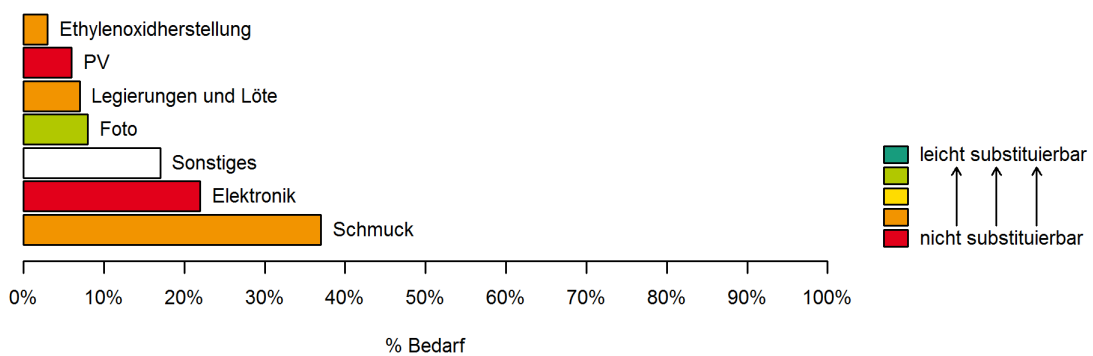
Recycling



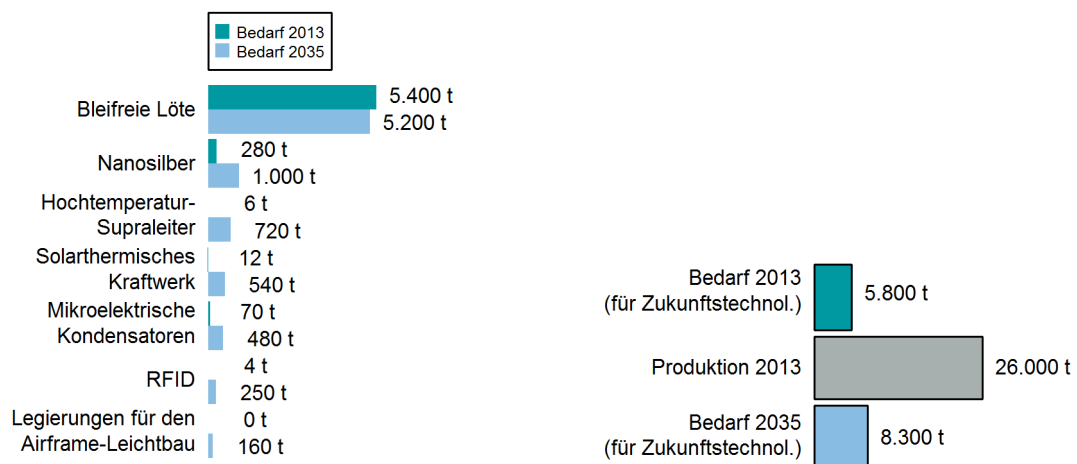
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Nur rund 30 % der Silberproduktion stammt aus dem Primärbergbau. Die Gewinnung erfolgt hauptsächlich als Beiprodukt von Blei/Zink (37 %), Kupfer (21 %) und Gold (13 %).

Auch in Deutschland findet eine vermutlich geringe Silberproduktion im Rahmen der Kupfergewinnung statt. Genaue Daten sind allerdings nicht bekannt. Auch zahlreiche weitere Länder, insb. in Europa, mit Produktion in unbekannter Höhe.

Zwischen 2007 und 2013 wies Deutschland eine jährliche Raffinadeproduktion von 1.338 t bis 1.800 t aus. Seit 2014 sind die Daten vertraulich. Allgemein ist die Datenlage für Hütten- und Raffinadeproduktion schlecht, da es keine Nachweispflicht gibt, die Daten meist vertraulich sind und sehr viele kleine Hütten und weiterverarbeitende Betriebe existieren.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

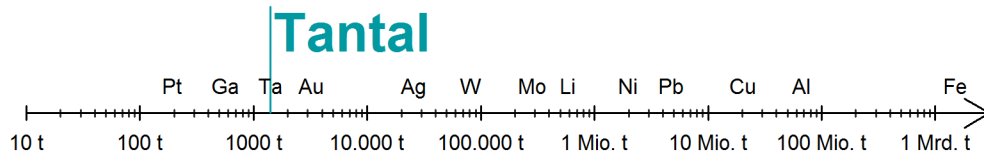
EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

Thomson Reuters (2017): *World Silver Survey 2017*. The Silver Institute.

U.S. Geological Survey (2017): *Mineral commodity summaries 2017*: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.



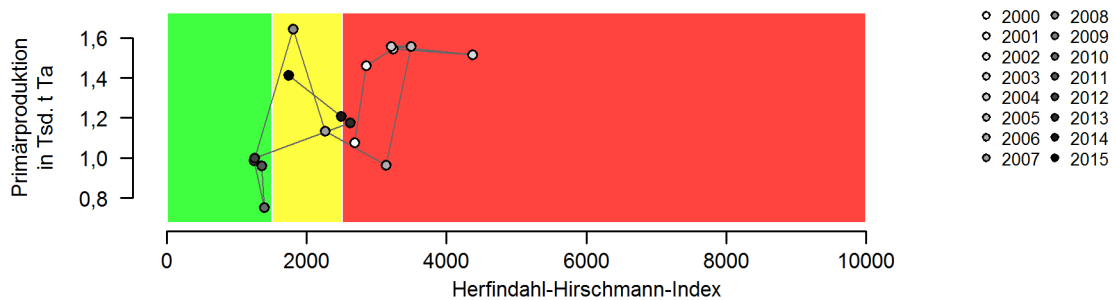
- Kritischer Rohstoff für die EU (2010 & 2017)
- Beiprodukt bei der Zinnverhüttung von Zinn-Raffinerieschlacken.

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

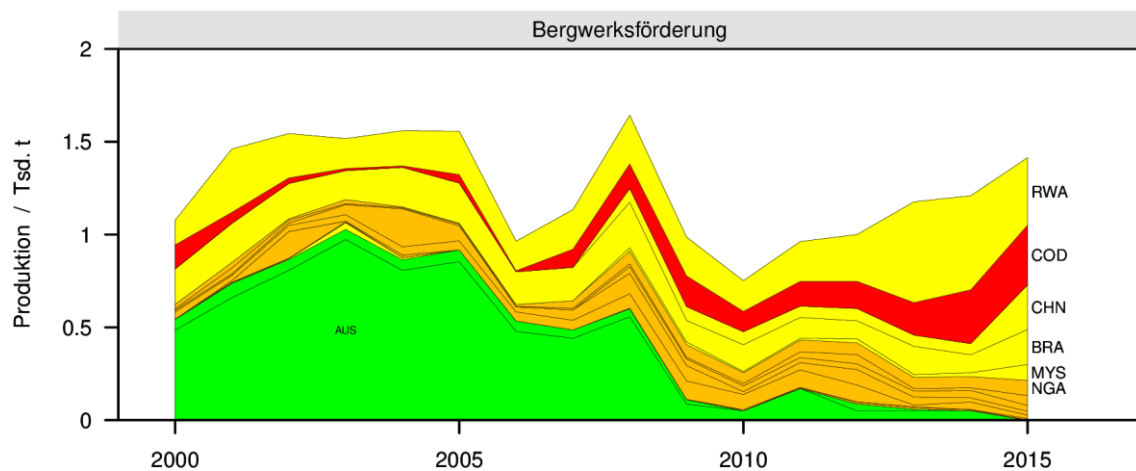


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



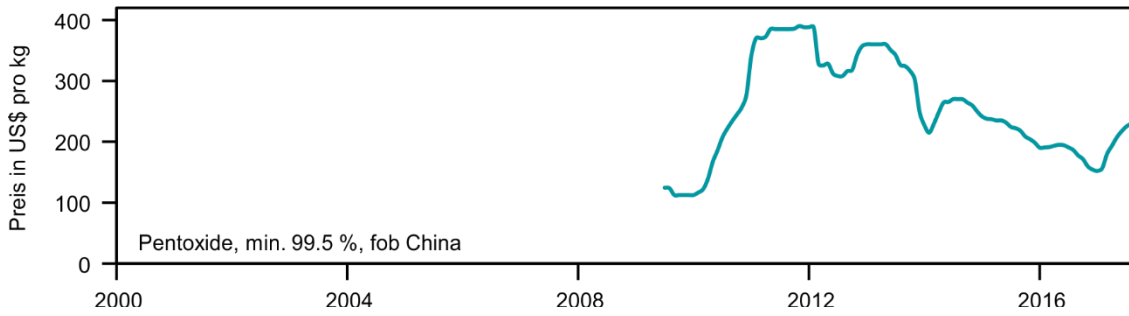
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



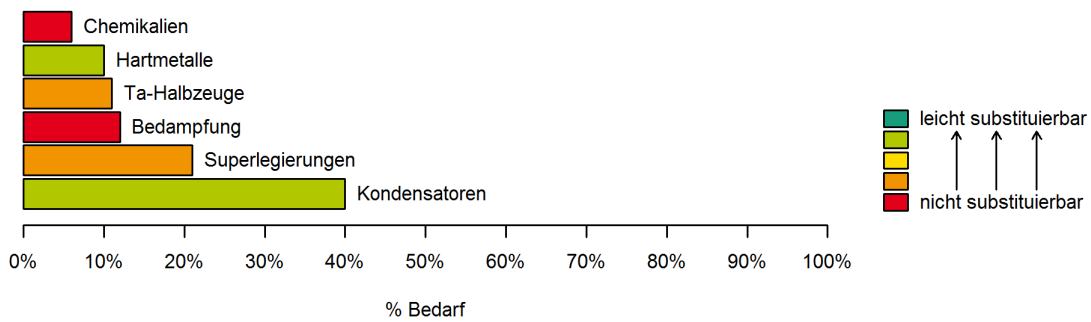
Recycling



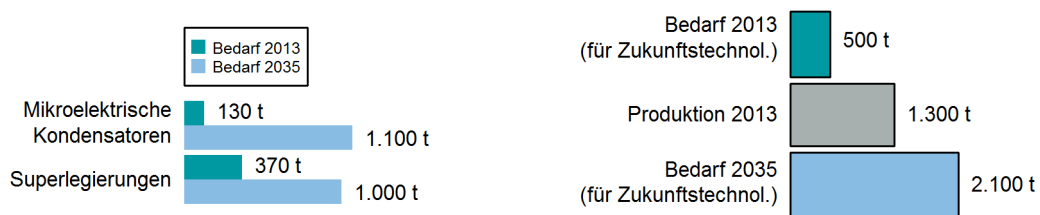
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Vorräte in nicht bekannter Höhe auch / insbesondere in Ländern der Großen Seen (Afrika).

Einige Tantalerze wie Tantalit und Coltan sowie deren Derivate sind durch Förderung in der DR Kongo als Konfliktrohstoff eingestuft. Es werden diverse Anstrengungen unternommen, um die in diesen Regionen gewonnen Rohstoffe aus den Handelsketten zu halten (z.B. durch Nachweispflicht für Unternehmen).

Die Versorgungssicherheit schwankt stark mit dem Tantalpreis. Die Minen in Australien sind nur bei höherem Preis wirtschaftlich. Wenn diese nicht produzieren, dominieren Länder mit mäßiger bis schlechter Bewertung der Regierungsführung („governance rating“ durch die Weltbank; u.a. DR Kongo, Ruanda, Brasilien)

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2017): *Studie zur Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe*.

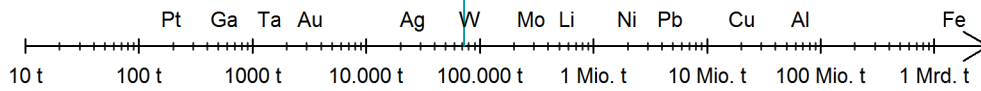
Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

Vanadium



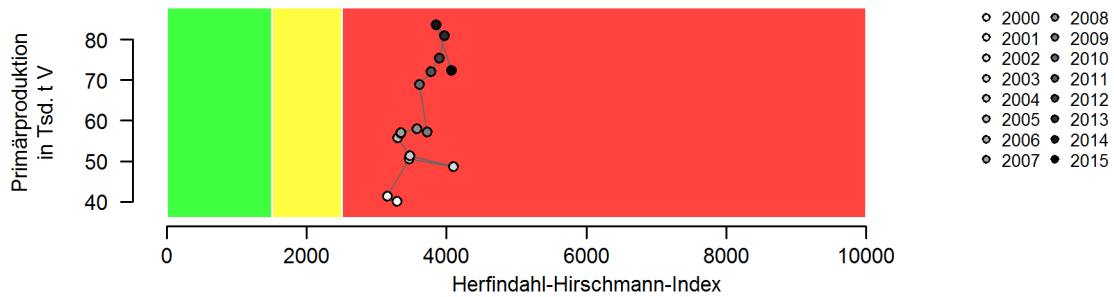
➤ Kritischer Rohstoff für die EU (2017)

Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

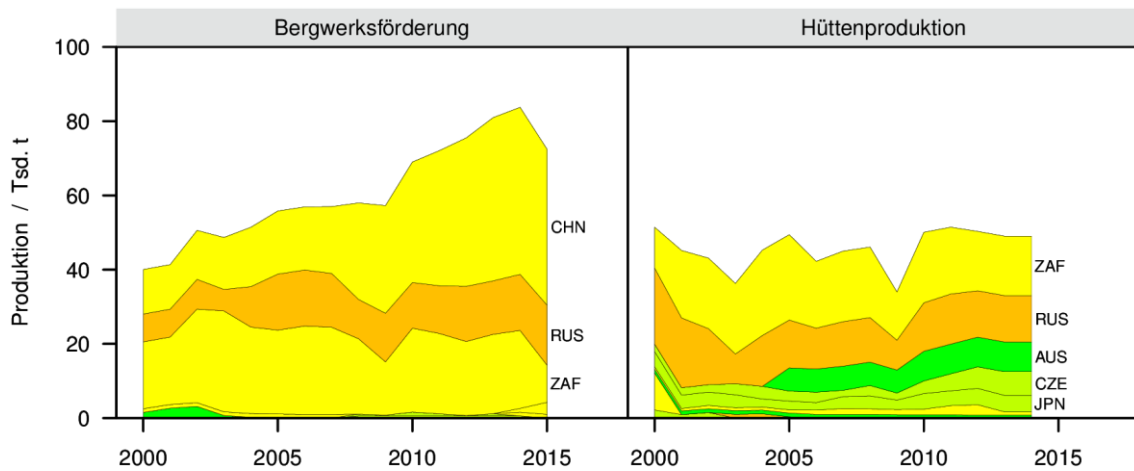


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



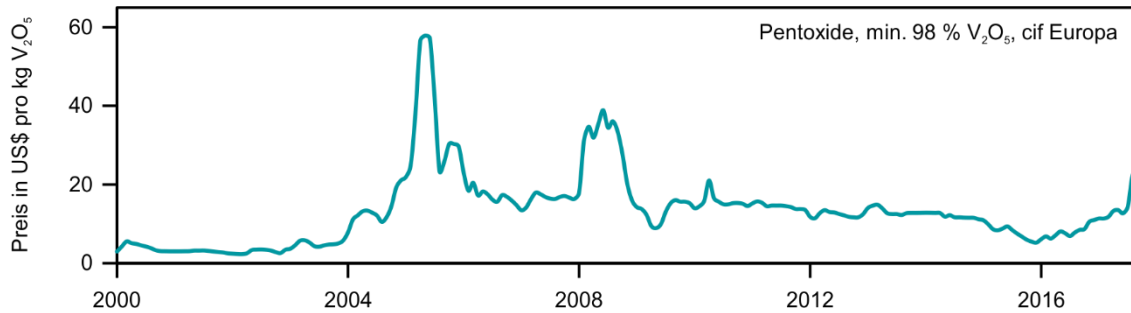
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



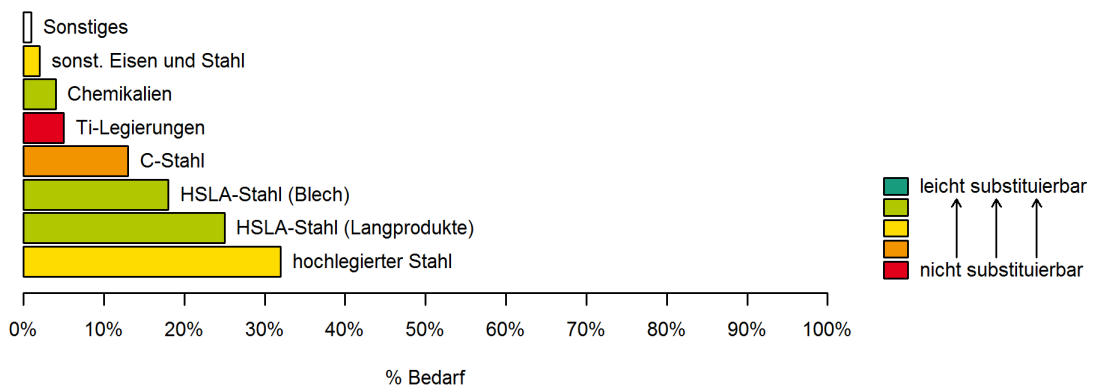
Recycling



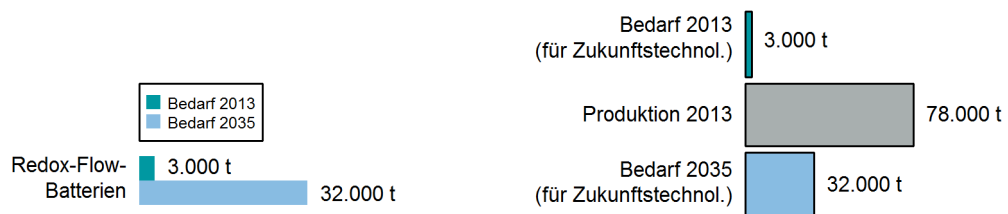
Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Geringe Vorräte (<100.000 t) auch in Skandinavien.

Recycling von Vanadium-Metall aus Altschrotten findet nicht statt und für Neuschrotten sind keine Daten verfügbar. Stattdessen werden Zahlen für Eisen/Stahlrecycling angenommen, da Vanadium als Legierungselement beim Stahlrecycling mitgenommen wird.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

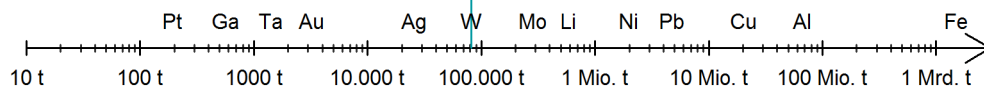
UNEP (2011): *Recycling Rates of Metals – A Status report.*

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

Wang et al. (2007). *Environmental Science & Technology*, **41**, 5120–5129

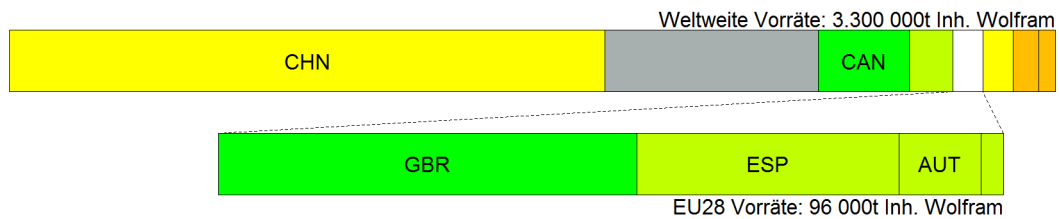
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators.*

Wolfram

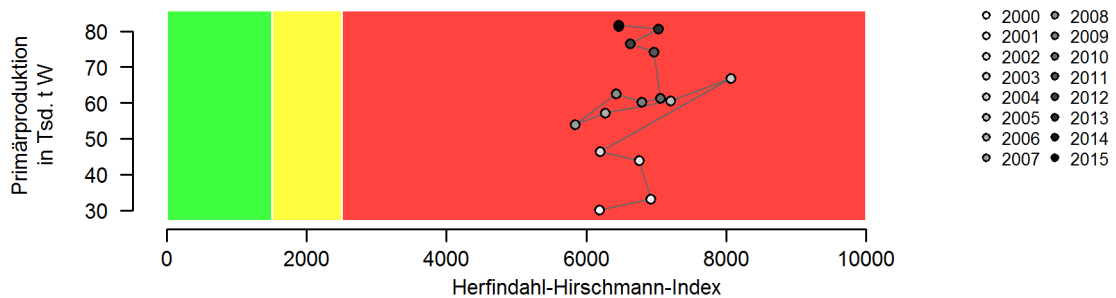


- Kritischer Rohstoff für die EU (2010, 2014 & 2017)

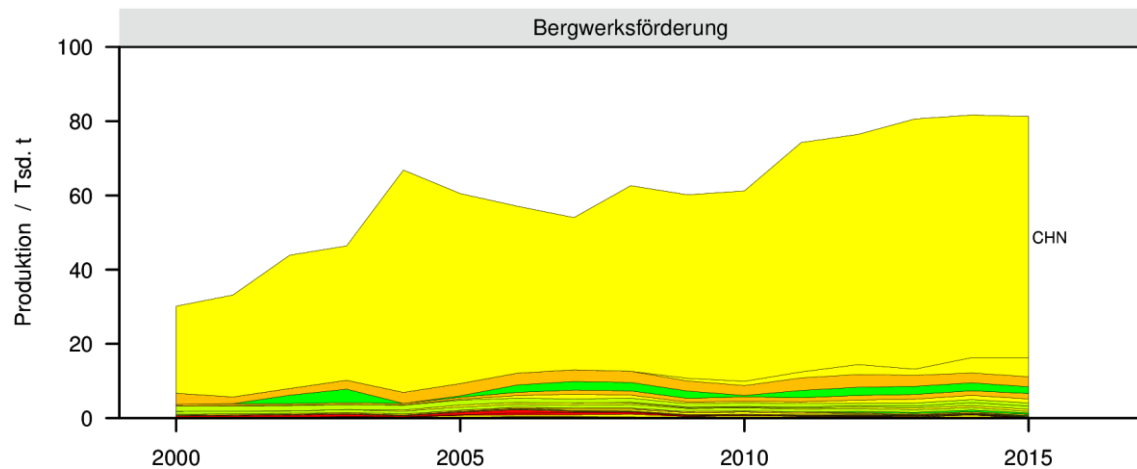
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



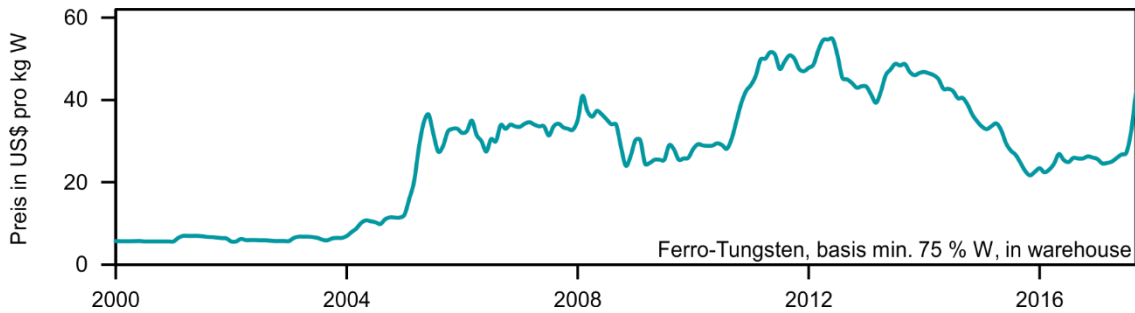
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



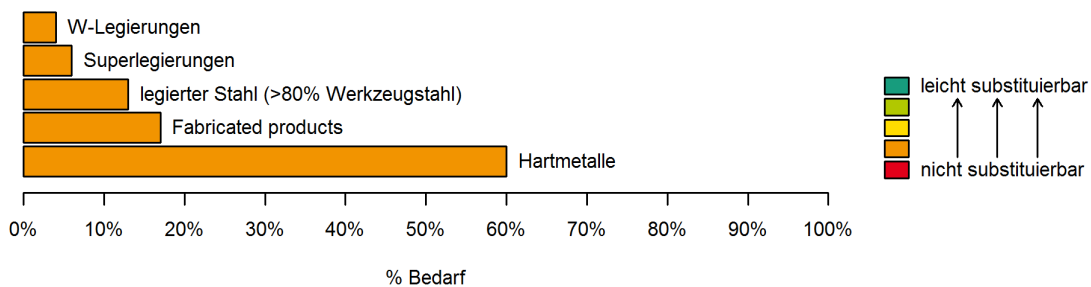
Recycling



Historische Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Wolfram ist nach dem Dodd-Frank-Act der USA als Konfliktrohstoff eingestuft. Es werden diverse Anstrengungen unternommen, um die in umkämpften Regionen der Großen Seen (Afrika) gewonnen Rohstoffe aus den Handelsketten zu halten (z.B. durch Nachweispflicht für Unternehmen).

Zahlreiche Länder mit einer unbekanntem Fördermenge.

Der Preisanstieg 2005 wurde durch eine weltweit gestiegene Nachfrage bei unzureichendem Angebot aus China ausgelöst, u.a. bedingt durch Reduzierung der chinesischen Exportvergünstigungen. Seitdem haben sich die Preise auf einem relativ hohen Level gehalten.

Quellen

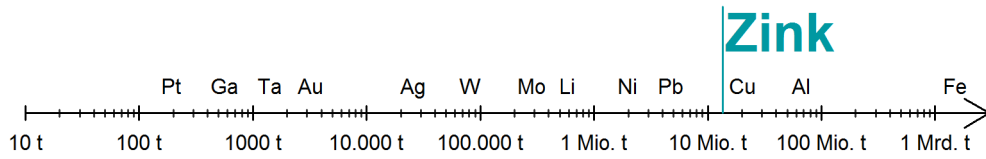
BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

Meylan et al. (2015): Comprehensive Global and United States Cycles of Gallium, Germanium, Rhenium, and Tungsten in 2008. U.S. Geological Survey.

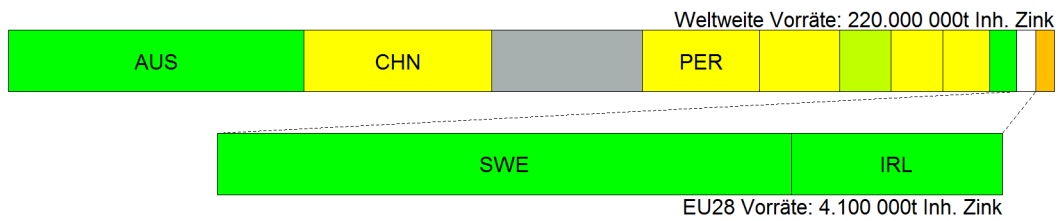
Tercero Espinoza et al. (2015). *Critical Raw Materials Substitution Profiles: Revised*. CRM_InnoNet Consortium.

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

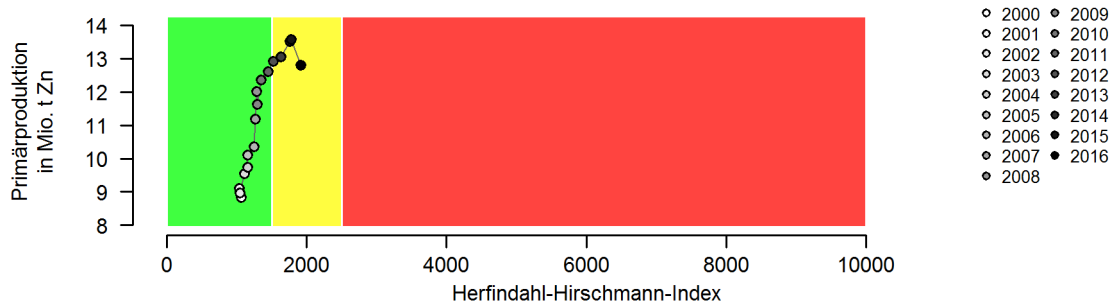
World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.



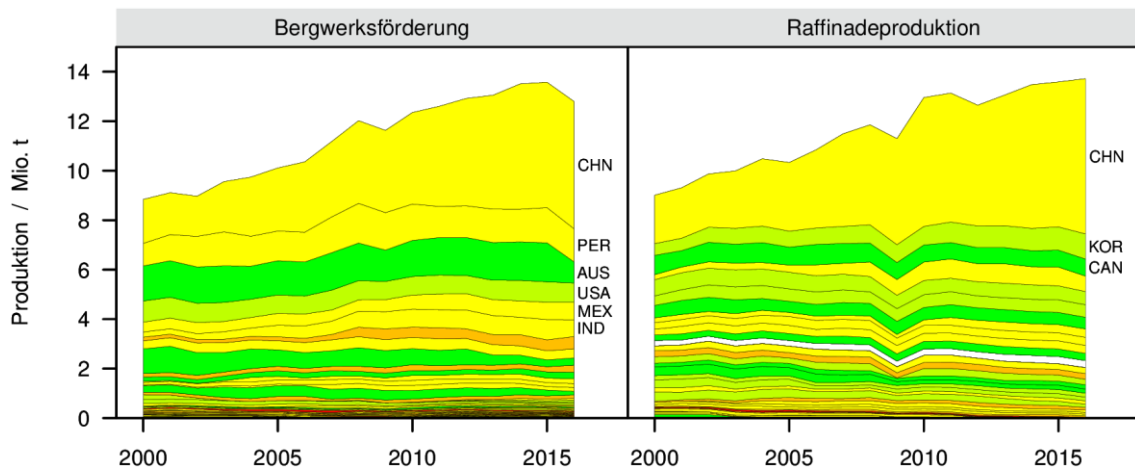
Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)



Mengen und Konzentration der Produktion



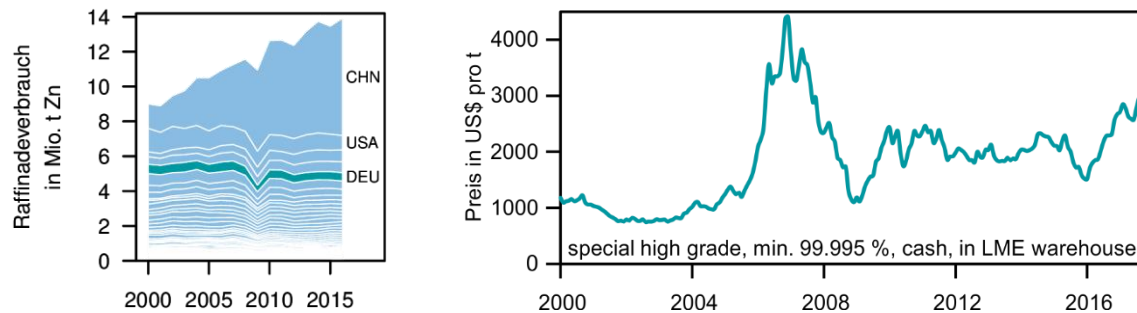
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



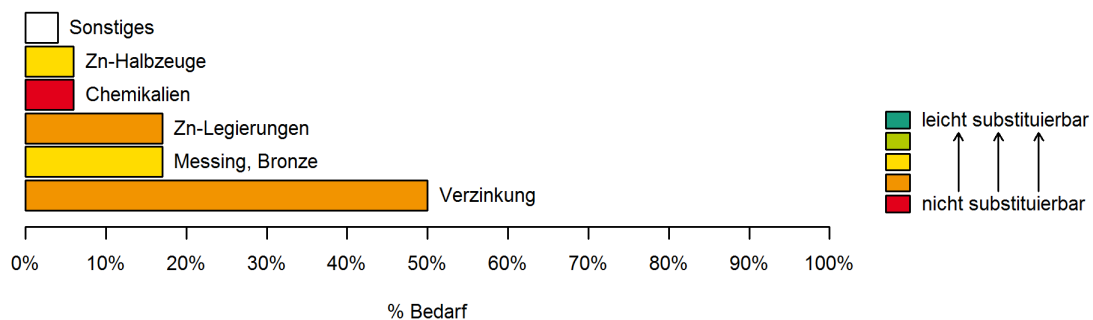
Recycling



Historische Nachfrage und Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Besonderheiten

Signifikanter Preisanstieg zwischen 2003 und 2007 durch ein starkes Wirtschaftswachstum in Asien. Nach dem Preiseinbruch durch die Weltwirtschaftskrise 2008 erneuter Anstieg durch Produktionskürzungen und Minenschließungen in den USA aber auch bedingt durch Spekulationen. Der (leichte) Preisrückgang 2015 wurde durch die europäische Schuldenkrise ausgelöst, mittlerweile steigen die Preise aber wieder stetig, was neue Bergbauprojekte begünstigt.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

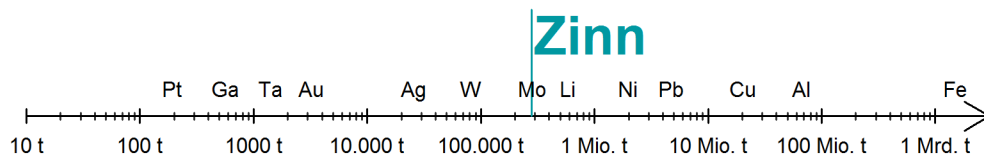
DERA (2013): *Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen*. Auftragsstudie. DERA Rohstoffinformationen 17: 124 S., Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-17.pdf.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*.

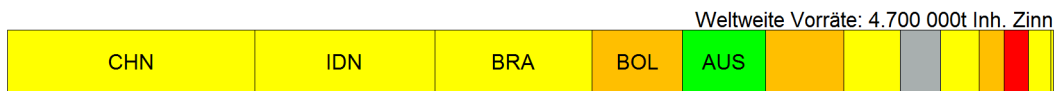
Meylan & Reck (2017) *Resources, Conservation and Recycling* **123**, 1–10.

U.S. Geological Survey (2017): *Mineral commodity summaries 2017*: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.

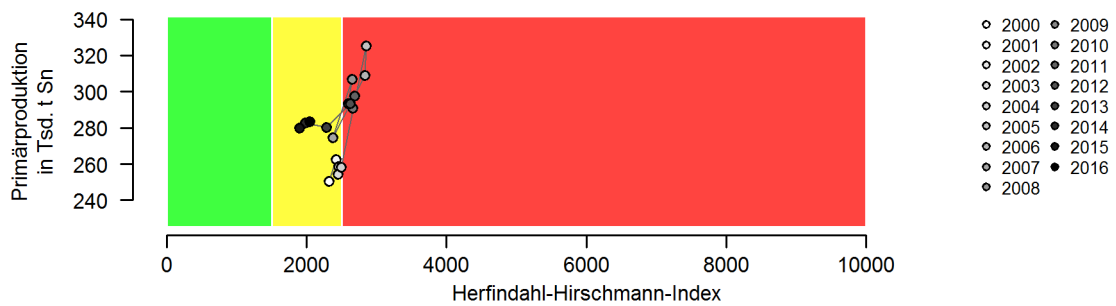


Weltweite und europäische Vorräte (Farbe = Governance rating)

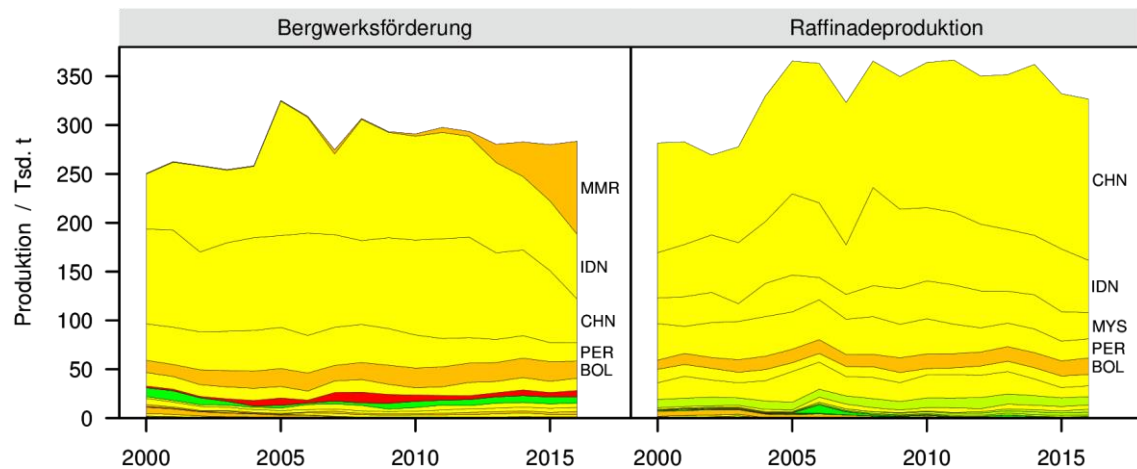


vom USGS keine Vorräte für die EU 28 ausgewiesen

Mengen und Konzentration der Produktion



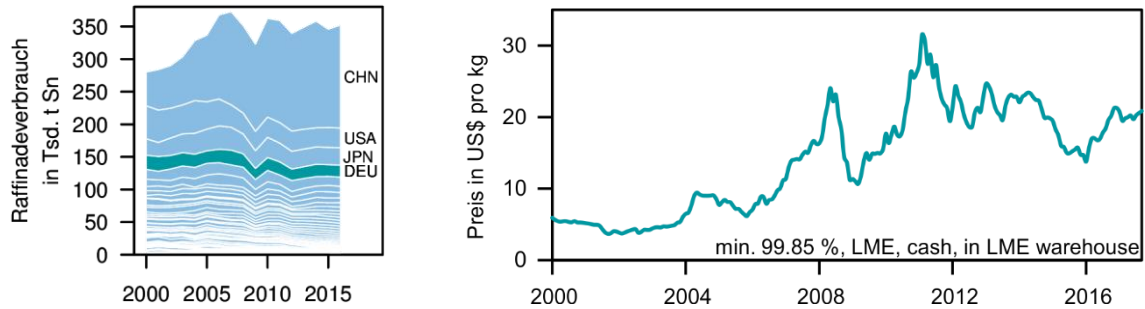
Produktion nach Land und Wertschöpfungsstufe (Farbe = Governance rating)



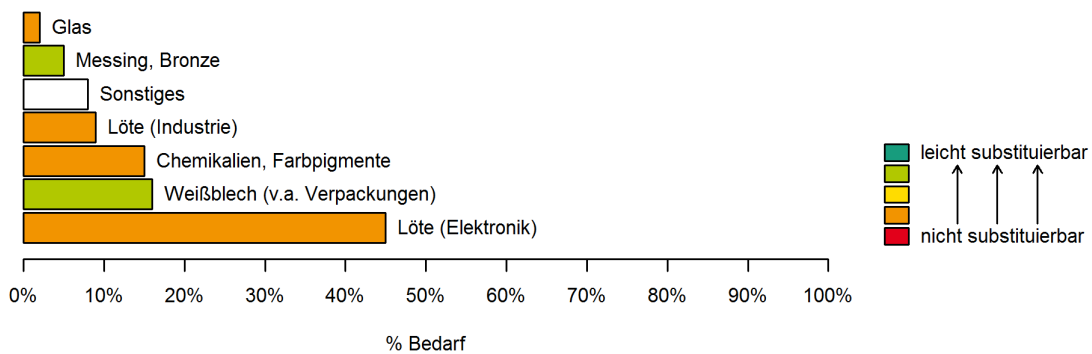
Recycling



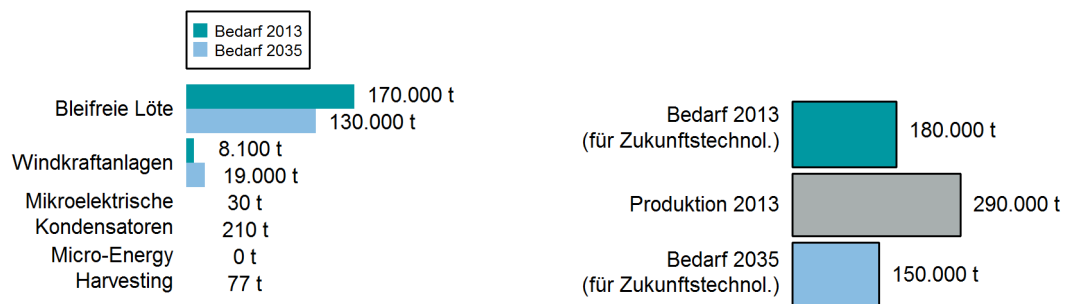
Historische Nachfrage und Preisentwicklung



Verwendungen und Substitutionsmöglichkeiten



Verwendung in Zukunftstechnologien



Besonderheiten

Es wird erwartet, dass die Zinn-Produktion in Indonesien aufgrund schrumpfender Vorräte drastisch zurückgeht. Potentiell könnte das Defizit durch die aktuelle stark steigende Produktion Myanmars abgedämpft werden, allerdings ist noch nicht absehbar, wie nachhaltig die Bergwerksförderung ist.

Die steigenden Preise von 2003-2008 sind hauptsächlich bedingt durch das starke Wirtschaftswachstum in China. Die verstärkte Nachfrage konnte von den produzierenden Minen nicht aufgefangen werden, alte Minen wurden wiedereröffnet. Nach der Weltwirtschaftskrise erneuter Preisanstieg durch Schließung illegaler Minen in Indonesien. Anschließend Preisrückgang, u.a. durch die europäische Schuldenkrise. Aktuell steigen die Preise auf ein relativ hohes Niveau.

Quellen

BGR (2017): *Fachinformationssystem Rohstoffe* (unveröffentlicht, Stand: 30.11.2017). Hannover.

DERA (2013): *Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen*. Auftragsstudie. DERA Rohstoffinformationen 17: 124 S., Berlin. Online verfügbar unter http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_RohstoffinformationRo/rohstoffinformationen-17.pdf.

DERA (2014): *Zinn – Angebot und Nachfrage bis 2020*. DERA-Rohstoffinformationen 20: 254 S., Berlin. Online verfügbar unter https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-20.pdf?__blob=publicationFile&v=9.

EC (2014): *Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*.

Izard & Müller (2010) *Resources, Conservation and Recycling* **54** (12), 1436–1441.

Marscheider-Weidemann et al. (2016): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016*. DERA Rohstoffinformationen, 28

U.S. Geological Survey (2017): Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., <https://doi.org/10.3133/70180197>.

World Bank (2016): *Worldwide Governance Indicators*.