

Bildquelle: Fotolia

Rohstoffbeschaffung im Kontext Energiewende und Klimawandel, 24. Juli 2018

Rohstoffsicherheit in Deutschland: Aktuelle Situation und Risikofaktoren

Dr. Volker Steinbach
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

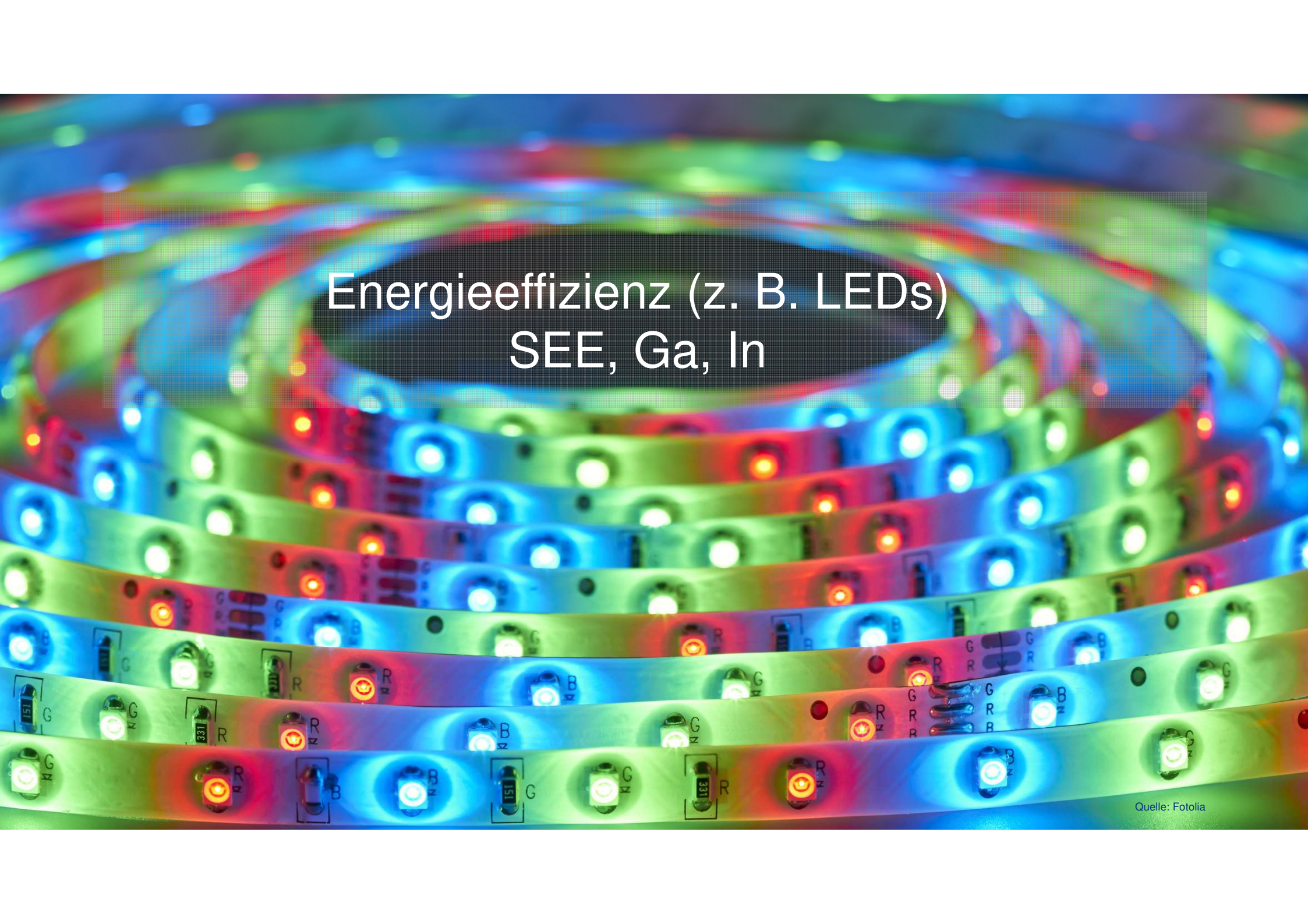


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist eine technisch-wissenschaftliche Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

BGR Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER



Energieeffizienz (z. B. LEDs)
SEE, Ga, In

The background is a dark, abstract digital landscape. It features numerous glowing, multi-colored lines (blue, purple, yellow, green) that appear to be data streams or fiber optic paths. These lines are arranged in a way that suggests depth and movement, with some lines curving and others straight. The overall effect is one of high-tech connectivity and data flow.

Digitalisierung – Internet der Dinge –
Industrie 4.0
Ge, Ta, Ga



Raum- und Luftfahrt

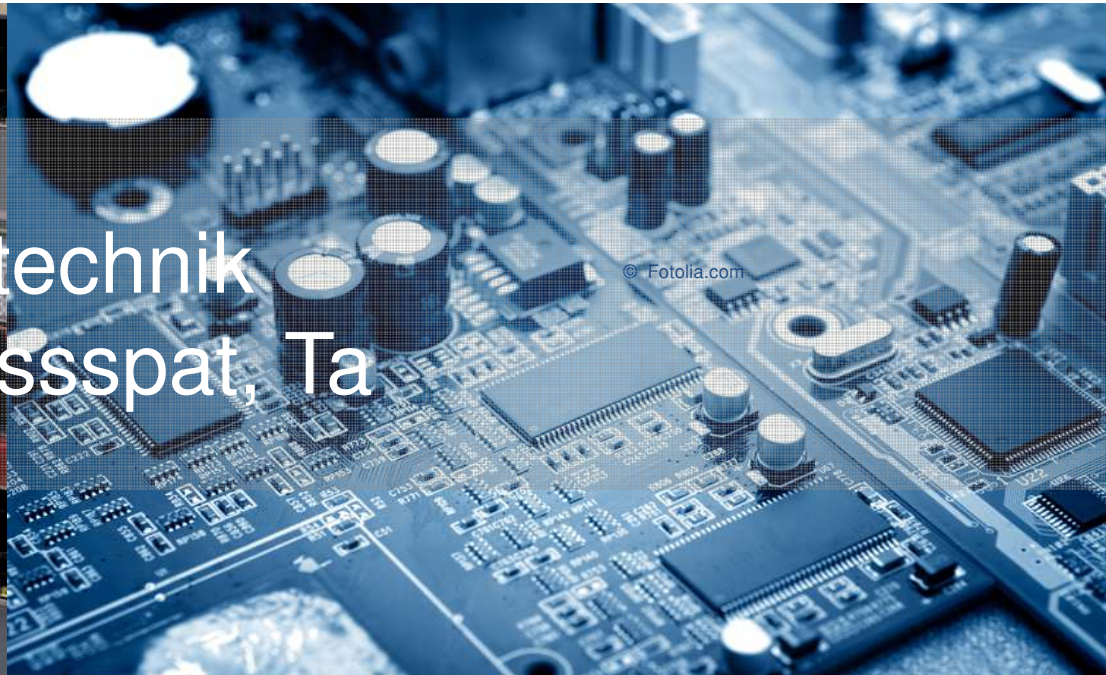
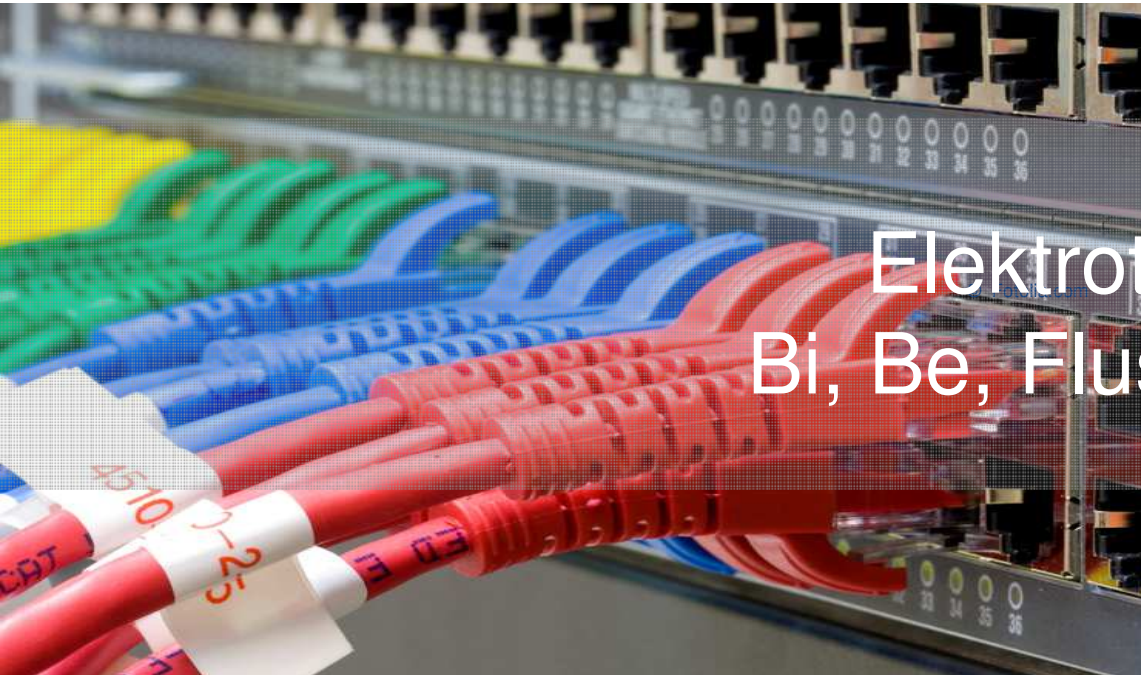


Superlegierungen
Ni, Co, Cr, Mo, Nb, W, Ta, Ti, Re

Quelle: Fotolia

The image shows several complex, light-colored metal parts, likely made of titanium, magnesium, or aluminum, demonstrating additive manufacturing. One part is a large, curved bracket with a circular cutout and a rectangular base with four mounting holes. Another part is a long, thin, curved component with a circular hole at one end. A third part is a flat, irregularly shaped plate with multiple circular holes and a complex, organic-like shape. The parts are resting on a dark, textured surface.

Leichtbau – Additive Fertigung
Ti, Mg, Al



Elektrotechnik Bi, Be, Flusspat, Ta



Bildquellen: Fotolia

© Fotolia.com

© Fotolia.com

Erneuerbare Energien



Quelle: Fotolia



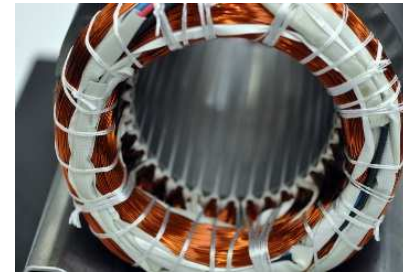
Solarenergie
Si, Ga, Cd, Te, In

Windenergie

Nd, Dy, B

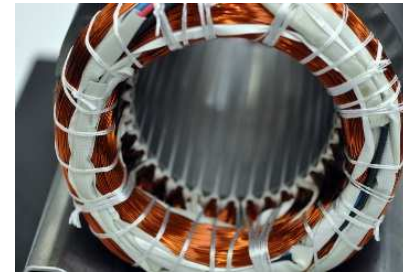


Quelle: fotolia



Bildquelle: Fotolia

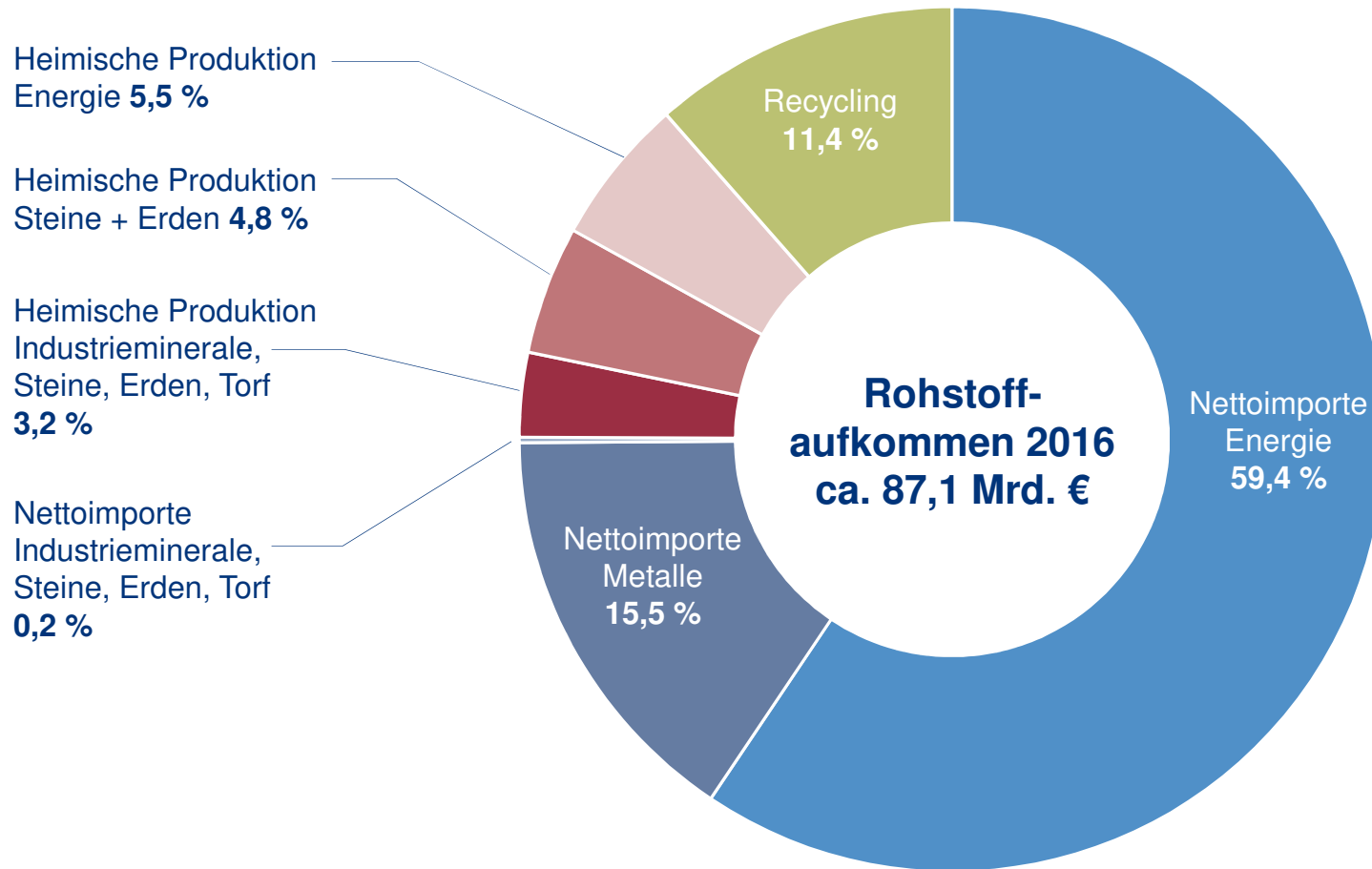
- Rohstoffbilanz Deutschland
- Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland
- Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)
- Importabhängigkeit Deutschlands
- Globale Rohstoffmärkte
- Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken



Bildquelle: Fotolia

- **Rohstoffbilanz Deutschland**
- Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland
- Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)
- Importabhängigkeit Deutschlands
- Globale Rohstoffmärkte
- Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken

Rohstoffbilanz Deutschlands 2016

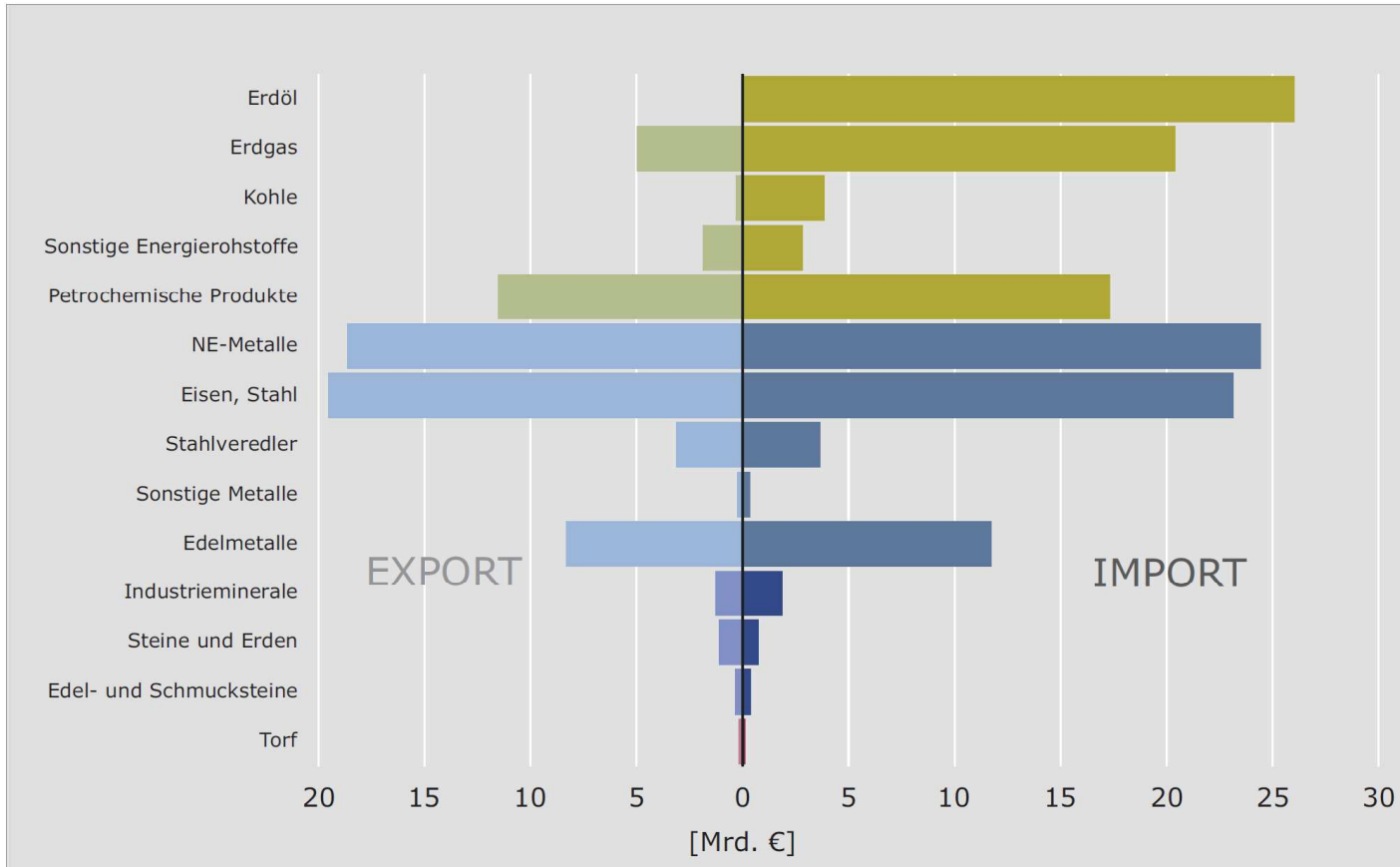


Rohstoffbilanz

Heimische Produktion:	11,7 Mrd. €
+ Nettoimporte:	65,4 Mrd. €
+ Recycling:	ca. 10,0 Mrd. €

Gesamt: ca. 87,1 Mrd. €

Außenhandelsbilanz Deutschland 2016



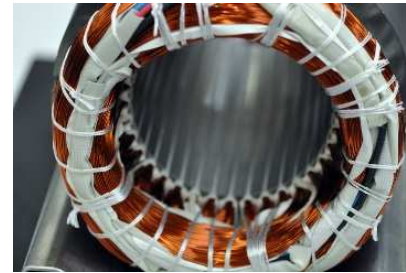
Gesamthandelsbilanz negativ



Wert der Importe: **136,8 Mrd. €**

Wert der Exporte: **71,4 Mrd. €**

FAKTOR: 2

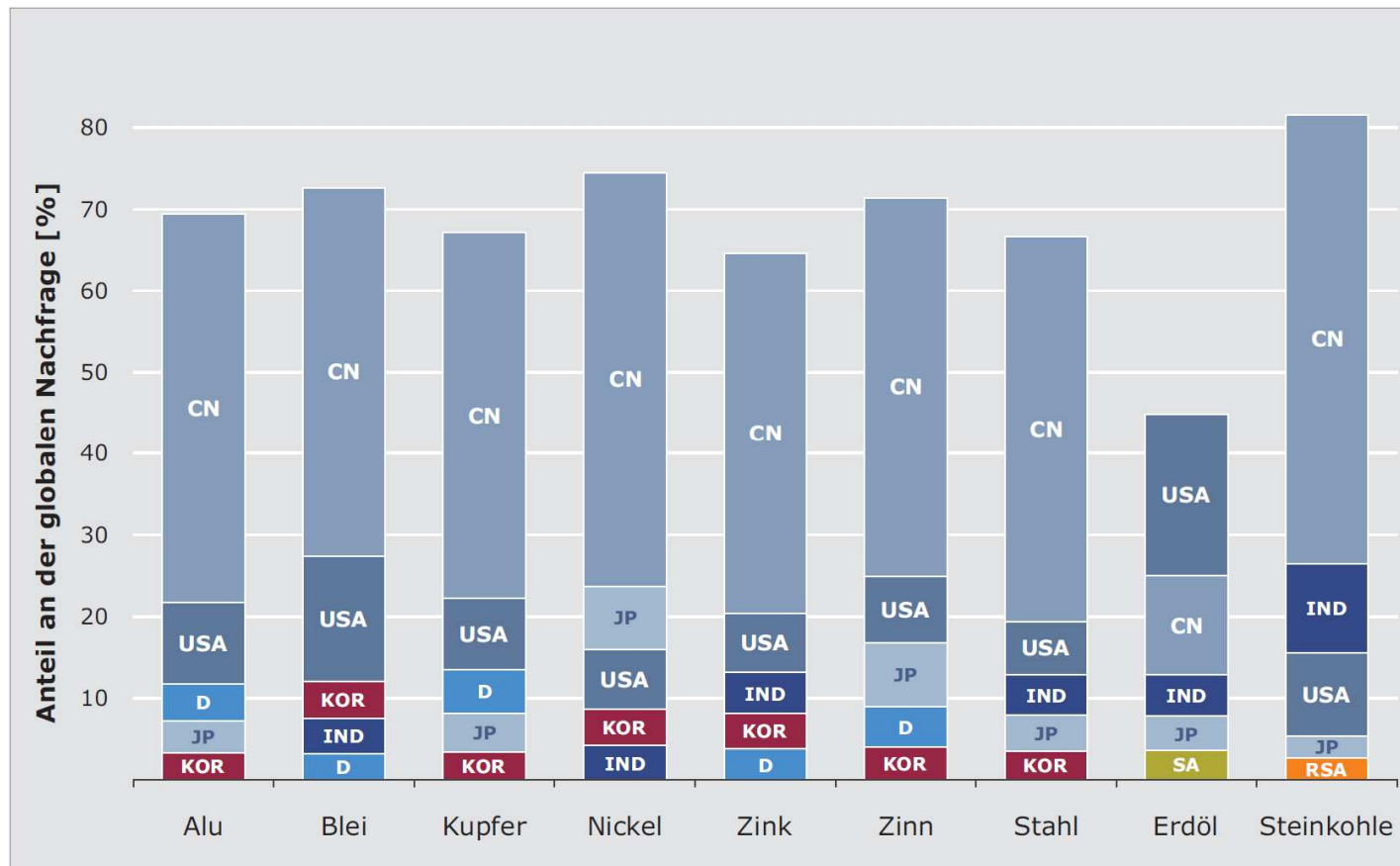


Bildquelle: Fotolia

- Rohstoffbilanz Deutschland
- **Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland**
- Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)
- Importabhängigkeit Deutschlands
- Globale Rohstoffmärkte
- Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken

Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland

2016



Exportnation Deutschland

Deutschland zählt weiterhin zu den fünf größten Verbrauchern bei den Industriemetallen Aluminium, Blei, Zink, Kupfer und Zinn.

Bei Nickel belegt Deutschland 2016 Rang 8 (2015: Rang 5).

Heimische mineralische Rohstoffe

Deutschland kann einen Großteil der unten genannten benötigten Rohstoffe selber gewinnen.



Heimische Rohstoffe für Schlüsseltechnologien



Rund 90 % der weltweit gefertigten Solarzellen bestehen aus Silizium.

Rohsilizium wird durch Reduktion von **Quarzrohstoffen** mit Kohlenstoff in elektrischen Lichtbogenöfen bei rund 2.000C gewonnen.



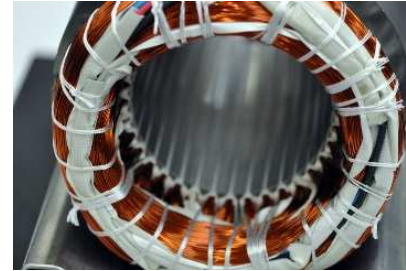
Heimische Rohstoffe für Schlüsseltechnologien

Rotorblätter werden aus **Faserverbundwerkstoffen** hergestellt. An Land sind dies meist **glasfaserverstärkte Kunststoffe**.

Alle für die Herstellung von Glasfasern benötigten Primärrohstoffe – **Quarzsand, Soda, Kaolin, Kalkstein, Dolomit** und **Feldspat** – werden in Deutschland gewonnen.



Beispiel: glasfaserverstärkte Rotorblätter bestehen aus ca. 30 – 35 % Quarz

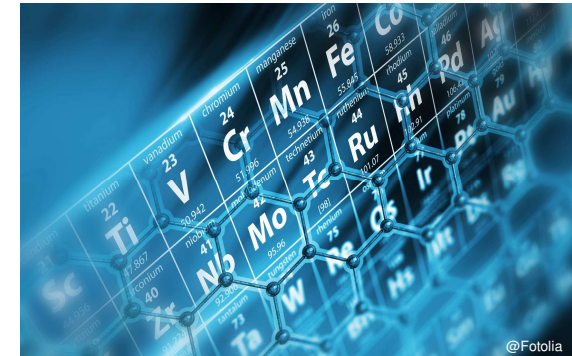


Bildquelle: Fotolia

- Rohstoffbilanz Deutschland
- Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland
- **Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)**
- Importabhängigkeit Deutschlands
- Globale Rohstoffmärkte
- Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken

Rohstoffe für Zukunftstechnologien

- **Zukunfts- und Schlüsseltechnologien**
 - hohe Bedeutung für Deutschland als Industriestandort
 - verändern die globale Rohstoffnachfrage
 - unterliegen einer **sehr dynamischen Entwicklung**
- besonders „**Hochtechnologiemetalle**“ werden immer wichtiger
- Aber auch „**Hochtechnologieverbundwerkstoffe**“ von Bedeutung
- Verlässlicher **Rohstoffbezug** entscheidend für **Wettbewerbsfähigkeit** der deutschen Wirtschaft



Hochtechnologiemetalle, anfällig für Beschaffungsrisiken



Bilder: Shutterstock

- **Geringe Gehalte im Gestein**
Wenige Milligramm bis Gramm pro Tonne
- **Geringe Weltproduktion**
10 bis 100.000 Tonnen / Jahr
- **Oftmals nur als Beiprodukt gefördert**
Vergesellschaftung mit andere Metallen
- **Schwierige Rückgewinnung**
Oftmals nur in sehr geringen Spuren eingesetzt
- **Geringe Substituierbarkeit**
Spezifische Materialeigenschaften
- **Spezifische Eigenschaften**
Hitzebeständigkeit, Elastizität, Korrosionsbeständigkeit, Leitfähigkeit etc.

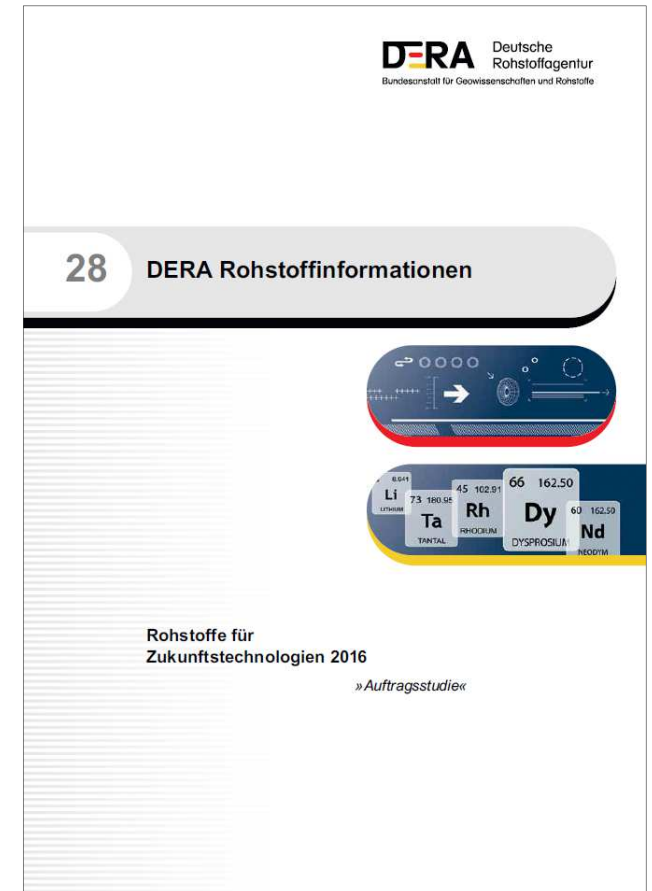
Meist nur in Spuren eingesetzt ...
aber unersetzlich für die Qualität moderner Produkte!



Rohstoffe für Zukunftstechnologien

Studie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien“

- Screening von über 160 Zukunftstechnologien
- Bearbeitung von 42 **Technologiesynopsen**
- Auswahl und Bearbeitung von 15 **Rohstoffsynopsen**
- Szenarien für die Bedarfsvorschau bis **2035**



Rohstoffe für Zukunftstechnologien

Veränderung des Rohstoffbedarf für die untersuchten Zukunftstechnologien im Verhältnis zur heutigen Weltproduktionsmenge

Rohstoff	Zukunftstechnologien	2035
Lithium	Lithium-Ionen-Akku, Leichtbau	390%
Schwere Seltene Erden	Magnete, E-PKW, Windkraft	310%
Rhenium	Superlegierungen	250%
Leichte Seltene Erden	Magnete, E-PKW, Windkraft	170%
Tantal	Kondensatoren, Medizintechnik	160%
Kobalt	Lithium-Ionen-Akku	90%



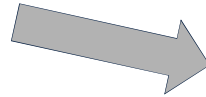
Quelle: Siemens AG

Beispiel E-Mobilität (Rohstoffbedarf Zelle und Kosten)

BMW i3
Modell 2017
(21.6 – 33.4 kWh)



Quelle: BMW 2017



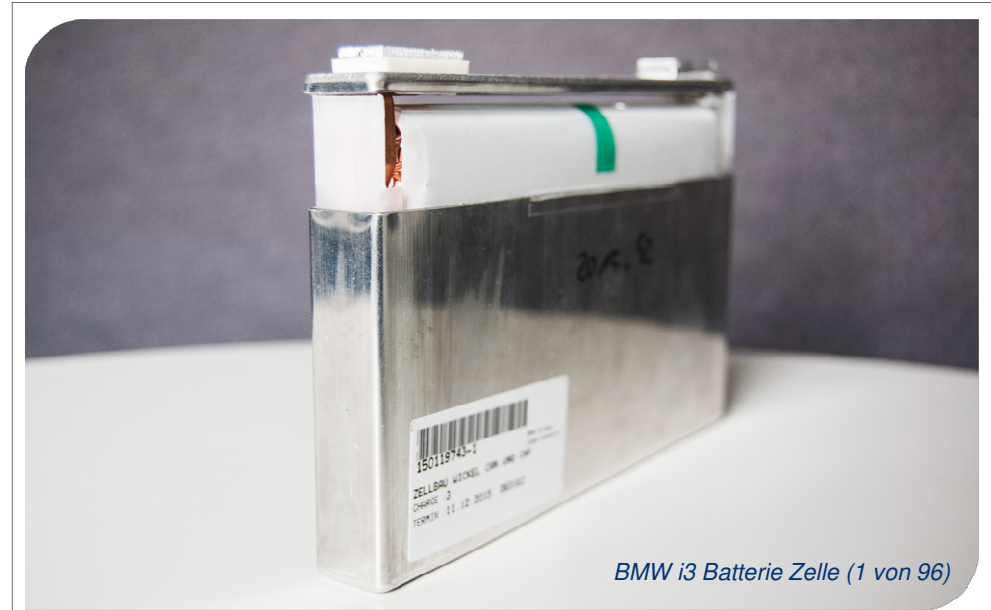
Kobalt: ca. 1.000 \$US (75 %)

Nickel: ca. 180 \$US

Grafit: ca. 35 \$US

Lithium: ca. 100 \$US

Mangan: ca. 30 \$US



BMW i3 Batterie Zelle (1 von 96)

35 kg Grafit

12 kg Kobalt

12 kg Nickel

6 kg Lithium

12 kg Mangan

+ Aluminium
+ Kupfer

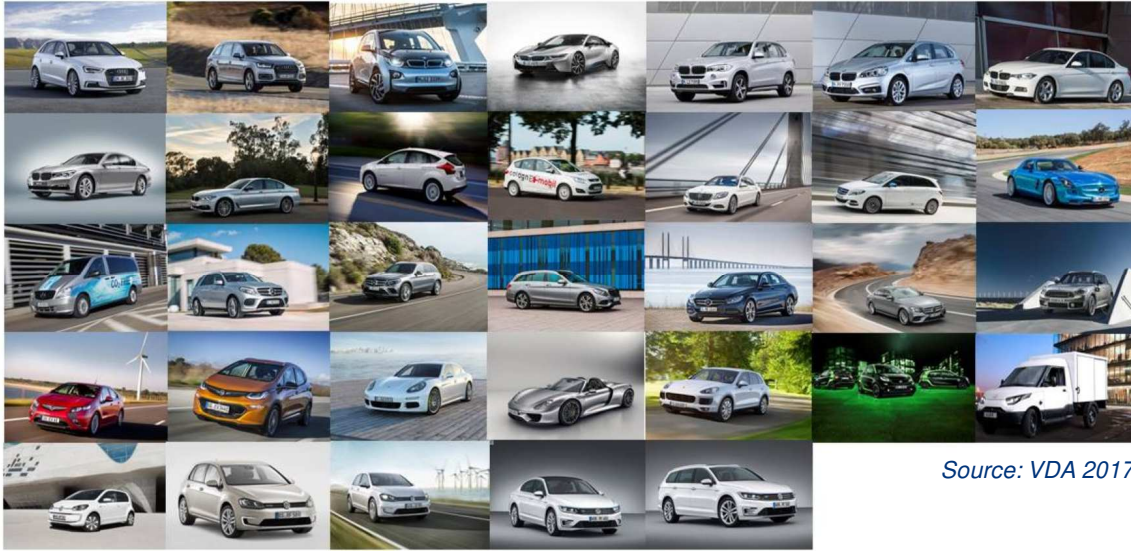
(DERA-Schätzung)



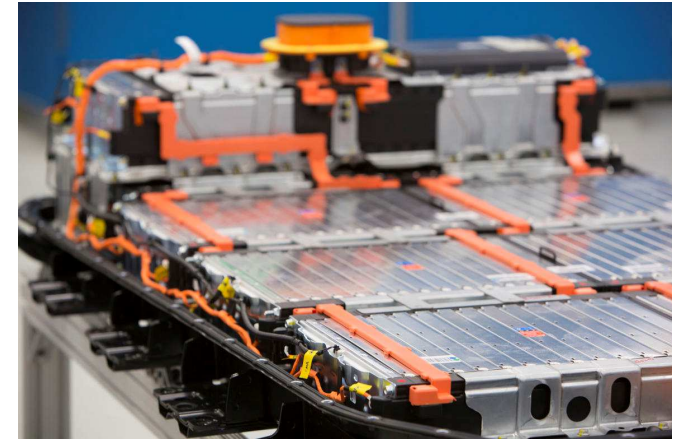
Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

Beispiel E-Mobilität (Konzept bzw. Batteriegröße)

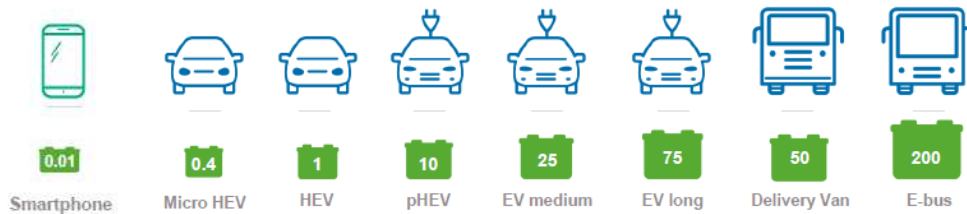


Source: VDA 2017



Source: LG Chem. 2017

Batteriegröße: in KWh (Durchschnitt)



Source: Umicore 2017



Großer Einfluss auf den Rohstoffbedarf

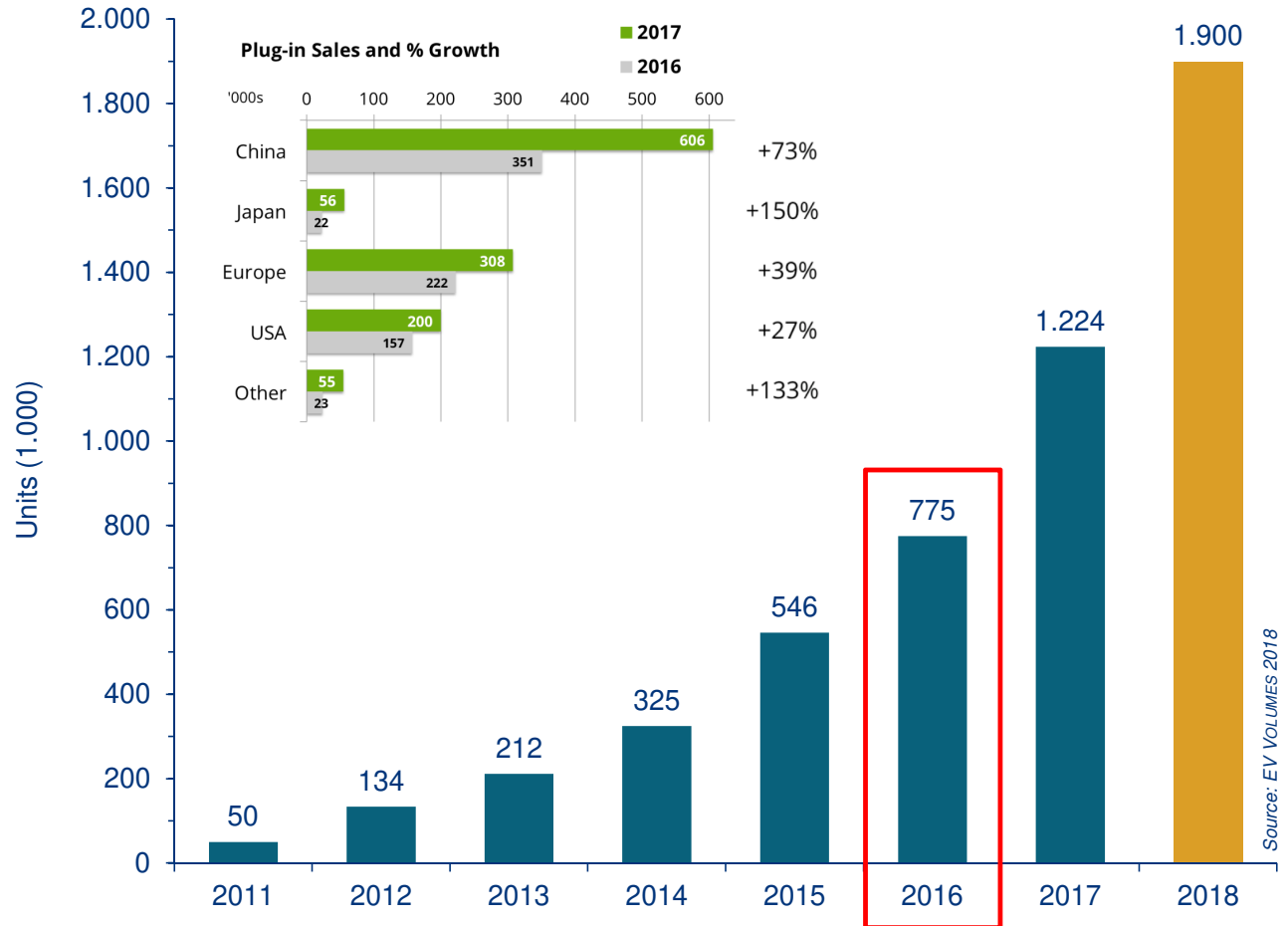
Beispiel E-Mobilität (Aktuelle Marktsituation)

2016

- ≈ 69.5 Mio. PKW
(Benzin, Diesel, HEV, PHEV, BEV)
- 0.78 Mio. E-Fahrzeuge
(BEV, PHEV, keine kommerziellen Fahrzeuge wie LKW)
- Global Durchdringungsrate: **1,1%**

Durchdringungsrate EU

	EU [%]	Germany [%]
2016	1,5	0,8
2017	2,0	1,6



Beispiel E-Mobilität

Welche Parameter bestimmen den zukünftigen Bedarf an Rohstoffen für Lithium-Ionen Batterien (E-Mobilität)?

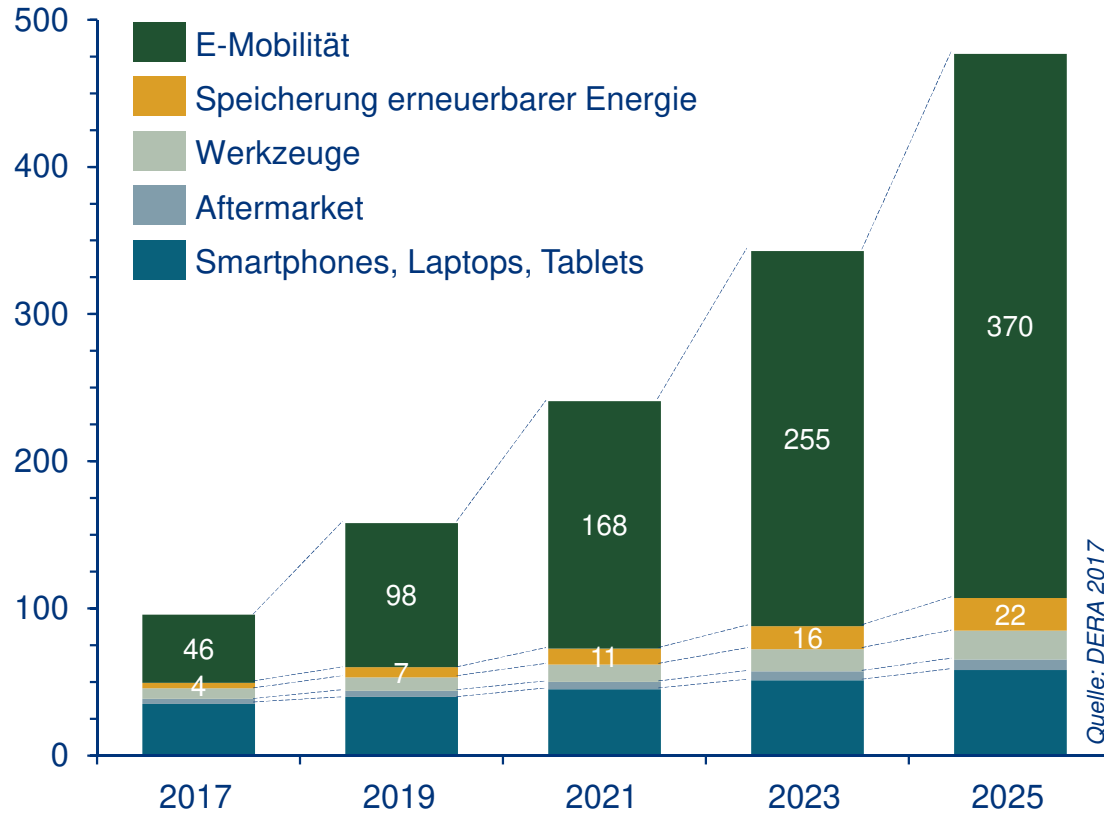
- Staatliche Förderung, Steuerbefreiung, Privilegien
- Marktdurchdringung (Erwartungshaltung)
- Technologische Konzepte (PHEV, BEV, HEV)
- Batteriegröße
- Chemische Zusammensetzung (aktuell)
- Chemische Zusammensetzung (zukünftig)



Source: Volkswagen AG 2017

Beispiel E-Mobilität (Möglicher Nachfrageschub)

Bedarf in GWh für das Jahr 2025



Großer Einfluss auf den Rohstoffbedarf



Rohstoffversorgung für die E-Mobilität – Herausforderungen

Kobalt



Hohe Länderkonzentration:

- meiste Produktion kommt aus der DR Kongo
- Weiterverarbeitung findet hauptsächlich in China statt

Lithium



Hohe Firmenkonzentration:

- Oligopol in der Primärförderung
- 3 Unternehmen kontrollieren >80 % der Förderung

Seltene Erden



Sehr hohe Länderkonzentration:

- 90 % der Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion in China
- Höhere Wertschöpfungskette auch von China kontrolliert
- Konsolidierung der SEE-Produktion in China seit 2017

Graphit

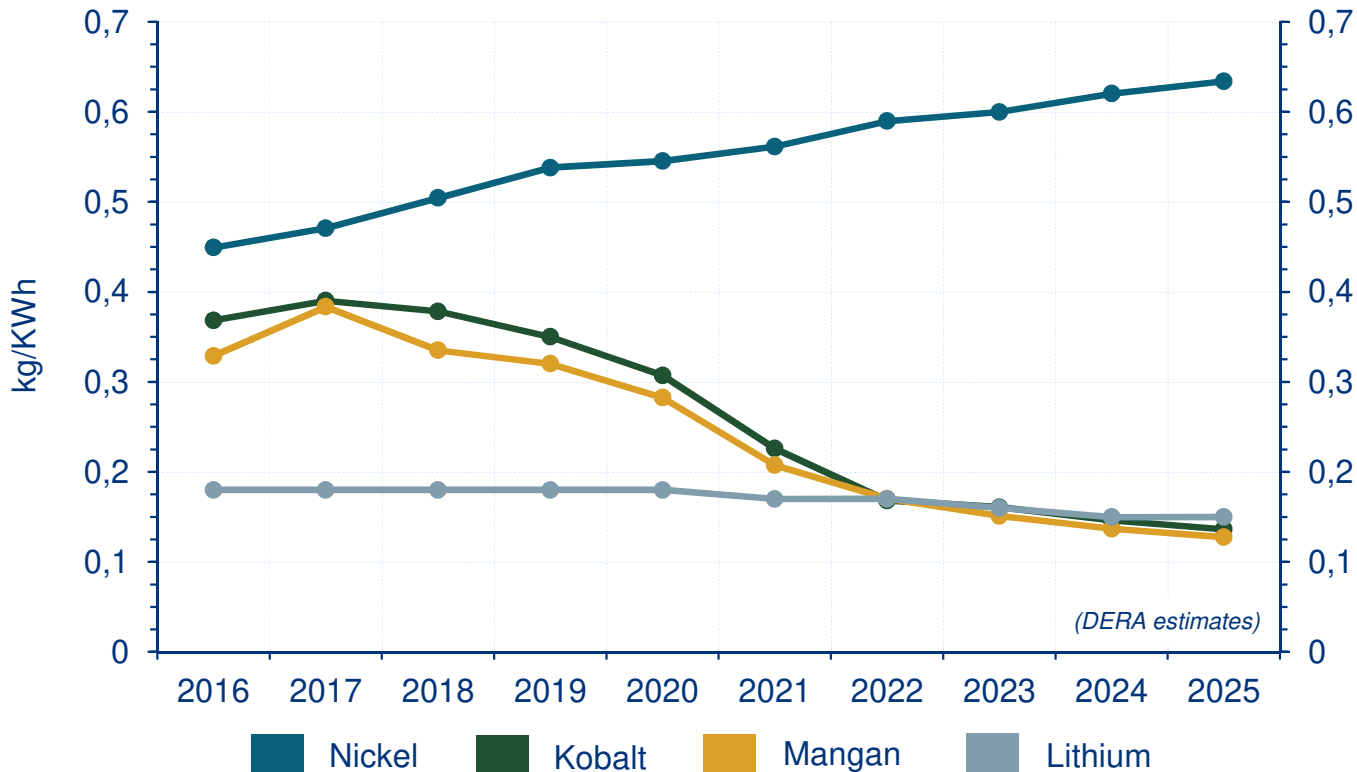


Hohe Länderkonzentration:

- China ist das wichtigste Bergbauland für Flockengraphit (70% Marktanteil) und hat eine Monopolstellung in der Weiterverarbeitung

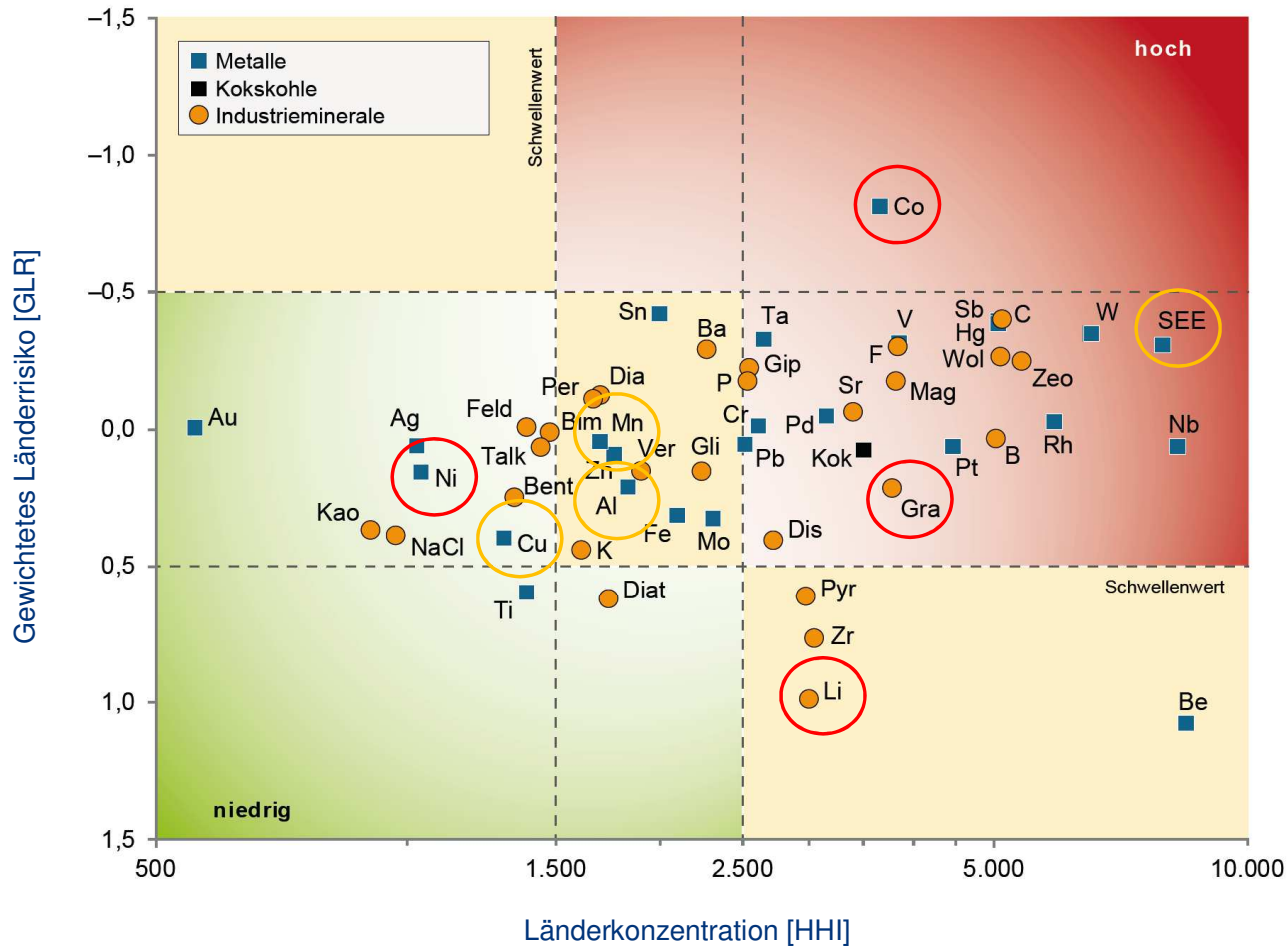
Beispiel E-Mobilität (Rohstoffbedarf Zelle)

Bedarf an Rohstoffen wird sich mit technologischen Fortschritt ändern!



... "Our cells should be called Nickel-Graphite, because primarily the cathode is nickel and the anode side is graphite with silicon oxide... [there's] a little bit of lithium in there, but it's like the salt on the salad".... (Elon Musk)

DERA-Rohstoffliste: Ergebnisse



Kobalt

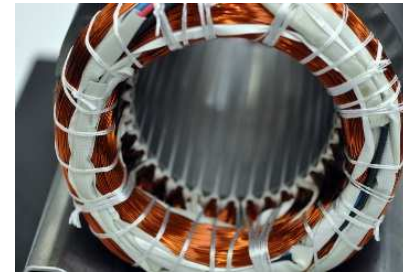
Bergwerksförderung:
DR Kongo 61%,
China 7%

Nickel

Bergwerksförderung:
Indonesien 21%,
Kanada
Australien je 11%

Lithium

Bergwerksförderung:
Australien 40%,
Chile 36%

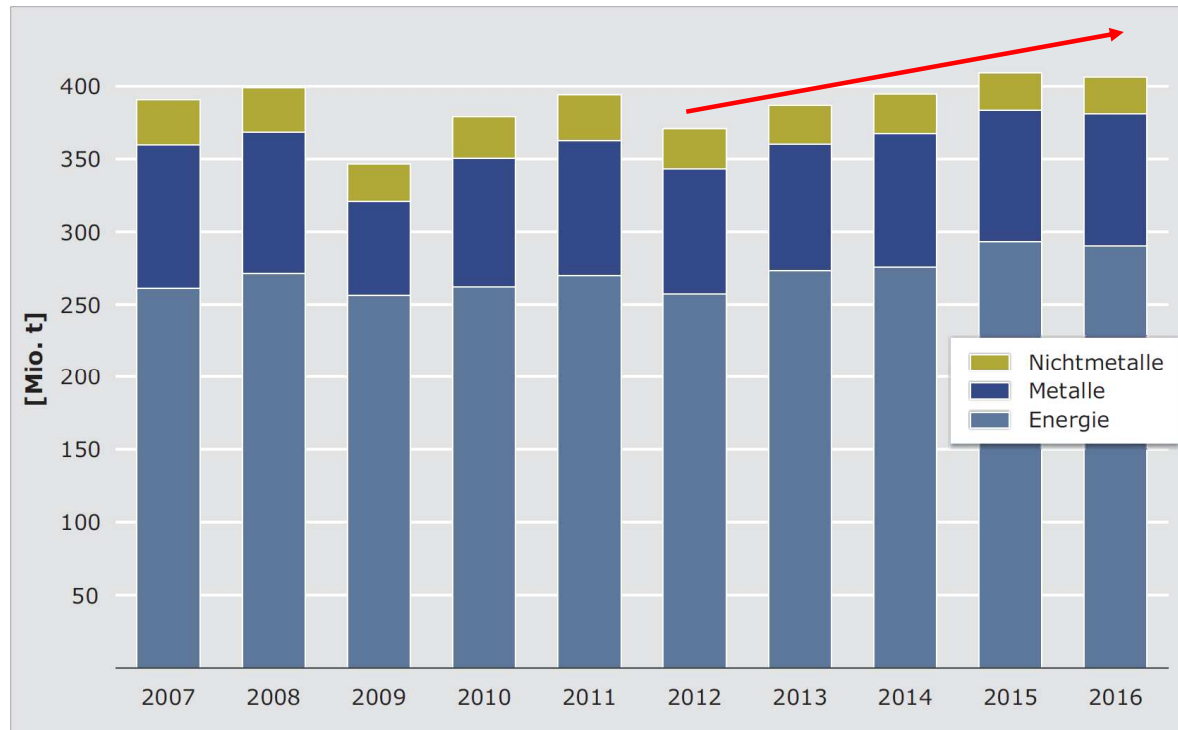


Bildquelle: Fotolia

- Rohstoffbilanz Deutschland
- Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland
- Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)
- **Importabhängigkeit Deutschlands**
- Globale Rohstoffmärkte
- Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken

Importabhängigkeit Deutschlands

Deutschland ist als eines der führenden Industrieländer der Erde Großverbraucher mineralischer Rohstoffe.



Importe 2016: 406,3 Mio. t

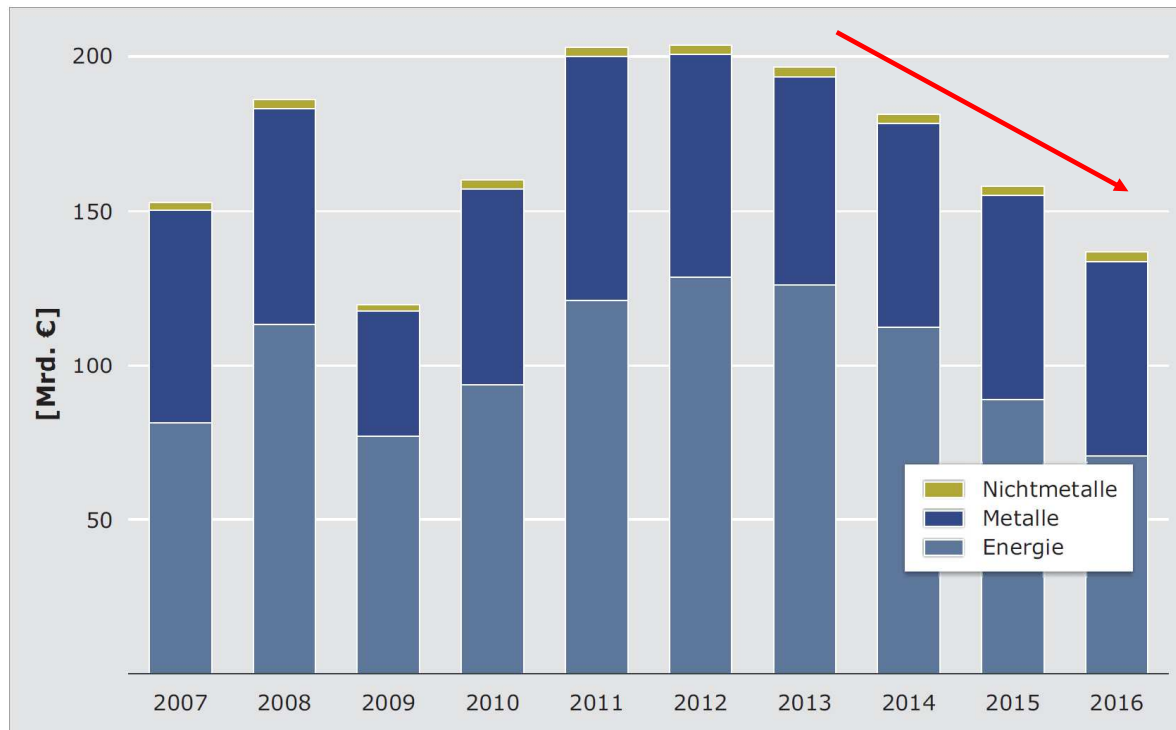
- Energie: 71,5%

- Metalle: 22,3%

- Nichtmetalle: 6,3%

Importabhängigkeit Deutschlands

Deutschland ist als eines der führenden Industrieländer der Erde Großverbraucher mineralischer Rohstoffe.



Importe 2016: 136,8 Mrd. €

- Energie: 51,5%

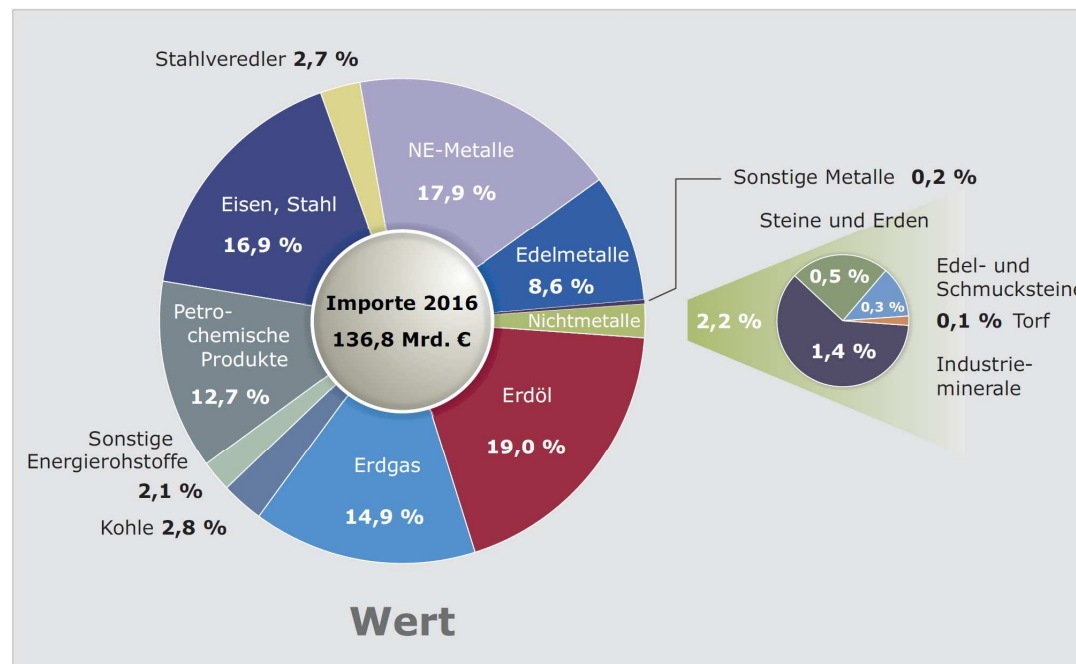
- Metalle: 46,3%

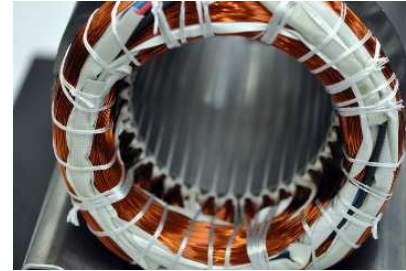
- Nichtmetalle: 2,2%

Importabhängigkeit Deutschlands

Deutschland ist als eines der führenden Industrieländer der Erde Großverbraucher mineralischer Rohstoffe.

2016





Bildquelle: Fotolia

- Rohstoffbilanz Deutschland
- Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland
- Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)
- Importabhängigkeit Deutschlands
- **Globale Rohstoffmärkte**
- Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken

Globale Rohstoffmärkte (Risiken)



- zunehmende Handelsrestriktionen (Spirale von Maßnahmen und Gegenmaßnahmen)
- Weltwirtschaft (Trumpeffekt...)
- Exportrestriktionen (z.B. China, Indonesien)
- Zunehmende Monopole bei Produzenten
- Angebotsengpässe durch neue und strikere Umweltregulierungen (z.B. China, Philippinen)
- Angebotsengpässe durch sozialen Aufruhr aufgrund von Missständen (z.B. DR Kongo, Myanmar, Peru)

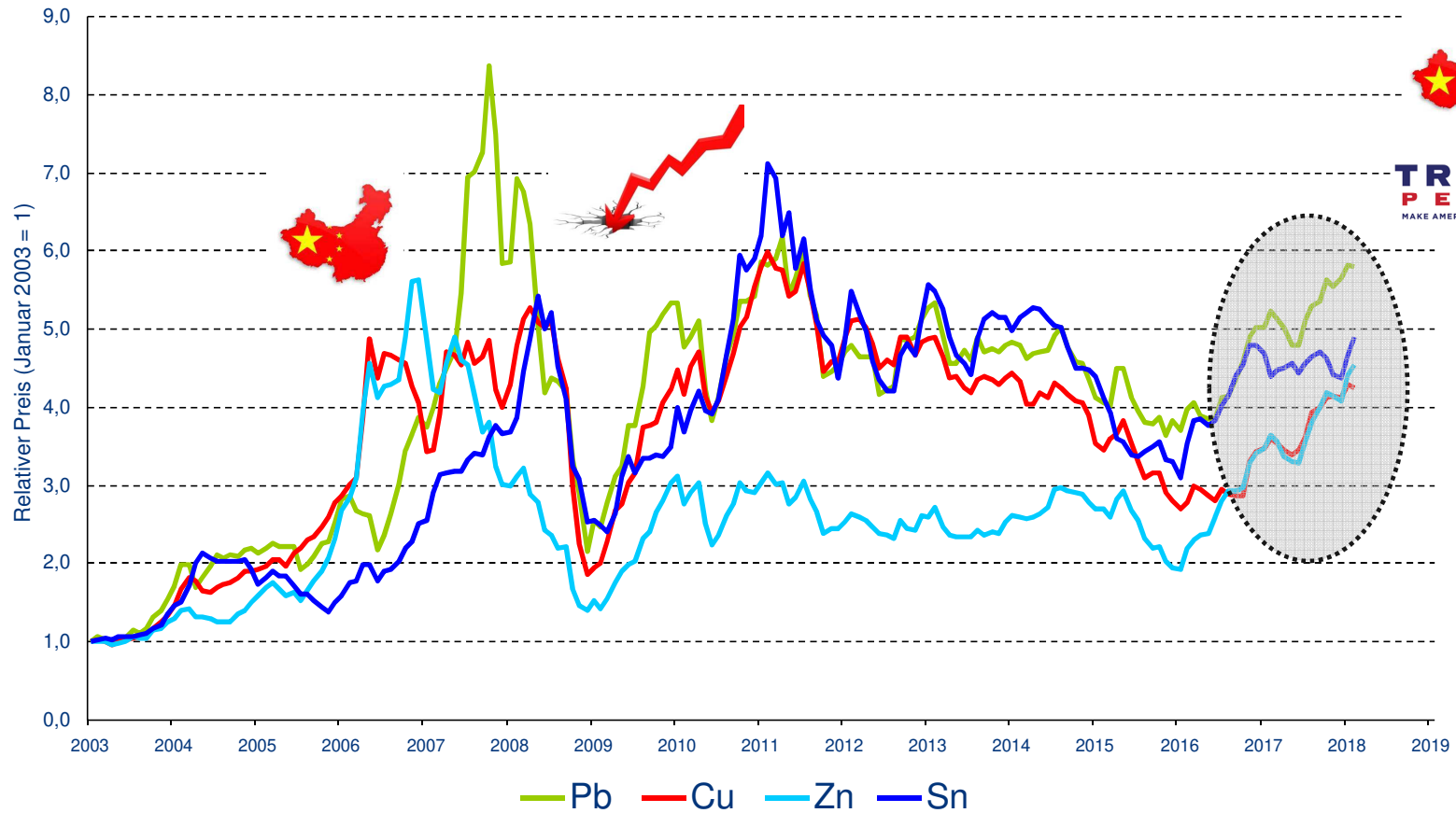
Globale Rohstoffmärkte (China)



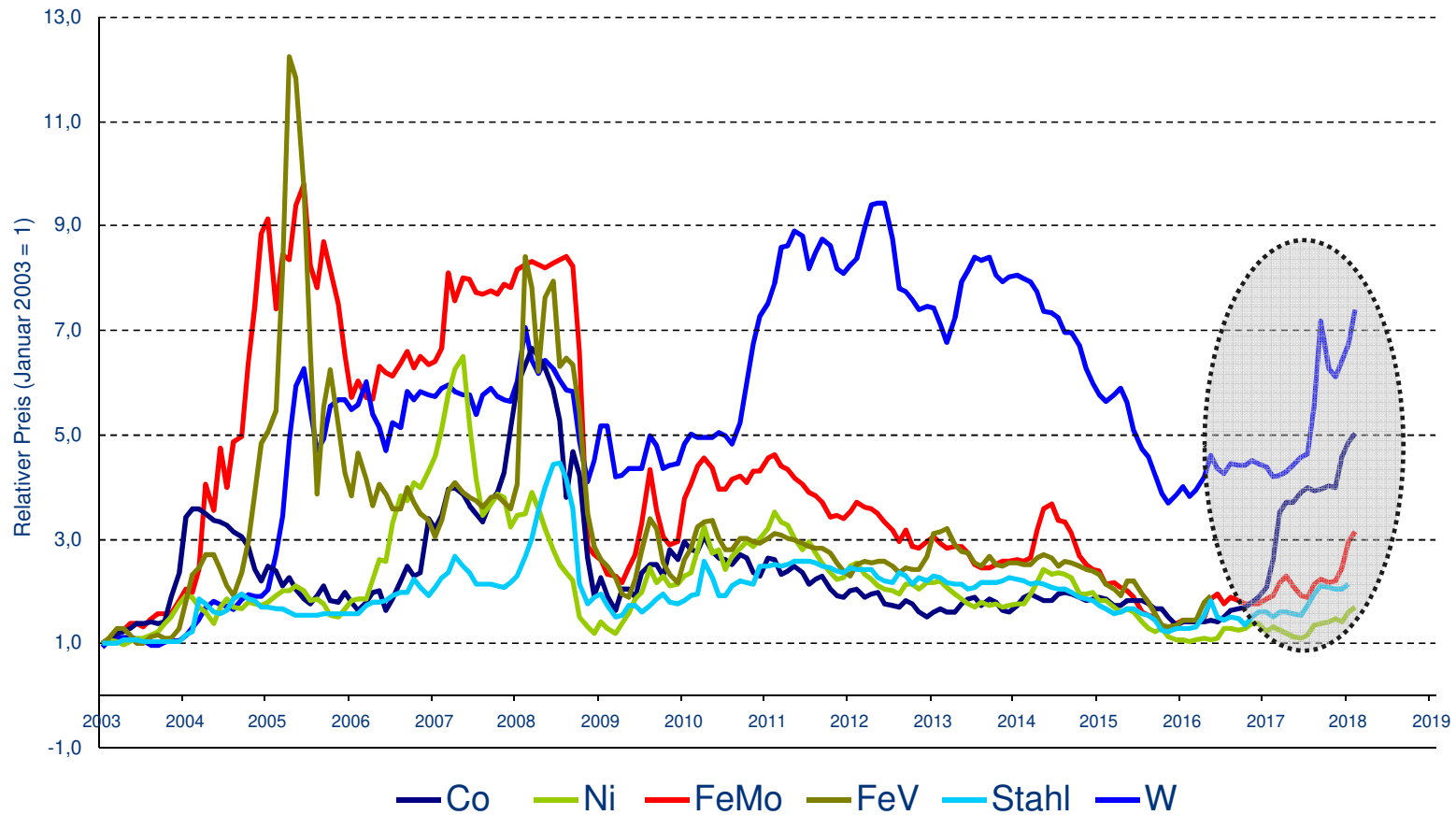
- Nummer 1 am weltweiten Rohstoffverbrauch
- Abnehmende Wachstumsrate im Rohstoffverbrauch
- Nachhaltigkeit und Innovation statt Wachstum um jeden Preis
- Einschränkung umweltbelastender Rohstoffproduktion
- Kontrollierte Unterstützung strategisch wichtiger Industrien
- Neue Einfuhrbestimmungen für Abfälle und Schrotte
- Starker Push der Elektromobilität
- Strategische Positionierung chinesischer Unternehmen (global)

Globale Rohstoffmärkte (Buntmetalle)

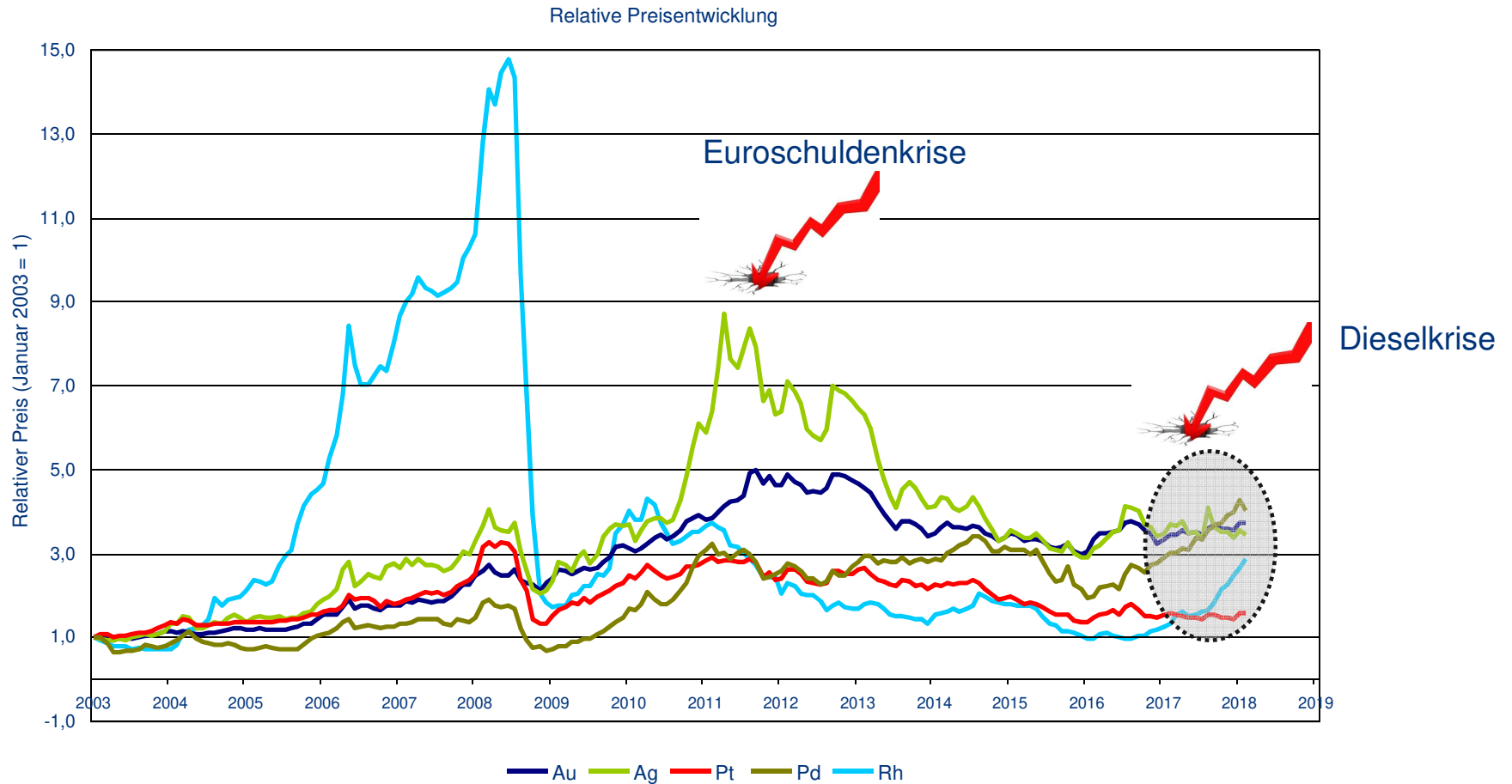
Rohstoffpreise folgen globaler Konjunktur...



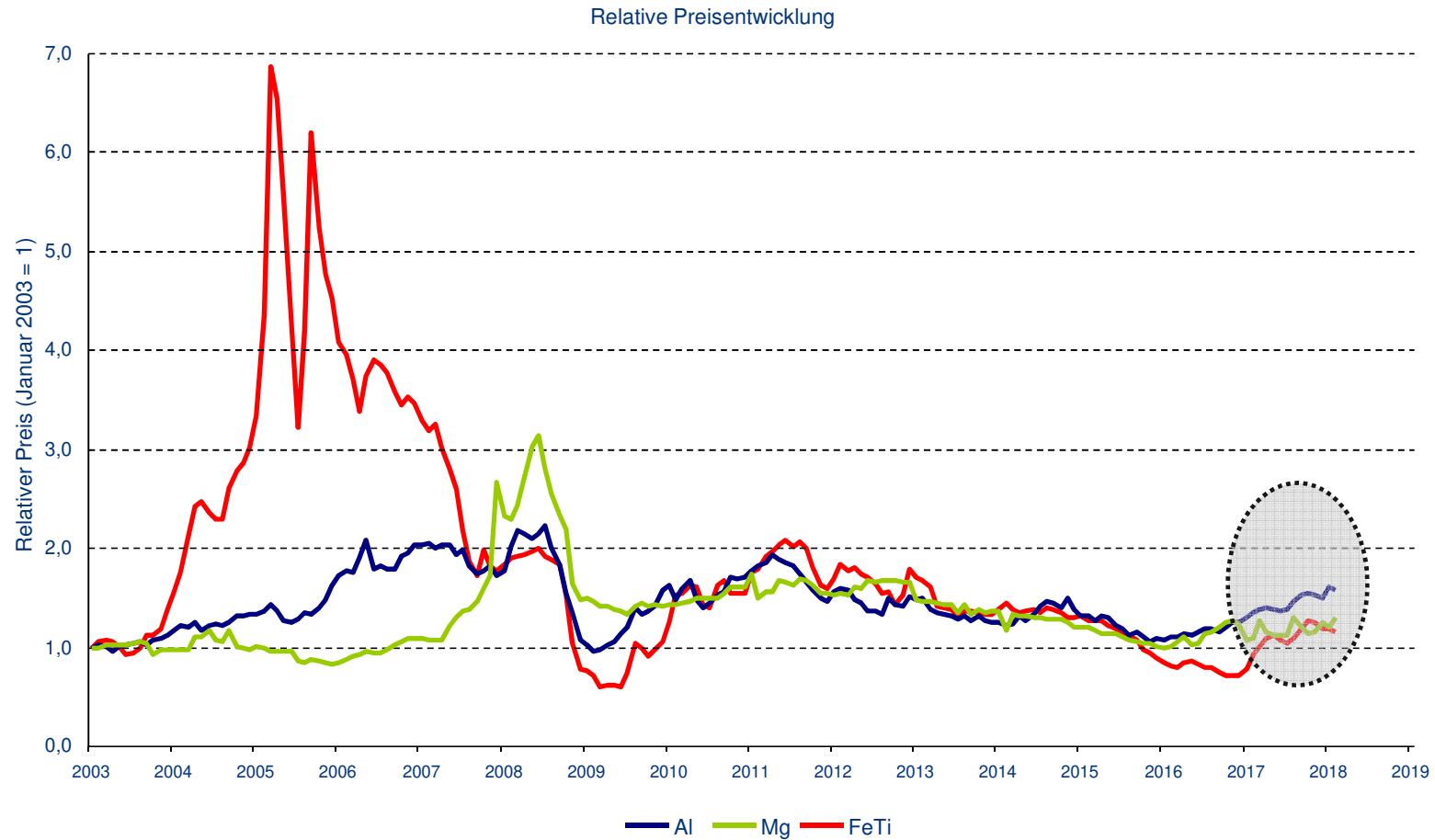
Globale Rohstoffmärkte (Stahl- und Stahlveredler)

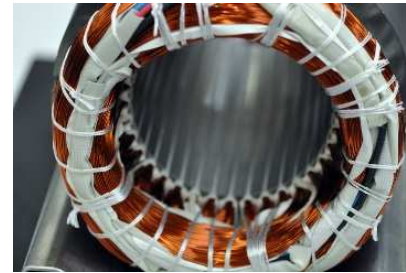


Globale Rohstoffmärkte (Dieselkrise beflügelt Preise für Pd und Rh)



Globale Rohstoffmärkte (Auftrieb 2017 bei Al und Ti)





Bildquelle: Fotolia

- Rohstoffbilanz Deutschland
- Bedeutung der Rohstoffe für den Industriestandort Deutschland
- Rohstoffe für Zukunftstechnologien (erneuerbare Energietechnologien)
- Importabhängigkeit Deutschlands
- Globale Rohstoffmärkte
- **Indikatoren für Versorgungs- und Lieferrisiken**

Verfügbarkeit und Zugang zu Rohstoffen

Faktoren der Versorgungssicherheit

- **Geologische Verfügbarkeit**
- **Technische Verfügbarkeit**
Aufbereitungskapazitäten
Infrastruktur
- **Preisentwicklung**
- **Angebots- und Nachfrageentwicklung**
Substitutionsmöglichkeiten, Recycling
- **Marktmacht** durch Firmenkonzentration
- **Geostrategische Faktoren**
Länderkonzentration
Länderrisiko
Handelshemmnisse (Quoten, Zölle)
- **Umwelt- und Sozialstandards**
Transparenz und Nachhaltigkeit



Rohstoffrisikobewertung

Anforderungen an Indikatoren:

- Möglichst große geographische Abdeckung (auf Länderebene)
- Aktualität, regelmäßige Aktualisierung
- Gute Datenqualität (Transparenz, wissenschaftlich anerkannt)

Datengrundlage

- BGR Datenbank
- Kommerzielle Datenbanken (z. B. SNL, Global Trade Atlas)
- Öffentlich zugängliche Datenbanken (z. B. USGS, Weltbank)

unkritisch

mäßig

bedenklich

Risikobereiche

Preise	Preisentwicklung
	Volatilität
Angebot und Nachfrage	Derzeitige Marktdeckung
	Recycling
Geopolitische Risiken und Marktmacht	Länderkonzentration
	Länderrisiko
	Firmenkonzentration
	Globale Exporte
	Importabhängigkeit
	Handelsbeschränkungen
Angebots- und Nachfragetrends	Vorräte
	Zukünftige Marktdeckung
	Zukünftige Länderkonzentration
	Zukünftiges Länderrisiko

Rohstoffrisikobewertung

Bestimmung der Länderkonzentration im Markt:

- ▶ Summe der quadrierten Marktanteile aller Marktteilnehmer
- ▶ Bewertungsskala liegt zwischen >0 - 10.000

Konzentrationsgrad (HHI):

0	bis	1.500:	geringe Konzentration
1.500	bis	2.500:	mittlere Konzentration
2.500	bis	10.000:	hohe Konzentration

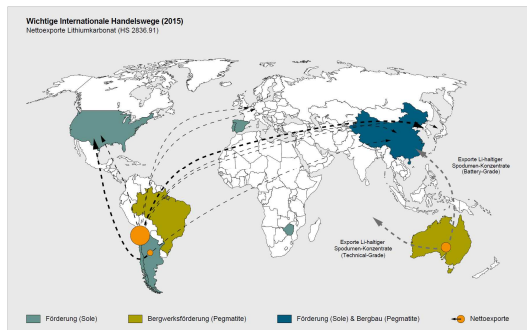
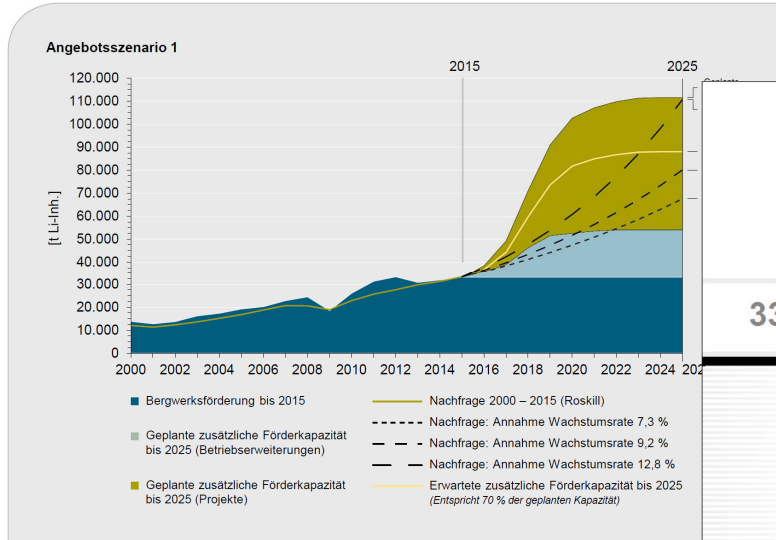
Bestimmung des Länderrisikos im Markt:

- ▶ Summe der Anteilswerte der Länder an der Produktion multipliziert mit dem Länderrisiko (LR)
- ▶ Das LR wird aus Indikatoren der Weltbank gebildet
- ▶ Bewertungsskala liegt in einem Intervall zwischen $-2,5$ und $+2,5$

Gewichtetes Länderrisiko (GLR):

0,5	bis	2,5:	geringes GLR
0,5	bis	-0,5:	mittleres GLR
-0,5	bis	-2,5:	hohes GLR

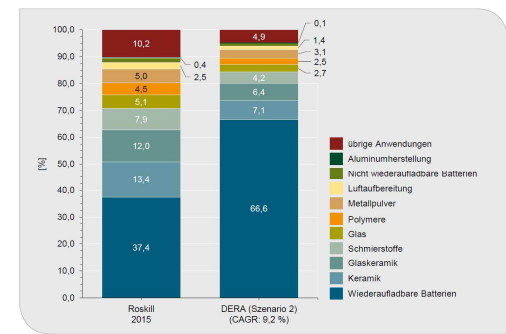
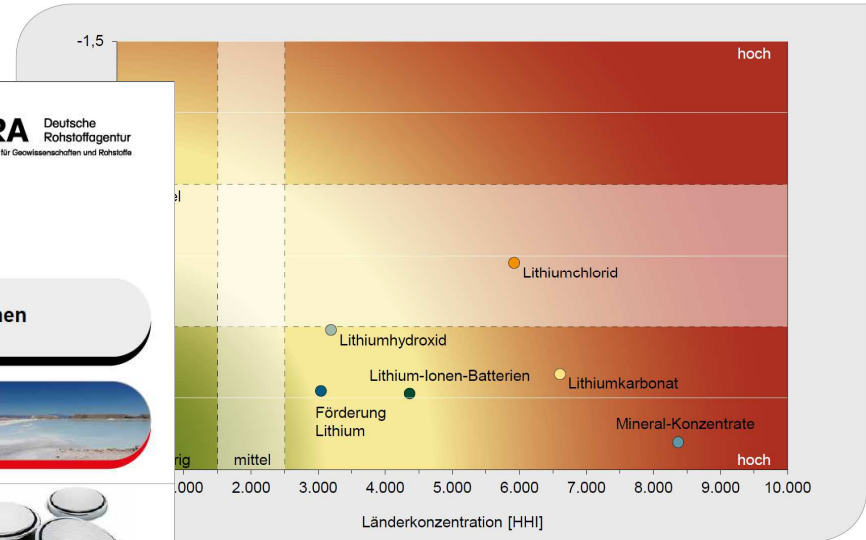
Rohstoffrisikobewertung (Beispiele)



DERA Deutsche Rohstoffagentur
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

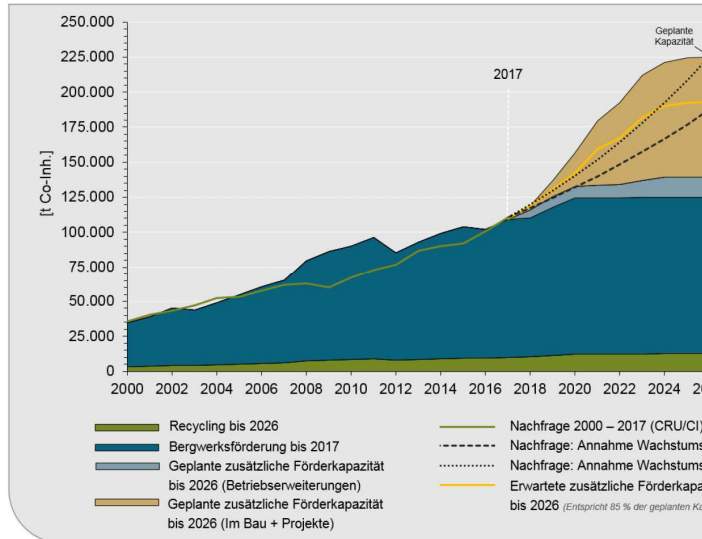
33 DERA Rohstoffinformationen

Rohstoffrisikobewertung – Lithium



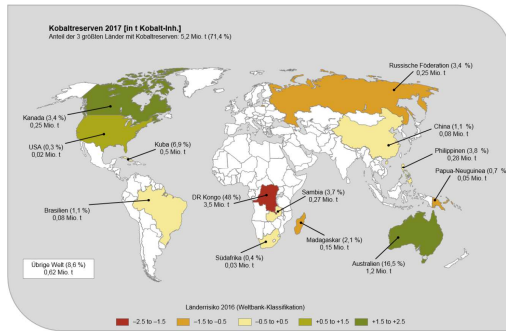
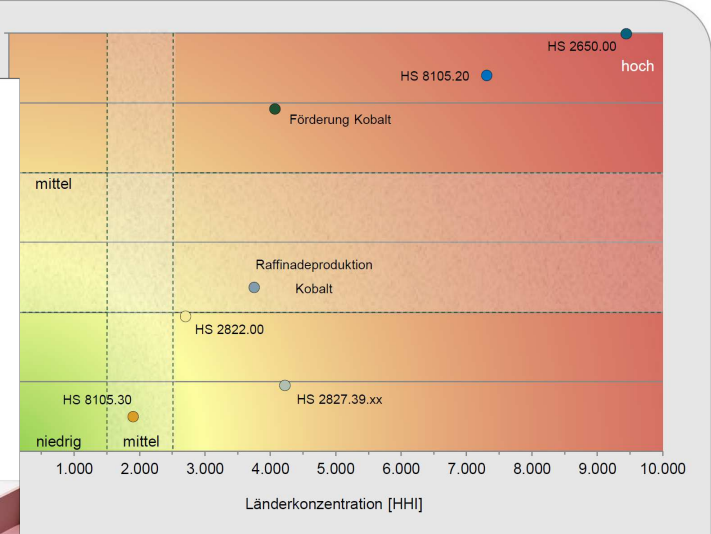
https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_lithium_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Rohstoffrisikobewertung (Beispiele)



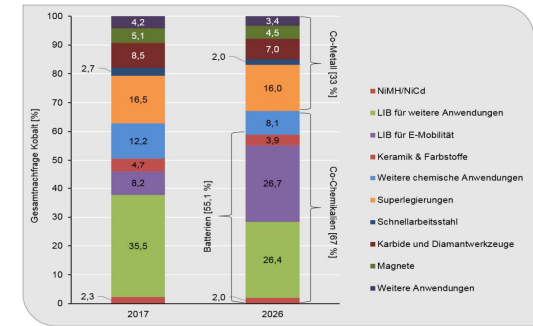
36 DERA Rohstoffinformationen

DERA Deutsche Rohstoffagentur
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



Rohstoffrisikobewertung – Kobalt

Vorabversion



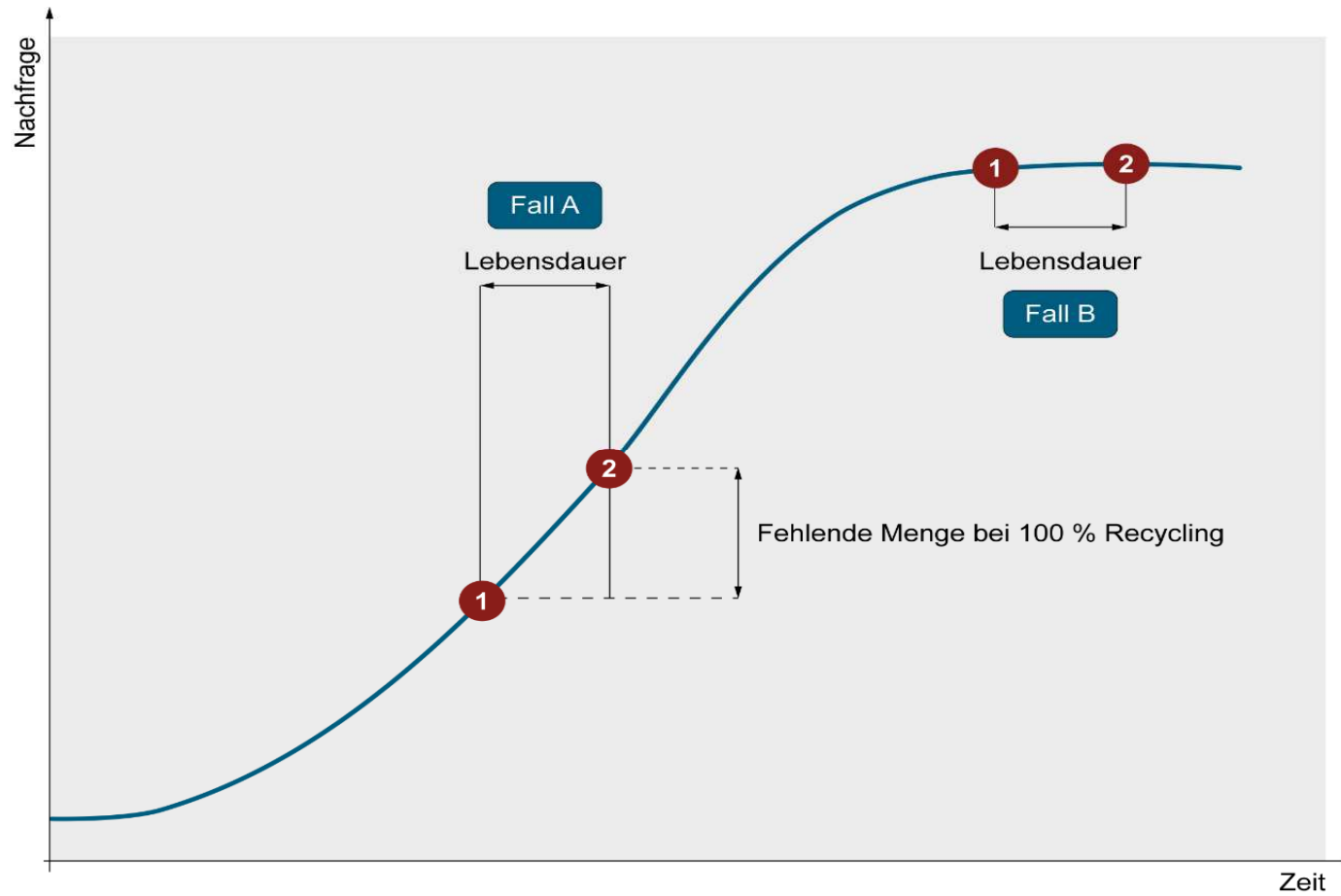
DERA-Rohstoffmonitoring

DERA Rohstoffmonitoring

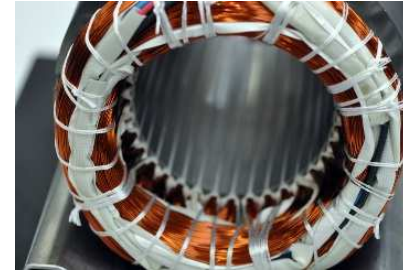


Beratungsleistungen der DERA zur nachhaltigen
und sicheren Rohstoffversorgung

Grenzen der Kreislaufwirtschaft



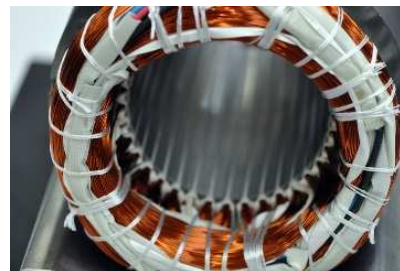
Quelle: Steinbach und Wellmer, 2011



Bildquelle: Fotolia

Fazit:

- Detaillierte Analysen: der Technologieentwicklungen, des spezifischen Rohstoffbedarfs und der Angebotsentwicklung
- Langfristige Sicherung der Rohstoffversorgung auf den globalen Märkten
- Nutzung heimischer Rohstoffe, auch für Zukunftstechnologien
- Recyclingpotenziale steigern; Grenzen des Recyclings
- Verantwortung bei Rohstoffeinkäufen übernehmen (Umwelt – und Sozialaspekte)



Bildquelle: Fotolia

Vielen Dank!

Dr. Volker Steinbach

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist eine technisch-wissenschaftliche Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER